

Hybridventilation i flerbostadshus

Martin Edfeldt
Erik Elsmén

Avdelningen för installationsteknik
Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet, 2007
Rapport TVIT--07/5011



Lunds Universitet

Lunds Universitet, med nio fakulteter samt ett antal forskningscentra och specialhögskolor, är Skandinaviens största enhet för forskning och högre utbildning. Huvuddelen av universitetet ligger i Lund, som har 100 400 invånare. En del forsknings- och utbildningsinstitutioner är dock belägna i Malmö, Helsingborg och Ljungbyhed. Lunds Universitet grundades 1666 och har idag totalt 6 000 anställda och 41 000 studerande som deltar i ett 90-tal utbildningsprogram och ca 1000 fristående kurser erbjudna av 88 institutioner.

Avdelningen för installationsteknik

Avdelningen för Installationsteknik tillhör institutionen för Bygg- och miljöteknologi på Lunds Tekniska Högskola, som utgör den tekniska fakulteten vid Lunds Universitet. Installationsteknik omfattar installationernas funktion vid påverkan av människor, verksamhet, byggnad och klimat. Forskningen har en systemanalytisk och metodutvecklande inriktning med syfte att utforma energieffektiva och funktionssäkra installationssystem och byggnader som ger bra inneklimat.

Nuvarande forskning innefattar bl a utveckling av metoder för utveckling av beräkningsmetoder för godtyckliga flödessystem, konvertering av direktelvärmda hus till alternativa värmesystem, vädring och ventilation i skolor, system för brandsäkerhet, alternativa sätt att förhindra rökspredning vid brand, installationernas belastning på yttre miljön, att betrakta byggnad och installationer som ett byggnadstekniskt system, analysera och beräkna inneklimatet i olika typer av byggnader, effekter av brukarnas beteende för energianvändning, reglering av golvvärmesystem, bestämning av luftflöden i byggnader med hjälp av spårgasmetod. Vi utvecklar även användbara projekteringsverktyg för energi och inomhusklimat, system för individuell energimätning i flerbostadshus samt olika analysverktyg för optimering av ventilationsanläggningar hos industrin.

Hybridventilation i flerbostadshus

Martin Edfeldt
Erik Elsmén

© Martin Edfeldt och Erik Elsmén, 2007

ISRN LUTVDG/TVIT--07/5011--SE(83)

Avdelningen för installationsteknik
Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
22100 LUND

Förord

Detta examensarbete har genomförts i samarbete mellan Avdelningen för Installationsteknik vid Lunds Tekniska Högskola, MKB, SWECO och Exhausto.

Först och främst vill vi rikta ett stort tack till vår handledare Catarina Warfvinge som har hjälpt oss gör detta examensarbete möjligt. Catarina har alltid tagit sig tid att hjälpa och guida oss genom installationsteknikens svårigheter.

Vidare vill vi tacka Egon Lange från MKB och Johan Jaxell från SWECO Projektledning som har bidragit med mätdata och värdefulla tips. Ett stort tack till Lars Jensen som tagit sig tid att förklara hur man utför simuleringar i PFS. Vi vill även tacka vår examinator Jesper Arfvidsson och alla andra på Avdelningen för Installationsteknik och Byggnadsfysik.

Sist men inte minst vill vi tacka familj och vänner som har uppmuntrat och hjälp oss under arbetets gång!

Lund, januari 2007



Martin Edfeldt



Erik Elsmén

Sammanfattning

Malmös kommunala bostadsbolag (MKB) har ett flertal fastigheter som ventileras med självdrag. Detta leder ofta till överventilation på vintern med drag och hög energianvändning som resultat och för låg ventilation på sommaren vilket inte sällan ger upphov till fuktproblem i framförallt badrum. Ett relativt enkelt sätt att minska dessa problem, som förekommer i de flesta självdragsventilerade hus, är att installera ett hybridventilationssystem.

Hybridventilation utnyttjar i första hand de naturliga drivkrafterna som åstadkoms av vind och temperaturskillnader och när de inte räcker till sker komplettering med fläktar och fuktstyrning av både uteluftsventiler och frånluftsdon för att uppnå önskad ventilation. På vintern när den relativa luftfuktigheten inomhus är låg minskar donöppningarna vilket reducerar ventilationsflödet och därmed minskar risken för drag och minskar energianvändning för uppvärmning av ventilationsluften. Under sommaren då luften har hög RF öppnas donen maximalt.

Under 2004 renoverades ventilationssystemet i ett fyrvånings flerbostadshus i Malmö. På våren placerades mätloggrar ut i sammanlagt åtta lägenheter på olika plan i byggnaden. Varje lägenhet försågs med mätloggrar i badrum, sovrum och kök. Utomhus placerades en logger på norrfasaden och en på västfasaden. Varje kvart samlade de in klimatdata i form av temperatur och luftfuktighet. Mätdata från dessa loggrar användes för att utvärdera hur hybridventilationen har påverkat byggnadens ventilation.

Under hösten 2004 installerades temperaturstyrda lågtrycksfläktar på taket samt fuktstyrda till- och frånluftsdon i lägenheterna. Luftflödet genom donen regleras beroende på hur stor den relativa luftfuktigheten är. För att säkerställa god ventilation när de termiska drivkrafterna är låga varvar fläktarna på taket upp när utomhustemperaturen överskrider 0,5° C. För att undvika driftproblem med fläktarna stannar de aldrig helt men när temperaturen sjunker under -2° C går de bara på lågvarv.

Ett enkelt men ändå effektivt sätt att kontrollera ventilationens funktion är att jämföra ånghalten inne med ånghalten ute och beräkna fuktillskottet. Som gränsvärde för fuktillskott anses 3,6 g/m³ vid normal rumstemperatur vara maximalt för god ventilation. För att utvärdera effekterna av ombyggnaden jämfördes fuktillskotten i lägenheterna före och efter ombyggnaden. Det konstaterades att månadsmedelvärdena på fuktillskotten minskat med 0,5-2 g/m³. En detaljstudie över fuktillskottets variation under dygnet i badrummen genomfördes under juni-juli 2004 och 2005 för att säkerställa att minskningen inte berodde på ändrat beteende samt för att undersöka hur snabbt fukten vädras bort efter till exempel en dusch. Efter dessa undersökningar kunde slutsatserna dras att förbättringarna inte beror på beteendeförändringar samt att avklingningstiden har minskat från över 3 timmar till ca 1,5 timme.

En enkät om inneklimatet genomfördes för att skapa en bild över hur de boende upplevde ombyggnaden av ventilationen. Enkäten delades ut till samtliga 36 lägenheter varav svar inkom från 24. I enkäten fick de boende svara på frågor om innetemperatur, luftkvalitet, luktspridning och fuktproblem.

I undersökningen framkom att mer än hälften av de boende upplever att ventilationen har förbättrats efter ombyggnaden. Två tredjedelar upplever heller inga problem med vare sig imma i badrummet eller att lukt sprids mellan rummen i lägenheten. Dock besväras en stor del av att det är för kallt i lägenheten vintertid. Till viss del stämmer detta med mätningar och bakgrunden beror troligtvis på tidigare problem med värmeväxlaren och inte hybridventilationen.

Förutom förhoppningen att hybridventilationen ska ge ett bättre inneklimat för de boende förväntas även positiva effekter på fjärrvärmeanvändningen. Därför genomfördes en analys av hur energianvändningen förändrats. Tyvärr så fick man problem med värmeväxlaren under hösten 2004 vilket orsakade försämrad funktion med högre energianvändning som följd. En ny värmeväxlare installerades inte förrän under oktober 2006. För att kunna konstatera om hybridventilationen verkligen har påverkat energianvändningen bör ytterligare en analys av detta göras om några år då mer relevant mätdata samlats in.

Användningen av fjärrvärme, fastighetsel och tappvatten jämfördes med riktvärden från Repab och det konstaterades att fjärrvärmeanvändningen ligger något under det som kan förväntas. Användningen av fastighetsel ligger högre än förväntat med tanke på att hissar saknas och att ventilationen tidigare skett utan fläktar. Användningen av tappvatten är något högre än förväntat.

Simuleringar visar att det är befogat att tro att ett självdragssystem har stora problem med överventilation vintertid. Detta ger upphov till ett dåligt inomhusklimat i form av drag och samtidigt som det går åt en stor mängd energi för uppvärmning. Motsvarande simuleringar av ett hybridventilationssystem visar att ventilationsflödet är stabilt över året även vid låga utomhustemperaturer och vid vindpåverkan.

Nyckelord: Hybridventilation, energianvändning, flerbostadshus, inneklimat, loggarmätningar, ventilation, ombyggnad.

Abstract

The municipal housing Company MKB in Malmö owns many buildings that use natural ventilation. This often leads to problems with draft in the winter with unnecessarily high energy use as a result and low ventilation in the summer which can lead to moisture problems in, above all, bathrooms. A relatively simple way to enhance a natural ventilation system is to install a hybrid ventilation system.

Hybrid ventilation uses the natural forces of wind and temperature difference. When they are too small, fans and other control systems are used to maintain good ventilation. In the winter when the humidity in the indoor air is low, the openings in the air terminal devices are decreased. This reduces the airflow and thus the risk of draft. During the summer when air humidity is high the openings are fully open.

In 2004, the ventilation system was rebuilt in a four story building in Malmö. During the spring loggers were placed in eight apartments throughout the building. Each apartment had a logger in the bathroom, bedroom and living room. Outdoors, one logger was placed on the western façade and one on the northern. Every fifteen minutes, the loggers received data about temperature and humidity. These data were used to evaluate the hybrid ventilation.

During the fall of 2004, temperature controlled low-pressure fans were installed on the roofs and moisture controlled air terminal devices in the apartments. The airflow through the air terminal devices is controlled by the air humidity. To ensure good ventilation, when the thermal forces are low the fans rev up. They go to full speed at an outdoor temperature of $0,5^{\circ}\text{C}$ and at -2°C they slow down but they never stop completely in order to avoid start-up problems.

A simple, yet efficient way to control the efficiency of the ventilation is to compare the humidity of the outdoor air with the humidity of the indoor air. This is used to calculate the increase of humidity. As a reference limit of humidity increase $3,6\text{ g/m}^3$ is often used at normal indoor temperatures. To evaluate the effects of the reconstruction, a comparison was made between the humidity increase before and after the installation of the hybrid ventilation system. The results show that the humidity increase has been lowered by $0,5\text{-}2\text{ g/m}^3$. A detailed study of how the humidity increase varies during the day was done during June-July 2004 and 2005 to ensure that the decreases are not due to changed living habits. These results were also used to analyse the time it takes for the humidity to go back to normal after a spike, for example after a shower. The results show that this time has been lowered from over 3 hours to about 1,5 hours.

An opinion poll investigating the indoor climate was made to create a picture of how the residents experience the reconstruction of the ventilation system. The poll was given to all of the 36 apartments and 24 answers were returned. The poll contained questions about the air temperature, air quality and moisture problems.

The results of the poll show that more than 50 % of the residents think that the ventilation has been improved after the reconstruction. Two out of three have no problems with humidity in the bathroom or spreading of smell in the apartment. The biggest problem is low temperatures in the apartments during winter. This was due to a problem with the heat exchanger and was not due to the rebuilding of the ventilation system.

As a side effect of the installation of hybrid ventilation, MKB hopes to lower their energy use. An analysis of the differences in energy use has been made. Unfortunately the heat exchanger started to decrease in efficiency during the fall of 2004, which caused the energy use to increase. The heat exchanger was replaced in October 2006. To determine what effect the new ventilation system has on the energy use a new analysis should be done in a couple of years, this to ensure that enough data is collected and that the heat exchanger is adjusted.

The use of district heating, electricity and water was compared to normal usage based on values from Repab. The results show that the use of district heating is lower than expected, electricity use is a little higher than expected considering that there are no elevators in the house, and that the ventilation used to be natural ventilation. The use of water is a bit higher than expected.

Simulations in PFS (Program Flow Systems) show that natural ventilation systems have problems with over ventilation during the winter. This results in poor indoor climate and high energy use caused by unnecessary heat losses.

The simulations of the hybrid system show that the airflow is stabile even with the effects of low temperatures and high wind.

Keywords: Hybrid ventilation, energy use, apartment buildings, indoor climate, logger measurements, ventilation, rebuilding.

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	1
1.1	BAKGRUND	1
1.2	SYFTE.....	1
1.3	AVGRÄNSNINGAR	1
1.4	RAPPORTENS UPPLÄGG	2
1.5	MOMENT VID ANALYSEN.....	2
1.6	INSAMLING OCH BEARBETNING AV MÄTDATA	3
2	TEORI	5
2.1	VARFÖR VENTILATION?	5
2.2	BESKRIVNING AV NÅGRA VENTILATIONSTYPER FÖR BOSTÄDER.....	6
2.2.1	<i>Självdragsventilation, S</i>	6
2.2.2	<i>Fläktförstärkt självdrag, FFS</i>	8
2.2.3	<i>Hybridventilation, HV</i>	8
2.2.4	<i>Övrig ventilation i bostäder</i>	9
2.3	INNEKLIMAT.....	11
2.4	FUKTBESTÄNDIGHET	12
3	TEKNISK BESKRIVNING AV VENDELSFRIDSGATAN 11	17
3.1	BYGGNADEN	17
3.2	VENTILATIONSSYSTEM FÖRE OCH EFTER OMBYGGNAD.....	18
3.2.1	<i>Ursprunglig ventilation</i>	18
3.2.2	<i>Ventilationssystemet efter åtgärder ombyggnad till hybridventilation</i>	18
4	METOD	25
4.1	INSAMLING AV MÄTDATA FÖR FUKT- OCH TEMPERATURKONTROLL.....	25
4.2	ERFORDERLIGA BERÄKNINGSVERKTYG.....	25
4.3	BEGREPP OCH METODER FÖR ANALYS AV ENERGIANVÄNDNING	26
4.4	ENKÄTUNDERSÖKNING	27
5	ANALYS.....	29
5.1	FUKT- OCH TEMPERATURMÄTNINGAR.....	29
5.2	SAMMANSTÄLLNING AV ENKÄTUNDERSÖKNINGEN.....	37
5.2.1	<i>Boendes upplevelser av luftkvaliteten</i>	37
5.2.2	<i>Boendes upplevelse av temperaturen</i>	39
5.3	ENERGIANVÄNDNING.....	42
5.3.1	<i>Användning på Vendelsfridskatan 11 och riktvärden enligt Repab</i>	43
5.4	SIMULERINGAR I PFS	46
6	DISKUSSION OCH SLUTSATSER.....	49
6.1	LOGGERMÄTNINGAR	49
6.2	ENKÄTUNDERSÖKNING	49
6.3	ENERGIANVÄNDNING	49
6.4	PFS	49
6.5	FORTSATT ARBETE	49
6.6	FELKÄLLOR.....	50
7	REFERENSER.....	51

7.1	TRYCKTA KÄLLOR	51
7.2	ELEKTRONISKA KÄLLOR	51
7.3	MUNTLIGA KÄLLOR	52
8	BILAGOR	53
8.1	BILAGA 1 EXEMPEL PÅ GRADDAGSKORRIGERING	53
8.2	BILAGA 2 PFS	54
8.3	BILAGA 3 DIAGRAM FRÅN LOGGERMÄTNINGARNA	64
8.4	BILAGA 4 ENKÄTUNDERSÖKNING	71

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Många flerbostadshus byggda före mitten av 60-talet ventileras genom självdrag. Detta leder ofta till överventilation på vintern med drag och hög energianvändning som resultat samt dålig ventilation på sommaren vilket kan orsaka fuktproblem i framförallt badrum. Den vanligaste åtgärden i självdragshus med dessa ventilationsproblem är att installera en flödesreglerad hjälpfläkt som garanterar ett minsta luftflöde året om. Systemet kan vidareutvecklas till hybridventilation som förutom behovsstyrd fläktförstärkning även inkluderar en avancerad styrning och reglering av luftflödena vilket minskar risken för drag vintertid.

