



Rengöring, underhåll och uppföljning av ventilationssystem

Sebastian Alfthan

Simon Wickström

EXAMENSARBETE	
Arcada	
Utbildningsprogram:	Energi- och miljöteknik
Identifikationsnummer:	
Författare:	Sebastian Alfthan, Simon Wickström
Arbetets namn:	Rengöring, underhåll och uppföljning av ventilationssystem
Handledare (Arcada):	Kaj Karumaa
Uppdragsgivare:	Lohjan Sisäilmamestarit Oy
<p>Sammandrag:</p> <p>Detta examensarbete är gjort för Lohjan Sisäilmamestarit Oy. Delar av examensarbetet kan av Lohjan Sisäilmamestarit användas som en guide för att informera kunden om de tjänster som företaget erbjuder och varför de är viktiga.</p> <p>Meningen med examensarbetet var att berätta för läsaren varför ventilationssystem kräver underhåll, hur det görs och vilka negativa konsekvenser ett illa skött ventilationssystem har på både människans hälsa och på byggnaden. Genom dessa åtgärder kan även ekonomiska inbesparingar göras.</p> <p>I dagens samhälle tillbringar människan största delen av sitt liv inomhus, upp till 90 %. På grund av detta är det ytterst viktigt att vi har en inomhusluft av god kvalitet. Nedsatt arbetsprestanda, trötthet, huvudvärk och besvär i luftvägarna är symtom som kan förekomma hos en människa som utsätts för dålig och förorenad inomhusluft under en längre period. Husen påverkas också av att ventilationssystemen inte fungerar som planerat. Okontrollerade tryckförhållanden inomhus kan både skada huskonstruktionen och öka orenheternas andel i inomhusluften. Dessa händelser kan bero på olika problem som uppstått i ventilationsanläggningen, men gemensamt för dem är att de flesta kan undvikas eller åtgärdas med ett omsorgsfullt och regelbundet underhåll av ventilationssystemet.</p> <p>I början av examensarbetet förklaras det allmänt om hur inomhusluftens kvalitet kan försämrats och vilka problem det orsakar. Det förklaras också hur ett ventilationssystem</p>	

rengörs, balanseras och vad som skall beaktas då dessa åtgärder görs. Lagar och föreskrifter gällande ventilationssystemens underhåll tas upp och deras tillämpning i praktiken diskuteras. För att ge läsaren en djupare förståelse om ventilationens inverkan på inomhusluften, gjordes det koldioxid-, fukt-, temperatur- och tryckskillnadsmätningar i ett daghem i Sibbo. Daghemmets ventilationssystem balanserades också som ett underhållsjobb. Denna åtgärd ledde till en förbättring i byggnadens tryckförhållande. Grafer på mätningresultat visas och uppmätta värden analyseras i arbetet. I slutet av examensarbetet tas den ekonomiska aspekten gällande energibesparingar upp, liksom vilka energibesparingar rengöring och balansering av ett ventilationssystem kan medföra. Ett underhållsarbete som gjordes i ett våningshus i Helsingfors ledde till en minskning på ca 8 % i tilluftens uppvärmningskostnader. Två teoretiska exempel på energibesparingsmöjligheter visas också i kapitlet.

Nyckelord:	Lohjan Sisäilmamestarit, underhållsarbete, inomhusluftkvalitet, ventilationssystem, energibesparing
Sidantal:	84
Språk:	Svenska
Datum för godkännande:	3.6.2019

DEGREE THESIS	
Arcada	
Degree Programme:	Energi- och miljöteknik
Identification number:	
Author:	Sebastian Alfthan, Simon Wickström
Title:	Maintenance, cleaning and follow- up of ventilation systems
Supervisor (Arcada):	Kaj Karumaa
Commissioned by:	Lohjan Sisäilmamestarit Oy
Abstract:	
<p>This thesis was made for Lohjan Sisäilmamestarit Oy. Part of the work can be used by the company to inform its customers of the services they offer and the importance of them.</p> <p>The purpose of this work was to explain the relevance of ventilation system maintenance, what it involves and how it is performed. Health consequences of a poor ventilation system and its impact on the building are explained in this work.</p> <p>People spend up to 90 % of their life indoors. A healthy indoor air quality is therefore an essential element in maintaining indoor comfort and well-being. Residents in buildings with poor indoor quality can feel symptoms like nausea, headache, difficulty in concentration, nose or throat irritation and flu-like symptoms. Poor ventilation can also have serious consequences on the condition of the building. A pressure that is much lower indoors than outdoors allows a flow of outdoor air into the home along with airborne contaminants from the building materials in the wall. On the other hand, an overpressure inside the building pushes warm and moist air to the structures, which increases the risk of moisture and mold damage. These events can be resulted by different failures in the ventilations system. However, what they all have in common is that most of them can be avoided or rectified through careful and regular maintenance.</p> <p>The causes leading to poor indoor quality and what negative consequences it has, are explained in the first section of the thesis. A review is given of how to clean a ventilation system, balance it and what to keep in mind when performing it. The existing regulations and laws regarding maintenance work are shown and explained. Different measurements were made in a daycare in Sipoo, in order to present how a ventilation system affects indoor</p>	

air quality. Carbon dioxide, temperature, relative humidity and air pressure were all determined in the daycare. The results from the measurements are presented and analyzed in this work. The economic feasibility of cleaning and balancing ventilation systems is discussed in the last section of this thesis. A maintenance service was made in a seven-story building in Helsinki. The results of it was a saving of approximately 8 % in heating cost. Two theoretical examples of energy saving possibilities are also presented in the last chapter.

Keywords:	Lohjan Sisäilmamestarit, ventilation system, maintenance, energy, indoor air quality
Number of pages:	84
Language:	Swedish
Date of acceptance:	3.6.2019

OPINNÄYTE	
Arcada	
Koulutusohjelma:	Energi- och miljöteknik
Tunnistenumero:	
Tekijä:	Sebastian Alfthan, Simon Wickström
Työn nimi:	Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistus, huolto ja seuranta
Työn ohjaaja (Arcada):	Kaj Karumaa
Toimeksiantaja:	Lohjan Sisäilmamestarit Oy
<p>Tiivistelmä:</p> <p>Tämä opinnäytetyö on tehty Lohjan Sisäilmamestarit Oy:lle. Työssä esitettyjä osa- alueita voidaan hyödyntää tiedottaessa asiakkaille Lohjan Sisäilmamestareiden tarjoamista töistä ja niiden tärkeydestä.</p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena on antaa lukijalle käsitys siitä, miksi ilmanvaihtojärjestelmät tarvitsevat huoltoa, miten huolto tehdään ja mitä asukkaille ja rakennuksille seuraa siitä, jos ilmanvaihtojärjestelmän kunnosta ei huolehdita. Näillä toimenpiteillä voidaan myös vähentää energiakustannuksia.</p> <p>Ihminen viettää nykyään suurimman osan elämästään sisällä (noin 90 %), jonka vuoksi sisäilman laatuun kannattaa kiinnittää erityistä huomiota. Heikentynyt keskittymiskyky, väsyneisyys, päänsärky, kuiva ja kipeä kurkku ja tulehdukset hengitysteissä ovat kaikki oireita, joita voi esiintyä huonolle sisäilmalle altistuneelle henkilölle. Ilmanvaihtojärjestelmän aiheuttamat hallitsemattomat paine-erot ulkovaipan yli saattavat myös ajan myötä aiheuttaa hankaluuksia. Kova alipaine voi imeä epäpuhtauksia seinärakenteista, kun taas ylipaine saattaa työntää kosteaa ilmaa ulkoseiniin ja aiheuttaa kosteus- ja homevaurioita. Edellä mainitut ongelmat voivat johtua monesta eri syystä, mutta yhteistä niillä kaikilla on, että ne voidaan usein ehkäistä tai korjata huolellisesti ja säännöllisesti tehdyllä huoltotyöllä.</p> <p>Opinnäytetyön alussa kerrotaan yleisesti siitä, mikä vaikuttaa sisäilman laatuun ja mitä ongelmia huono sisäilma aiheuttaa. Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistuksessa ja tasapainoituksessa tehdyt toimenpiteet selitetään. Lisäksi käydään läpi myös niitä asioita, jotka tulee</p>	

huomioida huoltotöitä tehtäessä. Lukijalle esitetään myös ilmanvaihdon huoltotöitä koskevat säädökset ja lait. Opinnäytetyössä on tehty hiilidioksidi-, ilmankosteus-, lämpötila- ja paine-eromittauksia Sipoossa sijaitsevassa päiväkodissa antamaan lukijalle parempaa ymmärrystä, siitä miten ilmanvaihto vaikuttaa sisäilmaan. Päiväkodin ilmanvaihtojärjestelmä tasapainotettiin osana huoltotoimenpiteistä. Tämä toimenpide paransi rakennuksessa esiintyviä paine-erosuhteita huomattavasti. Työssä esitetään mittauksissa saadut tulokset ja kaaviokuvat sekä analysoidaan tulokset. Opinnäytetyön lopussa on osio, jossa on lueteltu muutamia energiansäästömahdollisuuksia ja esitetty lyhyitä esimerkkejä niistä. Helsingissä tehdyssä ilmanvaihtoa koskevassa huoltotyössä vähennettiin energiankustannuksia 8 %. Lisäksi samassa osiossa on esitetty kaksi teoreettisempaa esimerkkiä energiansäästömahdollisuuksista.

Avainsanat:	Lohjan Sisäilmamestarit, ilmanvaihtojärjestelmä, huolto, seuranta, ilmanlaatu, energiansäästö
Sivumäärä:	84
Kieli:	Ruotsi
Hyväksymispäivämäärä:	3.6.2019

FÖRORD

Vi vill rikta ett stort tack till hela Lohjan Sisäilmamestarit för att ha hjälpt oss i skrivprocessen. Ett extra stort tack riktas åt Liisa Vanhatalo, Martin Blässar och Jussi Luoma för den tid de lagt på att arrangera allt som behövdes för att göra detta arbete. Vi vill också tacka vår handledare, Kaj Karumaa för hans tankar som styrde vårt arbete i rätt riktning. Hans kunnande inom VVS-teknik hjälpte oss att se på saker ur ett annat perspektiv.

Vi valde att göra vårt slutarbete om ventilationssystemens rengöring, underhåll och uppföljning eftersom vi ville både lära oss själva och läsaren om hur viktigt det är att följa med ventilationssystemens funktion. Valet av ämnet var naturligt för oss då vi jobbade på Lohjan Sisäilmamestarit Oy som håller på med underhålls-, analyserings- och rengöringsarbeten av ventilationsanordningar. Eftersom vi har från jobbet sida haft tillgång till mätutrustning var det ett bra tillfälle att använda mätarna i examensarbetet och analysera deras resultat.

Helsingfors, maj 2019

Sebastian Alfthan och Simon Wickström

ORDFÖRKLARING

Tilluft= Inkommande luft efter ventilationsaggregatet.

Frånluft= Utgående luft innan ventilationsaggregatet.

Avluft (utblåsningsluft)= Utgående luft efter ventilationsaggregatet.

Uteluft= Inkommande luft innan den kommer till ventilationsaggregatet.

Don= Tilluftsdon.

Ventil= Frånluftsventil.

Ventilationssystem= Inkluderar ventilationsaggregat, kanaler, don och ventiler.

Ventilationsaggregat= Består av en till- och frånluftsmaskin.

Klimatskal= Byggnadens klimatskal omfattar de delar av byggnaden som gränsar mot den yttre omgivningen.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD	8
ORDFÖRKLARING	9
1 VARFÖR SKALL VENTILATIONSSYSTEMEN RENGÖRAS?	13
1.1 INVERKAN PÅ MÄNNISKAN	13
1.1.1 <i>Inverkan på byggnaden</i>	14
1.2 SMUTS OCH ORENHETER I VENTILATIONSSYSTEMET.....	14
1.2.1 <i>Tilluft</i>	15
1.2.2 <i>Frånluft</i>	15
1.3 BRANDFARA	16
1.4 SAMMANDRAG.....	16
2 HUR OFTA OCH VAD KAN ÖKA PÅ BEHOVET AV RENGÖRING?	17
2.1 FÖRORDNINGAR OCH LAGAR	17
2.2 INRE BELASTNINGAR	19
2.2.1 <i>Personbelastningar</i>	19
2.2.2 <i>Fukt</i>	19
2.3 YTTRE BELASTNINGAR	20
2.3.1 <i>Mikroskopiska dammpartiklar</i>	21
2.3.2 <i>Pollen</i>	21
2.4 UNDERHÅLL ENLIGT BEHOV	22
3 HUR RENGÖRS ETT VENTILATIONSSYSTEM?	22
3.1 OFFERT	22
3.2 KRITERIER ENLIGT BESTÄLLAREN	23
3.3 TIDPUNKT OCH PLANERING AV ARBETE	23
3.4 ARBETETS GÅNG.....	24
3.4.1 <i>Att skapa undertryck i maskinell från och tilluft</i>	24
3.4.2 <i>Tilluft</i> :	24
3.4.3 <i>Frånluft</i> :.....	25
3.5 REDSKAP OCH VERKTYG SOM ANVÄNDS UNDER RENGÖRING:	26
3.6 RENGÖRING AV KANAL	27
3.6.1 <i>Rensluckor</i>	27
3.7 RENGÖRING AV VENTILATIONSAGGREGAT OCH MASKINER	28
3.7.1 <i>Mekanisk från- och tilluft</i>	28
3.7.2 <i>Mekanisk frånluft (takfläkt)</i>	29

3.8	FILTERBYTE.....	30
3.9	GENOMGÅNG AV ARBETET	30
3.10	PROBLEM SOM KAN FÖREKOMMA UNDER RENGÖRING.....	31
3.10.1	Material som orsakar problem	31
3.11	ARBETSRAPPORT	33
4	TRYCKFÖRHÅLLANDEN I EN FASTIGHET.....	34
4.1	BYGGNADERS TÄTHET	35
4.2	OLIKA TYPER AV VENTILATION.....	35
4.2.1	Ventilation med självdrag	35
4.2.2	Mekanisk frånluftsventilation	36
4.2.3	Maskinell till - och frånluft.....	37
4.3	UNDERTRYCK.....	38
4.4	ÖVERTRYCK	38
4.4.1	Smutsigt ventilationsystem.....	39
4.4.2	Yttre faktorer	39
5	BALANSERING AV VENTILATIONSSYSTEM OCH DESS RELEVANS	41
5.1	ALLMÄNT OM BALANSERINGEN	41
5.2	BALANSERING	42
5.2.1	Balansering enligt beräkningsmetoden.....	42
5.2.2	Balansering enligt proportionalitetsmetoden	43
5.2.3	Mättningsrapport.....	45
5.3	BALANSERING I MIILIS DAGHEM I SIBBO	46
5.3.1	Resultat	47
5.3.2	Diskussion.....	48
6	UPPFÖLJNING AV VENTILATIONSSYSTEMET MED HJÄLP AV MÄTARE	48
6.1	FJÄRRÄVLÄSTA MÄTAREN	48
6.1.1	Radiovägor.....	49
6.1.2	Alarm vid kritiska punkter.....	49
6.1.3	Mätobjektet.....	49
6.2	TRYCKSKILLNADSMÄTARE	50
6.3	UPPFÖLJNING AV FILTER	51
6.4	RELATIV LUFTFUKTIGHETS-, KOLDIOXID- OCH TEMPERATURMÄTARE.....	52
6.4.1	Koldioxidmätning	53
6.4.2	Fukt- och temperaturmätning.....	53
6.4.3	Placering av mätaren.....	56

7	FILTER	56
7.1	LAGAR OCH FÖRORDNINGAR	57
7.2	FILTERKLASSER	58
7.2.1	<i>Kemiska filter</i>	60
7.3	HUR OFTA FILTERBYTE.....	61
7.4	FEL OCH SMUTSIGA FILTER	61
8	ENERGIEFFEKTIVITET	62
8.1	ÖKAD ENERGIFÖRBRUKNING P.G.A. SMUTSIGA KANALER, FILTER OCH DON.....	63
8.1.1	<i>VAV- system</i>	63
8.1.2	<i>Tryckförluster i VAV- system</i>	63
8.2	SMUTSIGA FILTER	64
8.2.1	<i>Diskussion över resultaten</i>	66
8.3	VÄRMEVÄXLARE OCH VÄRME- OCH KYLBATTERI	67
8.3.1	<i>Ökad energiförbrukning</i>	68
8.3.2	<i>Resultat</i>	68
8.3.3	<i>Diskussion</i>	69
8.3.4	<i>Ekonomiska aspekten</i>	70
8.4	BALANSERING	71
8.4.1	<i>Utgångsläget för studien</i>	71
8.4.2	<i>Begränsningar i uträkningen</i>	72
8.4.3	<i>Önskade resultat</i>	73
8.4.4	<i>Resultat</i>	73
8.4.5	<i>Den ekonomiska aspekten</i>	74
8.4.6	<i>Diskussion</i>	77
8.4.7	<i>Metoder för noggrannare resultat</i>	77
9	SLUTSATS OCH DISKUSSION	78
	KÄLLOR	79
	FIGURER	83

1 VARFÖR SKALL VENTILATIONSSYSTEMEN RENGÖRAS?

Inomhusluft, och i synnerhet problemen anknutna till den, är ett ämne vi i denna dag stöter på allt oftare. Under de senaste åren har vi fått läsa nyheter om inomhusluftens dåliga kvalitet och bristfälliga ventilation i olika fastigheter. Ett ökat intresse samt striktare byggkrav leder till att ett optimalt inomhusklimat inte är lätt att uppnå. För att upprätthålla en god inomhusluft bör planering, installering, balansering samt underhåll av ett ventilationssystem vara felfritt och välskött. Det är alltså flera steg som påverkar ventilationssystemets prestanda.

1.1 Inverkan på människan

Tiden vi tillbringar inomhus ligger i medeltal runt 90 %, det vill säga största delen av vår tid befinner vi oss inomhus. [1] Då är det ytterst viktigt att luften vi andas på jobbet och hemma inte är förorenad eller av dålig kvalitet. En dålig inomhusluft påverkar oss negativt.

- Vår arbetseffektivitet försämras
- Allmän trötthet och huvudvärk
- Heshet och torr strupe
- Täppt eller rinnande näsa
- Infektioner i andningsvägar

Dessa är symtom som kan förekomma ifall vi utsätts för dålig inomhusluft under en längre tid. [2] Symtomen är även väldigt individuella och därför är det viktigt att hålla inomhusluftens kvalitet hög och följa dagens krav. En dålig inomhusluft påverkar även prestationsförmågan på arbetsplatser negativt, vilket studier har påvisat. Ragnhild Wiik är en norsk doktor som tillsammans med finska bolaget Caverion Oy har utfört studie över hur inomhusklimatet påverkar arbetsförmågan och välmående på arbetsplatsen överlag. I undersökningen deltog 700 arbetare från 17 olika bolag placerade i 12 olika kontorsbyggnader. Resultaten visade tydligt hur en förbättring utav inomhusklimatet påverkade arbetsprestandan. [3]

1.1.1 Inverkan på byggnaden

Rengöring av ventilationssystem är i en väsentlig roll för att upprätthålla planerade luftflöden samt för att hålla luftkvaliteten hög. Ett smutsigt ventilationssystem är inte bara en hälsorisk för människan, utan det påverkar även huskonstruktionen (byggnadsfysik).

När man planerar ventilationen i ett hus strävar man efter ett litet undertryck inomhus för att undvika att varm och fuktig luft kommer in i huskonstruktionen som eventuellt kan leda till fukt- och mögelskador. Ifall frånluftsflöden har reducerats, som en följd av smuts och damm som fäst sig i kanalerna, ventilerna och framför allt i filtren, kommer undertrycket att minska och i värsta fall skapas istället ett övertryck inomhus (förändrade tryckskillnader orsakade av smutsiga filter och ventilationssystem behandlas i kapitlet 4). Problemet i grund och botten är att tryckskillnader alltid strävar efter att jämna ut sig. Detta betyder att ifall ett övertryck uppkommit inomhus försöker luften inifrån huset jämna ut sig så att tryckskillnaden över klimatskalet minskar och slutligen upphör. I praktiken innebär detta att varm fuktig luft inne i byggnaden rör sig i riktning mot utomhusluften. Ett minskat frånluftsflöde är mest kritiskt för byggnaden i våtutrymmen som bastu- och duschrum där luftfuktigheten är som störst. [4]

Ett för kraftigt undertryck inomhus är inte heller att eftersträva eftersom det också medför problem. Ett för stort undertryck kan orsaka att skadliga partiklar från byggnadskonstruktionen (och vintertid kall luft utifrån) drar sig inomhus. Ett övertryck betyder dock inte alltid att fuktproblem kommer att uppstå, men det ökar risken avsevärt. Byggnadens konstruktion spelar en stor roll i hur och om fukten blir i väggarna.

I kapitel 4 kommer tryckskillnadsrelaterade problem att behandlas noggrannare.

1.2 Smuts och orenheter i ventilationssystemet

Till- och frånluftssystemen har båda en viktig uppgift i ventilationen. Tilluften hämtar in ny frisk luft då frånluften för bort kontaminerad (använd) luft. Dessa två system bör inte jämföras sinsemellan då det kommer till renhet, eftersom det på frånluftsidan accepteras att kanalerna är smutsigare än tilluftskanalerna då deras uppgift är att avlägsna luften ur fastigheten.

1.2.1 Tilluft

På tilluftsidan i ventilationssystemet är det sällan tjocka lager damm på kanalytorna och donen eftersom luften filtreras i ventilationsaggregatet innan den kommer ut till kanalerna. Med andra ord minskar inte luftflödet på tilluftsidan på grund av smuts i kanalerna. På tilluftsidan är det igentäppta filter som kan orsaka att luftflöden minskar.

I synnerhet i gamla ventilationssystem kan det förekomma att utluftskammarens ytor har ljudisolerats med ljudabsorberande mineralullsfiber. På fiberskivorna finns sedan plåtskivor med hål för att hålla konstruktionen stadig. Dessa mineralullsfiberskivor vittras med tiden och små fiberpartiklar tar sig in i tilluftsaggregatet. [5]



Figur 1. Smutsigt filter i ventilationsaggregatet.
Bild: Sebastian Alfthan, 27.4.2019.

1.2.2 Frånluft

På frånluftsidan förekommer det smutsiga och tilltäppta ventiler, kanaler och filter. [1]
Damm och andra partikelföroreningar som rör sig ut med frånluften fäster sig med tiden i ventilerna och kanalerna hela vägen fram till frånluftsfiltret i maskinen.

Ett smutsigt ventilationssystem där det ansamlats smuts och damm i ventilationsaggregat och kanaler kommer att förbruka mera energi, särskilt i automatiserade system som reglerar flöden. Damm och smuts berör främst frånluftssidan eftersom det är ofiltrerad luft som går genom kanalerna. Smutsiga kanaler och filter har även en inverkan på ventilationsaggregatets energiförbrukning, ämnet kommer att behandlas i kapitel 8.

1.3 Brandfara

Brandfaror uppstår ifall ventilationssystemet inte är omskött. Dammlagringar i kanaler och don kan vara lättantändliga och ökar risken för att en brand skall bryta ut. Brandfara kan även förekomma i smutsiga kök där fett har samlats i fettfiltret och kanalen. Fettet kan både droppa ner på kokplattorna och tändas eller i värsta fall börja brinna inne i kanalen. [6]

1.4 Sammandrag

Rengöring av ventilationssystemet och dess underhåll är en nödvändig del av fastighets-skötseln som bör skötas med omsorg för att upprätthålla ett fungerande och hälsosamt inomhusklimat.



Figur 2. Smutsig frånluftsventil i en skola i Sibbo. Bild: Simon Wickström, 25.5.2018.

2 HUR OFTA OCH VAD KAN ÖKA PÅ BEHOVET AV RENGÖRING?

Ett smutsigt ventilationssystem skall alltid rengöras, vare sig det är i ett sjukhus eller i ett lagerutrymme. Då undviker man att problem uppstår som kan vara skadliga för både människan och byggnaden. Hur snabbt ett ventilationssystem blir smutsigt varierar mycket beroende på fastighetens användningssyfte och de olika yttre faktorer och belastningar som fastighetens ventilation utsätts för.

2.1 Förordningar och lagar

Förr fanns det en förordning, ”Inrikesministeriets förordning om rengöring av ventilationskanaler och ventilationsanordningar” (802/2001) [7], som berättade med hur många års mellanrum olika fastigheters ventilationssystem bör rengöras. Denna förordning är dock inte mera i kraft, utan har bytts ut mot en ändringslag (1353/2018, 105 §) [8] av den allmänna räddningslagen (Räddningslag 379/2011, 13 §) [9]. Ändringslagen säger att paragraf 13 i 379/2011 bör följas och att ifall den inte följs kan det genom beslut av den behöriga räddningsmyndigheten åläggas att inom en viss tid rätta till vad som har gjorts eller försummats.

Jämförelse mellan inrikesministeriets gamla förordning och den nuförtiden gällande räddningslagen angående rengöring av ventilationssystem:

Från (802/2001) 2 §. Ventilationsanordningar som skall årligen rengöras:

- 1) ventilationskanaler och ventilationsanordningar på platser där matlagning sker yrkesmässigt.
- 2) ventilationskanaler och ventilationsanordningar vid sprutmålerier, snickerifabriker och snickeriverkstäder, textilfabriker, tvättinrättningar, bagerier och rökerier samt ventilationskanaler och -anordningar som finns i industrilokaler eller andra lokaler, där det i ventilationskanalerna samlas stora mängder sådana ämnen som lätt sprider bränder.
- 3) ventilationskanaler och ventilationsanordningar i utrymmen, i vilka framställs industriellt eller används tekniskt brinnande vätska.

(802/2001) 3 § Ventilationsanordningar som skall rengöras vart femte år:

- 1) Ventilationskanaler och ventilationsanordningar i sjukhus, ålderdomshem och slutna straffanstalter.
- 2) Ventilationskanaler och ventilationsanordningar i daghem, skolor, hotell, semesterhem, internat och restauranger.

Från räddningslagen 379/2011, 13 §.

”Ägaren och innehavaren av en byggnad samt en verksamhetsidkare ska i fråga om allmänna utrymmen och sådana arrangemang som tjänar hela byggnaden samt innehavaren av en lägenhet i fråga om utrymmen i hans eller hennes besittning se till att ventilationskanaler och ventilationsanordningar har underhållits och rengjorts så att de inte medför risk för eldsvåda.

Genom förordning av inrikesministeriet får närmare bestämmelser utfärdas om ventilationskanaler och ventilationsanordningar som av brandsäkerhetsskäl ska rengöras regelbundet, om tidpunkten för och intervallerna mellan rengöringarna och om hur rengöringen ska utföras.”

Till skillnad från inrikesministeriets gamla förordning (802/2001) givs inget exakt intervall i den nya lagen (räddningslagen 379/2011) för hur ofta rengöring bör ske. Detta ger fastighetsägaren friare händer att bestämma hur ofta det skall rengöras, men det betyder under inga omständigheter att ventilationssystemens rengöring skall lämnas bort eller skötas sämre. Det rekommenderas att den gamla förordningen fortfarande följs. Genom detta minimerar man även risken för att bränder skall uppstå och spridas i de smutsiga ventilationskanalerna.

Utgångsläget är att fastighetsägaren är medveten om hur ofta ventilationssystemet skall rengöras för att det inte uppstår en risk för eldsvåda. I köks-, fabriks- och andra utrymmen som medför en ökad risk för eldsvådor, bör rengöring ske så ofta att det inte förekommer en risk för brand i ventilationssystemet. [10]

I varken den gamla förordningen eller den nya lagen talas det om bostadshusens eller kontorsbyggnadernas rengöringsintervall. I förordningen (802/2001) 3 § nämns det dock att skolor skall med 5 års mellanrum rengöras. Skol- och arbetsplatsmiljön är väldigt lik

varandra, och därför är även fem år en god riktlinje för hur ofta kontorsbyggnaderna bör rengöras.

Då det kommer till bostadshus rekommenderar företag som håller på med rengöring av ventilationssystem att man skall rengöra systemet med minst tio års mellanrum. Även Andningsförbundet (fi: hengityslitto) rekommenderar att man bör kolla upp skicket på ventilationssystemet vart tionde år, och vid behov även rengöra det. [1]

2.2 Inre belastningar

Inre belastningar kallas det som sker inne i huset som försämrar inomhusluftens kvalitet. Till dessa hör värme- och fuktbelastning, personbelastning och emissioner från byggsamt inredningsmaterial. [11] Emissioner i inomhusluften förekommer i både partikel- och gasform. I detta arbete avgränsas det till att endast fokusera på emissioner som förekommer i luften i partikelform (med undantag av koldioxid).

2.2.1 Personbelastningar

Personbelastningar är koldioxid, värme och fukt som människan avger. I sig självt påverkar varken högre temperatur eller en ökad koldioxidhalt negativt på ventilationssystemets renhet. Behovsstyrda ventilationssystem är utrustade med sensorer som ökar på luftflödet då temperaturen eller koldioxidhalten överstiger ett angivet värde. [12] Som en följd av människans närvaro i ett rum kan dessa gränsvärden överstigas och då ökar ventilationen. Större luftmängder betyder mera luft som transporteras genom kanalerna, vilket även ökar på orenheter i ventilationssystemet.

2.2.2 Fukt

Fuktbelastningarna uppstår i utrymmen där luftfuktigheten är i väsentlig roll. I bostads- och kontorsbyggnader är dessa utrymmen dusch- och bastu-utrymmen, tvättstugor och kök. En fuktigare frånluft smutsar ner kanalerna mera i och med att fukten binder damm som sedan fastnar på donen och kanalytorna.

Enligt miljöministeriets förordning angående ”Inomhusklimat och ventilation i nya byggnader” (1009/2017), får frånluft från toalett-, tvätt och städutrymmen sammanföras i

samma vertikala frånlufts kanal då dess andel är under 10 % av den totala frånluften. [13] Oftast planeras ändå moderna ventilationssystem i kontors- och skolbyggnader så att toalett-, dusch-, städ- och andra tekniska utrymmen leds ut med en egen frånlufts kanal och maskin. En fördel med att ha en egen kanal för dessa smutsiga fuktbelastade utrymmen är att de övriga frånlufts kanalerna då hålls längre rena eftersom det är torrare och renare luft i dem. Man träffar ändå på ventilationssystem där dusch- och toalettfrånluften leds ihop med den övriga frånluftens vertikala (och även horisontala) kanaler, dessa frånlufts kanaler är oftast väldigt smutsiga och behöver rengöras oftare. I bostads- och inkvarteringsutrymmen kan dock frånluften från toaletter och motsvarande utrymmen ledas till kontinuerligt arbetade frånluftssystem. [11]



Figur 3. Figur 3 är från en frånlufts kanal dit duschutrymmens frånluft leds. Damm har fastnat på kanalytan. Bild: Sebastian Alfthan, 28.08.2018. Operahuset i Helsingfors.



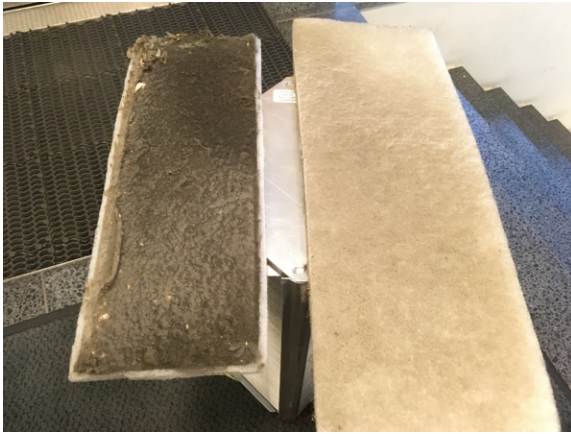
Figur 4. Frånluftsventilen i figur 4 är från duschutrymmet. Bild: Sebastian Alfthan, 28.08.2018. Operahuset i Helsingfors.

2.3 Yttre belastningar

Trots att de inre belastningarna har störst inverkan på renheten i fastigheten bör inte de yttre belastningar försummas. Väderförhållanden, utluftens kvalitet och andra miljöfaktorer inverkar också på ventilationssystemet. [11]

2.3.1 Mikroskopiska dammpartiklar

Fastigheter belägna i centrum eller nära livligt trafikerade vägar är mer utsatta för mikroskopiska dammpartiklar. Detta damm är en blandning av bland annat förbränningspartiklar från bilarna och partiklar som uppstår då bilarna sliter på vägbanan. [14] Vägdammet är som värst på våren efter vintern då bilarnas vinterdäck sliter på vägbanan och sanden.



Figur 5. Tilluftsfilter på vänster sida är förorenat av vägdamm och sot. Luftintaget till aggregatet är vid en livligt trafikerad väg i Helsingfors centrum. Bild: Sebastian Alfthan, 9.11.2018.

2.3.2 Pollen

För allergiker kan även små mängder pollen i inomhusluften kännas i luftvägarna. Under våren/försommaren, då det är mycket pollen i luften, påverkas inomhusluften av detta. Trots att det finns filter i luftaggregatet filtrerar det inte luften hundra procentigt, utan det kommer igenom små mängder pollen och damm. Genom otätheter mellan filtren och mellan filtren-väggarna i luftaggregatet passerar också smutspartiklar vidare till tilluften.



Figur 6. Pollen i en tilluftskanal. Ingå hälso-station. Bild: Rasmus Hellström, 04.07.2018.

2.4 Underhåll enligt behov

Ett exakt intervall för hur ofta ventilationsanläggningen bör rengöras kan inte ges. Varje fastighet är unik och har väldigt varierande inre och yttre belastningar som inverkar på hur snabbt ventilationssystemet blir smutsigt eller kräver underhåll. Inrikesministeriets gamla förordning (802/2001), ger dock goda riktgivande exempel på hur ofta rengöringen borde ske i olika typer av fastigheter.

3 HUR RENGÖRS ETT VENTILATIONSSYSTEM?

När det kommer till en genomgående rengöring av ett ventilationssystem bör yrkeskunniga personer anlitas. Det finns flera olika bolag som erbjuder rengöringstjänster samt andra tjänster som medföljer arbetet.

3.1 Offert

Då rengöringsarbetets beställare kontaktar entreprenören görs en genomgång av lokalens storlek för en värdering av tidsbehovet.

tilationssystemet är, storleken på det samt ifall det finns andra detaljer om tilläggsjobb som bör beaktas när arbetet utförs. För att underlätta och spara på tid granskas även mer praktiska delar för preparationerna som görs innan själva rengöringen. Stora undertrycksfläktar är tunga och kan vara svåra att transportera till maskinrummen, därför planerar man dylika åtgärder redan i detta skede. I många fall är ritningarna missvisande och kan sakna kanaler eller ventiler. Ritningarna motsvarar inte alltid verkligheten angående kanaler, ventiler och don. På grund av detta granskas även ritningarna för att göra arbetet lättare i det praktiska skedet.

3.2 Kriterier enligt beställaren

Rengöring utförs både som ett skilt jobb eller som en helhet med balansering och justering av luftflöden (efter rengöringen). Beställaren avgör vad som kommer att ingå i arbetet. Tillsammans med entreprenören diskuterar man och kommer överens om ifall tilläggsjobb, filterbyten eller andra åtgärder skall göras i samband med arbetet. Mindre reparationsjobb kan utföras ifall sådana upptäcks vid rengöringen.

3.3 Tidpunkt och planering av arbete

Rengöringsarbete är optimalt att utföra då en byggnad är tom på människor. Då kan arbetet framskrida fullständigt enligt egen plan. I kontorsbyggnader där arbete pågår måste man ta hänsyn till personalen. Detta försvårar i viss mån arbetets gång då man hamnar gå enligt personalens tidtabell och krav. Beställaren kan även begära att elektronik och annan känslig utrustning skall täckas in så den inte tar skada av dammet som lossnar vid rengöringen.

Beroende på byggnadens funktion och ålder varierar takhöjden i rummen. Utrymmen med högt tak är mera tidskrävande än de med låga tak, då arbetsställningar måste flyttas för att nå ventilationskanaler och don.

I nybyggen där rengöring inte tidigare utförts hamnar man även ofta installera nya rensluckor, vilket också är att tänka på då man planerar arbetets längd. Även i äldre byggnader kan mängden luckor vara bristfällig.

3.4 Arbetets gång

Då arbetet påbörjas skall en plan vara klar på hur man går till väga. De olika arbetsskedena och hur arbetskraften fördelas är det första man bör gå igenom så helhetsbilden blir klar. På detta sätt optimerar man arbetseffektiviteten.

3.4.1 Att skapa undertryck i maskinell från- och tilluft

Då man rengör ventilationskanalerna skiljer sig från- och tilluftskanalerna en aning från varandra. Innan man börjar med rengöring av kanaler bör man skapa ett undertryck i dem, ett sug som för ut damm och smuts som lossnar vid rengöringen.

3.4.2 Tilluft:

Då man skapar undertryck på tilluftsidan använder man sig av en undertrycksfläkt. Hur och var man placerar fläkten är det första man måste ta itu med. I fläkten fäster man två rör, ett rör på vardera sida. Det första röret är det som går till den kanalen man vill skapa ett undertryck i (rengöra), och det andra röret är det rör som avlägsnar den smutsiga luften ur byggnaden. Hur man placerar röret som avlägsnar den smutsiga luften ur maskinrummet varierar. Ifall det finns flera stamkanaler eller de förgrenar sig, är man tvungen att flytta fläkten till varje enskild stamkanal för att skapa undertryck. Detta kan vara väldigt tidskrävande.

Att kunna standardisera hur man skall placera rören och undertrycksfläkten går inte eftersom varje maskinrum är olika uppbyggt och de enskilda fallen har därmed sina egna lösningar.

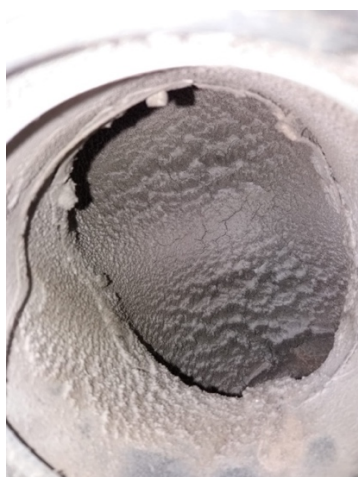
I trånga maskinrum där en undertrycksfläkt inte kan användas, kan man använda frånluftsmaskinen för att skapa undertryck i tilluftskanaler. Med hjälp av frånluftsmaskinens frekvensomriktare kan man öka fläktens rotation och därmed se till att undertrycket i kanalen räcker för att även rengöra de mest avlägsna kanaldelarna. Beroende på storleken av kanalsystemet och dess rörstorlekar kan man vara tvungen att täppa till don och ventiler för att maximera draget i slutändan av kanalerna.

Man bör även granska att alla brandspjäll är öppna och se till att möjliga regleringsspjäll är öppna. Dessa minskar på trycket i kanalerna ifall de är fast, och därmed försämrar rengöringen.

3.4.3 Frånluft:

Frånluftskanalerna är mindre komplicerade att skapa tryck i. Här kan man direkt använda frånluftsmaskinens egna fläkt för att skapa undertryck. Det man bör göra är att justera flödes hastigheten med frekvensomriktare för att uppnå önskvärt undertryck. Det finns inga behov för en skild fläkt och dammet samlas upp i maskinens egna filter. Det kan dock vara fuffigt att granska filtrens täthet före man påbörjar putsandet så man inte bidrar till ytterlig förorening av maskinen. Ifall frånluftskanalerna är väldigt smutsiga eller frånluftsidan i ventilationsaggregatet är svår att rengöra (fläkten eller värmeåtervinningen) kan även en separat undertrycksfläkt användas (samma princip som då man rengör tilluftskanaler). Användning av en separat undertrycksfläkt minskar mängden smuts som hamnar in i ventilationsaggregatet.

Om man dock anser att man kan rengöra ventilationsaggregatet ordentligt, rekommenderas att ventilationsaggregatets egen fläkt används då den förmår skapa ett högre tryck i kanalen som garanterar renare resultat. Ventilationsaggregatet kommer att rengöras omsorgsfullt efter att kanalerna är putsade, därför stör det inte ifall lite smuts kommer igenom filtren in i maskinen.



Figur 7. Smutsig frånluftskanal. Bild: Rasmus Hellström, 26.7.2018.



Figur 8. Smutsig frånluftskanal. Bild: Rasmus Hellström, 14.4.2019.

I kanaler som är väldigt smutsiga lönar det sig att använda en skild undertrycksfläkt. I figur 7 har det lagrats damm på frånluftskanalens väggar. Figur 8 är också från en frånluftskanal dit luft från ett torkrum (med torkskåp) leds. Detta resulterar till att textilfiber har lagrats i kanalerna.