Malmös kommunala bostadsbolag (MKB) har ett flertal fastigheter som ventileras med enbart självdrag. I ett försök att åtgärda problemen har MKB, i samarbete med ventilationskonsulter från SWECO och Exhausto samt fläkttillverkaren Aereco, installerat fuktstyrda uteluftsventiler och frånluftsdon samt hjälpfläktar i ett flerbostadshus. För att undersöka om åtgärderna har effekt har mätutrustning placerats ut i ett antal lägenheter som både före, under och efter installationen av hybridventilationssystemet har mätt temperatur och relativ luftfuktighet.

Resultatet från studien är viktigt för MKB:s fortsatta arbete att skapa bättre inneklimat för boende i byggnader med självdragsventilation.

1.2 Syfte

Rapportens övergripande syfte är att undersöka om hybridventilation är en tillfredsställande förbättringsåtgärd på de problem som uppstår i flerbostadshus med självdragsventilation. Syftet är att ta reda på huruvida MKB i framtiden ska välja just hybridventilation enligt detta koncept som åtgärd i flerbostadshus med självdrag.

Syftet är att undersöka om hybridventilationen verkligen förbättrar inneklimatet för de boende, minskar fuktproblemen i badrummen samt minskar energianvändningen för uppvärmning

1.3 Avgränsningar

Fukttillskottet i lägenheterna analyseras för och efter installationen av hybridventilation.

Energianvändningen i huset analyseras och jämförs med riktvärden på likvärdiga fastigheter.

En enkätundersökning genomförs bland de boende för att få reda på deras upplevelse av klimatet.

Ventilationsflödena simuleras.

Använda metoder utvärderas inte. Det genomförs inte heller några beräkningar på byggnadens energieffektivitet.

1.4 Rapportens upplägg

Studiens målgrupp är byggherrar, förvaltare samt projektörer av flerbostadshus. Rapporten riktar sig även till studenter med intresse för installationsteknik.

I kapitel 2 beskrivs nödvändig teori för att kunna följa resonemanget i rapporten.

I kapitel 3 görs en teknisk beskrivning av byggnaden som redogör hur ventilationen var när huset byggdes och hur den ser ut efter ombyggnad.

I kapitel 4 redogörs hur insamlingen av mätdata går till, vilka beräkningsprogram som används samt hur energianvändningen för byggnaden analyseras.

I kapitel 5 presenteras och analyseras resultaten från de olika undersökningarna av ventilationssystemets funktion. En tidsaxel visar relevanta händelser i byggnaden.

I kapitel 6 presenteras slutsatser som kan dras från studien.

1.5 Moment vid analysen

Inneklimatet studeras genom temperaturmätningar och en enkätundersökning till de boende. För att avgöra hur ventilationen påverkats av ombyggnaden mäts fuktillskottet kontinuerligt både före och efter installation av det nya ventilationssystemet.

Även fjärrvärme- och fastighetselanvändningen analyseras före och efter ändringarna i ventilationssystemet. Det finns en förhoppning att fjärrvärmeanvändningen minskar eftersom det nya ventilationssystemet bör reducera risken för överventilation vintertid.

Tillvägagångssätt vid analysen

- Utformning av mallar för mätdata där mätnadsånghalt, ånghalt, korrigerad ånghalt och fuktillskott beräknas
- Applicering av mätdata på mallar
- Analysering av mätdata
- Bortsortering av lägenheter med otillräcklig mätdata
- Framtagning av diagram över fuktillskott och medeltemperatur inomhus
- Redovisning av månadsmedelfuktillskott
- Redovisning av brukarvanor från enkätundersökningen
- Jämförelse av energistatistik med riktvärden
- Simulering av luftflöden i PFS

1.6 Insamling och bearbetning av mätdata

Insamlingen har inneburit

- Omhändertagande av 1122920 kvartsvärden för temperatur, daggpunkt, relativ luftfuktighet och ånghalt från 8 lägenheter med 3 loggrar var samt 2 uteloggrar
- Omhändertagande av driftsstatistik per månad för fjärrvärme-, vatten- och fastighetselanvändning.
- Enkät till de boende

Bearbetningen har inneburit

- Sammanställning av kvartsvärden till timvärden
- Val av en representativ period för alla mätdata
- Framtagning av diagram för att visa förändringar i fuktillskott
- Framtagning av diagram för att visa förändringar i innetemperatur
- Sammanställning av energistatistik
- Sammanställning av enkätundersökning

2 Teori

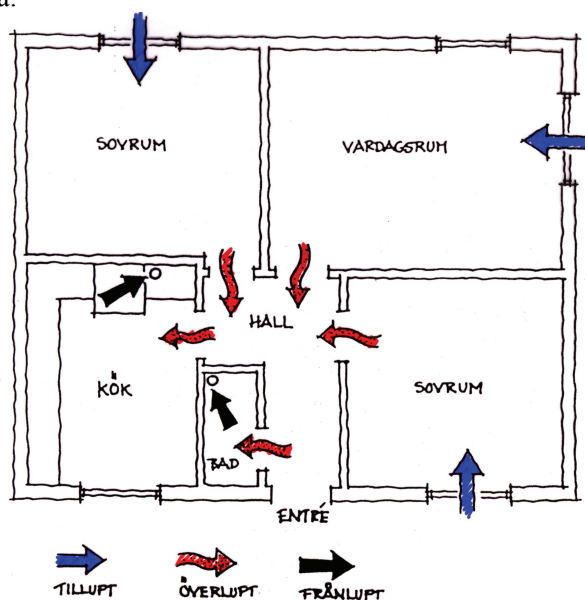
Teoriavsnittet behandlar bakgrunden till varför ventilation behövs och redogör kortfattat skillnaderna mellan olika ventilationssystem och vilka parametrar som är viktiga för att skapa ett bra inneklimat. Därefter redovisas de begrepp om fukt som resonemangen bygger på och hur fukt påverkar en byggnads beständighet.

2.1 Varför ventilation?

Ventilation är nödvändig för att tillföra frisk luft till byggnaden och föra bort förorenad luft. Med förorenad luft menas gaser, partiklar och vattenånga som avges från personer och material. Är ventilationen undermålig ökar risken för ohälsa hos brukare och fuktskador på byggnaden. Dessutom har ventilationssystemet en viktig funktion, att skapa ett ständigt undertryck i byggnaden så att fuktig luft inte trycks ut i konstruktionen.

Figuren nedan visar önskad luftströmning i en byggnad när ventilationen fungerar korrekt. Luften tillförs där människor befinner sig mest såsom i vardagsrum och sovrum. Genom att placera frånluftsdon i kök, klädkammare och våtutrymmen tvingas luften att ta sig genom hela byggnaden samtidigt som spridning av förorenad luft inom byggnaden förhindras.

Enligt BBR ska ventilationssystem utformas så att uteluftsflödet inte understiger 0,35 l/s, m² golvareal då någon vistas i bostaden. När ingen vistas där godtas ett flöde på 0,1 l/s, m² golvareal.¹



Figur 2-1 Önskad luftströmning i en byggnad (Installationsteknik, LTH)

¹ Boverket. Regelsamling för byggregler – Boverkets byggregler, BBR

2.2 Beskrivning av några ventilationstyper för bostäder

När huset på Vendelsfridsgatan 11 byggdes var det utrustat med det för tiden vanligaste ventilationssystemet, självdrag, som då ansågs vara tillräckligt för att ge god ventilation till de boende. Idag har boende andra vanor speciellt vad gäller dusch och klädvård. Dessutom ställer man högre krav på inneklimatet och då räcker inte ett självdragssystem till länge. För att ge en uppfattning av olika ventilationssystem görs en kort beskrivning några vanliga systemtyper. För att råda bot på den undermåliga ventilationen kan ett behovsstyrt hybridssystem som reglerar ventilationsflödet beroende på hur fuktigt det är inomhus installeras.

2.2.1 Självdragsventilation, S

I början av 1990-talet var 73 000 av totalt 125 000 flerbostadshus i Sverige försedda med självdragsventilation där merparten var byggda före 1961.²

Självdrag drivs av termiska krafter orsakade av temperaturskillnaden mellan inne- och uteluft, höjdskillnad mellan intag och utsläpp enligt formel 2-1 samt vindtryck enligt formel 2-2.

Luftväxlingen i en lägenhet avtar ju högre upp i byggnaden den ligger eftersom höjdskillnaden mellan intag och utsläpp minskar vilket figur 2-2 visar. Ju större temperaturskillnad mellan inne och ute, desto större blir tryckskillnaden det vill säga flödet.

Funktionen hos ett självdragssystem påverkas till stor del av vinden vilket kan vara både bra och dåligt. När vinden blåser skapas ett övertryck på lovartsidan som trycker in luft i byggnaden och på läsidan skapas ett motsvarande undertryck. Vinden som blåser över frånluftskanalernas mynning på taket skapar ett undertryck s.k. ejektorverkan vilket ökar ventilationsflödet se figur 2-3. Hur stora krafter som bildas av vinden beror på en rad faktorer såsom vindhastighet, byggnadens läge, utformning och väderlek. Vid kraftig blåst kan dock undertrycket på läsidan bli så stort att luften sugts ut genom otätheter i klimatskalet istället för genom frånluftskanalen. Nu fungerar inte ventilationen som den är avsedd och förorenad luft kan spridas i byggnaden. Ju större den termiska drivkraften är desto högre vindhastigheter krävs för att sätta den ur spel.

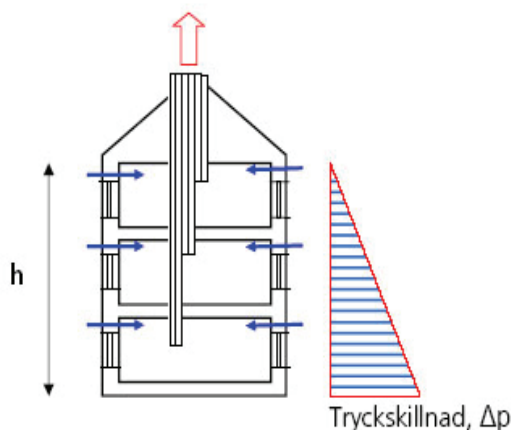
Ventilationsluften tas ofiltrerad in genom uteluftsventiler, tidigare utnyttjades också otätheter i byggnadens klimatskal. Frånluftsdon finns i kök, klädkammare och våtutrymmen. Varje frånluftsdon är anslutet till var sin egen frånluftskanal eftersom det annars finns risk för luftspridning mellan lägenheterna. Detta medför att kanalerna i en byggnad med självdragsventilation tar stor plats.

² Sandberg, Eje. *Energideklarering av bostadsbyggnader, Underlagsrapport Systemdelar, Delområde – Ventilation i småhus och flerbostadshus*

Ett vanligt problem i självdragsventilerade hus är bakdrag genom frånluftskanalerna. Detta kan orsakas av en köksfläkt som skapar ett undertryck vilket gör att frånluften från övriga kanaler ändrar riktning och strömmar tillbaka ned i byggnaden. Bakdrag kan även förekomma i byggnader med dåligt isolerade frånluftskanaler på vinden vilket medför att frånluften blir nerkyld och sjunker tillbaka ned i kanalerna. Vid ogynnsamma förhållanden kan likaså vinden orsaka bakdrag genom att den skapar ett övertryck vid frånluftskanalernas mynning som pressar tillbaka luften i byggnaden.

Ventilationsflödet i ett självdragshus varierar över året och är som störst under vintermånaderna och lägst under sommarhalvåret.³ Det är inte ovanligt att det blir så lågt sommartid att det inte klarar BBR:s krav på lägsta ventilationsflöde utan fönstervädring.⁴

Fördelar med självdragsventilation är att det är tyst, energisnålt vad gäller driftsel och det är i princip underhållsfritt. Nackdelar är att tryckskillnader uppstår i huset med oönskade luftströmningar som resultat samt att det inte går att återvinna värmen eftersom en värmeåtervinnare i avluftskanalen skulle orsaka stort tryckfall.³



Figur 2-2 Termiska drivkrafter (Installationsteknik, LTH)

$$\Delta p = h \cdot g \cdot (\rho_u - \rho_r) \text{ [Pa]}$$

formel 2-1

Δp = tryckskillnad mellan ute och inne

h = höjdskillnad mellan inlopp och utlopp [m]

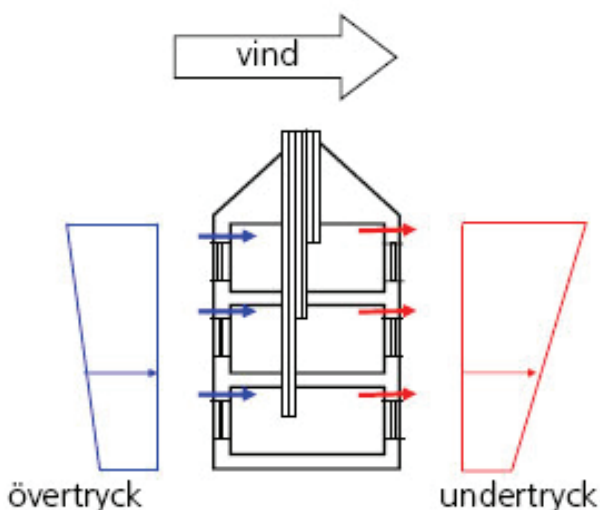
g = tyngdacceleration, 9.81 [m/s²]

ρ_u = uteluftens densitet [kg/m³]

ρ_r = rumsluftens densitet [kg/m³]

³ Warfvinge, Catarina. Installationsteknik Ak för V. Kap 6

⁴ <http://www.sp.se/Energy/ffi/ventilation.asp>



Figur 2-3 Drivkrafter av vinden (Installationsteknik, LTH)

$$p_{vind} = c \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} \text{ [Pa]}$$

formel 2-2

p_{vind} = vindtryck

c = formfaktor [-]

ρ = luftens densitet [kg/m³]

v = vindhastighet [m/s]

2.2.2 Fläktförstärkt självdrag, FFS

Fläktförstärkt självdrag är ett självdragssystem som är kompletterat med en fläkt och har utvecklats just för att eliminera nackdelarna med självdragssystem. Det är utformat och fungerar som ett självdragssystem men när ventilationsflödet blir för lågt startar fläkten och säkerställer därmed ett visst ventilationsflöde. Fläkten kan starta antingen vid en given utetemperatur eller vid ett visst tryck.⁵

2.2.3 Hybridventilation, HV

Med hybridventilation utnyttjar man de naturliga drivkrafterna vind och temperaturskillnader och när de inte räcker till används fläktar och styrning för att uppnå önskad ventilation. Ventilationsflödet genom fläkten kan regleras av ute- eller innetemperatur, närvaro, fukthalt, kanaltryck, CO₂-halten etc. Syftet med hybridventilation är att spara energi genom att inte överventilera, ge ett bättre inneklimat genom att minska risken för drag, få bättre kontroll på luftkvaliteten och förbättra ventilationen och därmed minska riskerna för fuktskador momentant.

⁵ Warfvinge, Catarina. Installationsteknik Ak för V. Kap 7

Skillnad i funktion mellan hybridventilation och fläkthjälpdrivet självdrag är att man i det förstnämnda bättre kan minska ojämnheter i ventilationsflöde mellan olika delar av ett hus, till exempel mellan lägenheter.

Hybridventilation förekommer idag främst i skolor och lokaler i Sverige och nedan följer erfarenheter från ett sådant demonstrationsprojekt.

Erfarenheter från skolbyggnad med hybridventilation

Sverige är ett av 15 länder som deltagit i ett Europeiskt projekt IEA (International Energy Agency) för att utvärdera hybridventilation av en skola. Tångaskolan i Varberg är ett av 12 demonstrationsprojekt som ventilerats med hybridventilation och där man undersökt om systemet är förenligt med kravet att skapa hållbara och energieffektiva byggnader utan att göra avkall på inomhuskomforten.⁶ Skolan valdes för pilotstudie eftersom den representerar en typ av skolor som byggdes mellan 60- och 70-talet och där befintlig ventilation, i detta fall ett FT-system inte fungerade tillfredsställande.⁷

I samband med en ombyggnad 1999 försågs skolan med behovsstyrd hybridventilation och så kallade solskorstenar för att förstärka de naturliga drivkrafterna. På taket sitter fläktar som startar när temperaturdifferensen mellan solskorstenen och utetemperatur är mindre än 10°C. I varje klassrum sitter en CO₂-givare som reglerar spjällen. Lärarna kan när som helst välja att manuellt reglera spjällen för att ändra ventilationsflödet.

Mätningar visar att energianvändningen för uppvärmning i skolan har minskat med 30 % jämfört med det tidigare. Elenergianvändningen till fläktar har minskat med 90 % tack vare att man sänker ventilationen under nätter och helger.

En jämförelse mellan dygnsstyrd FTX (210 l/s) och behovsstyrd hybridventilation visar att den totala energianvändningen (uppvärmning och fläktel) är i samma storleksordning.⁸

En nackdel med hybridventilation är att det inte går att använda värmeåtervinning eftersom det blir för stort tryckfall. Vilket dock inte behöver bli ett problem eftersom man ofta har ett överskott av värme i kontor och skolor under stora delar av året.

2.2.4 Övrig ventilation i bostäder

Det finns fler ventilationssystem som är vanliga i flerbostadshus framför allt om de är byggda efter mitten på 60-talet. För jämförelsens skull presenteras de här men dock kortfattat.

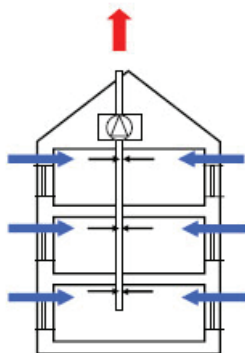
⁶ <http://www.sp.se/energy/files/Rapporter/SPAR2001-40.pdf>

⁷ <http://www.hybridventilation.dk/pdf/TP144.PDF>

⁸ [http://www.stem.se/WEB%5CSTEMFe01e.nsf/V_Media00/C12570D10037720FC125703C002B581D/\\$file/Slutrapport%20HYBVENT_juni2005.pdf](http://www.stem.se/WEB%5CSTEMFe01e.nsf/V_Media00/C12570D10037720FC125703C002B581D/$file/Slutrapport%20HYBVENT_juni2005.pdf)

Frånluftsventilation, F

Luften tas in genom uteluftsventiler på samma sätt som vid självdragsventilation. För att säkerställa ventilation året om, oberoende av väderlek, används en fläkt med kontinuerlig drift till att föra bort förorenad luft. Fläkten är ofta placerad på taket eller vinden, se figur 2-4. Jämfört med självdrag är kanaldimensioner för frånluften små och man kan använda en eller flera gemensamma kanaler utan risk för bakdrag. För stort flöde av uppvärmd luft kan orsaka drag vid tilluftsventiler. Buller genom uteluftsventiler och fläktar kan upplevas som störande.⁹



Figur 2-4 Frånluftsventilation (Installationsteknik, LTH)

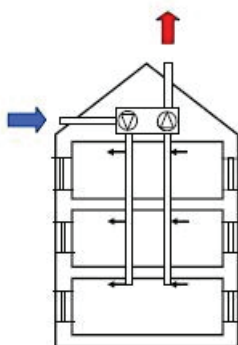
Till- och frånluftsventilation, FT

Vid höga ventilationsflöden är frånluftsventilation ett olämpligt systemval eftersom uteluftsventilerna inte kan ta in stora mängder uppvärmd tilluft utan att ge upphov till komfortproblem. Genom att filtrera och förvärma luften till önskad rumstemperatur säkerställer man ett bra inneklimat. Ett FT-system är mindre känsligt för uteklimatet än frånlufts- och självdragsventilation men kräver i gengäld mer underhåll för att fungera tillfredsställande. Detta är dock ofta nödvändigt för att skapa ett bra klimat i kontor, sjukhus och andra offentliga lokaler. I bostäder är det däremot inte nödvändigt med så pass avancerad styrning.

Till- och frånluftsventilation med värmeåtervinning, FTX

Genom att installera en värmeåtervinnare i ett till- och frånluftssystem får man ett FTX-system. En värmeväxlare tar värme av frånluften och värmer upp tilluften vilket gör att man kan minska energianvändningen för att värma ventilationsluften med 70 till 80 %, se figur 2-5. Kräver i likhet med FT-systemet regelbundet underhåll.

⁹ Warfvinge, Catarina. Installationsteknik Ak för V. Kap 7



Figur 2-5 Till och frånluftsventilation med värmeåtervinning (Installationsteknik, LTH)

2.3 Inneklimat

Största tiden av dygnet tillbringas inomhus varvid det viktigt med ett bra inneklimat. Människor är känsliga för höga lufthastigheter (drag) och temperaturstrålning från kallare ytor såsom fönster och dåligt isolerade byggnadsdelar. Även luftens fuktighet kan orsaka obehag om den är för låg.

Hur det termiska inneklimatet upplevs beror förutom på klädsel och aktivitet (stys av individen) på lufttemperatur, lufthastighet, omgivande ytors temperatur och luftfuktighet (beror på omgivningen). När man är nöjd med det termiska inneklimatet anses att termisk komfort uppnåtts.

Lufttemperatur

Lufttemperaturen betecknas här t_a är ett vanligt mått på den termiska komforten i ett rum men kan vara mycket vilseledande. Ofta finns bara en temperaturgivare i rummet, denna är i regel strålningskänslig och det finns därför en stor risk att den inte ger ett representativt värde på lufttemperaturen i hela rummet, utan bara på just det ställe där den är placerad.¹⁰

Enligt Socialstyrelsen bör lufttemperaturen uppfylla kraven enligt tabell 2.1. Om de inte gör det bör man göra utförligare mätningar av operativ temperatur och lufthastighet.¹¹

Tabell 2.1 Indikerande värden för fortsatt utredning

Lufttemperatur	Under 20°C
Lufttemperatur	Över 24°C Över 26°C sommartid

¹⁰ http://www.sp.se/Energy/files/infoblad/SP%20INFO%202004_39.pdf

¹¹ Socialstyrelsen. *SOSFS 2005:15 (M) allmänna råd*

Medelstrålningstemperatur

Alla kroppar med en temperatur över den absoluta nollpunkten avger värme i form av elektromagnetisk strålning.¹² Om man befinner sig nära en kall yta till exempel ett fönster kan man börja frysa trots att omgivande lufttemperatur är tillfredsställande. Medelstrålningstemperaturen, t_o , är ett viktat medelvärde av omgivande ytors temperatur.

Operativ temperatur

Operativ temperatur är ett bättre värde på upplevd temperatur än lufttemperatur eftersom den inkluderar inverkan av strålning från omgivande ytor. Den är ett medelvärde av luftens och omgivande ytors temperatur och definieras enligt formel 2-3.

$$t_o = \frac{(t_a + t_r)}{2} [^{\circ}C] \quad \text{formel 2-3}$$

Ekvivalent temperatur

Ekvivalent temperatur beskriver det termiska klimatet bäst genom att både ta hänsyn till operativ temperatur samt luftrörelser.¹³

Luftfuktighet

Det är svårt att själv avgöra den relativa luftfuktigheten utan mätning, dock är klagomål på ”torr luft” vanliga. Att luften upplevs som torr beror oftast på för hög halt av föroreningar och inte på grund av för låg luftfuktighet. Definitionen av torr luft är enligt Socialstyrelsen när den relativa luftfuktigheten inomhus är lägre än 20 %.¹⁴

För låg luftfuktighet kan leda till besvär med torra ögon, läppar, hud och slemhinnor i näsan, allergi och andningsproblem.

2.4 Fuktbeständighet

Enligt Anticimex är fukt- och vattensador en av de vanligaste skadeorsakerna i svenska hem.¹⁵

En byggnads fuktbeständighet beror mycket på byggnadsmaterialet. En byggnad med mycket trä är till exempel känsligare mot såväl mögel som röta än en byggnad med betongstomme. Betong är i sig inte känsligt mot fukt men på grund av att den kan ha en hög relativ fuktighet kan det uppstå problem med golvbeläggningar och tapeter som limmats mot betongen, eller trädelar som ligger i direktkontakt med betongen.

¹² http://ne.se/jsp/search/article.jsp?i_sect_id=325719&i_history=1

¹³ Warfvinge, Catarina. *Installationsteknik Ak för V. Kap 6*

¹⁴ Socialstyrelsen, Temperatur inomhus

¹⁵ <http://www.anticimex.se/default.asp?objectid=92>

Fukt kvantifieras med ånghalt, relativ luftfuktighet, kritisk fukthalt, fuktproduktion och fuktillskott. Då dessa begrepp är centrala för att frågeställningen i denna rapport definieras de utförligt nedan.

Ånghalt

Ånghalt är den mängd vattenånga som finns i luften och betecknas v (g/m^3). Ånghalten inomhus beror på ånghalten utomhus, fuktproduktionen inomhus och ventilationsflödet.¹⁶ På vintern varierar ånghalten utomhus mellan 1.5-4 g/m^3 och på sommarn mellan 7-11 g/m^3 , se diagram 2-1.

Mättnadsånghalten är den maximala mängden vattenånga som luften kan innehålla vid en viss temperatur innan vatten fälls ut, betecknas v_s (g/m^3), enligt formel 2-4.

$$v_s(T) = p_s(T) \cdot \frac{M_v}{R \cdot (273,15 + T)} \quad [\text{g}/\text{m}^3]$$

$$p_s(T) = a \cdot \left(b + \frac{T}{100} \right)^n \quad [\text{Pa}] \quad \text{formel 2-4}$$

$$0 \leq T \leq 30 \quad a = 288,68 \text{ Pa} \quad b = 1,098 \quad n = 8,02$$

$$-20 \leq T \leq 0 \quad a = 4,689 \text{ Pa} \quad b = 1,486 \quad n = 12,3$$

T = temperatur [$^{\circ}\text{C}$]

M_v = 18,02 [kg/kmol]

R = 8314,3 [$\text{J}/(\text{kmol} \cdot \text{K})$]¹⁶

Om mättnadsånghalten i luft överskrider kondenserar vattenångan och övergår till flytande form. Daggpunkten betecknar den temperatur då ånghalt och mättnadsånghalt är lika.

Relativ luftfuktighet

Den relativa ånghalten även känd som relativ luftfuktighet (RF) är ett mått på förhållandet mellan ånghalt och mättnadsånghalt, den anges i procent och beräknas enligt formel 2-5. Dagnsmedelvärdet i utomhusluften i Sverige varierar över året beroende på årstid och ort. På vintern är den som högst mellan 80-90 % och under sommaren mellan 60-80 % enligt diagram 2-1.

$$RF = \frac{v}{v_s} [\%]^{17} \quad \text{formel 2-5}$$

Luften innehåller mindre fukt vintertid jämfört med sommartid men eftersom mättnadsånghalten är temperaturberoende blir RF utomhus högre vintertid. När luften kommer in vintertid har innetemperaturen hög mättnadsånghalt vilket gör att RF inomhus blir lågt.