3.5 Redskap och verktyg som används under rengöring:

- **Undertrycksfläkt** (för att skapa ett undertryck) (Figur 9)
- **Borrmaskin** (För borstande)
- **Borst- vajer** (För borstande) (Figur 10)
- **Borstar** till borst- vajern
- **Frekvensomvandlare** (Justerar undertrycksfläktens varvtal)
- **Stege** (För att nå alla kanaler i undertak mm.)
- **Metallsax** (För installering av nya rensluckor)
- **Rensluckor** (Nya luckor att installera) (Figur 11)
- **Trasor & tvättmedel** (För rengöring av ventiler och maskiner mm.)
- **Trykktvättare** (rengöring av värmeväxlaren)
- **Blåsare** (För att lösgöra damm från don eller annat)
- **Dammsugare**



Figur 9. En undertrycksfläkt med inbyggt filter. Bild: Rasmus Hellström, 2.4.2019.



Figur 10. Bild på en borr-vajer med borrmaskin och två borstar. Bild: Rasmus Hellström, 2.4.2019.



Figur 11. Bild på rensluckor, tätninglistor och ett tilluftsdon. Bild: Rasmus Hellström, 2.4.2019.

3.6 Rengöring av kanal

När man skapat ett eftersträvat undertryck i kanalerna är det dags för att börja själva rengörande. Till rengöring av kanaler används en vanlig handborrmaskin som är kopplad till en lång metallvajer med axel som har en borste i ändan. På basis av antalet krökar och storleken på ventilationskanalen väljs en lämplig vajer. Vajern varierar i både styvhet och längd, med större borstar (i större kanaler) används en styvare vajer och i små och krokiga kanaler en flexibel vajer.

Rengöringen börjar från de sista kanalerna längst från maskinen. Sedan putsas man kanalerna i riktning mot undertrycksfläkten som är belägen i maskinutrymmet. När man rengör tilluftskanaler har man även en fuktad trasa fäst vid borsten för att samla upp damm effektivare och därmed få en renare kanal. Efter att kanalerna är rengjorda ända fram till ventilationsaggregatet, tar man itu med av- och uteluftskanalen/kammaren. Kanalerna putsas på samma sätt med en borste, medan en kammare dammsugs och putsas med tvättmedel och trasa.

3.6.1 Rensluckor

Vid rengöring av kanaler använder man sig av rensluckor som har installerats vid byggnadsskedet, ofta måste dock nya luckor monteras för att kunna rengöra hela ventilationssystemet omsorgsfullt. Om planeringen och byggandet hade varit optimalt, skulle nya luckor inte behöva installeras. På de flesta objekt finns det brister i mängden och placering av rensluckor. Mellan luckorna får det högst finnas två stycken 45 % krökar och de bör helst installeras med tio meters mellanrum. Horisontala kanaler förses ofta med luckor var tre till fem meter, detta p.g.a. brandsäkerhet. [11]



Figur 12. Renslucka. Finns i flera olika storlekar och modeller.

3.7 Rengöring av ventilationsaggregat och maskiner

Metoden för hur man rengör maskinerna beror på hurdan ventilationstyp. De två olika typerna av ventilation är:

- Mekanisk från- och tilluft
- Mekanisk frånluft

3.7.1 Mekanisk från- och tilluft

I mekanisk frånluft kommer både till- och frånluften genom ett aggregat. Nuförtiden utrustas nästan alla hus med till- och frånluftsventilation. [15]

Efter att kanalerna är rengjorda utförs rengöring av till- och frånluftsmaskinerna. Maskinerna har sina luftfilter som hindrar största delen av damm och orenheter i luften att komma in i aggregatet men de filtrerar inte luften hundra procentigt. Pollen, sot och damm utifrån försämrar alla luftens kvalitet, och skall därför avlägsnas från tilluften. I maskiner där det använts mineralull som ljudisolering, har ullen med tiden börjat lösgöra ullfibrer som sedan fastnat i maskinen. Denna ull är viktig att avlägsna från maskinen så att den inte transporteras vidare med kanalerna in i byggnaden.



Figur 13. Filtren i ventilationsaggregat har inte varit täta och därför släppt igenom smuts. Mineralullens yta är också skadad och ullfiber lösgörs till tilluften. Bild: Simon Wickström, 28.02.2019.

I frånluftsmaskinen finns det varken pollen eller sot såsom i tilluftsmaskinen, eftersom där endast transporteras luft inifrån fastigheten. I frånluftssystemet är det damm och kontamineringspartiklar från människor och inredningsmaterial som orsakar nedsmutsning.

För att rengöra maskinerna används dammsugare, olika borstar, tryckluft och trasor. Fläkten i maskinen bör rengöras från damm och smuts som lagrats på bladen. Smuts på fläktbladen försämrar betydligt fläktens funktion då förmågan att transportera luft sjunker. [16] Ifall maskinen har ljudisoleringskivor av t.ex. mineralull, kan det vara på sin plats att byta ut detta mot nya moderna material. Man kan även ytbelägga gamla ullskivor med GrafoSeals partikelbindande spray.

I samband med rengöringen, granskas även drivremmen mellan motorn och fläkten. Drivremmarna bör bytas ifall slitage mellan ”tänderna” kan observeras eller om remmarna blivit lösa. Om remmen inte byts tillräckligt ofta riskerar man att den går av och ventilationen upphör.

3.7.2 Mekanisk frånluft (takfläkt)

Mekanisk frånluft blev vanligt under 1960-talet. Med mekanisk frånluft tar man bort luft med hjälp av fläktar, i bostadshus oftast en takfläkt. Ersättningsluften kommer oftast in genom tilluftsventiler. [1]

Frånluftssystem med takfläkt hör till de snabbaste och lättaste att rengöra. Om takfläkten är rätt dimensionerad (eller flödet kan ökas till effektiverad ventilation) kan ventilationsystemet rengöras med hjälp av dess egen takfläkt. Med andra ord betyder det att ingen utomstående undertrycksfläkt behövs. Takfläkten har dock inte en hög effekt, vilket betyder är det krävs att man täpper till alla övriga ventiler för att koncentrera luftflödet till den specifika ventilen man rengör. Mekanisk frånluftsventilation med takfläkt hittar man oftast i lägenheter under hundra kvadratmeter. I dessa lägenheter finns det inte många ventiler och draget påverkas effektivt ifall man täpper till dem.

Mekaniska frånluftssystemen rengörs på samma sätt som från- och tilluftssystemen rengörs, det vill säga från den mest avlägsna ventilen mot takfläkten.

Takfläkten är ofta väldigt smutsig med tjocka lager av damm. Orsaken är att frånluften inte filtreras i dessa system, och då kommer luften ofiltrerad till fläkten. Takfläkten rengörs med tryckluft, handborste och trasa.



Figur 14. Damm som lossnat efter rengöringen av takfläkt på radhus i Lojo. Bild Simon Wickström, 04.02.2018.

3.8 Filterbyte

Efter att rengöringen är utförd av både kanaler och maskiner skall nya filter läggas i. Filtrens uppgift är att samla åt sig största delen av alla orenheter i luften som tar sig igenom och därför är filtren alltid den smutsigaste delen av ventilationssystemet. Vid installation av nya filter bör man vara noggrann med att använda rätt filtertyp och se till att tätningslisterna är hela och täta. En noggrannare genomgång finns i kapitel 7.

3.9 Genomgång av arbetet

Innan ventilationsaggregatet startas bör man göra en granskningsrunda. Där bör följande punkter granskas:

- Granskning att alla ventiler är spända och på plats
- Granskning av brandspjällens (kan ibland stängas då man rengör kanalerna)
- Granskning och återställning av spjällen till sin ursprungliga position.
- Granskning av att alla rensluckor är fast
- Granskning av takpaneler
- Städning av utrymmen (utrymmen lämnas i minst samma skick som innan)

Efter att allt är i skick läggs maskinerna på. Det är viktigt att vara uppmärksam och följa med maskinerna då de läggs på ifall fläktarna/motorerna för oljud. Problem i motorn och fläkten är lättare att höra vid låga varvtal då maskinen sätts igång.

3.10 Problem som kan förekomma under rengöring

- Bristfälligt undertryck: Ibland kan kanalsystemets storlek skapa problem med att uppnå ett tillräckligt undertryck i kanalerna för att kunna utföra rengöring. Undertrycksfläktens effekt är för liten trots att ventilerna är täppta.
- Tillgängligheten av kanalerna för underhållsarbete har inte haft tillräcklig tyngdpunkt vid planeringsskede. Detta leder till att delar av kanalerna är oåtkomliga för rengöring och leder till att kompromisser måste göras.
- Specialfall:
Som exempel har kanaldetektorer installerats i ventilationskanalerna och försvårar arbetet. Kanaldetektorer som skall övervaka luftens rökinnehåll kan bli förstopade av damm ifall åtgärder inte tas för att avlägsna dem eller skydda dem under rengöringen. Ifall detektorerna blir tilltäppta påverkar det funktionen och leder till en säkerhetsrisk.
- Takpaneler/takskivor kan skapa problem ifall de är fastmonterade eller tunga. För att nå kanaler i mellantaket bör takpanelerna vara lätta att flytta för att komma åt att arbeta. De rensluckor som installerats i byggskede har egna takpaneler som utmärkts med en PL symbol (fi: Puhdistusluukku) för att lättare hitta dem.

Dessa tilläggsjobb och problem kan förekomma och är ofta tidskrävande och förlänger arbetets gång. På grund av detta är det emellan svårt att bedöma hur mycket tid som behövs för rengöringen, speciellt i stora kontorsbyggnader eller skolor där oväntade problem uppstår.

3.10.1 Material som orsakar problem

Ett av de stora problemen som kan förekomma med inomhusluften, speciellt i äldre byggnader, är mineralullsfiber. Materialet används i ventilationsaggregatet samt i tilluftsventiler och frånluftsdonen som ljudisolering. Mineralullsskivor används även mycket som

akustikskivor i tak. Mineralullsskivor blir oftast med tiden spröda, och fibrer kan sprida sig i inomhusluften. Eftersom mineralull också används som isoleringsmaterial i väggar, kan okontrollerade undertryck dra med sig av fibrer.

Gränsvärdet för mineralfibrer är 0,2 fibrer/cm² i damm som lagt sig under två veckor. [17]

Typer av mineralull

- Keramiska fibrer
- Isolerullsfibrer
- Glasullsfibrer

Mineraullsfibrer anses inte vara farliga för människans hälsa men kan orsaka irritationssymtom i ögonen, slemhinnorna och huden. [17] Irritationer som dessa på en arbetsplats eller bostad kan tyda på problem med ullfiber i inomhusluften.

Vesa Pekkola som jobbar för miljöministeriet anser dock att mer forskning krävs för att kunna utesluta ifall mögel eller mineraullsfiber är den vanligare källan för hälsosymtom. Han stöder dock att mineraullsfiber har mycket liknande irritationssymtom som mögel, och därför krävs det ofta att man studerar luftens partikelinnehåll innan man med säkerhet vet ifall det är mögel eller ullfiber som är den bakomliggande orsaken till irritation. [18]

För att åtgärda problem med mineraullsfibrer i inomhusluften vid objekt där det använts i ventilationssystemet finns det två olika metoder. Tilläggsjobb diskuteras med beställaren och vid behov utförs de i samband med rengöringen.

Ytbeläggning:

- Vid ytbeläggning använder man sig av ett ämne som binder ytan så fibrer inte kan bli spröda och avge partiklar. Exempel på ämne är GrafoSeals damm & fiber bindande vätska. GrafoSeal kan endera appliceras med en sprayflaska eller rullpensel.
- Utbyte till Acutec ljudisoleringsmaterial:
Bästa alternativet är att byta ut mineralullsskivorna till moderna isoleringsmaterial. Acutec är gjort på polyester och har flera fördelar i jämförelse med mineralull.

Acutec kommer i flera modeller och de bästa har en bättre isoleringsförmåga än mineralull. Materialet är även lättare är rengöra. Man kan rengöra med vatten, borsta eller dammsuga skivorna.

Största fördelen med Acutec är att den varken ger ifrån sig kemikalier eller fibrer. Modeller som KVDP, PDV, PVDP når även M1 emissionsklassificering.

Tekniska egenskaper: Acutec

Täthet	25 kg/m ³
Yta	Ytbelagt 100 % PES, termiskt laminerad på andra sidan skivan
Rengöring	Vattentvätt, nylonborstning eller dammsugning
Temperatur	Temperaturrekommendation -30/+120°C
Utsläpp	Dammar ej, kan hanteras utan handskar
Fukt	Binder ej fukt (bara 0,4 %, i jämförelse med glasull 65 %)
Brandklass	B-s1-d0 (standard EN 13501-1:2007)

[17] [19]

3.11 Arbetsrapport

För rengöringsarbetet görs en rapport som innehåller information om själva arbetet.

I ”Inrikesministeriets förordning om rengöring av ventilationskanaler och ventilationsanordningar” (6§) har följande krav ställts om vad rapporten skall innehålla:

1. Uppgifter om platsen
2. Den som utfört arbetet
3. Tidpunkten då arbetet utförts
4. Rengöringsmetoder som vidtagits och deras omfattning
5. Arbetsmetoder samt
6. Brister som upptäckts och reparationer som utförts

[7]

Rapporten skrivs av rengöringsprojektets arbetsledare. Arbetsledaren har en god helhetsbild över arbetet i och med närvaro vid både inspektionsskedet, planering och själva rengöringsskedet. Det är viktigt att alla arbetare informerar arbetsledaren om möjliga detaljer som framkommit under arbetets gång som kan vara viktiga att ha med i rapporten. Ifall skador sker eller brister upptäcks, är det bra att ta ett foto av objektet och vid reparationer även inkludera bilder efter reparation för att undvika att missuppfattningar uppstår. Bilder av ventiler, kanaler eller maskiner före och efter rengöring, kan även läggas till i rapporten som uppföljning och resultat av arbete.

4 TRYCKFÖRHÅLLANDEN I EN FASTIGHET

I detta kapitel berättas det om tryckförhållandenas viktighet i fastigheter samt vad okontrollerade tryckförhållanden i värsta fall kan orsaka. Tryckförhållanden inomhus påverkas stort av ventilationen, men även utomhusförhållanden bidrar till att tryckförhållanden ändras inomhus. Temperaturskillnaden mellan inomhusluften och utomhus samt vindhastigheten är faktorer som sker utomhus men som påverkar tryckförhållanden inuti byggnaden. Hur stor påverkan de yttre faktorerna har beror på byggnadens täthet och höjd. I denna dag byggs det hus som är mycket lufttäta, detta minimerar utomhusklimatets påverkan på tryckförhållandena. Man strävar efter att bygga täta hus för att minska på energianvändningen som går åt till att värma upp bostaden. Med tätare konstruktioner minimerar man värmeförluster, då varken kall luft kommer in i byggnaden eller varm luft läcker ut. [20]

4.1 Byggnaders täthet

En byggnads luftläckagevärde (q_{50}) kan räknas ut genom ett test där ett 50 Pascals under- eller övertryck belastar en byggnad under en timme. Enheten q_{50} berättar hur många gånger inomhusluftens hela volym byts ut genom läckage under en timme. En byggnads maximala läckageflöde är $4 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$. Talet innebär fyra kubikmeter luft i timmen per kvadratmeter yttre klimatskalsyta. [21]

4.2 Olika typer av ventilation

Ventilation kan ske antingen med hjälp av självdrag eller mekaniskt. Det finns tre kategorier för olika typer av ventilation som kort kommer att förklaras; **ventilation med självdrag**, **mekanisk frånluftsventilation** och **mekanisk till- och frånluftsventilation**.

4.2.1 Ventilation med självdrag

Denna typs ventilation baserar sig på en så kallad skorstenseffekt. Tilluften tar sig in genom konstruktionens otätheter medan frånluften tar sig ut genom en skorsten. Luftens rörelse sker genom temperaturskillnader då den varma luften inomhus rör sig upp genom skorstenen i byggnaden. Skorstenseffekten ökar ju högre byggnaden är och gör ventilationen effektivare. Vid planering delar man in höga byggnader och utrymmen med en takhöjd på tio meter till egna sektioner där höjden beaktas. Varm luft har lägre densitet vilket betyder att den stiger uppåt i en byggnad (även kallat skorstenseffekt). Ifall den varma uppåttigande luften når kalla delar i huskonstruktion kan det ske kondensation. Även vinden påverkar effekten i självdragsventilationen. En kraftig blåst kan pressa in uteluft genom frånluftskanalen så att den istället blir en tilluftskanal. Det finns alltså flera faktorer som påverkar hur effektiv ventilationen är och den kan vara mycket varierande. Fördelar med självdrag är att ingen fläktenergi krävs och buller av maskiner kringgås. [1]

Positiva samt negativa faktorer med ventilation genom självdrag:

- + Ingen elförbrukning
- + Inga ljud av maskiner

- + Låga underhållskostnader
- Bristfällig tilluft
- Bristfällig ventilation sommartid
- Drag under de kalla vintermånaderna (speciellt under kalla dagar med hård vind)
- Ingen värmeåtervinning eller filtrering av färskluft

[22]

4.2.2 Mekanisk frånluftsventilation

Mekanisk frånluftsventilation tar sin tilluft via otätheter i konstruktionen eller genom ventiler/öppningar i fönstren och väggen. Frånluften förs ut med hjälp av en takfläkt. Frånluftsventilerna i dessa system installeras först och främst i dusch-, bastu- och tvättutrymmen, toalett och kök men kan placeras även i t.ex. klädrum eller motsvarande garderober. Genom ett maskinellt frånluftsflöde garanterar man konstant ventilation för att få fuktig och kontaminerad luft bort från huset, vilket är en fördel i jämförelse med självdag. En annan fördel men maskinell frånluft är möjligheten att filtrera tilluften genom att lägga luftfilter i väggventilerna ifall man väljer att tilluften skall komma genom väggventiler.

Problem som lätt kan förekomma i dessa system är en brist på tilluft eller att tilluften kommer från oönskade ställen såsom t.ex. genom ytterväggar, källaren, tak eller andra ställen där luften kan innehålla mikrober och orenheter. [1]

Positiva samt negativa faktorer med frånluftsventilation:

- + Fläkten ger ett konstant flöde (stabil ventilation)
- + Fläkten är justerbar och flöden kan regleras vid behov
- + Möjlighet till värmeåtervinning samt filtrering av tilluft genom färsluftsventiler
- Eldriftskostnader
- Bristfällig tilluft (speciellt i täta hus. Kan även dra med sig mikrober ur konstruktionen då tilluften inte har andra vägar)

- Buller av fläkten
- Underhållskostnader
- Ökar uppvärmningsbehovet

[22]

4.2.3 Maskinell till- och frånluft

Med maskinella flöden både på till- och frånluftssidan sköts både till- och frånluften maskinellt, vilket betyder att man har ett konstant luftflöde på både till- och frånluftssidan. I och med att det finns tilluftsventiler i huset garanterar man även att tilluften kommer genom till det menade vägar (med förutsättning att systemet är i balans). Maskinerna är dimensionerade enligt behoven och ger ett konstant luftflöde året runt oberoende utomhusförhållanden.

I stort sätt vill man ha tilluften i de rena rummen som i bostadshus är vardags-, arbets- och sovrum. Frånluften tas från de så kallade orena utrymmen som kök, toalett och tvätt- rum. Luftströmmarna rör sig då kontrollerat från rena utrymmen till orena utrymmen. En lägenhet med innerdörrar bör ha en tillräckligt stor springa för att luften skall kunna röra sig. [1]

Positiva samt negativa faktorer med maskinell till-och frånluft:

- + Balanserad ventilation som inte skapar okontrollerad tryckförhållanden
- + Ser till att ventilationen är tillräcklig och att det dessutom är ren luft som kommer in
- + Möjlighet att reglera flöden
- + Möjlighet till värmeåtervinning
- Största eldriftskostnader trots värmeåtervinning
- Högsta underhållskostnader
- Kan skapa stora problem vid obalans

[22]

4.3 Undertryck

Vid planering av ventilationssystemen är förutsättningen att skapa ett litet undertryck. Man planerar flöden så att tilluftens helhetsflöde är aningen mindre än frånluftsflödet. Med ett litet undertryck hindrar man effektivt att inneluften inte pressas ut genom konstruktionen. Att fuktig luft kommer in i väggen kan leda till stora fuktproblem, speciellt under vintern då fukt kondenseras inne i köldbryggor och samlar sig i konstruktionen. [23]

För människan kan undertryck ha negativa följder då emissioner i form av partiklar, mikrober och bakterier dras från byggnadens konstruktion eller kryppgrund och hamnar i inneluften. Risken för detta ökar ifall det uppstår ett för stort undertryck eller det finns dåligt med ersättningsluft. Ersättningsluft är den luft som undertrycket försöker suga genom huskonstruktionen (eller vid optimala fall genom ventiler installerade i väggen/fönster) för att jämna ut tryckskillnaden.

Enligt Finska miljöministeriets byggbestämmelsesamling D2 för inomhus och ventilation, får undertrycket inte överskrida 30 Pascal. [11]

Vilka problem kan för höga undertryck skapa?

- Luktproblem (avlopp torkar och börjar lukta)
- Hämtar med sig mikrober och partiklar från konstruktionen
- Ljudproblem (Visslande ljud som drag i dörr- eller fönsterspringor kan orsaka oljud)
- Okontrollerade flöden i byggnaden

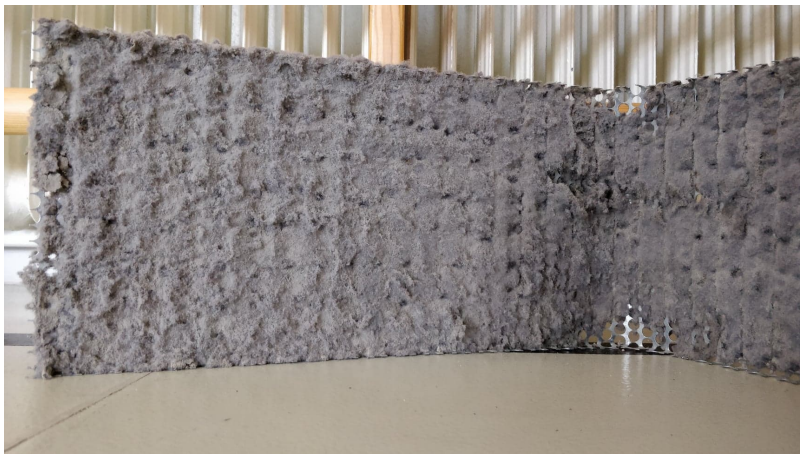
4.4 Övertryck

Övertryck kan uppstå i byggnader på grund av smutsigt eller dåligt balanserade ventilationssystem, fel filter eller smutsiga filter, men även utomhusförhållandena inverkar på trycket inomhus. Filtrens inverkan på tryckbalansen hanteras i kapitel 8.

4.4.1 Smutsigt ventilationssystem

Igentäppta ventiler kan minska på luftflödet, framförallt på frånluftssidan där luftventilerna kan vara väldigt smutsiga. Då smutsiga frånluftsventiler minskar på luftflödet kan det resultera i att ett övertryck bildas i byggnaden, vilket är som tidigare nämnt skadligt för huskonstruktionen då fukten pressas in i väggen.

Exempel på ett fall där damm kan skapa förändrade tryckförhållanden, var förstoppade frånluftsventiler i gymnastiksalen i Kyrkoby skola i Sibbo. Som man ser på figur 15, har frånluftventilernas galler totalt täppts av damm, vilket kan leda till ett obefintligt frånluftsflyde. Då finns det en risk för att det eftersträvade undertrycket i värsta fall kan förvandlas till ett övertryck.



Figur 15. Tilltäppt frånluftsventil från en gymnastiksal i Kyrkoby skola.
Bild: Simon Wickström, 26.4.2019.

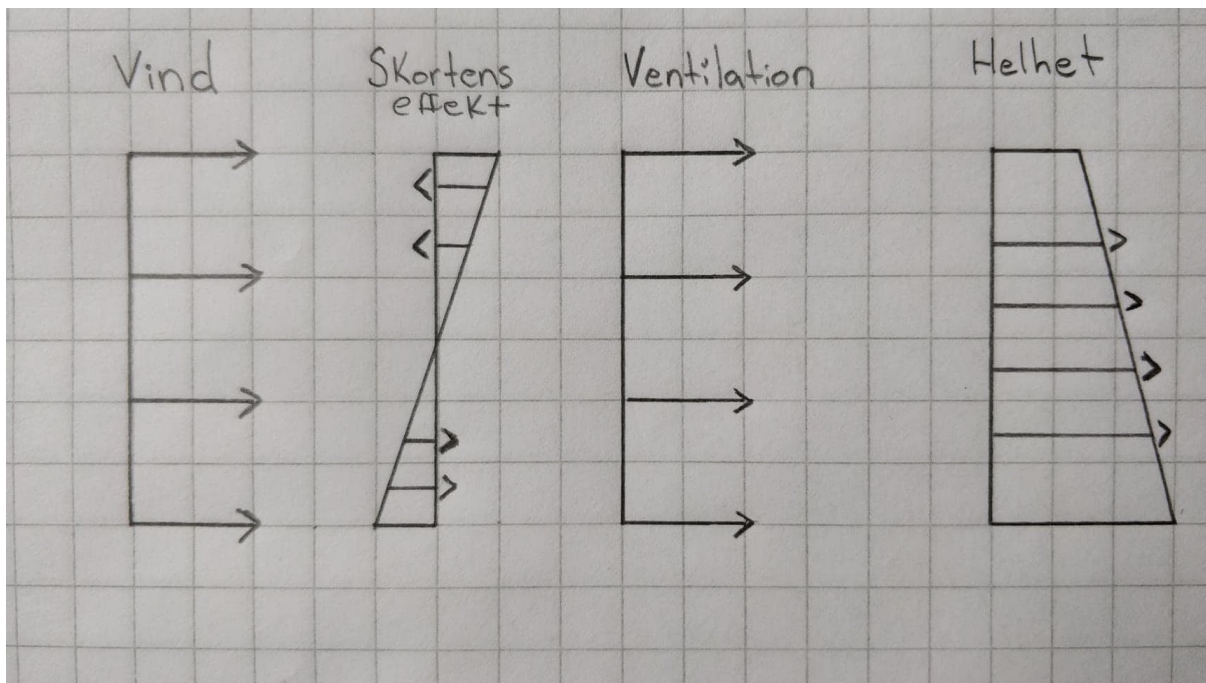
4.4.2 Yttre faktorer

Temperaturens påverkan på tryckförhållanden inomhus är större desto kallare utomhusluften är. Under vinterns kalla månader kan därför temperaturskillnaderna skapa övertryck i byggnadens övre delar samt undertryck i nedre delar. I ett sådant läge har vi diffusion av luft i olika riktningar i övre delar av byggnaden i jämförelse med nedre. [24]

Tryckförhållanden vill alltid jämnas ut sig vilket sker i riktning från högt tryck mot lågt. Ifall det bildas övertryck inne i byggnaden betyder det att luftflöden transporterar fukt med sig in i väggarna.

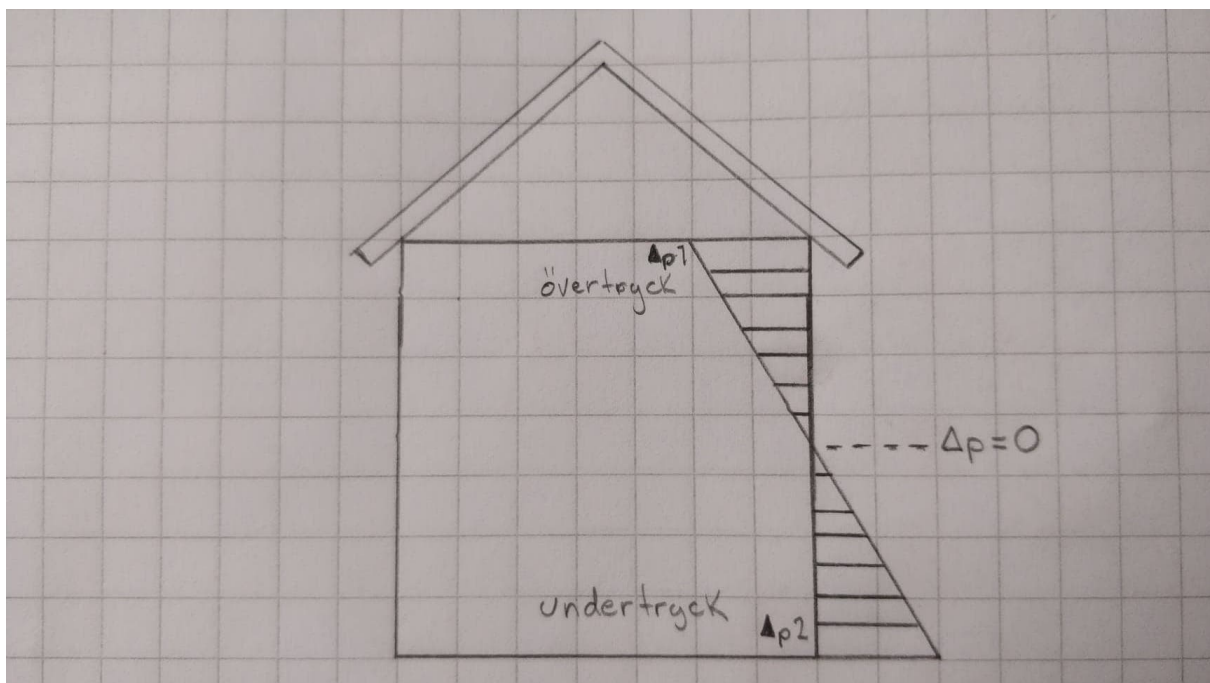
Illustrationerna i figur 16 är de tre faktorer som påverkar tryckförhållanden:

- Vind
- Temperatur
- Ventilation



Figur 16. Illustration på faktorer som påverkar på tryckförhållanden.

Den sista figuren illustrerar en helhetseffekt av alla faktorer på en vägg emot vindriktning. Den andra illustrationen från vänster (skortenseffekt), visar temperaturskillnadens inverkan på trycken inomhus. Denna illustration baserar sig på en vägg med ett jämnt luftläckage lodrät längs hela väggen. I figur 17 visas temperaturens inverkan på tryckförhållanden inomhus.



Figur 17. Temperaturens inverkan på tryckförhållanden, motsvarar skorstenseffekten i första bilden.

5 BALANSERING AV VENTILATIONSSYSTEM OCH DESS RELEVANS

I detta kapitel är fokus på balanseringens roll i ventilationssystemet och vad dåligt balanserade ventilationssystem kan orsaka.

5.1 Allmänt om balanseringen

För att ett ventilationssystem skall fungera som det har planerats, bör det vara i balans och flöden justerade enligt ritningarna eller förordningar gällande ventilation. En balansering av systemet innebär att man justerar luftflöden till byggnadens olika delar och rum enligt de planerade flöden samt ökar eller minskar på helhetsluftflöden ifall det finns behov för det.

För att ventilationen skall bibehålla en hög luftkvalitet och vara hälsosam för både personerna och byggnaden är tryckförhållanden och flöden avgörande. Tryckförhållanden mellan olika rum avgör vart luften rör sig och obalans kan skapa stora problem. En ren luft

med hög kvalitet garanterar inte en sund inomhusluft. Ifall luftflödet är otillräckligt kommer det oavsett tilluftens kvalitet att vara unket inomhus och därför är det viktigt att även ha tillräckligt luftflöde. Vid balanseringen ser man till att det planerade luftflödet också i verkligheten uppnås med ventilationen.

Vad kan orsaka obalans i ventilationssystemet?

- Förändringar i konstruktionen (t.ex. installering av nya mellanväggar i byggnaden) utan att anpassa ventilationen efter det
- Ventiler täppta av damm och smuts
- Luftfilter täppta av damm och smuts
- Ventilationssystemet har inte balanserats rätt eller överhuvudtaget balanserats
- Invånarna täppt till ventiler i lägenhet (skapar obalans i centralstyrt ventilationsaggregat)
- Rengöring av systemet kan ha ändrat på både inställningar i spjäll och ventiler eller påverkat på totalluftflödet

[25]

5.2 Balansering

Då man balanserar ett ventilationssystem finns det huvudsakligen två olika metoder som används, proportionalitetsmetoden (fi: suhteellinen) och *beräkningsmetoden (fi: laskennallinen). *Beräkningsmetoden är direkt översatt från den finska benämningen ”laskennallinen tasapainotus” då inget motsvarande namn på svenska hittades.

5.2.1 Balansering enligt beräkningsmetoden

Vid balansering av ventilationssystem finns det två olika metoder att utföra mätningar. En vanlig metod är att balansera systemet enligt ritningarnas värden, så kallade beräkningsmetoden. Denna metod kräver att planeringsjobbet har utförts korrekt och flöden motsvarar kraven för dagens ventilation. Ventilationsritningarna bör innehålla uppgifter om helhetsluftflöde ur maskinen, luftflöden i ventiler och don. Somliga ventilationsritningar innehåller även trycken i ventiler och don.

Principen är följande: man reglerar ett tillräckligt stort helhetsluftflöde i ventilationssystemet. Efter det mäter och justerar man luften i riktning från aggregatet mot ventiler, och fördelar/styr den ut i ventilationssystemets alla luftdon.

Vid balansering enligt denna metod går man enligt följande steg:

1. Man mäter helhetsluftflödet som kommer ut ur maskinen för att veta att man har tillräckligt med luft i systemet för att försörja varje luftdon med den luftmängd som behövs.
2. Man fördelar helhetsluftflödet i förgreningskanaler med hjälp av regleringsspjäll.
3. Efter detta mäts luftflödena i luftdonen och delas ut mellan dem enligt deras behov.
4. Korrigeringar och finjustering utförs vid behov.
5. Uppgifterna läggs in i en mättningsrapport som innehåller ventiltyp, storlek, förregleringsvärde samt den uppmätta tryckskillnaden och luftflöde.

I de flesta fall vid justering sker balanseringen efter en rengöring av systemet. Under rengöringen är det därför viktigt att se till att alla regleringsspjäll och ventiler är i samma position som innan. Ifall dessa inte är i samma position kan luftflöden vara mycket avvikande från planeringsvärdena och försvårar balanseringsarbetet betydligt. Man bör även granska ritningarna ur en kritisk synvinkel, eftersom de kan innehålla fel eller misstag som kan upptäckas och sedan korrigeras. [26]

5.2.2 Balansering enligt proportionalitetsmetoden

En annan använd metod att balansera är genom förhållanden. Metoden baserar sig på förhållandet mellan de planerade flöden och de uppmätta flöden i justeringsspjäll, ventiler och don. I denna metod börjar man mätningarna i omvänd ordning, dvs. från den bortre ändan lägst från aggregatet. Det gäller att hitta den ventil eller det justeringsspjäll som har den svåraste rутten för tilluften eller frånluften från aggregatet till denna enhet.

Sedan gäller det att mäta flödet och jämföra det med flödet som finns i ritningarna. Justeringsspjället eller ventilen nämns sedan till referensenhet, vilket innebär att övriga spjäll och ventiler justeras enligt samma förhållande. I slutläge vill man att referensenheten är i

ett läge där den är fullt öppen. Då ser man till att inte strypa någon ventil i onödan vilket leder till att aggregatet kan gå på minsta möjliga effekt för att uppfylla totala luftmängden.

1. Man öppnar alla spjäll och mäter flödet i den enhet med svåraste ruten för luften som oftast finner sig längst från aggregatet. Denna enhet räknas sedan som referensenhet och skapar förhållandet enligt vilka kommande enheter justeras.
2. Man mäter och justerar resten av enheterna enligt förhållandet man fått.
3. Sedan justerar man aggregatets effekt genom frekvensomvandlarens panel så att luftflödet i referensenheten uppnår det planerade luftflöde, vilket betyder att även de övriga ventilerna borde uppnå det eftersträvade värdet.
4. Till sist utför man ännu mätningar vid varje ventil eller don och gör små korrigeringar vid behov.
5. Till sist fyller man i mätprotokollet på samma sätt som i balansering med beräkningsmetoden.

[26]

Då man mäter luftflödet i en kanal som saknar justeringsspjäll (vid justeringsspjäll kan man beroende på modell ofta mäta luftflöde med tryckskillnadsmätare) använder man sig av en anemomätare kopplad till en varmtrådsgivare. Då borrar man hål i kanalen och mäter flöden ur kanalen. Antalet mätpunkter varierar, men fler punkter ger ett noggrannare resultat i och med att flödet inne i kanalen inte är jämnt utan varierar beroende på t.ex. krökar, anslutningskanaler och kanalform. Därför bör man ha en ”skyddssträcka” från närmaste krök till mätpunkt då kröken kan skapa turbulens och förvränga mätresultaten. Efter mätning läggs en gummiplugg i hålet för att täppa till det. [26]

Då man mäter flödet i ventiler eller don använder man sig av en huvvmätare eller luftflödesmätare (figur 19) som mäter ut flöden på basis av tryckförhållanden.

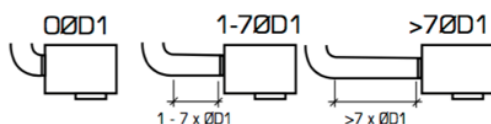
Universalmätare har färdiga kalibrerade värden som på basis av ett k- värde som matas in, räknar ut luftflödet enligt tryckförhållanden. K- värdet fås från ventilens leverantör och skalan är beroende på typen av ventil/don. På en ventil som KSO (frånluftventil) eller KTS (tilluftventil) baserar sig k- värdet på springans öppning. Öppningens storlek anges i millimeter, och beroende på springan och ventilstorleken ges k-värde för den specifika ventilen som sedan matas in i mätaren.

Andra tilluftsdon som t.ex. RHKB, RHOB har k- värden som baserar sig på längden till närmaste krök från anslutningskanalen eller sättet som kanalen ansluts till donet.

Exempelvis ser man i figur 18 att k- värdet är olika ifall längden till närmaste krök från luftdonet är mindre än en gång kanalens diameter, ett till sju gånger kanalens diameter eller mera än sju gånger kanalens diameter.

K- värdet för RHKB,RHOB.

$\varnothing D1$	$0\varnothing D1$	$1-7\varnothing D1$	$>7\varnothing D1$
100	6,7	7,0	6,3
125	10,6	11,7	10,7
160	17,6	20,0	18,5
200	26,9	31,6	29,2
250	40,9	43,2	38,8
315	64,4	63,2	66,4



Figur 18. Bild: Simon Wickström, 8.5.2019.



Figur 19. Luftflödesmätare SwemaAir 3000 samt en mätstick för mätande av öppning (springa) i ventiler. Bild: Sebastian Alfthan, 6.5.2019.

5.2.3 Mätningsrapport

Under balanseringens gång fylls information in i ett mätprotokoll. Mätprotokollet motsvarar rengöringens rapport över arbetet med all viktig information som sedan överlämnas till kunden. Figur 20 är ett botten på ett mätprotokoll som används av Lohjan Sisäilmä-mestarit Oy.

Protokollet innehåller följande uppgifter:

- Objektet / lokalen där mätningar utförs
- Tidpunkt för arbete
- Namn på personen som utför mätningar
- Metoder om hur mätningar utförts

- Temperaturen utomhus under arbetsskedets gång
- Mätningarnas resultat som inkluderar
 - Uppmätta tryck och flöde av till- respektive frånluften
 - Springa (ventilers springa i mm, dvs. justeringsläget)
 - Ventilers storlek och modell

<u>ILMAMÄÄRÄMITTAUSPÖYTÄKIRJA</u>													Pvm.			
Rakennus:						Mittaja:										
Osoite:						Mittari:						SwemaAir 3000 / 300				
Mittattu nopeudella:						Menetelmä:						paine-ero, kuumalanka * huppumittaus SwemaFlow 125				
						Ulkoilman lämpötila:						°C				
						Tuuli:						ei merkittävä				
rako(mm) paine (Pa) nopeus m/s, ilmamäärä, l/s(dm ³ /s)																
TULOILMA							POISTOILMA									
HUONE / TILA	Koje nro.	rako	paine/ nopeus	mitattu	ohje- arvo	koko (mm)	venttiili - malli	Koje nro.	rako	paine/ nopeus	mitattu	ohje-arvo	koko	venttiili- malli		

Figur 20. Mätprotokoll. Bild: Simon Wickström, 8.5.2019.