¹⁶ Nevander, Lars Erik – Elmarsson, Bengt. *Fukthandbok Praktik och Teori*

¹⁷ Sandin, Kenneth. *Värme och Fukt*

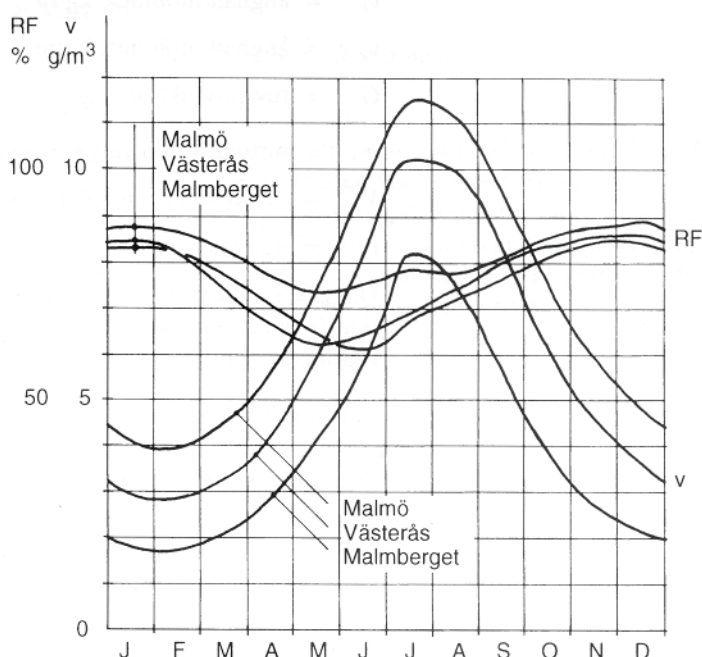


Diagram 2-1 Årsvariation av ånghalt och relativ luftfuktighet¹⁸

Kritiskt fuktillstånd

För varje material finns ett maximalt fuktillstånd varöver risken för fuktskador blir stor. Detta maximala fuktillstånd definieras som kritisk fuktillstånd. Vanliga golvbeläggningars kritiska fuktillstånd redovisas nedan i tabell 2.2.¹⁸

Tabell 2.2 Några vanliga golvbeläggningars kritiska fuktillstånd

Golvbeläggning	Kritiskt fuktillstånd [ϕ_{krit}]
Plastmattor	80 %
Limmade golvbeläggningar	90 %
Korkplattor	80 %
Avjämningsmassor, keramiska plattor mm	100 %

Tabell 2.3 Risk för tillväxt av mögel eller röta på trämaterial vid normal inomhus-temperatur.¹⁸

		Risk		
		Ingen	Liten – måttlig	Stor
Röta	RF %	<75	75 – 95	>95
Mögel	RF %	<70	70 – 85	>85

Med utgångspunkt från tabell 2.3 är $\phi_{\text{krit}} = 80\%$ lämpligt för trämaterial. Även varaktigheten har betydelse för risken för mögeltillväxt eller röta. Gränsvärdet på 80

¹⁸ Nevander, Lars Erik – Elmarsson, Bengt. *Fukthandbok Praktik och Teori*

% används också vid bedömning av risken för ytkondensation samt mögelpåväxt på till exempel tapeter.

Boverket har tagit fram nya krav vad det gäller kritiska fuktillstånd. ”Om det kritiska fuktillståndet för ett material inte är väl under och dokumenterat skall en relativ fuktighet (RF) på 75 % användas som kritiskt fuktillstånd.”¹⁹

Vatten som kondenserat på en yta kan även ge upphov till missfärgningar som minskar den estetiska livslängden. Exempel på detta är fuktfläckar på tapeter och saltutfällning på tegel och puts.

Fuktproduktion

Fuktproduktion är ett begrepp som beskriver hur mycket vattenånga som tillförs luften per tidsenhet (g/h).²⁰

Fuktproduktionen inomhus sker genom:

- Avdunstning från människor, djur och växter
- Disk, tvätt, bad
- Matlagning
- Befuktning²¹

Fuktproduktionen är störst i badrum och kök och kan variera mycket på grund av olika brukarbeteende. Ventilationen i många äldre byggnader är dåligt anpassad för dagens behov av kroppsvård. När äldre hus byggdes var det vanligt att bada någon gång per vecka medan man nu duschar en gång per dag. Vid bad produceras 40 g vattenånga/m² vattenyta, timme jämfört med 2000 g/timme om man duschar.²² Detta motsvarar ca 70 gånger mer produktion av vattenånga vid duschning än vid bad.

Fukttillskott

Fukttillskott uttrycker skillnaden mellan ånghalt inomhus och utomhus enligt formel 2-7 och beror dels på fuktproduktion och dels på ventilationsflödet.²⁰ Fukttillskottet kan användas som ett mått på hur bra ventilationen i en byggnad fungerar.

Innan man kan beräkna fukttillskottet inomhus måste ånghalten ute, om den mäts i g/m³, korrigeras på grund av temperaturskillnader. Luftvolymen kommer antingen att expandera eller komprimeras beroende på temperaturskillnaden vilket medför att ånghalten minskar eller ökar. Den nya ånghalten betecknas $v_{\text{korrigerad}}$ (g/m³) och beräknas enligt formel 2-6.

$$v_{\text{korrigerad}} = ((T_{\text{inne}} + 273)/(T_{\text{ute}} + 273)) \cdot v_{\text{ute}} \text{ [g / m}^3 \text{]} \quad \text{formel 2-6}$$

¹⁹ Boverkets byggregler, (BFS 2006:12)

²⁰ Sandin, Kenneth. *Värme och Fukt*

²¹ Nevander, Lars Erik – Elmarsson, Bengt. *Fukthandbok Praktik och Teori*

²² Harderup, Lars-Erik. *Våtrum*

$$v_{FT} = v_{inne} - v_{korrigerad} \text{ [g/m}^3\text{]}^{23}$$

formel 2-7

Fukttillskotten kan per definition bli både positiva och negativa. Negativa fukttillskott är sällsynta eftersom det innebär att fukt absorberas i byggnaden. Det kan också uppstå momentant främst i samband med regn på grund av att mätvärden som används tas vid samma tidpunkt både inne och ute. I verkligheten förekommer en fördröjning innan fuktökningen i uteluften kan konstateras inomhus. Om det uppstår negativa fukttillskott över en lång period tyder detta på mätfel.

Avklingningstid

I denna rapport definieras avklingningstiden som den tid det tar för fukttillskottet att återgå till ursprungsnivån efter det att fuktproduktionen har haft en markant topp, till exempel vid duschning. Se diagram 2-2 för exempel.

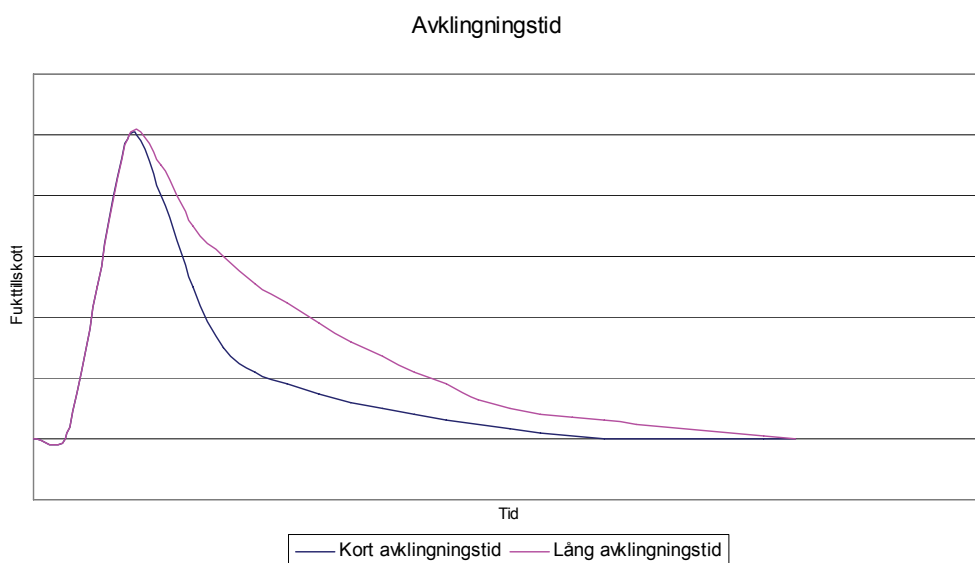


Diagram 2-2 Skillnaden mellan kort och lång avklingningstid

²³ Nevander, Lars Erik – Elmarsson, Bengt. *Fukthandbok Praktik och Teori*

3 Teknisk beskrivning av Vendelsfridsgatan 11

I detta kapitel redovisas det flerbostadshus vari undersökningarna genomförts. Det redogörs hur ventilationssystemet var när huset byggdes och hur det ser ut efter ombyggnad. De nya komponenternas funktion i ventilationssystemet beskrivs utförligt.

3.1 Byggnaden



Bild 3.1 Vendelsfridsgatan 11 (MKB)

- Byggnaden uppfördes 1959 och består av en massiv tegelstomme med källare.
- Byggnaden är fyra våningar hög och har tre trapphus, planritning finns i figur 3-1.
- Byggnadens BOA (boarea) är på 2304m² och LOA (lokalarea) på 365 m². De 36 lägenheterna har en genomsnittlig BOA på 64 m², det vill säga area avsedd för bostadsutrymme ovan mark och som normalt ligger till grund för hyreskostnad. Förråd och gemensamma utrymmen som till exempel tvätttrum räknas bort enligt definition i Svensk standard . LOA är motsvarande yta för lokalutrymmen.²⁴
- Fönstren är 2-glas med kopplade bågar, karmen är av trä och efter renovering klädd med aluminium. Det är dock oklart när detta skedde.
- Uppvärmningen sker med fjärrvärme och ett vattenburet radiatorsystem. I oktober 2006 byttes tubvärmeväxlaren ut (på grund av slitage) till två små plattvärmeväxlare. Värmestammarna har aldrig bytts.
- Tvättstugan moderniserades för några år sedan med nya maskiner. Troligtvis installerades också frånluftventilation i tvättstugan i samband med ombyggnaden.²⁵

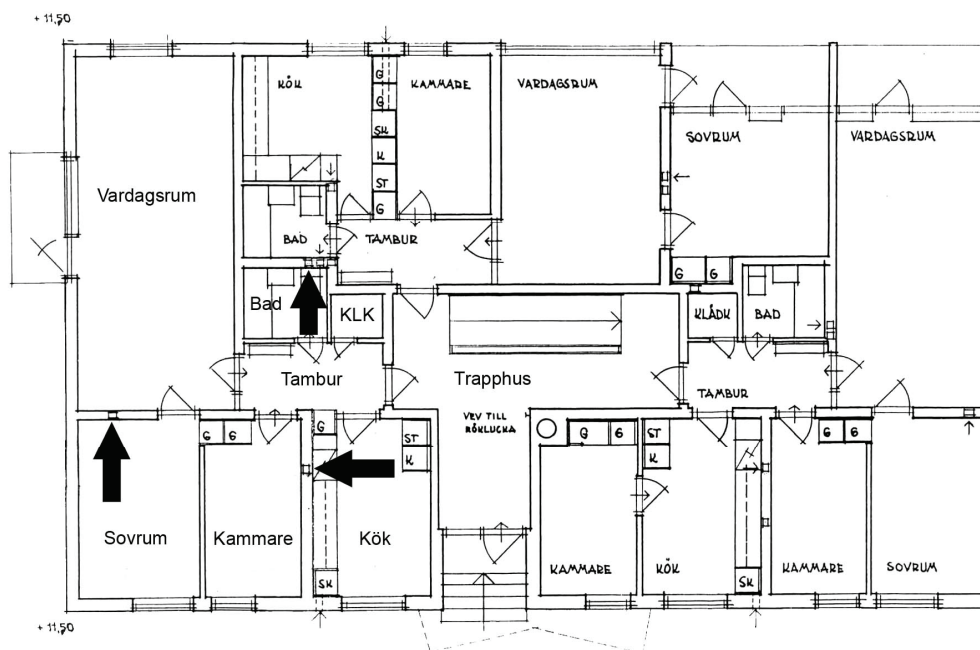
²⁴ Warfvinge Catarina. Installationsteknik LTH

²⁵ Jörlund, Jan. MKB

3.2 Ventilationssystem före och efter ombyggnad

3.2.1 Ursprunglig ventilation

I figur 3-1 visas en ritning över ventilationssystemet som det såg ut när det byggdes. Ritningen visar lägenheterna kring en av tre trappuppgångar. Från början var byggnaden utrustad med ett självdragssystem. Uteluften togs in genom spaltventiler ovanför fönster samt genom otätheter i konstruktionen. Frånluftsdonen bestod av galler placerade i sovrum, kök och badrum vilket markeras av de svarta pilarna. Dock var enrumslägenheter inte försedda med något frånluftsdon i sovrummet. Det är ovanligt med frånluftsdon i sovrum eftersom de gör det svårt att uppnå önskad luftströmning enligt figur 2-1.



Figur 3-1 Ventilationsritning över första våningen i trapphus A (MKB)

3.2.2 Ventilationssystemet efter åtgärder ombyggnad till hybridventilation

Det är vanligt med överventilation under vinterhalvåret i byggnader med självdrag vilket ger upphov till drag och onödiga värmeförluster. En alltför vanlig lösning bland boende är att de stänger uteluftsventilerna helt när det är kallt ute och glömmer att öppna dem när utetemperaturen stiger. Fukten som produceras inomhus måste ventileras bort för att inte orsaka fuktskador. Risken är kanske inte så stor vintertid när uteluften har stor kapacitet att torka ut fukten inomhus som under sommaren då uteluften är fuktig. Ett sätt att lösa problemet är med hjälp av uteluftsventiler som automatiskt reglerar ventilationsflödet antingen efter utetemperatur eller efter luftfuktighet. Det är också möjligt att begränsa ventilationsflödet med reglering i frånluftsdonen.

Ombyggnaden av ventilationssystemet från självdrag till hybridventilation i bostadshuset på Vendelsfridsgatan 11 har inneburit följande:

- Igensättning av eventuella frånluftskanaler i sovrum
- Byte till fuktkänsliga uteluftsdon i sovrum, kammare och vardagsrum.
- Byte till fuktkänsliga frånluftsdon i badrum.
- Byte av frånluftsdon i kök.
- Montering av varvtalsstyrda takfläktar.