5.3 Balansering i Miilis daghem i Sibbo

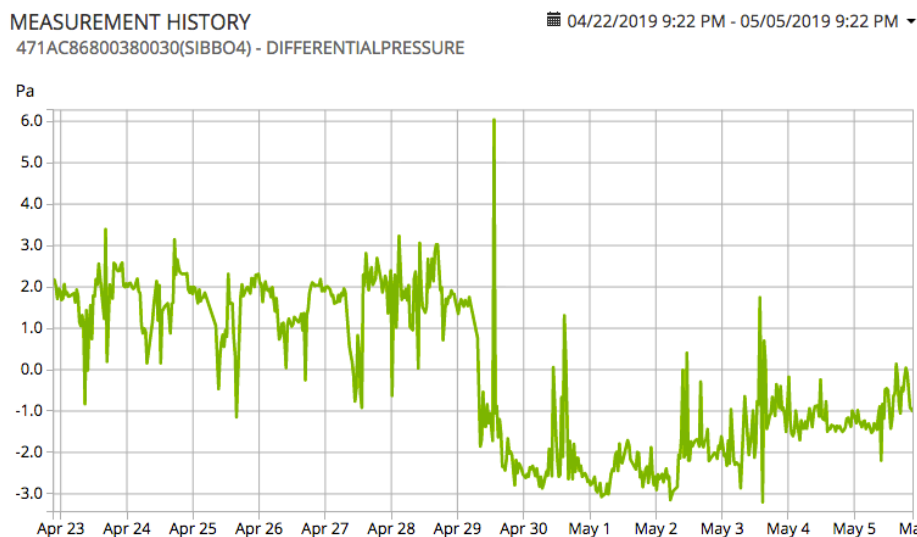
Under perioden 22.4.– 5.5.2019, utfördes uppmätningar av tryckförhållanden i daghemmet Miili. Miili är beläget i Söderkulla, Sibbo på Taasjärventie 9, 00150. Byggnaden har endast en våning med allmänna utrymmen (ventilationsmaskinrummet finns på andra våningen) och är till sin yta 1299 m². Daghemmet är en relativt ny byggnad, det blev färdigt 2011 och togs i bruk 2012. Vid daghemmet utfördes först en heltäckande rengöring av ventilationssystemet under påsken 19.4- 20.4.2019 påföljd av en balansering.

I daghemmet Miili användes två tryckskillnadsmätaren av olika tillverkare för att jämföra resultaten sinsemellan. Lohjan Sisäilmamestarit har skaffat en ny leverantör för tryckskillnadsmätarna och därför fanns det även ett intresse i att se hur mycket resultaten varierar från varandra.

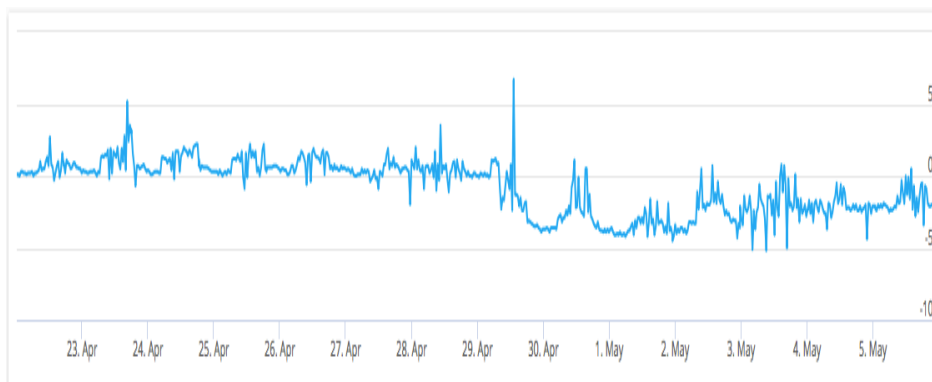
Rengöring av ventilationssystemet utfördes av Lohjan Sisäilmamestarit under påsken 2019 då daghemmet stod tomt. I byggnaden installerades tryckskillnadsmätare för att följa med tryckskillnader före och efter rengöringen/balanseringen. Tryckskillnadsmätarnas funktion förklaras i kapitel 6. I samma kapitel berättas det om hur mätarnas dataöverföring fungerar.

5.3.1 Resultat

Innan rengöringen och balanseringen gjordes rådde ett övertryck i daghemmet. Efter rengöringen utfördes en balansering av ventilationssystemet. Nedan finns grafer på tryckförhållanden en vecka innan och en vecka efter balanseringen. Balanseringen påbörjades 29.4.2019, vilket också syns i båda graferna (figur 21 och figur 22) genom att övertrycket i byggnaden minskar och det bildas ett undertryck.



Figur 21. Kurva över tryckförhållandet. Från Digita Oy.



Figur 22. Kurva över tryckförhållandet. Från Connected Finland.

På graferna i figur 21 och figur 22 kan man se att de parade mätarna mycket väl motsvarar varandra i resultat. Detta betyder att båda mätarnas installering och kalibrering har lyckats och uppföljningens resultat kan betraktas som pålitliga.

Under perioden 23.4. – 29.4 har det varit ett relativt konstant övertryck (med några undantag då det varit undertryck) med ett medelvärde på cirka 1,5 Pascal. Den 29.4 påbörjades balanseringen av ventilationssystemet och slutfördes den 3.5. Både under och efter balansering ser man tydligt hur övertrycket har justerats till ett litet undertryck, cirka 2- 3 Pascals undertryck, som har upprätthållits sedan balanseringen slutfördes.

5.3.2 Diskussion

Varför ventilationssystemet har varit i obalans från första början är oklart. Det kan vara att finjusteringen av ventiler och don inte utfördes efter byggnadsskedet eller så gjordes den slarvigt. Det är inte uteslutet att donens/ventilernas och spjällens reglage har justerats om efter en eventuell tidigare rengöring av ventilationssystemet. Genom att balansera systemet enligt ritningarnas flöden korrigerades situationen, vilket kan ses genom att det uppstod ett litet undertryck i daghemmet.

6 UPPFÖLJNING AV VENTILATIONSSYSTEMET MED HJÄLP AV MÄTARE

Trots att fukt-, koldioxid-, temperatur- och tryckskillnadsmätare är till sina funktioner enkla mätare, kan man använda dem för uppföljning av ventilationssystemets funktion samt identifiering av problem.

6.1 Fjärravlästa mätaren

Tryckskillnads-, fukt-, koldioxid och temperaturmätare är alla fjärravlästa mätare, vilket innebär att man kan följa med mätningresultaten i realtid på internet.

Digita Oy och Connected Finland Oy, är exempel på teleföretag som erbjuder dessa tjänster i Finland. I detta arbete används båda av dessa.

6.1.1 Radiovågor

Mätarna skickar information genom lågfrekventa radiovågor. Radiovågorna transporteras via radiomaster som finns runt i landet. Digita Oy och Connected Finland Oy använder inte samma radiomaster för att transportera information. Digita Oy är ett inhemskt företag som driver det största av de finska marknäten för radio, mobil och TV. Radiotornet i Böle styrs av Digita Oy, som har så gott som hela Finland täckt med nät på grund av att det krävs för att kunna försörja Finlands TV- bolag, radioföretag, mobil- och bredbands abonnemang med ett heltäckande nät. På grund av detta är Digita lämpligt för mätarna. Connected Finland Oy däremot använder Sigfox nätverk. Sigfox är ett franskt företag med huvudkontor i Paris. Till skillnad från Digita använder Connected Finland inte det existerande radionätet i Finland, utan de använder Sigfox egna radionät. Sigfox har byggt upp egna radiomaster. Nätverket täcker därmed inte en lika stor andel av landet i Finland som Digitas nät. [27]

6.1.2 Alarm vid kritiska punkter

För att kunna noggrannare följa med mätarnas funktion, kan man lägga alarm vid kritiska punkter. Detta betyder att användare inte behöver aktivt följa med mätningsresultaten på nätet, utan blir noterad då mätningsresultaten under- eller överskrider ett tröskelvärde. Beroende på vilket teleföretag man använder, varierar inställningarna på alarmer. Vanligast är det att alarmer kommer endera som SMS direkt till telefonen eller som e-post. Alarmer möjliggör en ”passiv” uppföljning av ventilationssystemet då man inte behöver vara ständigt uppkopplad till internet.

6.1.3 Mätobjektet

Fastigheten där mätningarna utfördes i detta kapitel är daghemmet, Miili.

6.2 Tryckskillnadsmätare

Som det redan har konstaterats tidigare i arbetet, är varken ett övertryck eller ett för högt undertryck bra för byggnaden eller människorna i den. Vid planeringen av ventilations-system eftersträvas ett litet undertryck över klimatskalet, undertrycket bör dock oftast inte vara större än 30 Pascal. [11]

Tryckskillnadsmätaren kan tillämpas på olika sätt i en fastighet. Man kan till exempel följa med ventilationsaggregatets funktion för att veta då det är dags att byta ut smutsiga filter. Tryckskillnadsmätaren används också för att mäta tryckskillnaden över klimatskalet för att följa med att inte okontrollerade eller skadliga tryckförhållanden uppstår i en byggnad.

Själva mätaren som används är på insidan av huset, men med ett plaströr fastsatt i mätaren som går utomhus (mellan fönsterlisten eller någon annan öppning) mäter man tryckskillnaden över klimatskalet.



Figur 23. Tryckskillnadsmätare över tilluftsfilter. Bild: Sebastian Alfthan, 12.04.2019.



Figur 24. Två olika mätare som mäter tryckskillnaden över klimatskalet. Bild: Simon Wickström, 12.04.2019.

6.3 Uppföljning av filter

Vid uppföljning av filtren kan man använda mätaren på både till- och frånluftsfiltret.

Principen är följande:

rena filter har ett visst tryckfall (beroende på filtrets material, täthet och luftflöde). Då filtret blir smutsigt täpps det småningom vilket försämrar luftflödet genom filtret. Detta resulterar i att tryckfallet ökar tills det slutligen överstiger ett angivet värde. Då tröskelvärdet har överstigits skickas ett meddelande till personen ansvarig för filterbytet, och filtren byts ut mot nya.

I moderna ventilationsaggregat finns det inbyggda tryckskillnadsmätare över luftfiltren på både till och frånluftsidan. Mätarna kan både fungera med automatik, det vill säga att man kan avläsa mätarna på avstånd via datorn, eller så kan de också vara utan automation. Då de fungerar utan automation måste man avläsa mätaren fysiskt från maskinrummet. I äldre och mindre ventilationsaggregat är det normalt att de inte finns tryckskillnadsmätaren för filtren. Då man lägger en ”filtervakt” i stil med den som beskrivs i början av kapitlet (6.4), bör man veta tryckfallet på de filter man använder för att kunna lägga ett tröskelvärde som inte skall överstigas. Tryckfallen anges oftast på filtrets monteringsinstruktioner som medföljer paketet. Ifall tryckfallet inte står på instruktionerna bör man kontakta återförsäljaren eller tillverkaren. Man bör dock observera att det angivna tryckfallet är under ett specifikt luftflöde, och kan därför inte användas som värde då luftflödet är något annat än det angivna testluftflödet.

SPECIFIKATION / TEKNISK DATA	
Filtermedia	Specialutvecklat glasfiber
Ram	Aluzink, galvad plåt, plast eller träram standard 25 mm, alt 20 mm
Påsdjup	Standard 380, 500, 635 mm, eller efter önskemål
Filterklass ISO 16890	ePM1 60%
Max temperatur	Högst 70 °C vid kontinuerlig drift
Rekommenderat sluttryckfall:	Ekonomiskt vid 250 Pa, max 450 Pa

Figur 25. Information om luftfiltret.

ARTIKEL NR	DIMENSIONER (MM)			FICKOR	NOMINELLT LUFTFLÖDE (m ³ /h)	INITIALT ΔP [PA] (Pa)	ENERGIKLASS 4/21-2018
	bredd	höjd	djup				
SDE8036	592	592	635	10	3400	70	A+
SDE8037	490	592	635	8	2700	70	A+

Figur 26. Information om luftfiltret.

Både figur 25 och figur 26 är hämtade från filtertillverkarens nätsida. I dessa figurer ges det information och specifikationer gällande ett filter. Ur figur 26 kan man läsa att filtret har som nytt 70 Pascal tryckfall under ett nominellt luftflöde på 3,4 m³/h. I figur 25 sägs att filtret rekommenderas bytas ut då tryckfallet är 250 Pascal. Tryckfallet får max stiga till 450 Pascal. Genom att inte överskrida dessa värden säkerställer man att filtret fungerar som det skall.

6.4 Relativ luftfuktighets-, koldioxid- och temperaturmätare

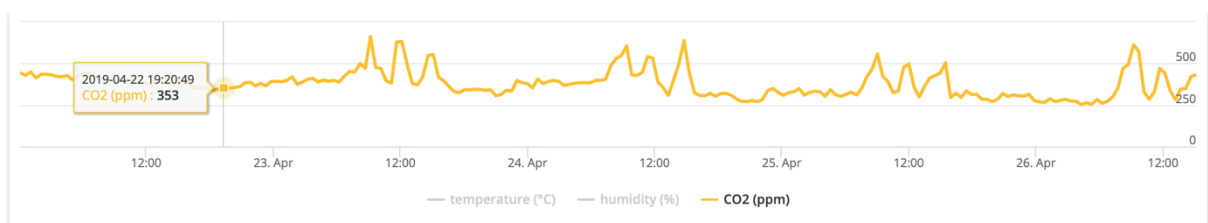
Relativ fuktighets-, koldioxid och temperaturmätare kan också utnyttjas effektivt för att identifiera problem eller hindra att sådana uppstår. Dataöverföringen fungerar på samma sätt som för tryckskillnadsmätaren; man kan följa med de uppmätta värdena på nätet och lägga alarm på kritiska punkter. Relativ luftfuktighet, koldioxid och temperatur mäts alla med samma mätare, vilket betyder att om det till exempel är endast koldioxiden man är intresserad över får man även information om temperatur och den relativa luftfuktigheten i objektet. Hög koldioxidhalt i ineluften samt kall/het/torr luft inverkar alla på den upplevda inomhuskomforten. Enligt WHO:s guide för inomhusluftkvalitet, krävs det en relativ luftfuktighet på 45- 50 % för att kvalster skall klara sig. Den lägsta relativa fuktigheten som krävs för att skapa en grogrund för svamptillväxt är 62- 65 %, men flera experter menar att mögelsvamp inte växer på huskonstruktionens ytor då den relativa luftfuktigheten är under 75 %. [28a]

Att mätaren mäter tre olika värden kan man ha stor nytta av. Man kan till exempel ha det som en ”komfortmätare” i och med att den mäter tre olika värden som är essentiella för hur ockupanten upplever inomhusluften. Ett annat exempel på dess användning är ifall man försöker hitta fuktrelaterade problem, detta kommer att diskuteras vidare i kapitel 6.4.2.

6.4.1 Koldioxidmätning

Uppmätning av koldioxid blir i synnerhet aktuellt i kontors- och skolbyggnader. På Valviras (Tillstånds- och tillsynsverket för social- och hälsovården) nätsida sägs följande: ”Koldioxidhalten i inomhusluften kan bli hög till exempel i sovrum under natten, i klassrum under lektionerna och i vilorummet i daghem. Inomhusluften känns då unken. En hög koldioxidhalt i inomhusluften kan förorsaka trötthet, huvudvärk och försämrad arbetseffektivitet.” [29]

Enligt miljöministeriets förordning 1009/2017 paragraf 5, är projekteringsvärdet och den högsta tillåtna momentana koldioxidhalten 1 450 mg/m³ (800 ppm högre än halten i uteluften).



Figur 27. Koldioxidhalten i ett rum mellan 22-26.4.2019.

I figur 27 har man följt med koldioxidhalten under perioden 22-26.4.2019 i ett pyssel/ritutrymme i daghemmet Miili i Söderkulla, Sibbo. Koldioxidhalten stiger som högst till 661 ppm, vilket håller sig med god marginal innanför de tillåtna värdena. Man kan konstatera att ventilationen är tillräcklig då koldioxidhalten inte överstiger värde 1000 ppm.

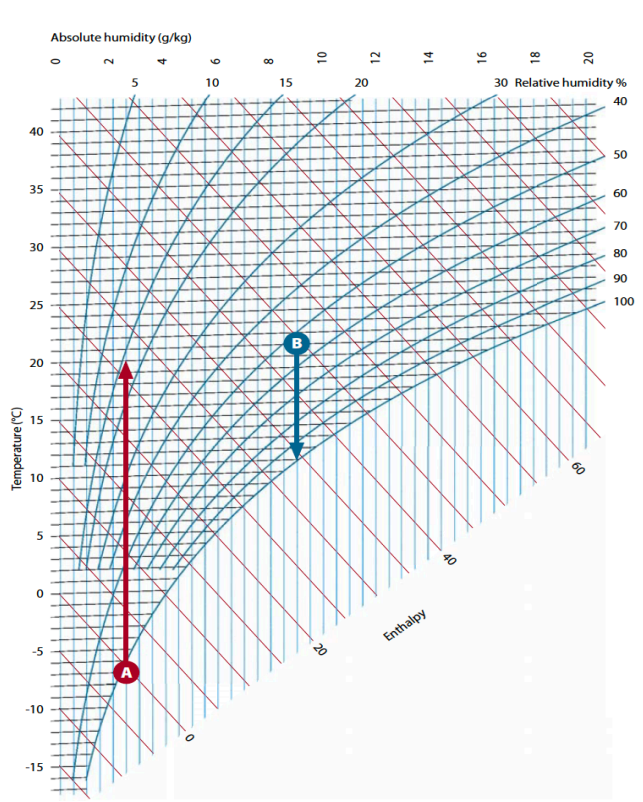
I utrymmen och lokaler där ockupanterna klagat på koncentrationssvårigheter, huvudvärk eller trötthet kan det löna sig att följa med koldioxidhalten. En hög koldioxidhalt skulle tyda på bristfällig ventilation, vilket borde åtgärdas möjligast fort.

6.4.2 Fukt- och temperaturmätning

Den relativa luftfuktighet och temperaturen hänger starkt ihop. Relativ luftfuktighet anges i procent där mätnadsångtrycket är 100 %. När man mäter relativ luftfuktighet tar man

hänsyn till mättnadsångtrycket, det vill säga hur mycket fukt luften kan innehålla vid de givna förutsättningarna. Den relativa luftfuktigheten ökar markant, när temperaturen sjunker. Om mättnadsånghalten uppnås (100 % relativ luftfuktighet) kommer vatten att kondenseras ur luften. [30]

För att förstå sambandet bättre i praktiken visas figur 28:



Figur 28. Bild på HX- diagram med två olika punkter i olika tillstånd. Bilden tagen från WHO:s anvisningar.

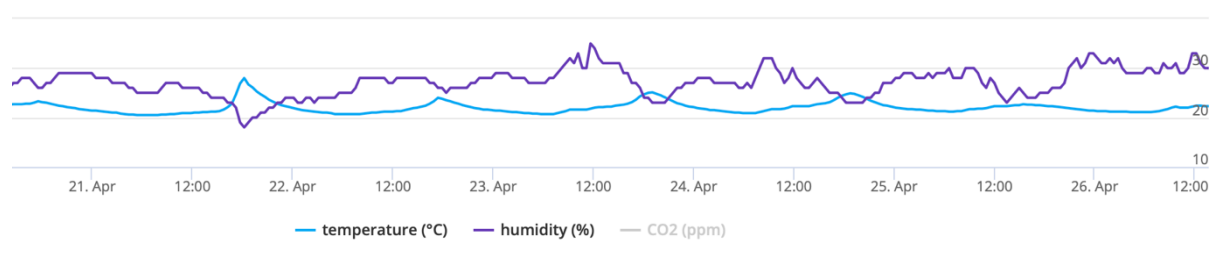
Figur 28 är ett HX- diagram. HX- diagrammet möjliggör att man kan räkna och grafiskt illustrera förändringar i den relativa luftfuktigheten som en följd av uppvärmning, kylning, torkning och fuktning av luft. [31]

Punkt A i figur 28 är en punkt där den relativa luftfuktigheten är 100 % och temperaturen -8 °C. Ett tillstånd som kan förekomma under vintern. Luften värms upp till 20 °C då den kommer in till rummet, detta orsakar att den relativa luftfuktigheten sjunker till 15 %. En så liten luftfuktighet som 15 % kan redan orsaka känningar i andningsvägarna och ögonen

hos dem som befinner sig i byggnaden. Trägolvet och annan träinredning tar också skada av allt för torr inomhusluft.

Punkt B i figur 28 är ett tillstånd där den relativa luftfuktigheten är 58 % och temperaturen 20 °C. När luften kyls ner till 15 °C stiger den relativa luftfuktigheten till 75 %. Ifall temperaturen ytterligare kyls ner till 11 °C når den relativa luftfuktigheten 100 %, vilket betyder att vatten börjar kondenseras ur luften.

I husen kan situationer som sker i punkt B förekomma på ställen som bland annat fönsterkarmar, uppvärmda delar av huset, dåligt isolerade väggar eller andra ställen där luften kyls ner kraftigt. Som en följd av temperatursänkningen på dessa ställen ökar den relativa luftfuktigheten och accelererar mikrobiell tillväxt. [28b] I både A och B fallet kunde man genom att använda mätarna under en längre tid analysera och förutspå vad som sker i byggnaden och förhindra att problem uppstår.



Figur 29. Bild från Connected Finlands nätsida där man kan avläsa mätare. Mätning av temperaturen och den relativa fuktigheten.

I figur 29 syns två grafer för uppmätta värden av den relativa luftfuktigheten (violett) och temperaturen (ljusblå) mellan 21- 26.4.2019 i daghemmet Miili i Söderkulla, Sibbo. Sambandet mellan temperatur och relativ luftfuktighet syns även i grafen; då temperaturen stiger sjunker den relativa luftfuktigheten och tvärtom. I figur 29 syns att den relativa luftfuktigheten hålls under kontroll <36 %, och orsakar därmed ingen risk för mikrobiell tillväxt. Temperaturen har ett maxvärde på 28 °C, och sjunker inte under 20,5 °C. Det är i synnerhet under uppvärmningsperioden då kall uteluft som kommer in i byggnaden kan orsaka att lufttemperaturen sjunker och den relativa luftfuktigheten som en följd av detta ökar. Att temperaturen steg till ett så högt värde som 28 °C kan bero på placeringen av

mätaren. Direkt solstrålning eller reflekterande strålning på mätaren kan orsaka en förhöjd temperatur på mätaren och därmed ge vilseledande resultat.

6.4.3 Placering av mätaren

Då man placerar mätaren bör man ta i beaktande faktorer som människornas vistelse i rummet, solstrålning, fönster och andra potentiella element som kan förvränga resultaten. Oavsett om det är koldioxid, relativ luftfuktighet eller temperaturen man är intresserad över i uppföljningen rekommenderas det att man placerar mätaren på ett sådant ställe att alla värden kan mätas så bra som möjligt, och därför krävs det lite planering.

Ifall mätaren är för nära människornas vistelsezon kan detta inverka på resultaten. Koldioxiden och fukten som man andas ut kan styras rakt mot mätaren och därmed höja på värdena. Ett tillräckligt avstånd från ockupanterna möjliggör att luften hinner blandas tillräckligt innan den når mätaren.

Temperaturen kan påverkas av bland annat fönster (som öppnas), radiatorer och solstrålning.

7 FILTER

Filtren i ventilationsaggregaten har två huvudsakliga uppgifter då de filtrerar smuts ur luften, att göra luften hälsosam för människan att andas och att hålla ventilationssystemet rent. [32] För att uppehålla en god filtreringsförmåga krävs det att man använder rätt filter i ventilationsaggregaten och byter dem tillräckligt ofta. Ifall detta inte görs, kan det ha negativa följder på både byggnaden och de personer som befinner sig inne i den. Personerna påverkas av att filtreringsförmågan försämras på grund av de smutsiga filtren, vilket i sin tur leder till att mängden smutspartiklar ökar i inomhusluften. Byggnaden däremot kan påverkas av att tryckförhållandena i förändras som en följd av att fel eller smutsiga filter används, detta problem kommer att diskuteras vidare i kapitel 7.4.

7.1 Lagar och förordningar

De nya föreskrifter och anvisningar gällande byggnaders inomhusklimat och ventilation trädde i kraft år 2018. Den tidigare byggnadsbestämmelsen utgiven av miljöministeriet angående ventilation, D2:an (Byggnaders inomhusklimat och ventilation), ersattes av ”Miljöministeriets förordning om inomhusklimat och ventilation i nya byggnader”, 1009/2017.

Jämförelse mellan de gamla och nya föreskrifterna angående filtrering av luft i ventilationsaggregaten:

Från D2:an:

”3.3.1.1

Filtreringen av tilluften planeras i allmänhet så att luftfiltrets separeringsgrad är minst 80 % med 1,0 µm partiklar under filtrets livslängd. Motsvarande luftfilterklass är F7. Filterramen och efter den i flödesriktningen befintliga delars läckluft får inte i betydande omfattning försvaga luftfiltreringens effektivitet.

3.3.1.2

För byggnader som är belägna utanför tätorter och industriområden och avlägset från livligt trafikera-de trafikleder, planeras filtreringen av tilluften så, att man som luftfilter använder minst grovfilter. Motsvarande luftfilterklass är G4.” [11]

Från 1009/2017, 12§:

”12§

Luftfiltrering

Specialprojekteraren ska projektera nivån på luftfiltreringen på basis av utomhusluftens kvalitet och de mål som satts upp för kvaliteten på inomhusluften. Vid valet av ventilationssystem ska specialprojekteraren ta hänsyn till systemets lämplighet för den filtreringsnivå som krävs.” [13]

Förändringarna i förordningen gällande filtreringen av luft skiljer sig eftersom filtren och filterklassen i framtiden kommer att väljas på basis av utomhusluftens kvalitet och den projekterade inomhusluftens kvalitet. [33]

7.2 Filterklasser

I slutet av 2016 godkändes en ny standard för klassificering av luftfilter, nämligen den internationella ISO standarden SFS-EN ISO 16890. Innan det användes den europeiska standarden, SFS-EN 779. Förnyelsen innebar att de gamla luftfilterklasserna (G, M, F - klasserna) byttes ut mot fyra nya huvudklasser; ePM1, ePM2,5, ePM10 och ISO Coarse. Till skillnad från den gamla europeiska standarden, SFS-EN 779, där filtren klassificerades enligt deras filtreringsförmåga av endast specifikt en storleks partiklar (0,4 µm), granskas nu filtreringen ur ett bredare partikelstorleksområde i den nya standarden. [34]

Detta möjliggör att man kan estimerar luftfiltrens inverkan på inomhusluften noggrannare för att kunna möta de kraven som ställs på inomhusluftens kvalitet. Förutsättningen för att kunna göra en estimering är dock att man känner till utomhusluftens ungefärliga partikelinnehåll.

Då man väljer luftfiltren med hjälp av SFS-EN ISO 16890 standarden är det tre steg som skall följas:

1. Identifiera utomhusluftens kvalitet.
2. Välja vilken luftklass tilluften bör ha så att den eftersträvade inomhusluftens kvalitet nås.
3. Välja luftfilter enligt de två första punkterna.

I praktiken går det till enligt följande. Uteluften klassificeras först med följande tabell:

Klass	Beskrivning & exempel	Föroreningar i partikelstorlek, gränsvärden (24h medeltal och årsmedeltal)	
		PM2,5	PM10
ODA 1 (P)	Uteluft med endast tillfälligt damm. T.ex.	25 µg/m ³	50 µg/m ³ (24h) 40 µg/m ³ (år)

	pollen på våren, ute på landsbygden.		
ODA 2 (P)	Uteluft med mycket partikel och /eller gasföroreningar.	37,5 µg/m ³	75 µg/m ³ (24h) 60 µg/m ³ (år)
ODA 3 (P)	Uteluft, med väldigt mycket partikel och/eller gasföroreningar. T.ex. storstäder och nära industriområden.	över 37,5 µg/m ³	över 75 µg/m ³ (24h) över 60 µg/m ³ (år)

Tilluften klassificeras enligt följande:

Klass	Beskrivning	Föroreningar i partikelstorlek, gränsvärden	
		PM2,5	PM10
SUP 1	Tilluft – väldigt små partiklar (och/eller gas) föroreningar	6 µg/m ³	12,5 µg/m ³
SUP 2	Tilluft – små partiklar (och/eller gas) föroreningar	12,5 µg/m ³	25 µg/m ³
SUP 3	Tilluft – medelstora partiklar (och/eller gas) föroreningar	18 µg/m ³	37,5 µg/m ³
SUP 4	Tilluft – stora partiklar (och/eller gas) föroreningar	25 µg/m ³	50 µg/m ³

SUP 5	Tilluft – väldigt stora partiklar (och/eller gas) föroreningar	32,5 µg/m ³	75 µg/m ³
-------	--	------------------------	----------------------

Vilka filter som skall användas i de olika uteluftsklasserna för att uppnå en viss inomhusluft:

Uteluftklass	Tilluftsklass				
	SUP 1	SUP 2	SUP 3	SUP 4	SUP 5
ODA (P) 1	ePM10 50 % + ePM1 50 %	ePM1 50 %	ePM1 50 %	ePM1 50 %	
ODA (P) 2	ePM2.5 65 % + ePM1 50 %	ePM10 50 % + ePM1 50 %	ePM1 50 %	ePM1 50 %	*)
ODA (P) 3	ePM2.5 65 % + ePM1 80 % **)	ePM2.5 65 % + ePM1 50 %	ePM10 50 % + ePM1 50 %	ePM1 50 %	*)

*) SUP 5 tilluftklassens partikelinnehåll är större än vad förordning för boendehälsan ger för inomhusluft.

***) Då man strävar efter SUP1 i ODA3 -utemiljö rekommenderas även gasfilter utöver partikelfiltret. (SFS-EN16798-3:2017).

Endast tilluftsklass SUP1, underskrider de tillåtna värden gällande föroreningar (partiklar) för att uppnå inomhusluftklasserna S1 och S2.

[35]

7.2.1 Kemiska filter

Kemiska filter används sällan i ventilationsaggregaten, men det förekommer. Deras uppgift är att ta bort föroreningar i form av gas (lukt, ångor och låga gashalter).

Vanligaste materialet för kemiska filtren är aktivkol. Nackdelen med aktivkolfilter är dess korta livslängd. Filtrens effekt minskar under normala förhållanden efter ett år, och i kraftigt förorenade förhållanden kan det ske redan efter en månad.

Då man använder aktivkolfilter bör de vara tillräckligt stora för att klara av att absorbera luftföroreningarna, det finns dock inget filter som klarar av att filtrera bort de gasformiga föroreningarna fullständigt. Kemiska filter kan användas för filtrering av tilluften i till exempel höghus där tobakslukt i tilluftsintaget är ett problem. [36]

7.3 Hur ofta filterbyte

Det finns ingen förordning eller bestämmelse för hur ofta luftfiltren i luftaggregaten bör bytas. För att uppnå en god inomhusluft och för att hålla ventilationssystemet rent rekommenderas det ändå att man byter filtren minst två gånger om året, på våren och på hösten. I vilket skede av våren filterbytet bör ske delar på åsikter. Alternativen är att endera byta filtren före eller efter vårens damm- och pollensäsong.

Ifall filtren byts ut före damm- och pollensäsongen betyder det att filtren är rena då luften är som smutsigast på våren och filtrerar bättre bort pollen i och med att de är rena. [37] Nackdelen är dock att samma smutsiga filter kommer att användas under hela sommaren och kommer oundvikligen att släppa igenom orenheter eftersom de redan är kraftigt nedsmutsade sedan våren.

I det andra alternativet byts filtren efter damm- och pollensäsongen, detta betyder att filtren är färdigt smutsiga innan vårens påfrestningar och filtrerar naturligtvis inte lika effektivt inkommande luft under pollensäsongen som ett rent gör. Fördelen med detta alternativ är att de smutsiga filtren byts ut efter pollensäsongen och släpper mindre orenheter in i ventilationssystemet under sommaren. [38] Vilket av de två alternativen som används beror på husbolaget eller personen som ansvarar för filterbytet.

7.4 Fel och smutsiga filter

Då man skaffar nya filter till ventilationsaggregatet kan man välja mellan flera olika tillverkare. För att säkerställa att filtren fungerar på bästa möjliga sätt och för att undvika problem, lönar det sig att alltid välja original filter. [39]

Nackdelar med billiga filter och problem som kan uppstå med dem:

- Enklare material & konstruktion som ger sämre filtrering => försämrar inomhusluftens kvalitet och ventilationssystemet blir snabbare smutsigt.
- De kan ha felaktigt tryckfall som orsakar problem med aggregatets tryckbalans, vilket kan leda till sämre återvinning och högre driftskostnader.
- Med original filter kan man även säkerställa garantin.

[39]

Moderna ventilationsaggregat (i synnerhet stora som finns i kontors- och skolbyggnader) har oftast en automation som styr fläktens effekt för att bibehålla ett specifikt tryck eller luftflöde i ventilationskanalen. Detta betyder att maskinerna klarar av att anpassa sig till varierande tryckfall i luftfiltren. Ifall luftfiltren blir smutsiga ökar tryckförlusterna vilket i sin tur ökar på fläktens effekt. Äldre och mindre (i stil med egnahemshus) ventilationsaggregat saknar ofta automationen, vilket betyder att fläkten roterar med en konstant hastighet oavsett vilket tryck/flöde det skapar. I dessa anläggningar kan problem lätt uppstå ifall man använder olämpliga eller smutsiga luftfilter.

På lång sikt kan detta orsaka fukt- och mögelproblem om inte aggregatet fungerar såsom det skall och tryckbalansen ändras från det projekterade. Om till exempel tilluftsfiltret har ett för lågt tryckfall eller det förekommer läckage på grund av otäta filter uppstår det ett övertryck i huset, och då börjar fuktig luft pressas in i väggen där den kan skada konstruktionen. Samma händer ifall frånluftsfiltrets tryckfall är för högt, då minskar frånluftsflödet och det bildas ett övertryck. [40] Motsvarande situation kan uppstå ifall man endast byter ett av luftfiltren, därför är det viktigt att alltid byta både till- och frånluftsfiltret samtidigt för att inte rubba tryckbalansen.

8 ENERGIEFFEKTIVITET

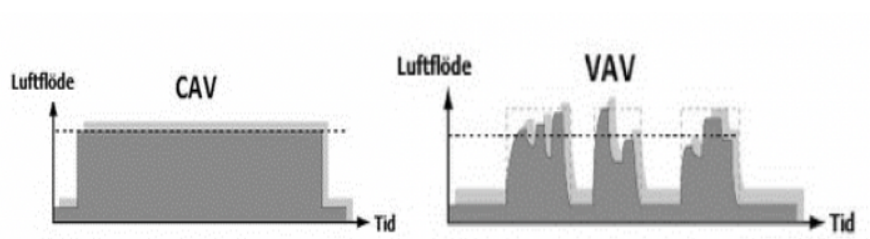
I detta kapitel tas den ekonomiska aspekten upp gällande felbalanserade och smutsiga ventilationssystem och hur de ökar energiförbrukningen. Ur fastighetsägarens synvinkel betyder detta högre utgifter.

8.1 Ökad energiförbrukning p.g.a. smutsiga kanaler, filter och don

I denna del kommer det att diskuteras hur kanalerna, filtren och donen inverkar på energiförbrukningen då de blir smutsiga.

8.1.1 VAV- system

I moderna ventilationsanläggningar används ofta VAV -system. VAV står för Variable Air Volume (sv: variabelflödessystem). Luftflödet i VAV- system kan variera över drifttiden och anpassas efter till exempel lufttemperatur eller luftkvalitet. [41] VAV- system medför ett bättre inomhusklimat med lägre energianvändning jämfört med ventilations-system med ett konstant luftflöde, så kallade CAV- system (eng: Constant Air Volume).



Figur 30. Funktionsprincipen för CAV- och VAV- system grafiskt.

8.1.2 Tryckförluster i VAV- system

Då luftaggregatets filter blir smutsiga bildas det ett lager av smuts i filtren som försämrar luftflödet, och därmed ökar på tryckförlusterna. Moderna VAV- system är försedda med en automationsstyrd fläkt som fungerar så att fläkten ökar på rotationshastigheten för att övervinna tryckförluster och på detta sätt bibehålla ett konstant tryck/luftflöde i kanalerna som krävs för ventilationen. En ökad fläkteffekt betyder naturligtvis större energiförbrukning. Smuts samlas med tiden även i kanaler, tilluftsdon och frånluftsventiler, även detta ökar på tryckförlusterna. Till skillnad från filtren som blir smutsiga redan efter någon månad, tar det år innan luftflödena påverkas i betydande grad som följd av smuts i kanaler, don och ventiler.

8.2 Smutsiga filter

Som det tidigare nämnts i arbetet påverkar luftfiltrens renhet på energiförbrukningen i ett ventilationsaggregat. Då filtret blir smutsigt ökar tryckfallet över det, och ventilationsaggregatets fläkt måste jobba hårdare för att bibehålla ett konstant luftflöde. En teoretisk exempelberäkning på hur energiförbrukningen ökar utförs.

Vad som behövs för att utföra beräkningen:

- **Som tilluftsflöde väljs 4,3 m³/s.** Ett luftflöde i denna storlek kan typiskt finnas i kontors- och skolbyggnader.
- I exemplet ökar **luftfiltrets tryckfall** linjärt med **10 Pascal per månad.**
- **Fläktverkningsgraden är: $\eta_{tot} = 0,6$. Det vill säga 60 %.** Detta är en uppskattning på den totala verkningsgraden, då ingen exakt utrustning för fläkten och dess styrmekanik har valts. Till η_{tot} räknas:
 - o Fläktverkningsgraden
 - o Transmissionsverkningsgraden
 - o Verkningsgraden för reglerutrustningen (ex. frekvensomvandlare).
 - o Motorverkningsgraden
- Elektricitetens pris är **0,09 €/kWh**
- Ventilationsanläggningen är i bruk **24/7.**

Formeln som används för att räkna fläktens effekt är: $Pe = \frac{q \times \Delta pt}{\eta_{tot}}$ W där:

- Pe = Fläkteffekt (W)
- Δpt = Tryckförlust (Pascal)
- q = luftflödet (m³/s)
- η_{tot} = fläktens verkningsgrad*

*Den totala fläktverkningsgraden η_{tot} är summan av verkningsgraderna för de i fläktsystemet ingående komponenterna

$$\eta_{tot} = \eta_f \times \eta_m \times \eta_t \times \eta_r$$

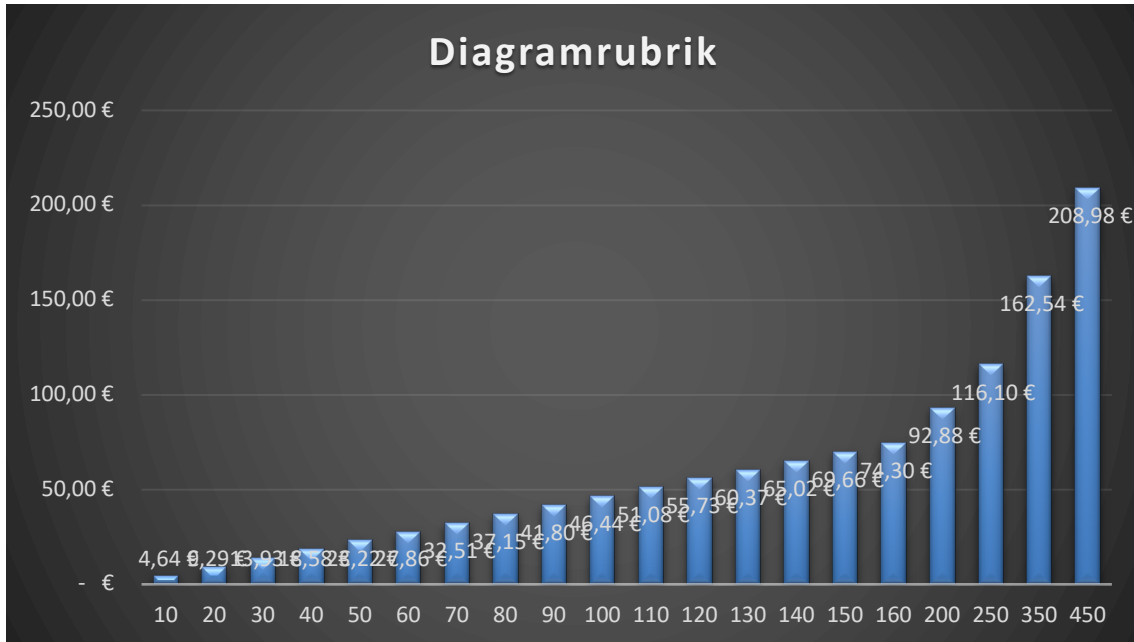
Där:

$$\eta_f = \text{Fläktverkningsgrad}$$

η_m = Motorverkningsgrad

η_t = Transmissionsverkningsgrad

η_r = Verkningsgrad reglerutrustning exempelvis frekvensomriktare



Figur 31. Den månatliga kostandsökningen då luftfiltret blir smutsigt.