Ändringar i kanalsystemet

Enligt uppgifter ska frånluftskanalerna från sovrummen ha tagits ur funktion.²⁶ Vid ett studiebesök på Vendelsfridsgatan 11 uppmärksammades dock lufrörelser i frånluftskanalerna från sovrummen se figur 3-2 samt bild 3.2 vilket kan vara en indikation på att kanalerna inte är igensatta. För att uppnå önskad luftströmning enligt figur 2-1 bör dessa vara igensatta annars finns risk för kortslutning vilket kan leda till sämre ventilation i kök och badrum.

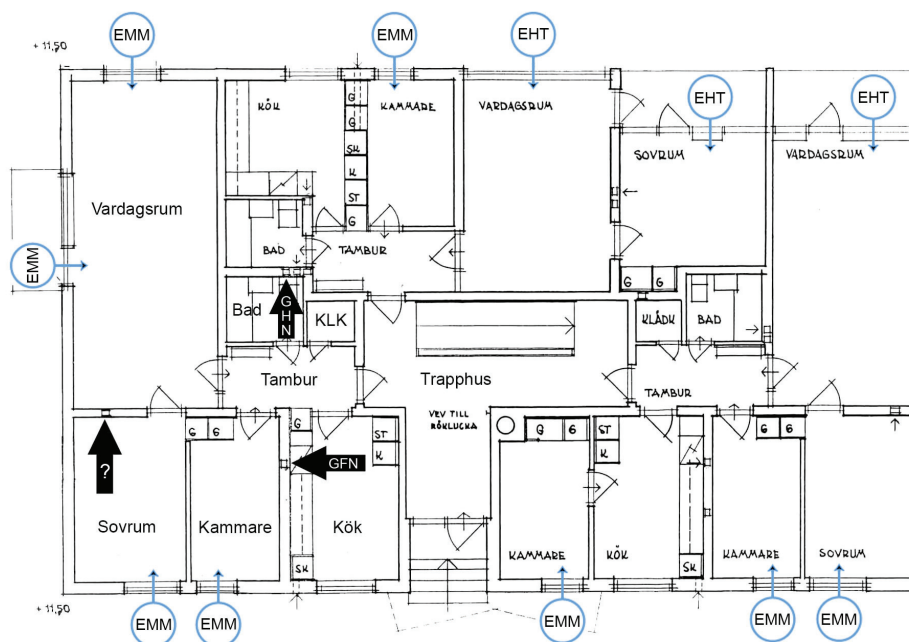


Bild 3.2 Frånluftskanaler på taket från sovrum (Martin Edfeldt)

Frånluftsdon och uteluftsventiler

Nya frånluftsdon har installerats i kök och badrum och nya uteluftsventiler i fönster eller vägg vilket illustreras i figur 3-2. Cirklarna indikerar dess placering.

²⁶ Jacques Samborski, Aereco Export



Figur 3-2 Ventilationsritning med till och frånluftsdon över första våningen i trapphus A, se beteckningar enligt tabell 3.1 (MKB)

Frånluftsdonen reglerar automatiskt luftflödet beroende på hur stor den relativa luftfuktigheten är inomhus. I varje don sitter 8 fukt känsliga nylonremisar som krymper eller expanderar och därmed ändras storleken på öppningen. Följaktligen är donen helt mekaniska och det krävs ingen el för att de ska öppnas och stängas. Det är möjligt att stänga uteluftsventilerna manuellt om man upplever att det drar. Dock inte helt eftersom risken är stor att de boende glömmar att öppna uteluftsventilerna till sommaren när ventilationsbehovet är som störst.

Det har installerats tre olika typer av ventilationsdon på Vendelsfridsgatan; fuktstyrda uteluftsventiler, fuktstyrda frånluftsdon och fasta frånluftsdon.

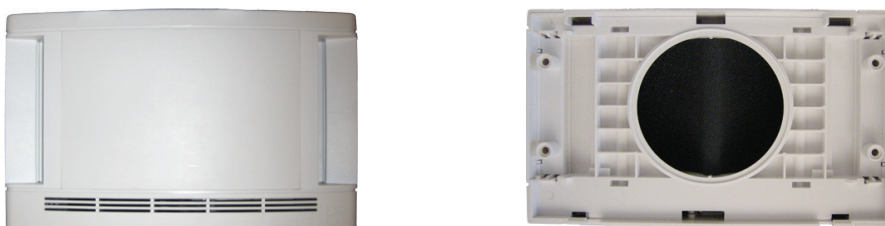


Bild 3.3 Uteluftsventil som placeras på vägg, EHT 780 (Martin Edfeldt)



Bild 3.4 Uteluftsventil som placeras över fönster, EMM 5-35 (Martin Edfeldt)

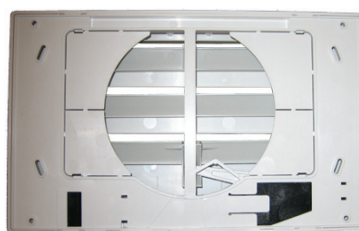


Bild 3.5 Frånluftsdon, GHN 735 (Martin Edfeldt)

Tabell 3.1 Egenskaper hos uteluftsventiler och frånluftsdon

Modell	Dontyp	Minflöde vid 10 Pa [l/s]	RH vid minflöde [%]	Maxflöde vid 10 Pa [l/s]	RH vid maxflöde [%]
EHT 780	Tilluft	1,4	35	11,1	65
EMM 5-35	Tilluft	1,4	35	9,7	65
GHN 735	Frånluft	4,2	30	20,8/27,8	65
GFN 849	Frånluft	-	-	27,8	-

Skillnaden mellan uteluftsventilerna EHT och EMM är att den förstnämnda enbart placeras på vägg istället för över fönster och har något högre maxflöde.

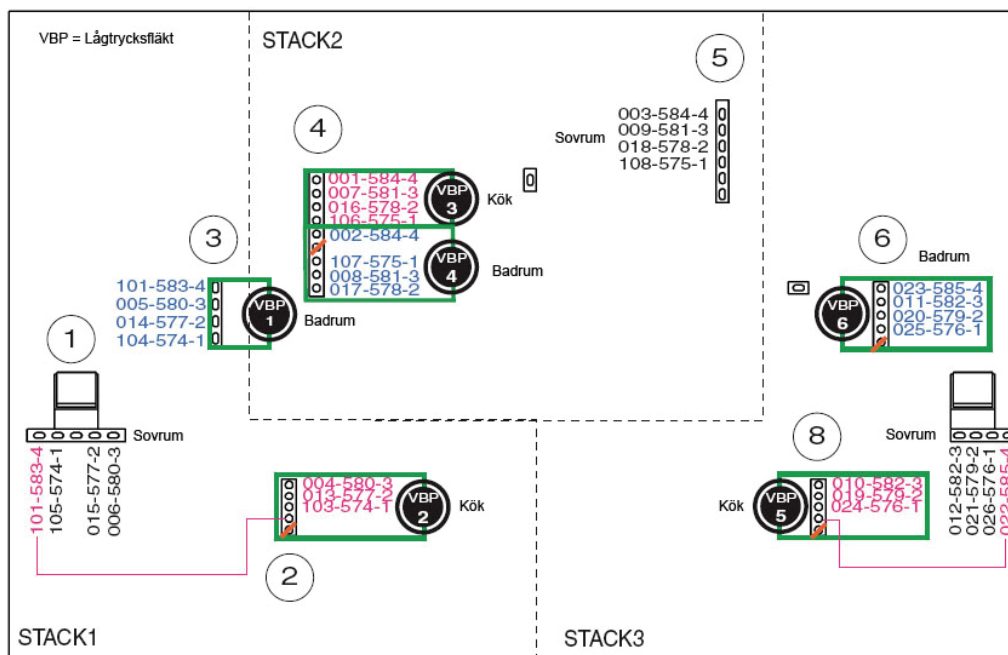
Frånluftsdonet GHN har 4 avtagbara plattor på baksidan som gör det möjligt att anpassa donet till olika kanaldimensioner och öka det maximala flödet till 27,8 l/s. GHN är fuktstyrd och används i badrum medan GFN är öppen konstant och används i köket där man alltid vill uppnå maximal ventilation.

Fläkt

På taket har 18 lågtrycksfläktar installerats på de gemensamma mynningarna av frånluftskanalerna från badrum och kök, se tabell 3.2 för egenskaper samt bild 3.6. Det innebär att alla kök eller badrum som ligger över varandra är anslutna till samma fläkt. Detta har gjorts för att säkerställa god ventilation under sommarhalvåret då självdragskrafterna inte räcker till. Figur 3-3 visar till vilken fläkt de olika lägenheternas frånluftskanaler har kopplats.

Tabell 3.2 Egenskaper hos fläkten

Modell	Typ	Minflöde [varv/min]	Maxflöde vid 17 Pa [l/s]	Effekt vid 83,3 l/s [W]
VBP MS	Lågtrycksfläkt	200	111,1	16



Figur 3-3 Takplansritning över frånluftskanalernas mynning och fläktar i trapphus A (MKB)

Beteckningarna framför frånluftskanalerna i figur 3-3 avser id-nummer-lägenhetsnummer-våningsplan.

Fläkten är av axialtyp som är utformad för att inte hindra det naturliga självdraget när den är avstängd till exempel vid strömavbrott eller när den inte behöver vara i drift. Till fläkten kopplas en styrenhet som startar fläkten när utetemperaturen överskrider $+0,5^{\circ}\text{C}$.

Fläkten arbetar med 2 olika hastigheter, en min- och en maxfart. Skälet till att fläkten aldrig slutar rotera är för att skydda motorn och undvika uppstart efter en lång tids stillastående vid kall väderlek. Den lägsta hastigheten är 200 varv per minut och den högsta är antingen 600 eller 1000 varv per minut beroende på inställning.²⁷ En fläkt drivs med likström (8-15 V) och har en märkeffekt på 16W se tabell 3.2.

²⁷ Jeanluc Savin, Aereco Marketing



Bild 3.6 VBP lågtrycksfläkt (Martin Edfeldt)

4 Metod

Kapitlet redovisar de beräknings- och undersökningsmetoder som använts vid insamlingen av mätdata, dels i form av beräkningsprogram men också analysmetoder för bearbetning av energimätningar.

4.1 Insamling av mätdata för fukt- och temperaturkontroll

För att samla in nödvändiga temperatur- och luftfuktighetsdata användes mätloggrar från den amerikanska loggertillverkaren Onset. Loggrar finns utplacerade i huset på Vendelsfridsgatan 11 i sammanlagt åtta lägenheter på olika plan i byggnaden. I varje lägenhet finns en logger i respektive badrum, sovrum samt kök. Utomhus finns en på norrfasaden och en på västfasaden. Dessa samlade en gång varje kvart in klimatdata i form av temperatur och relativluftfuktighet. Loggrarna monterades under våren 2004 och var då nya och kalibrerade för både temperatur och luftfuktighet. Under mätperioden har dock ingen ny kalibrering genomförts. På grund av att RF-mätningar är väldigt känsliga bör loggrarna kalibreras regelbundet, framförallt är detta viktigt för uteloggrarna då dessa är placerade i ett utsatt klimat. Detta har tyvärr inte gjorts i projektet och kan därför vara en källa till eventuella systematiska mätfel.

Mätdata från loggrarna samlades in med hjälp av programmet BoxCar Pro. Med detta beräknades även dagpunkten vid given temperatur samt ånghalten. Bearbetningen av dessa gjordes i Excel där samtliga mätdata från varje logger sammanställdes över hela mätperioden. Vid utvärderingen konstaterades att vissa loggrar hade gått sönder och att i en del lägenheter fanns bara mätdata från en kort mätperiod. Utifrån detta resultat valdes att antal lägenheter ut för vidare analys samt en mätperiod som sträcker sig från 2004-05-05 kl. 14.00 – 2005-11-05 kl. 12.00.

För att skapa en uppfattning om hur bra ventilationen fungerar jämförs ånghalten inne med ånghalten ute och fuktillskottet beräknas enligt formel 2-7. Som gränsvärde för fuktillskott brukar $3,6 \text{ g/m}^3$ vid normal rumstemperatur användas.²⁸

För att kunna hantera den stora mängden data räknades kvartsvärdena för temperatur och fuktillskott om till medelvärden över var timme. Utifrån dessa skapades därefter diagram över fuktillskottet för hela mätperioden.

4.2 Erforderliga beräkningsverktyg

För att genomföra insamling och bearbetning av den stora mängd mätdata och analysera dessa har förutom verktyget Excel också följande beräkningsprogram använts.

²⁸Warfvinge, Catarina. Installationsteknik LTH

BoxCar Pro

BoxCar Pro är ett datorprogram som används för att programmera och hämta lagrad information från just Onsets loggrar. Det är möjligt att visa loggerdata som grafer i programmet eller för export som tabellvärden för behandling i Excel. I BoxCar Pro kan man välja hur ofta loggern ska registrera ett mätvärde i intervallet från 0,5 sekunder upp till 9 timmar.²⁹

PFS (Program Flow Systems)

PFS är ett hjälpmedel som varit nödvändigt för att simulera ventilationssystemets klimatkänslighet. Programmet används för att beräkna godtyckliga statiska flödesproblem, det är utvecklat vid LTH av Lars Jensen. Genom att skapa en förenklad modell av byggnaden kan man beräkna luftflödet vid olika villkor.

4.3 Begrepp och metoder för analys av energianvändning

Energianvändningen i byggnaden analyserades med avseende på fjärrvärme, vatten och fastighetsel med hjälp av insamlade normalårskorrigerade data mellan åren 2001-2005. Dessa jämfördes år från år för att få en uppfattning av den tidigare energianvändningen och om man kan se en förändring efter ombyggnaden till hybridventilationen. För att skapa en uppfattning om hur byggnaden förhåller sig till andra byggnader jämfördes resultaten med riktvärden ifrån Repab 2003.

Ett effektivt sätt att minska energianvändningen är att justera framledningstemperaturen med avseende på utomhustemperaturen. Sambandet regleras av värme- eller reglerkurvan. Vid injustering av ett värmesystem är ett moment att parallellförflytta värmekurvan till en nivå som ger en lämplig och jämn inomhustemperatur.