Figur 31 visar den månatliga kostnadsökningen som en följd av fläktens förbrukade elektricitet då luftfiltren i ventilationsaggregatet blir smutsiga. I grafen är utgångsläget att luftfiltren är rena och därmed orsakas inga ökade kostnader från fläkten, det vill säga driftskostnaden är 0€/månad. X- axeln är tryckfallsökningen medan Y- axeln är priset.

I figur 32 visar man kostnadsökningen per månad. Även 250 Pascal och 450 Pascal valdes att jämföras då det finns filter vars maximala rekommenderade tryckfallsökning är 250 respektive 450 Pascal. [43] En månad då filtren skulle vara som smutsigast, det vill säga tryckfallsökningen skulle vara 450 Pascal, skulle elkostnaderna öka med cirka 209 € från normal drift.

dP [Pa]	€/månad
10	4,64 €
20	9,29 €
30	13,93 €
40	18,58 €
50	23,22 €
60	27,86 €
70	32,51 €
80	37,15 €
90	41,80 €
100	46,44 €
110	51,08 €
120	55,73 €
130	60,37 €
140	65,02 €
150	69,66 €
160	74,30 €
200	92,88 €
250	116,10 €
350	162,54 €
450	208,98 €

Figur 32. Tabell över kostnadsökningen.

8.2.1 Diskussion över resultaten

I exemplet som gjordes betraktades endast en tilluftsfläkt och dess energianvändning. I ett ventilationsaggregat med en till- och frånluftfläkt skulle de egentliga konstanderna kunna vara högre då även frånluftfläktens elförbrukning beaktas. I en stor byggnad där det finns flera ventilationsaggregat i storlek med den i exemplet ökar naturligtvis helhetskostnaderna då det kan vara flera aggregat med smutsiga filter. Det är klart att det måste tolereras att filtren blir smutsiga eftersom det varken är ekonomisk lönsamt eller ekologiskt att byta dem med korta mellanrum. För att optimera hur ofta filtren bör bytas ut ur en ekonomisk synvinkel inverkar filtrens pris och elpriset på lönsamheten. Vid ett filterbyte uppstår även andra utgifter än endast filtrens pris som också bör tas med i beräkningen såsom till exempel, underhållsutgifter (om utomstående anlitas för att byta filtren) och eventuella återvinningsavgifter. Beroende på ventilationsanordningens helhets elförbrukning varierar luftfiltrens procentuella andel av den totala kostnaden.

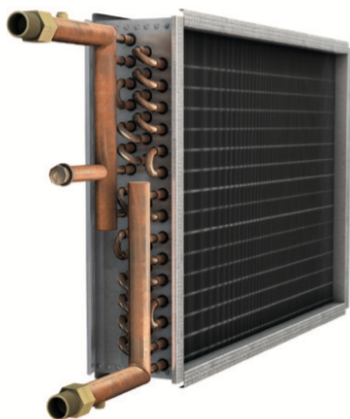
8.3 Värmeväxlare och värme- och kylbatteri

Värmeväxlare används för att överföra värmeenergi från ett medium till ett annat. Medierna är oftast vatten eller luft, men även andra fluider används. [44] I ventilationsaggregaten används värmeväxlaren för att överföra värmeenergin från den varma frånluften till den kalla inkommande tilluften.

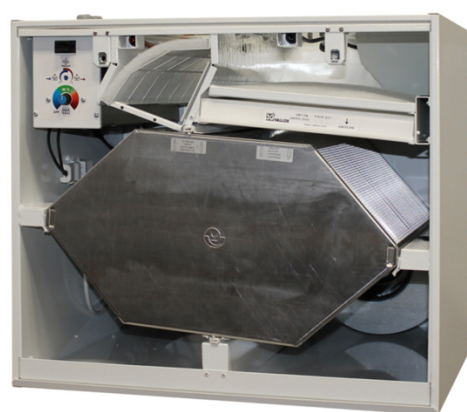
Värmebatteri används som eftervärmare för tilluften. Då värmeväxlaren inte förmår att värma den inkommande luften tillräckligt mycket krävs det att tilluften värms ytterligare med ett värmebatteri, oftast används vätskeburna batterier eller elbatterier (mindre anläggningar).

Kylbatteriets uppgift är som namnet säger att kyla tilluften.

Gemensamt för kyl- och värmebatteriet är att luften passerar genom ett batteri där en fluid endera värmer eller kyler den inkommande tilluften. I mindre anläggningar används även direkt el som eftervärme genom ett motstånd. Trots att värmeväxlaren, kyl- och värmebatterierna är belägna i ventilationsaggregatet efter luftfiltren, blir de smutsiga eftersom inget filter ger ett hundra procentigt skydd.



Figur 33. Värmebatteri för ett ventilationsaggregat.



Figur 34. Värmeväxlare i ventilationsaggregat.

8.3.1 Ökad energiförbrukning

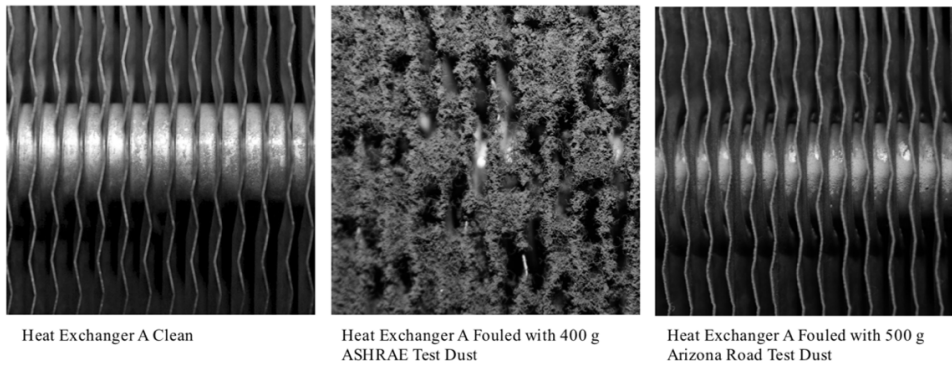
Värme-, kylbatterierna och värmeväxlarna blir med tiden smutsiga i ventilationsaggregatet. På batteriernas och värmeväxlarens metallytor bildas det ett smutslager som försämrar värmeöverföringen mellan luften och metallen. Smutsen bidrar också till att tryckförlusterna ökar, vilket betyder att fläkten måste arbeta hårdare för att kompensera tryckfallet. [45] Luftflödes hastigheten genom batterierna och värmeväxlaren påverkar hur snabbt metallytorna blir smutsiga, snabbare flöde betyder att metallytorna hålls renare längre då inte smuts lika lätt lägger sig och fastnar på delarna. [45]

En studie angående värmeväxlarnas värmeöverföring och tryckfallsökning då de blir smutsiga har gjorts år 2010 av I. Bell och E.A. Groll i Purdue University, Department of Mechanical Engineering, West Lafayette, IN, 47906, USA.

Syftet med studien var att undersöka hur smuts påverkar effektiviteten i ett värmebatteri. Ett rent värmebatteri användes som referenspunkt och jämfördes med två smutsiga värmebatterier. De smutsiga batterierna hade blivit konstgjort nedsmutsade genom att man injicerat damm i ett luftflöde som gick igenom batterierna. I testet användes två olika sorters testdamm, ASHRAE damm och Arizona vägdamm (eng: Arizona Road test dust). Arizona provdamm och ASHREA skiljer sig lite från varandra i uppbyggnaden. ASHRAE dammet har en fibrös uppbyggnad medan Arizona dammet innehåller en blandning av finare dammpartiklar. Detta kan även synas på figur 35 då ASHRAE dammet bildar en yta på framsidan av värmeväxlaren, medan Arizona dammet är jämnare utspritt i värmeväxlaren. I praktiken påminner dammet på tilluftsidans mera om Arizona provdamm, då det ofta är gatudamm, sot och andra små smutspartiklar i uteluften. ASHRAE typens damm däremot är vanligare på frånluftsidan då textilfiber från möbler, mattor och kläder kommer till frånluften. Frånluftskanaler från torkrum och torkskåp bidrar också till att luften innehåller stora mängder textilfiber.

8.3.2 Resultat

Då man injicerade de två olika provdammen till luften som går genom värmeväxlaren mätte man både tryckfallsökningen och värmeöverföringen i värmeväxlaren. Nedan är bilder på hur de tre värmeväxlarna såg ut då testet var slutfört.



Figur 35. Framsidan på 3 stycken värmeväxlare efter att provdamm injicerats.

Grafer över dammets inverkan på värmeöverföringen (figur 37) och tryckfallet (figur 36) har gjorts. Då man kollar på tryckförlusterna ser man att i värmebatteriet där det använts ASHRAE damm är tryckförlusterna märkbart högre än referenspunktens (rena batteriet), skillnaden blir större då flödes hastigheten växer. I värmebatteriet med Arizona damm har däremot inte tryckförlusterna ökat från referenspunkten.

Värmeöverföringen har försämrats från det rena värmebatteriet med båda sorternas damm, varav Arizona dammet försämrade värmeöverföringen mera, skillnaden blir tydligare med högre flöde. ASHRAE dammet minskade värmeöverföringen med 2,9 % medan Arizona 5,3 %.

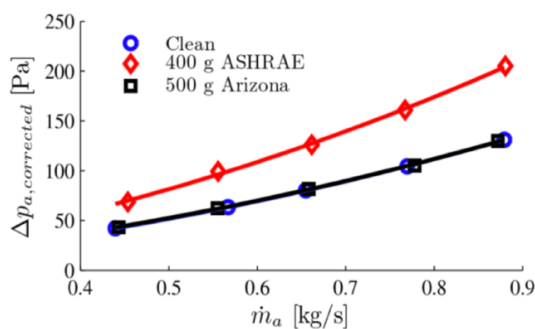


Figure 5 Pressure drop of HXA with fouling

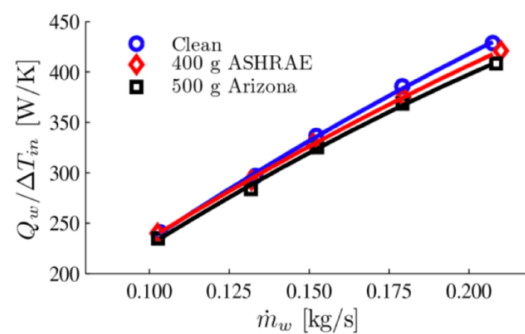


Figure 6 Heat transfer of HXA with fouling

Figur 36 (vänster) och figur 37. Grafen till vänster visar tryckfallet över värmebatteriet, medan grafen till höger visar värmeöverföringen från batteriet till luften.

8.3.3 Diskussion

Att tryckfallet ökat då man använde ASHRAE damm beror på att det bildar en hinna på framsidan av värmebatteriet och försämrar luftflödet, vilket inte Arizona dammet gör och därmed inte påverkar på tryckfallet.

Att Arizona dammet minskade på värmeöverföringen så mycket som det gjorde ansågs av I. Bell och E.A. Groll bero på två saker. För det första så delades Arizona dammet mycket jämnare ut över hela värmebatteriet från fram- till baksidan till skillnad från Arizona dammet. Detta betyder att metallytorna i batteriet var genomgående täckta av dammet vilket försämrar värmeöverföringen på hela ytan. Andra orsaken var Arizona dammets låga värmeledningsförmåga. [45] Studien var utförd med noggranna mätinstrument och det hade omsorgsfullt beaktats och undvikits faktorer som skulle kunna ge missvisande resultat, vilket gör forskningsresultaten relativt pålitliga.

8.3.4 Ekonomiska aspekten

I studien visades det att värmebatterierna i ventilationsaggregatet kan påverkas av smuts. Tryckförlusterna kan öka vilket betyder att fläkten måste arbeta hårdare och värmeöverföringen i batteriet kan sjunka vilken måste kompenseras genom mera uppvärmningsenergi.

Hur mycket detta påverkar ventilationssystemen i fastigheter är svårt att uppskatta då deras renhet och användning kan variera mycket. I ett normalt ventilationssystem i till exempel en kontors- eller skolbyggnad borde rengöringen skötas regelbundet (med cirka fem års mellanrum) då också värmebatterierna rengörs. Att det under fem år skulle hinna samlas så mycket damm på värmebatteriet som det gjorde i I. Bell och E.A. Groll undersökning verkar osannolikt då det finns luftfilter som effektivt filtrerar luften i ventilationsaggregaten. Ifall dessa regelbundna tvättar av värmebatterierna har gjorts slarvigt eller helt och hållet låtit bli att göra kan det med tiden samlas damm som eventuellt kunde orsaka att liknande situationer uppstår som de som var i studien. I egnahemshus där ventilationssystemet inte rengörs lika ofta eller i onormalt smutsiga ventilationsanordningar kan dessa problem också uppkomma.



Figur 38. Frånluftskanal där textilfiber kommit från ett torkskåp till ventilationskanalen. Bild: Rasmus Hellström, 3.4.2018.

8.4 Balansering

Energianvändningen kan även minskas genom att balansera ett ventilationssystem rätt. För att undersöka energibesparings möjligheter gjordes en studie som utfördes mellan 4.3- 19.3.2019 i ett höghus i centrala Helsingfors. Ventilationskanalerna hade rengjorts för cirka ett år sedan men inte balanserats efteråt. Lohjan Sisäilmamestarit Oy anlätades för att balansera ventilationssystemet. Balanseringen gjordes av Sebastian Alfthan och Jonne Luoto, båda anställda på Lohjan Sisäilmamestarit.

8.4.1 Utgångsläget för studien

Fastigheten där ventilationsaggregatet (301 TK/PK) fanns var ett höghus på Mechelingatan 3, 00100 Helsingfors. Huset har blivit färdigt år 2013. I höghuset fanns det tre stycken trappor (A, B, C) och sammanlagt 65 lokaler vars ventilation sköts av ett stort till- och frånluftsventilationsaggregat. I balanseringen ingick varje bostad, lokal och övrigt utrymme (cykelförråd, bombskydd, trappuppgång och uteredskapsförråd) som fanns i dessa tre trappor.

Då balanseringen gjordes följdes de planerade luftmängderna som fanns på ritningarna.



Figur 39. Huset ligger vid Mechelingatan i Helsingfors.

Avlästa värden 4.3.2019:

- Tilluftsmaskinen TK- 301 luftflöde avlästes vid början av balanseringen till: 2,688 m³/s.
- Frånluftsmaskinen PK- 301 luftflöde avlästes vid början av balanseringen till: 3,278 m³/s.

Ventilationsaggregatet hade en ECONET vätskeburen värmeåtervinning/värmebatteri. Värmebatteriet och värmeåtervinningen var sammankopplad, vilket betyder att tilluften värmdes huvudsakligen med frånluftens värme (som överförs till tilluften med vätska) och den resterande uppvärmningen gjordes med fjärrvärme.

8.4.2 Begränsningar i uträkningen

Under sommarmånaderna (juni - augusti) kylde tilluften i ventilationsaggregatet. Kylningen av luften har lämnats utanför energibesparingsberäkningarna i denna studie eftersom det skulle innebära komplicerade uträkningar vilka endast skulle bli pålitliga genom att använda dynamiska simuleringsprogram (till exempel IDA ICE eller RIUSKA), då faktorer som solstrålning, fönstren, inre belastningar, husets konstruktion/läge och utetemperaturer påverkar stort på behovet. [46] Fläktarnas effekt i ventilationsaggregatet och pumparnas effekt (som pumpar vätskan i värmebatterierna) minskar också då luftmängden minskar efter balanseringen, så detta har lämnats utanför beräkningarna. Endast

tilluftens uppvärmningsbehov räknas i denna studie då grundtanken var att ge ett riktigt exempel på energibesparingsmöjligheten och inte en exakt kalkyl.

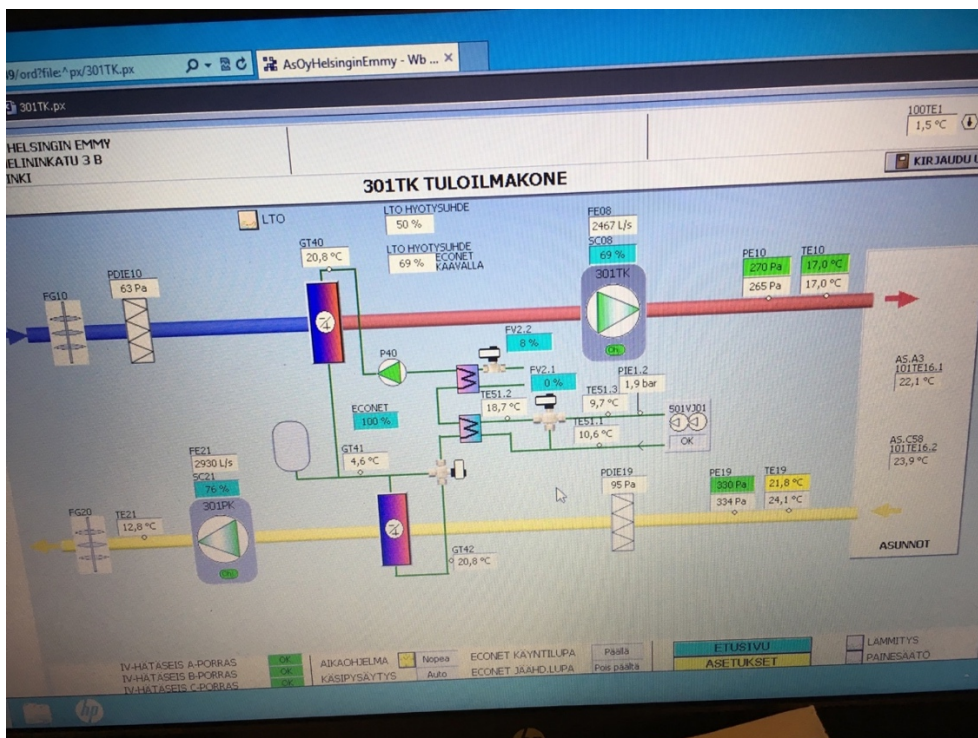
8.4.3 Önskade resultat

Innan själva balanseringen påbörjades hade inga provmätningar gjorts på ventiler eller don, det vill säga man visste inte ifall systemet var i balans eller inte. Mätningarnas syfte var att få resultat om huruvida energibesparingar kan göras genom att balansera ett existerande ventilationssystem.

8.4.4 Resultat

Då balanseringen var färdig hade luftmängderna på både till och frånluftssidan minskat med cirka 10 %.

Figur B är en bild tagen på ventilationssystemets automation på en dator. Ur den kan man se att tilluftsflödet har sjunkit till 2,467 m³/s och frånluftflödet till 2,930 m³/s.



Figur 40. Bild på ventilationssystemets automation.

Tilluftsidan:

Då man jämför skillnaden mellan luftflödena före och efter balanseringen (2,688-2,467 m³/s), får att luftflödet har minskat med 0,221 m³/s.

Frånluftsidan:

På frånluftsidan är motsvarande minskning (3,278- 2,930 m³/s), det vill säga 0,348 m³/s. För höga luftflöden från tilluftsdonen kan kännas som drag i lägenheten. Dessutom ökar det också på energianvändningen då det behövs både mera fläkteffekt och uppvärmningsenergi.

8.4.5 Den ekonomiska aspekten

För att ge ett riktgivande exempel på energibesparingspotentialen då luftflödet minskat i höguset på Mechelingatan utförs en uträkning. Då tilluftens luftflöde har minskat med 0,221 m³/s kan man utföra en beräkning på hur mycket man sparar in på att inte värma denna luftmängd i ventilationsaggregatet. I uträkningen används ett normalvärde för den årliga temperaturen i Helsingfors.

Formeln nedan är tagen från miljöministeriets byggnadsbestämmelsesamling, ”Beräkning av byggnaders energiförbrukning och effektbehov för uppvärmning” 3.11, (D5). [47]

$$Q_{iv} = t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} (T_{sp} - \Delta T_{puhallin}) - T_{lto}$$

Där:

Q_{iv} = nettoenergiebehov för uppvärmning av ventilationsluft, kWh

T_d = genomsnittlig drifttid för ventilationssystemet per dygn, h/24

T_v = tid som ventilationssystemet är i funktion per vecka, dygn/7 dygn

ρ_i = luftens densitet, 1,2 kg/m³

c_{pi} = luftens specifika värmekapacitet, 1000 J/(kg K)

$q_{v,tulo}$ = tilluftsflöde, m³/s

T_{sp} = temperatur på inblåst luft, °C

$\Delta T_{pnhallin}$ = ökning av temperatur i fläkten, °C

T_{lto} = temperatur efter värmeåtervinningsagregatet, °C

Δt = tidsintervall, h

1000 = koefficient med hjälp av vilken resultatet omvandlas till kilowattimmar

Värden för att utföra uträkningen:

Ventilationsaggregatets **värmeåtervinning** med ECONET är 69 %, avläst från datorns automationsinformation (figur 41).

Normalvärde (utetemperatur) i Helsingfors är 5,8 °C, taget från Finska meteorologiska institutet 4.5.2019.

Tilluftens temperatur är lagt på 17 °C, vilket kan avläsas från automationsinformationen (figur 41).

Frånluftens temperatur är 24,1 °C, vilket kan avläsas från automationsinformationen (figur 41).

Tilluftensflödet som används är 0,221 m³/s, det vill säga den mängd luft som ventilationsaggregatet har minskat med efter balanseringen.

Tilluftens temperatur kommer vara 13,5 °C efter en värmeåtervinning med 69 % verkningsgrad och 5,8 °C utomhustemperatur.

Detta räknas ut:

$$Temperatur = (17 - 5,8) \times 0,69$$

$$\Rightarrow 7,73 \text{ °C}$$

17 °C - (7,73 °C + 5,8 °C) = **3,47 °C (ca. 3,5 °C)**. Tilluften skall alltså värmas ytterligare 3,5 °C i värmebatteriet efter värmeåtervinningen.

Då man räknar energibehovet för hur mycket det krävs för att värma 0,221 m³/s luft från 13,5 °C till 17 °C används formeln i 3.11.

$\Delta T_{\text{puhallin}}$ antas vara i detta fall $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ eftersom ingen skild temperaturmätare över fläkten finns.

Effekten räknas:

$$W = \frac{24}{24} \times \frac{7}{7} \times 1,2 \times 1000 \times 0,221 \times ((17 - 0) - 13,5) \frac{8760}{1000}$$

=> **8 131 kW/år**

Värmebatteriet i ventilationsaggregatet är vätskeburet och det värms upp med fjärrvärme, fjärrvärmens pris antas vara cirka 60 €/MW (taget från Helen Oy nätsida 3.5.19). Då räknas den årliga kostnaden för hur mycket inbesparing det görs enligt följande:

$$\text{Kostnad} = 8,131\text{ MW} \times 60\text{ MWh}$$

⇒ **487,86 €/år**

För att få en jämförelse i besparingen andel helhets kostnaden görs en uträkning där man räknar vad energikostnaderna var innan balanseringen. Då används samma formel (3.11) som användes tidigare men luftmängden ändras till $2,688\text{ m}^3/\text{s}$ istället för $0,221\text{ m}^3/\text{s}$.

$$W = \frac{24}{24} \times \frac{7}{7} \times 1,2 \times 1000 \times 2,688 \times ((17 - 0) - 13,5) \frac{8760}{1000}$$

⇒ **98 869,9 kW/år**

$$\text{Kostnad} = 98,8699\text{ MW} \times 60\text{ MWh}$$

⇒ **5 933, 81€/år**

$5933,81\text{ €/år}$ jämförs med $5933,81\text{ €/år} - 487,86\text{ €/år}$, det vill säga de gamla kostnaderna med de nya:

$487,86 / 5933,81 \approx 0,0822$. Det skedde alltså en **cirka 8,2 % minskning** i luftens uppvärmningskostnader efter balanseringen.

8.4.6 Diskussion

Exempelberäkningen som utfördes är en grov estimering för hur mycket som kan besparas då luftflödet minskade efter balanseringen. Det är viktigt att komma ihåg att det inte är sagt att luftflödet alltid minskar med balanseringen, utan ibland kan det även öka. Då görs inga besparingar på samma sätt som i detta exempel utan snarare tvärtemot eftersom ventilationen ökar. Det är dock inte korrekt att säga att en balansering inte skall utföras för att det kan resultera i att energianvändningen ökar som följd av ökat luftflöde. Ventilationen har planerats för att skapa en sund inomhusmiljö och därför är de planerade värden viktiga att eftersträva. Exemplet visade att energibesparingar är möjliga att göra i samband med att balansera ett ventilationssystem. Trots att inbesparingen ”endast” är cirka 488 €/år blir det med åren en stor inbesparning. I stora kontorsbyggnader med flera ventilationsaggregat kan inbesparningarna bli stora ifall flera av maskinerna har för högt luftflöde.

Det är av stor vikt att notera att i detta exempel beräknas endast värmeeffekten som behövs för att värma tilluften i ventilationsaggregatets värmebatteri till den angivna temperaturen (17 °C) efter värmeåtervinningen. Inne i lägenheten värms luften ytterligare med hjälp av radiatorer till den eftersträvade innetemperaturen som också ökar på uppvärmningsbehovet.

8.4.7 Metoder för noggrannare resultat

För att få noggrannare beräkningar över inbesparingsmöjligheter borde man följa med ventilationsaggregatet under en längre tid. Temperaturer och luftmängder kan variera mycket under en kort tid, i synnerhet i stora ventilationssystem med stora luftflöden. På Mechelingatan fanns det i varje lägenhet ett reglage för ventilationen med vilken man kan höja respektive sänka ventilationen med 30 % beroende på behovet. Ifall invånarna i huset har som vana att minska på ventilationen då de går till jobbet/skolan bidrar det också i hur resultaten ser ut i och med att luftflödena endast mättes en specifik punkt före och efter balanseringen i denna studie. Detta betyder att resultaten kan variera något från det egentliga medelvärdet. För att undvika detta skulle man kunna följa med luftflödena under en längre period före och efter balanseringen för att få ett exaktare medelvärde.

Istället för att göra energibesparings beräkning på basis av ett års medeltemperatur skulle noggrannare resultat erhållas ifall man använde sig av till exempel ett dataprogram som simulerar de exakta förhållandena per timme.

9 SLUTSATS OCH DISKUSSION

Målet med detta arbete var att ge läsaren en bild på ventilationssystemets inverkan på både människan och huset, samt förklara hur underhållsarbeten går till och vad som skall beaktas då man gör dem. Energibesparingskapitlet i slutet av arbetet var främst för att visa att det är möjligt att åstadkomma besparingar genom att utföra dessa arbeten. Huvudsyftet med beräkningarna var inte att visa exakt hur stora besparingar som görs, utan att ge en väl utförd och grundligt förklarad estimering. Med detta eftersträvades att läsaren får mera kunskap om energibesparingsmöjligheter. Det praktiska exemplet på våningshuset i Helsingfors och de två teoretiska beräkningarna bevisade att det är fullt möjligt att minska utgifterna med underhållsarbete. För att ge läsaren noggrannare resultat borde flera praktiska exempel ha visats, vilket skulle ha krävt fler mätningar i fastigheter. Då skulle man ha fått klarare skillnader vid jämförelse av ventilationssystemets tillstånd före och efter att underhållsarbeten utförts. I byggnader där ventilationssystemet är väldigt smutsiga eller obalanserade skulle man ha kunnat se med hjälp av mättingsresultat hur detta har påverkat energikostnader. Det är viktigt att poängtera att inga sådana åtgärder får göras i ventilationssystemet som skulle kunna medföra en ökad hälsorisk för invånarna då man planerar energibesparings möjligheter.

I och med att dagens människa spenderar mera tid inomhus än förr, bör man följa med att ett hälsosamt inomhusklimat erhålls i byggnaderna. Det kan vara svårt för invånaren att märka ifall det råder skadliga tryckförhållanden inomhus och därför är det viktigt att ventilationsanordningarna granskas med jämna mellanrum. Användning av fjärravlästa mätaren i fastigheter gör det lättare att identifiera problem och korrigera dem innan större bekymmer hunnit ske.

Då det blir allt viktigare med energisnåla hus och överlag att minska på energikonsumtionen och koldioxidutsläppen, spelar även ventilationssystemens roll en viktig del av detta.

KÄLLOR

- [1] *Hengityслиitto*, 2016. Tillgänglig: https://www.hengityслиitto.fi/sites/default/files/oppaat/ilmanvaihto-sve_nettiin.pdf. Hämtad: 14.2.2019
- [2] *Työsuojelu*, 2017. Tillgänglig: <https://www.työsuojelu.fi/web/sv/arbetsforhallanden/arbetsmiljo/inneluft>. Hämtad: 14.2.2019
- [3] *Caverion*, 2016. Tillgänglig: <https://www.caverion.fi/tietoa-caverionista/media/tiedotteet/2016/01/27/sisailma-vaikuttaa-tyontekijan-tuottavuuteen>. Hämtad: 15.4.2019
- [4] *Hengityслиitto*, 2015. https://www.hengityслиitto.fi/sites/default/files/oppaat/guide_om_inneluft.pdf. Hämtad: 17.2.2019
- [5] Hannula, H., 2011, *Kiinteistön sisäilman kuitulähteiden kartoitus*, examensarbete, Oulun seudun Ammattikorkeakoulu, Oulu. Tillgänglig: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/27263/Hannula_Heikki.pdf?sequence=1, sid 8. Hämtad: 17.2.2019
- [6] *Suomen LVI-Liitto*, 2012. Tillgänglig: <https://www.ym.fi/download/noname/%7B54E08A3C-E78E-4F7F-88C7-DD6F6CE5F652%7D/118709> Hämtad: 18.2.2019
- [7] *Finlex*, 2001. Tillgänglig: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2001/20010802>. Hämtad: 3.3.2019.
- [8] *Finlex*, 2018. Tillgänglig: <https://www.finlex.fi/sv/laki/alkup/2018/20181353#Lidp446356000>. Hämtad: 28.5.2019.
- [9] *Finlex*, 2011. Tillgänglig: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110379>. Hämtad: 3.3.2019.
- [10] *Inrikesministeriet*, 2019. E-post kontakt med Kirsi Rajaniemi från Inrikesministeriet. 9.05.2019
- [11] *Finlex* 2012. *D2 Finlands byggbestämmelsesamling Miljöministeriet, Avdelning för den byggda miljön*. Byggnaders inomhusklimat och ventilation, föreskrifter och anvisningar 2012.

- [12] *Systemair*. Tillgänglig: <https://www.systemair.com/sv/Sverige/Losningar/Behovs-tyrd-ventilation---AIAS/> Hämtad: 7.3.2019.
- [13] *Finlex*, 2017. Tillgänglig: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171009>. Hämtad: 7.3.2019.
- [14] *Hengitysliitto*, 2012. Tillgänglig: https://www.hengitysliitto.fi/sites/default/files/oppaat/guide_om_inneluft.pdf. Hämtad: 17.3.2019.
- [15] *Hengitysliitto*, 2016. Tillgänglig: https://www.hengitysliitto.fi/sites/default/files/oppaat/ilmanvaihto-sve_nettiin.pdf_sid_7. Hämtad: 16.4.2019.
- [16] *Residential construction academy*, 2011. Tillgänglig: <https://books.google.fi/books?id=FZE-KAAAAQBAJ&pg=PA532&lpg=PA532&dq=dirt+on+hvac+blades&source=bl&ots=3kREv0DCg7&sig=ACfU3U3KhBGKKexzLymHUFx9ZPB2MX7uCA&hl=fi&sa=X&ved=2ahUKEwi93Y3097PhAhVDfZoKHXEhB8YQ6AEwBnoECBAQAQ#v=onepage&q=dirt%20on%20hvac%20blades&f=false> s.531 Hämtad: 3.3.2019.
- [17] *Valvira*, 2016. Tillgänglig: <https://www.valvira.fi/web/sv/miljo-och-halsa/halsoskydd/boendehalsa/partiklar-och-fibrer-i-inomhusluften>. Hämtad: 3.3.2019.
- [18] *Rakennuslehti*, 2017. Tillgänglig: <https://www.rakennuslehti.fi/2017/04/ilmakanvien-ja-akustoinnin-polisevat-villaeristeet-aiheuttavat-homeen-kaltaisia-oireita/>. Hämtad: 5.3.2019.
- [19] *Hengitysliitto*, Tillgänglig: <https://www.hengitysliitto.fi/fi/sisailma/sisailma-asiat-sisailmaongelmat/materiaalit>. Hämtad: 5.3.2019.
- [20] Leppänen, T., 2012, *Rakennuksen tiiviysmittaus*, examensarbete, Mikkelin Ammattikorkeakoulu, Mikkelä. Tillgänglig: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/47997/Leppanen_Tommi.pdf?sequence=1&isAllowed=y, s.2. Hämtad: 9.4.2019.
- [21] *Ympäristöministeriö*, 2013. Tillgänglig: https://www.ym.fi/download/YM_asetus_energiatodistuksesta_270213_supdf/27baf2b-e645-4464-afb8-cfbf162b5adc/31591_s.6 Hämtad: 10.4.2019.

- [22] *Soliduct Ab*, Tillgänglig: <https://ventilation.se/om-ventilation>. Hämtad: 10.4.2019.
- [23] *Energi & Miljö*, 2014. Tillgänglig: <https://www.energi-miljo.se/energi-miljo/luft-flodesbalansen-viktig-i-tata-byggnader>. Hämtad: 12.4.2019.
- [24] *Sisäilmayhdistys ry*, 2008. Tillgänglig: <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteustekninen-toiminta/Ilmavirtaukset-rakennuksessa>. Hämtad: 15.3.2019.
- [25] *Sisäilmayhdistys ry*, Tillgänglig: <https://www.sisailmayhdistys.fi/Perustietoa-sisailmasta/Ilmanvaihdon-perusteet>. Hämtad: 24.4.2019.
- [26] Penttilä, T., 2017, *Perehdyttämispöytäkirja ilmastointijärjestelmien puhdistukseen ja urakkalaskentaan*, examensarbete, Oulun Ammattikorkeakoulu, Oulu.
- Tillgänglig: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/131000/Penttila_Teemu.pdf?sequence=1&isAllowed=y s.33 Hämtad: 27.4.2019
- [27] Liisa Vanhatalo (Lohjan Sisäilmamestarit), 2019. Muntlig intervju 24.04.2019.
- [28a] Editerad av: Heseltine, E., Rosen, J., 2009, *WHO guidelines for indoor air quality :dampness and mould*, s.37, Druckpartner Moser.
- [28b] s.34
- [29] *Valvira*, 2016. Tillgänglig: <https://www.valvira.fi/web/sv/miljo-och-halsa/halsoskydd/boendehalsa/kemikalier-i-inomhusluften>. Hämtad: 4.5.2019.
- [30] *Polarpumpen*, 2014. Tillgänglig: <https://www.polarpumpen.se/blogg/vad-hander-med-luftfuktigheten-pa-vintern-2/>. Hämtad: 5.5.2019.
- [31] *Condair*. Tillgänglig: <https://www.condair.com.ro/know-how/hx-diagram>. Hämtad: 10.5.2019.
- [32] *Wikipedia*, senast editerad 2019, <https://fi.wikipedia.org/wiki/Ilmansuodatin>. Hämtad: 20.3.2019.
- [33] *Sisäilmauutiset*, 2017. Tillgänglig: <https://www.sisailmauutiset.fi/maaraykset/ilmanvaihtosuodatinten-luokitus-muuttuu/>. Hämtad: 4.3.2019.

- [34] *Suomen Standardisoimisliitto SFS ry*, 2017. https://www.sfs.fi/ajankohtaista/uutiset/ilmansuodattimien_luokitus_muuttuu.4296.news. Hämtad: 4.3.2019.
- [35] *Talotekniikkainfo*. Tillgänglig: <https://www.talotekniikkainfo.fi/sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas/12-ss-ilmansuodatuksen-tarve>. Hämtad: 5.3.2019.
- [36] *Hengitysliitto*. Tillgänglig: <https://www.hengitysliitto.fi/fi/sisailma/ilmanpuhdistin/kemialliset-suodattimet>. Hämtad: 8.3.2019.
- [37] *Hengitysliitto*. Tillgänglig: <https://www.hengitysliitto.fi/fi/sisailma/ilmanvaihto/ilmansuodattimen-vaihto>. Hämtad: 14.4.2019.
- [38] *TM Rakennusmaailma*, 2017. Tillgänglig: <https://rakennusmaailma.fi/aika-vaihtaa-ilmanvaihdon-suodattimet/>. Hämtad: 8.3.2019.
- [39] *Swegon*, 2017. Tillgänglig: <https://blog.swegon.com/sv/konsument/se-upp-for-billiga-kopior-av-ventilationsfilter>. Hämtad: 5.5.2019. Blogginlägg av Stefan Nilsson (Channel Manager för Auktoriserad Swegon CASA Installatör och Swegon CASA Partner).
- [40] *Vallox*. Tillgänglig: https://www.vallox.com/sv/om_ventilation/anvand_originalfilter.html. Hämtad: 11.4.2019.
- [41] *Swegon*, 2018. Tillgänglig: <https://blog.swegon.com/sv/vad-ar-skillnaden-mellan-vav-och-dcv>. Hämtad: 7.5.2019. Blogginlägg av Caroline Jacobsson (Caroline är produktchef för Swegons behovsstyrda inneklimatsystem WISE).
- [42] *IV Produkt*. Tillgänglig: <https://ivprodukt.docfactory.com/api/v1/cnt/ivprodukt/id/Z0Gs0SaxR0Ggj--sdlnEuQ/>.s. 26. Hämtad: 20.5.2019.
- [43] *Deltrian*. Tillgänglig: <https://deltrian.com/filtration/phl/>. Hämtad: 23.5.2019.

[44] *Wikipedia*, senast editerad 2019. Tillgänglig:

<https://sv.wikipedia.org/wiki/Värmeväxlare>. Hämtad: 3.4.2019.

[45] Bell I., Eckhard A G., 2010, *Experimental Comparison of the Impact of Air- Side Particulate Fouling on the Thermo-Hydraulic Performance of Microchannel and Plate-Fin Heat Exchangers*.

Tillgänglig: <https://pdfs.semanticscholar.org/9bc9/b8b21961ee536c04065f132d1920a319b276.pdf>. Hämtad: 18.4.2019.

[46] Matinlompola, A., 2018. *Jäähdytysjärjestelmän mitoitus ja valinta yliopistorakennukseen*, examensarbete, Oulun Ammattikorkeakoulu, Oulu. Tillgänglig:

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/150313/Matinlompola_Aleksi.pdf?sequence=1&isAllowed=y, s. 8. Hämtad: 15.5.2019.

[47] *Finlex*, 2012. D5 *Finlands byggbestämmelsesamling Miljöministeriet, Bostads och byggnadsavdelningen*. Beräkning av byggnaders energiförbrukning och uppvärmningseffekt Tillgänglig: <https://www.finlex.fi/sv/viranomaiset/normi/700001/41189>. Hämtad:

20.5.2019.

FIGURER

Figur 12: Tillgänglig:

<https://www.ilmastointitukku.fi/tuoteluettelo/ilmastointikanavat-ja-osat/puhdistusluukut2013-02-26-07-27-22/pika-puhdistusluukku-tasopinnalle/pika-300x200-puhdistusluukku-tasopinnalle-detail>. Hämtad: 6.3.2019.

Figur 25 och figur 26: Tillgänglig:

<https://www.resema.se/images/luftfilter/pasfilter/Resac-eco-160-microglas.pdf>. Hämtad: 26.4.2019.

Figur 28: Editerad av: Heseltine, E., Rosen, J., 2009, *WHO guidelines for indoor air quality :dampness and mould*, s.35, Druckpartner Moser. s.21.

Figur 33: Tillgänglig: <https://www.aircoil.se/start/produkter/batterier-vaermevaexlare/>. Hämtad: 24.4.2019.

Figur 34: Tillgänglig: <https://valloxsuodattimet.fi/tuote/suodatinpakkaus-21/>. Hämtad: 24.4.2019.

Figur 35: Bell I., Eckhard A G., 2010, *Experimental Comparison of the Impact of Air-Side Particulate Fouling on the Thermo-Hydraulic Performance of Microchannel and Plate-Fin Heat Exchangers*. s.7. Tillgänglig: <https://pdfs.semanticscholar.org/9bc9/b8b21961ee536c04065f132d1920a319b276.pdf>. Hämtad: 18.4.2019.

Figur 36 & 37: Bell I., Eckhard A G., 2010, *Experimental Comparison of the Impact of Air-Side Particulate Fouling on the Thermo-Hydraulic Performance of Microchannel and Plate-Fin Heat Exchangers*. s.6.

Tillgänglig: <https://pdfs.semanticscholar.org/9bc9/b8b21961ee536c04065f132d1920a319b276.pdf>. Hämtad: 18.4.2019.

Figur 39: Tillgänglig: <http://takuukaihdin.fi/portfolio/as-oy-helsingin-emmy/>. Hämtad: 15.5.2019.