Gränstemperatur

Alla apparater och personer i en byggnad ger ifrån sig värme. Denna gratisvärme bidrar till uppvärmningen av byggnaden och gör att värmesystemet kan stängas av vid en lägre utetemperatur än den önskade innetemperaturen. Den utetemperatur som värmesystemet kan stängas av vid kallas för gränstemperaturen.³⁰

Gränstemperaturen varierar från byggnad till byggnad och är beroende av isolergraden, byggnadens värmetröghet och installationerna i byggnaden. I äldre flerbostadshus är gränstemperaturen ca 17°C, i moderna hus med högre isolergrad ligger gränstemperaturen något lägre. Som jämförelse kan nämnas att i kontorsbyggnader med många datorer och annan kontorsutrustning som alstrar mycket värme kan gränstemperaturen vara så låg som -5°C under arbetstid och ca 10°C utanför arbetstid.³¹

²⁹ <http://www.onsetcomp.com/>

³⁰ Warfvinge, Catarina. *Installationsteknik Ak för V. Kap 6*

³¹ Abel, Enno. Elmroth, Arne. *Byggnaden som system*

Under den del av året som dygnsmedeltemperaturen utomhus understiger gränstemperaturen behöver en byggnad värmas med lika många grader. Summan av dessa temperaturskillnader under en månad ger den månadens graddagar. Ett normalårs graddagar är ett medelvärde över graddagarna under åren 1970-2000.³²

Graddagskorrigering

För att kunna jämföra energianvändningen mellan olika år hos en byggnad behöver den aktuella användningen normaliseras till ett ”vanligt” år. En allmänt accepterad metod för detta är med att göra av en graddagskorrigering.

I den totala fjärrvärmeenergianvändningen (kWh) ingår energi för både varmvatten och värme. Eftersom varmvattenanvändningen är lika stor oavsett utetemperaturen skall denna vid en graddagskorrigering dras bort från totalanvändningen. Det som då kvarstår är den del av energianvändningen som är beroende av utetemperaturen. Dessutom görs en korrigering för att anpassa mätperiodens längd till den tänkta mätperioden samt en korrigering för att anpassa den aktuella mätperiodens antal graddagar till normalårets graddagar.³³

För att visa hur en graddagskorrigering går till hänvisas till bilaga 1.

4.4 Enkätundersökning

De boendes upplevelser av klimatet i lägenheterna undersöktes med hjälp av en enkät som delades ut till boende i samtliga lägenheter. Enkäten innehöll frågor om luftkvalitet, innetemperatur och eventuella fuktproblem. Enkätsvaren analyserades och relaterades till mätningarna i huset samt erfarenheter från andra undersökningar som visat att det aldrig kan förväntas att mer än 80 % av brukarna är nöjda med klimatet.³⁴

³² http://www.scb.se/templates/Publikation___103020.asp

³³ Schultz, Linda. *Normalårskorrigering av energianvändningen i byggnader – en jämförelse av två metoder*

³⁴ Warfvinge, Catarina. *Installationsteknik LTH*

5 Analys

I den här delen av rapporten presenteras analysen av ventilationssystemets funktion med avseende på fuktnivån i lägenheterna, det upplevda inneklimatet bland de boende samt energianvändningen i byggnaden. En tidsaxel som visar alla relevanta händelser i byggnaden presenteras på sidan 30. Denna har använts för att välja ut lämpliga lägenheter för vidare analys samt en lämplig mätperiod.

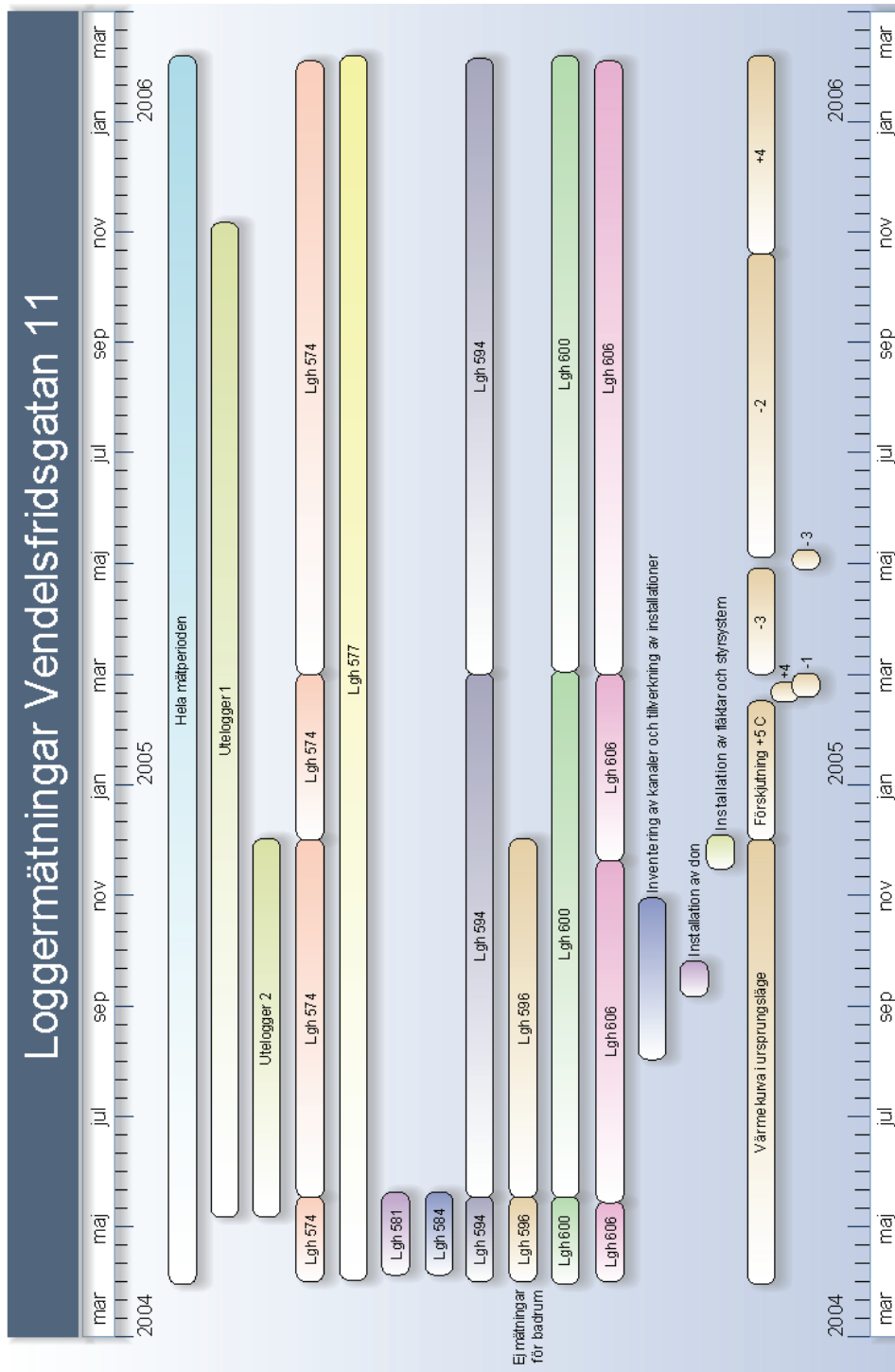
5.1 Fukt- och temperaturmätningar

Till förfogande fanns mätdata från tre loggrar i vardera åtta lägenheter och från två loggrar placerade utomhus. Vid sammanställningen av samtliga mätdata konstaterades att uteloggern som var placerad på norrfasaden hade gått sönder redan efter ca 6 månader samt att loggrarna från lägenheterna 581, 584 och 596 innehöll mätdata över en allt för kort period för att kunna användas. Loggrarna i lägenheterna 574, 577, 594, 600 och 606 samt uteloggern på västfasaden användes för att utvärdera resultatet av åtgärderna på ventilationssystemet, se tabell 5.1. Mätperioden sträcker sig från 2004-05-05 kl. 14.00 till 2005-11-05 kl. 12.00. Efter denna period finns det även data från inneloggrar fram till 2006-02-05 kl. 18.00 men då även uteloggern på västfasaden gick sönder kan ingen jämförelse göras, se figur 5-1. De skarvar som förekommer bland tidsaxlarna över loggermätningarna visar de kortare perioder på upp till en timme då mätdata saknas.

Tabell 5.1 Lägenhetsinformation

Lägenhetsnummer	Våning	Beskrivning	Väderstreck
574	1	Genomgående kantlägenhet	S, Ö, V
577	2	Genomgående kantlägenhet	S, Ö, V
594	3	Genomgående lägenhet	Ö, V
600	1	Genomgående kantlägenhet	N, Ö, V
606	3	Genomgående kantlägenhet	N, Ö, V

Ifrån mätningarna kunde konstateras att den relativa luftfuktigheten vid ett flertal tillfällen överskred 100 %. Då detta är en omöjlighet sattes samtliga överskridande mätvärden till 100 %. För att få tillförlitliga data på mättnadsånghalten och ånghalten räknades dessa ut i Excel enligt formel 2-4.



Figur 5-1 Tidsaxel som visar installationer och loggermätningar.

När uteluften tas in i lägenheterna ändras ofta temperaturen, något som även innebär att volymen ändras. Volymändringen medför att ånghalten förändras enligt följande. Vid ökande volym (och temperatur) minskar ånghalten och viceversa, för att hantera dessa temperaturberoende förändringar räknas ånghalten ute om enligt formel 2-6.

Badrum lägenhet 577

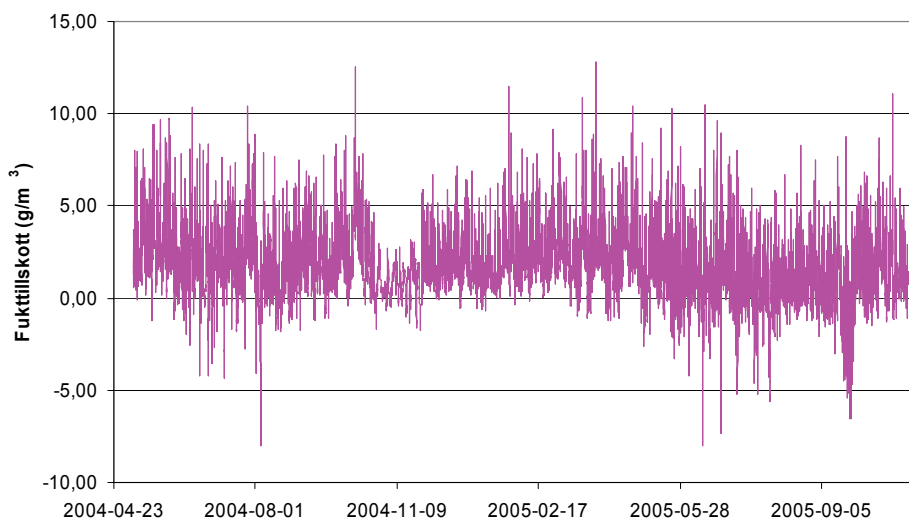


Diagram 5-1 Fukttillskott i badrum, lägenhet 577, hela mätperioden

Efter genomgång av mätningarna konstaterades att lägenhet 577 var den där de olika sambanden syntes tydligast. Mätdata från badrummet i denna lägenhet valdes att representera samtliga badrum som ingår i undersökningen. Resterande diagram som togs fram bifogas i bilaga 2. Man kan från diagram 5-1 utläsa att fukttillskottet, det vill säga skillnaden mellan ånghalt inne och ute, oftast ligger i intervallet 0-5 g/m³. Det finns även många toppar på upp emot 10 g/m³ som troligen uppstår då någon duschar. Även i sovrum och vardagsrum förekommer fukttoppar men dessa är färre och är sällan högre än 5 g/m³. Den tydliga nedgång i fukttillskottet som syns under en period i november 2004 kan relateras till installationen av fläktarna och beror troligen på att det nya ventilationssystemet ännu inte hade injusterats.

Relativt ofta uppstår negativa fukttillskott och då under ganska långa perioder. Detta syns ännu tydligare i sovrum och vardagsrum. Detta orsakas troligen av ett mätfel eftersom de mätdata som fanns kom från loggar som inte har kalibrerats. Trots detta ser man en tydlig nedgång i fukttillskottet efter ombyggnaden av ventilationen, något som tyder på att åtgärderna i ventilationssystemet har fungerat ur fuktsynpunkt.

För att tydligare utvärdera fukttillskotten före och efter ombyggnaden sammanställdes fukttillskotten till månadsmedelvärden och en jämförelse mellan 2004 och 2005 gjordes.

Lägenhet 577 Badrum

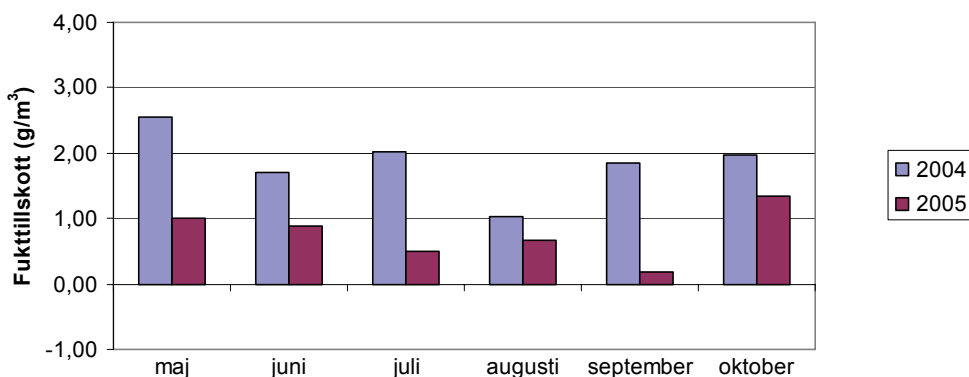


Diagram 5-2 Månadsmedelvärden på fukttillskott lägenhet 577

Analys av negativt fukttillskott

Resultaten i diagram 5-2 visar tydligt att fukttillskottet har minskat. I många sov- och vardagsrum var fukttillskotten till och med negativa. Att detta förekommer under en så lång period är en indikation på systematiska mätfel. För att utreda ifall detta beror på att uteloggern är felkalibrerad jämförs ånghalten från MKB:s logger med mätresultat från SMHI under åren 2004-2005. Klimatdata från SMHI bestod av mätningar på temperatur och relativ luftfuktighet var tredje timme. Utifrån dessa data beräknades mätnadsånghalt och ånghalt. Det framgår inte av materialet från SMHI om mätningarna är gjorda momentant eller om de är tretimmarsmedelvärden. Av denna anledning beräknades medelvärdet av ånghalten från MKB:s logger för samma tretimmarsintervall som SMHI:s mätningar är gjorda under. Jämförelsen mellan ånghalten gjordes genom att både tretimmarsmedelvärdena och momentanvärdena från MKB:s logger jämfördes med ånghalten ifrån SMHI:s mätningar. För att tydligt åskådliggöra resultatet beräknades månadsmedelvärdet på ånghalten.

Ånghalt, jämförelse mellan SMHI och MKB

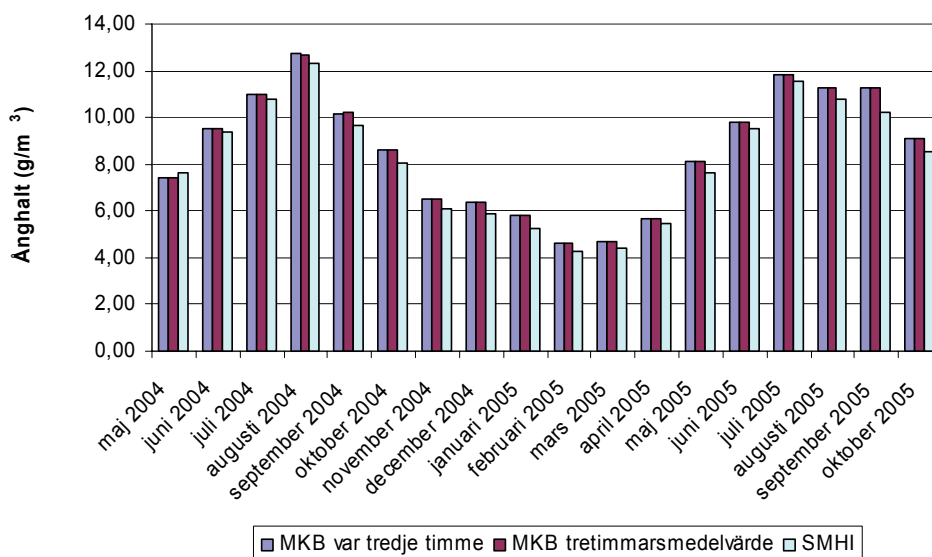
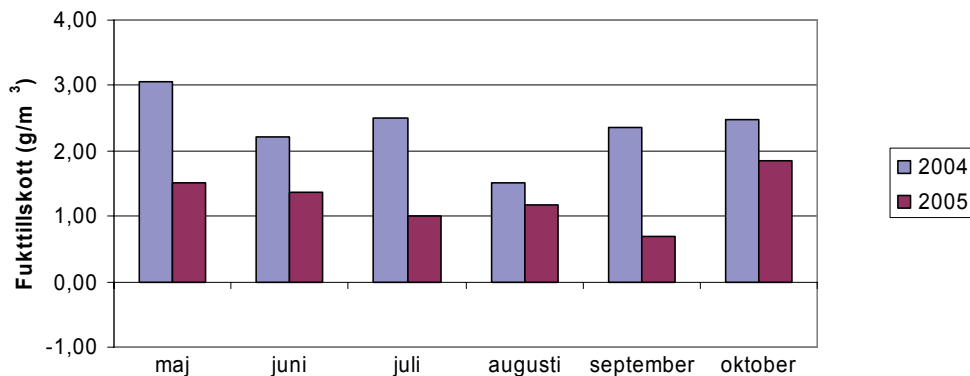


Diagram 5-3 Ånghalt ute

Resultatet visar tydligt att redan efter en månad ger MKB:s logger en ånghalt som är tydligt högre än SMHI:s. Efter ca 4 månader har skillnaden i ånghalt stabiliserats och den bedöms till konstant ca $0,5 \text{ g/m}^3$. Eftersom ingen kalibrering har genomförts finns det ingen möjlighet att kontrollera ifall även inneloggrarna ger mätfel men det bedöms som högst troligt. Det finns däremot ingen möjlighet att avgöra ifall loggrarna ger ett för högt eller för lågt värde på ånghalten. Av denna anledning görs ingen kompensation för de eventuella mätfel som uppstår på grund av inneloggrarna. Då SMHI:s mätdata bedöms som mycket mer tillförlitliga än MKB:s kompenseras fuktillskottet genom att $0,5 \text{ g/m}^3$ läggs till på samtliga resultat.

Lägenhet 577 Badrum

Diagram 5-4 Månadsmedelvärden på fuktillskott i lägenhet 577 efter ökning med $0,5 \text{ g/m}^3$

I diagram 5-4 redovisas fukttillskottet efter kompensationen. I detta fall ligger nästan alla månadsmedelvärden på den positiva sidan, det förekommer fortfarande negativa medelvärden, dessa uppstår oftast i september 2005 och uppgår till som mest ca $-0,5 \text{ g/m}^3$. Att det fortfarande förekommer negativa månadsmedelvärden är ytterligare tecken på att även inneloggrarna ger felaktiga mätresultat.

Beteendevanor och ändring i fukttillskott

För att säkerställa att de positiva resultaten på fukttillskottet inte beror på förändrade beteendevanor hos de boende undersöktes variationen på fukttillskottet över dygnet. Detta gjordes för medelvärden vid samma tidpunkt på dygnet under juni-juli månad både 2004 och 2005. För att undvika mätfel som kan uppstå på grund av att man ofta har oregelbundna vanor under helgen delades resultaten upp i vardagar och helger.

Fukttillskott lgh 577

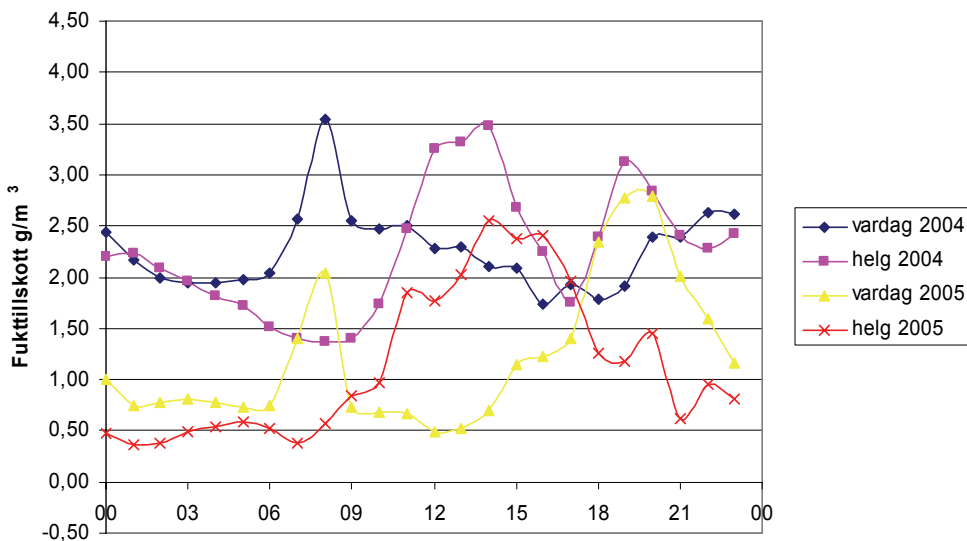


Diagram 5-5 Fukttillskottets variation över dygnet, juni-juli, lägenhet 577

Ur diagram 5-5 kan tydligt utläsas att topparna på fukttillskott uppträder vid ungefär samma tidpunkt både 2004 och 2005. Därmed kan man konstatera att de lägre fukttillskotten beror på att ventilationen har blivit bättre och inte på förändringar bland de boendes vanor.

Endast i lägenhet 594 avviker resultaten på fukttillskottmätningarna från de andra. Här ser man en plötslig ökning i fukttillskott i augusti månad 2004.

Lägenhet 594 Badrum

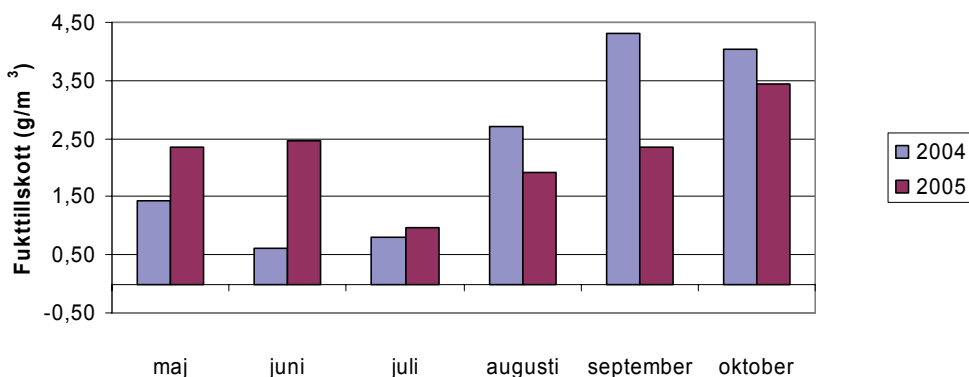


Diagram 5-6 Fukttillskott lägenhet 594

Den plötsliga ökningen av fukttillskottet tyder på att lägenheten har bytt hyresgäster i augusti 2004. Detta bekräftas även av diagram 5-7 nedan.

Fukttillskott lgh 594

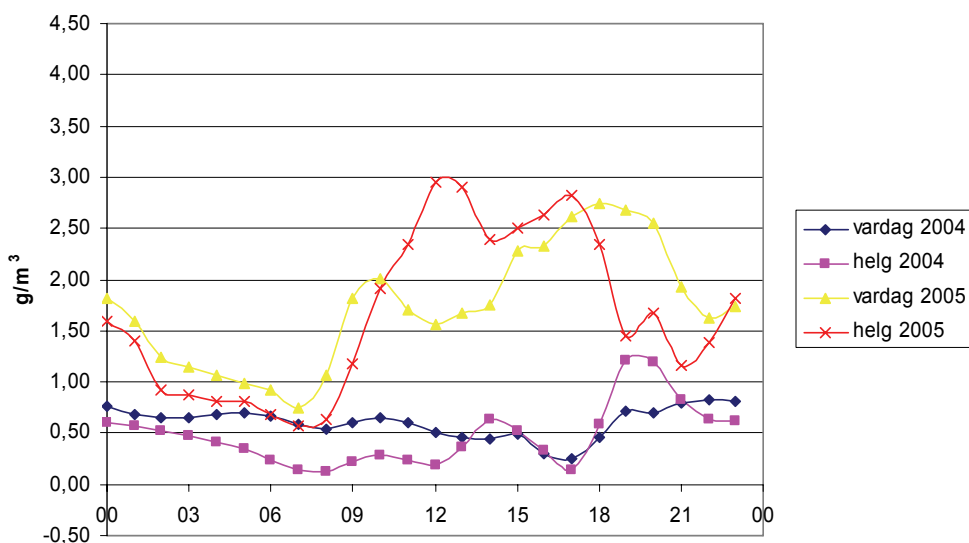


Diagram 5-7 Fukttillskottets variation över dygnet, juni-juli, lägenhet 594

Det syns en tydlig förändring i variationen på fukttillskott både på vardagar och under helger från 2004 till 2005.

I denna lägenhet är fukttillskottet högst av alla efter installationen av det nya ventilationssystemet. Innan lägenheten fick nya hyresgäster låg fukttillskottet bland de

lågsta i byggnaden. Detta kan förklaras av att en familj med fler ungdomar flyttar in, det vill säga den typ av familj där många duschar varje dag. Eftersom denna lägenhet är en fyrrummare är det inte osannolikt att åtminstone 4 personer bor i den.

Avklingningstid

Det är inte bara fukttillskottet som är intressant att studera för att se hur bra ventilationen fungerar. Även tiden det tar för fukttillskottet att återgå till ursprungsnivån är intressant. För att undersöka detta detaljstuderades fukttillskottet i lägenhet 577 mellan klockan 05:00 och 10:00 på vardagar under juni månad 2004 och 2005.

Avklingningstid Lägenhet 577

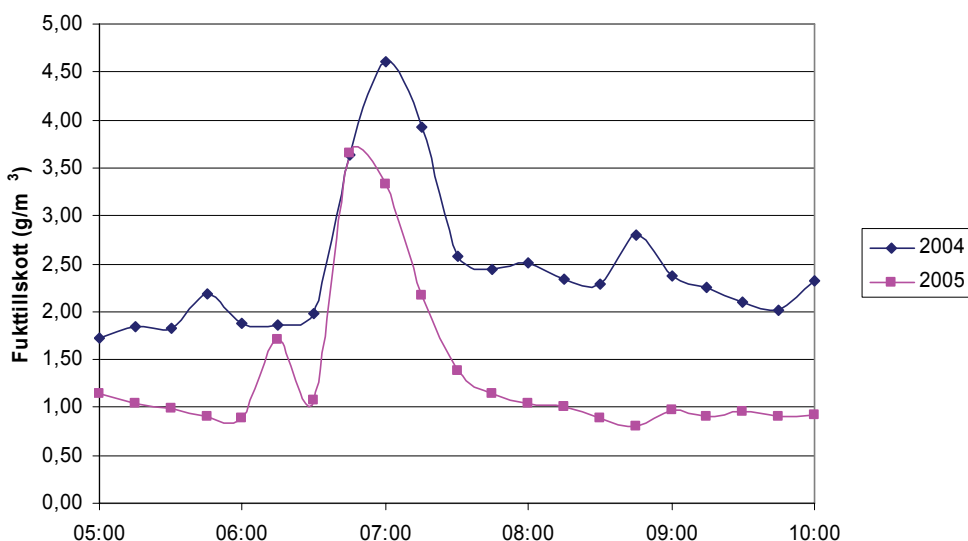


Diagram 5-8 Avklingningstid, jämförelse mellan 2004 och 2005

Ur diagram 5-8 kan utläsas att fukttillskottet ständigt ligger lägre år 2005 än 2004. Man kan också konstatera att vid ett duschtillfälle ökar fukttillskottet med ca 2,5 g/m³ och att ökningen är densamma både före och efter ombyggnaden. Det tydligaste resultatet är dock att fukttillskottet efter ombyggnaden minskar snabbare. År 2004 tog det ungefär tre timmar för fukttillskottet att närma sig ursprungsnivån, det vill säga torka upp, men fortfarande klockan 10:00 ligger fukttillskottet något över ursprungsnivån. År 2005 sjönk fukttillskottet ner till samma nivå som innan duschning efter endast ca 1,5 timme.

5.2 Sammanställning av enkätundersökningen

En enkät om inneklimatet används för att undersöka hur de boende upplevde detta efter ombyggnaden av ventilationssystemet. Enkäten delades ut till samtliga boende i fastigheten. Av 36 lägenheter svarade 24 vilket får anses vara tillräckligt för att kunna dra trovärdiga slutsatser. Enkäten finns i sin helhet i bilaga 3. Erfarenheter från tidigare undersökningar av hur brukare upplever klimat visar på att man aldrig kan förvänta sig att mer än 80 % av brukarna i en byggnad är nöjda med inneklimatet. Nedan redovisas sammanställningen av enkätsvaren.

5.2.1 Boendes upplevelser av luftkvaliteten

Behöver Ni vädra för att luften är dålig?

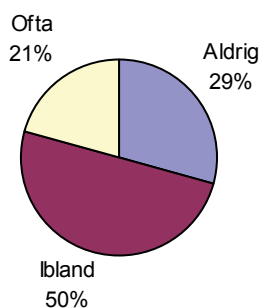


Diagram 5-9 Resultat på frågan om vädringsfrekvens till följd av dålig luft

Hälften av de boende upplever att de ibland behöver vädra för att luften är dålig, 21 % säger att de behöver vädra ofta medan 29 % säger att de aldrig behöver vädra av den anledningen. Med resonemanget att man bara kan räkna med att 80 % av brukarna är nöjda med klimatet och att vädring ibland är acceptabelt anses luftkvalitén i lägenheterna godkänd ur brukarnas synvinkel.

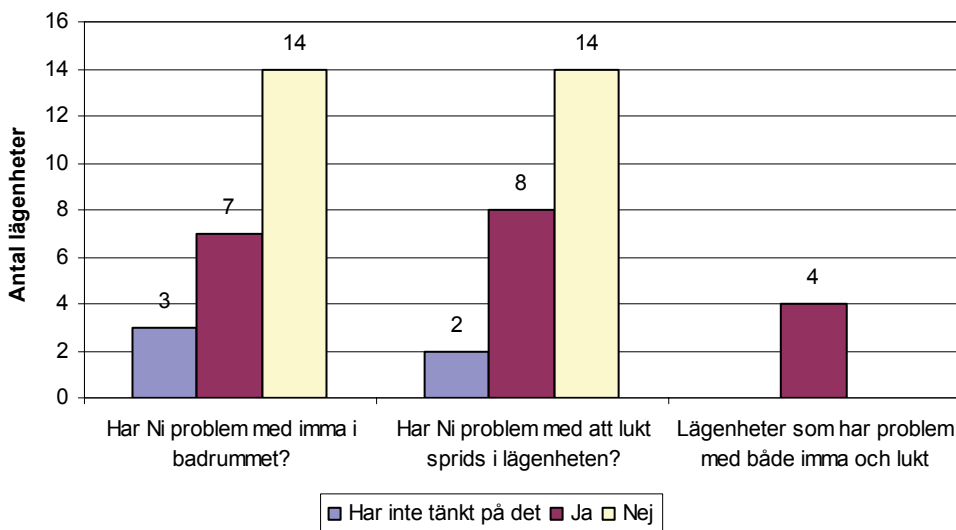


Diagram 5-10 Antal lägenheter som har problem med imma och/eller lukt

11 av totalt 24 lägenheter har problem med antingen imma i badrummet eller att lukt sprids i lägenheten. Varav fyra lägenheter besväras både och. De som har problem med antingen imma eller luktspridning motsvarar ca 30 %. Detta är något högt. Frågan om imma kan dock lätt misstolkas eftersom det inte har angivits någon tidsaspekt på hur länge imman finns kvar, det är möjligt att imman i dessa lägenheter vädras ut relativt snabbt och då egentligen inte är ett problem. Problemen med luktspridning beror troligen på att köken inte är utrustade med någon form av spisfläkt. Installation av kolfilterfläktar skulle antagligen hjälpa.

Tycker Ni att ventilationen har blivit bättre efter ombyggnaden?

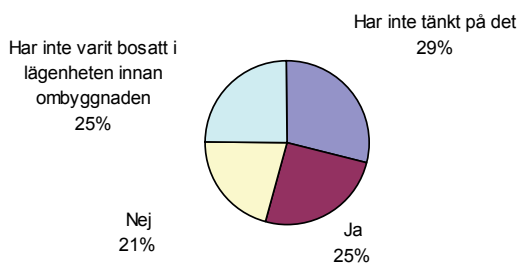


Diagram 5-11 Resultat på frågan om ventilationen har förbättrats efter ombyggnaden

På frågan om ventilationen har blivit bättre efter ombyggnad visar det sig att 25 % av de boende har flyttat in i huset efter ombyggnaden. Om man bortser från dessa svar resulterar det i att de övriga enkätsvaren får en större påverkan. Resultatet med detta

resonemang blir att 28 % inte tycker att ventilationen blivit bättre, 33 % tycker den har förbättrats och 39 % har inte tänkt på ifall det blivit någon skillnad. Då man kan vara benägen att klaga på inneklimatet kan man anta att de som inte har tänkt på om det blivit någon skillnad antagligen tycker det har blivit bättre. Av de som inte tycker att ventilationen blivit bättre anser två av totalt sex att detta beror på ökad omblandning i luften med dragighet eller kyla som följd. Det är troligt att dessa personer bor i lägenheter där tilluftsöppningarna tidigare varit igensatta. De som inte tycker att ventilationen blivit bättre på grund av att det blivit kallare i lägenheterna klagar inte på dålig luft, vilket tyder på att ventilationen har blivit bättre men att de har besvärats av de värmeproblem som förekommit på grund av den trasiga värmeväxlaren. Från de som tycker att ventilationen har blivit bättre finns kommentarer om att handdukarna i badrummet torkar och att mindre vädring behövs.

5.2.2 Boendes upplevelse av temperaturen

Besväras Ni av att det blir för kallt i lägenheten vintertid?

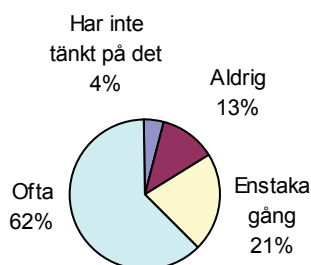


Diagram 5-12 Resultat på frågan om hur många som besväras av att det känns för kallt i lägenheten vintertid

Enkäten visar tydligt att många är missnöjda med innetemperaturen vintertid. Mätningar visar ändå att medeltemperaturen per månad ligger över 21°C i de flesta fallen, se diagram 5.13. Dock åskådliggör mätdata enbart lufttemperaturen och säger ingenting om den upplevda temperaturen som kan vara lägre på grund av strålning (operativ temperatur, enligt formel 2-3) och drag (ekvivalent temperatur).

Diagram 5.13 åskådliggör skillnaderna i lufttemperatur mellan de olika lägenheterna. Det verkar inte finnas någon korrelation mellan temperatur och våningsplan, se tabell 5.1 för lägenhetsinformation. Lägenheterna 574 och 577 har de högsta medeltemperaturerna vilket kan förklaras med att de har en sida av lägenheten som vetter mot söder. Det är troligt att de utsätts för större solinstrålning än övriga lägenheter vilket leder till högre innetemperatur.

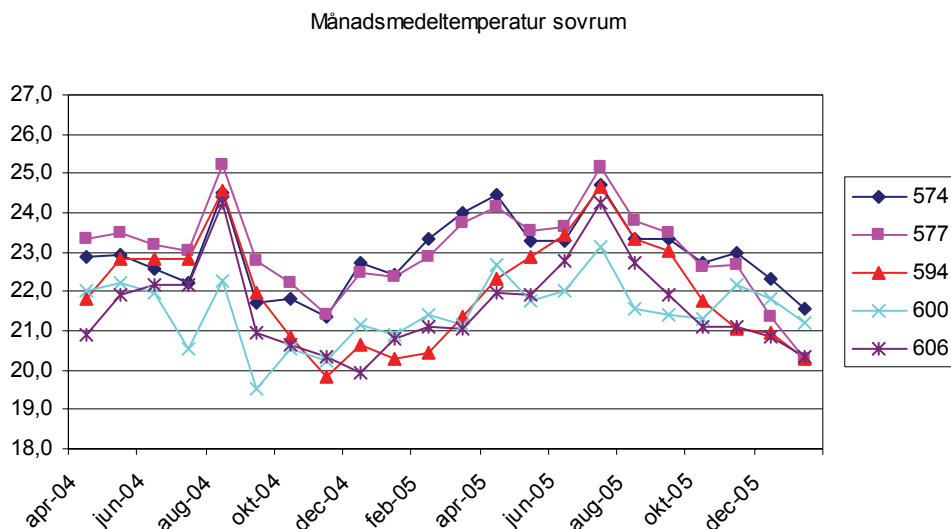


Diagram 5.13 Månadsmedeltemperatur i sovrum i fem olika lägenheter. Beteckningar enligt tabell 5.1.

Lägenheterna har ungefär samma medeltemperaturer i sovrum och vardagsrum vilket anses normalt. Undantaget är lägenhet 600 som har lägre medeltemperatur i vardagsrummet än sovrummet under en period i början av 2005. Det är oklart vad det beror på.

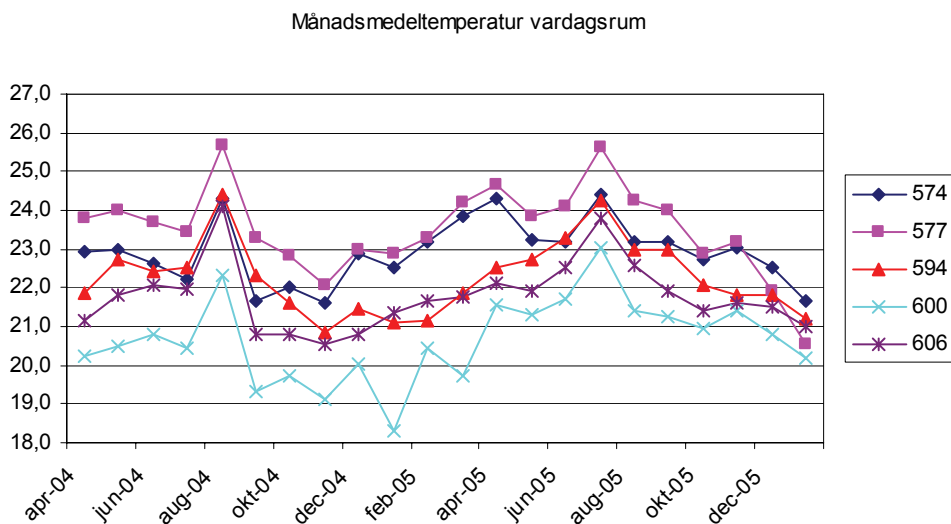


Diagram 5.14 Månadsmedeltemperatur i vardagsrum i fem olika lägenheter. Beteckningar enligt tabell 5.1.

I diagram 5.14 ser man att lägenhet 600 har under flera månader en medeltemperatur under 20°C vilket enligt Socialstyrelsen är tillräckligt lågt för att göra en utförligare

mätning av temperaturen (se tabell 2.1). Intressant är att de boende i lägenhet 577 upplever att de besväras ofta av att det är för kallt. Detta trots att de har betydligt varmare än till exempel lägenhet 600 som upplever att de har kallt bara enstaka gånger.

Månadsmedeltemperatur badrum

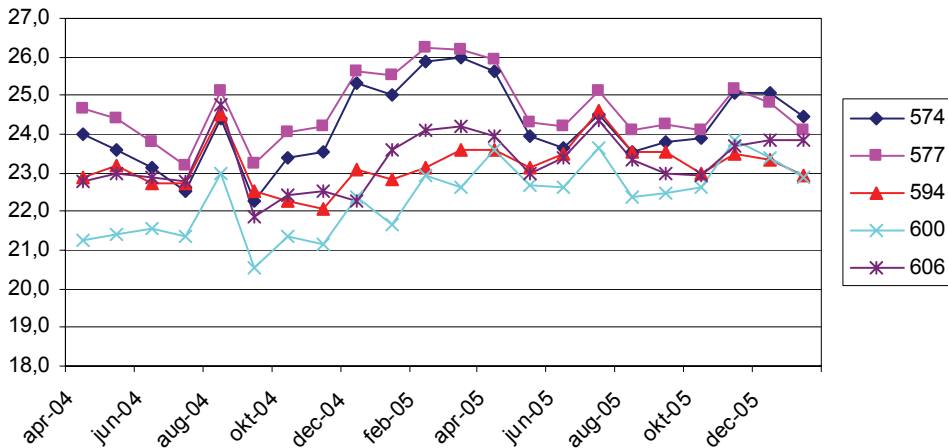


Diagram 5.15 Månadsmedeltemperatur i badrum i fem olika lägenheter. Beteckningar enligt tabell 5.1.

Medeltemperaturen i badrummen är högre än i både sovrum och vardagsrum. Detta är normalt eftersom badrummet värms upp när man duschar eller badar.

Temperaturdifferensen mellan lägenheterna minskar generellt under mätperioden, från att ha skilt nästan 4°C till att bara skilja 1,5°C. Det beror troligen på att radiatorerna har varit dåligt injusterade i början av mätperioden men att man åtgärdat det mot slutet.

Tycker Ni att det känns obehagligt kallt någonstans i lägenheten t.ex. i närheten fönster eller balkongdörr?

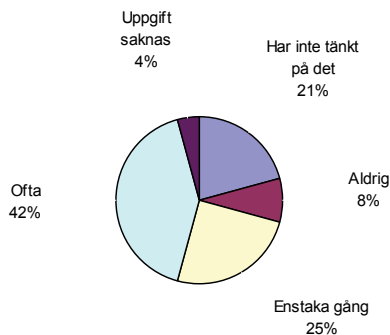


Diagram 5-16 Resultat på frågan om man upplever att det är obehagligt kallt någonstans i lägenheten

Merparten av de boende uppger att det är obehagligt kallt någonstans i lägenheten. Detta kan vara ett resultat av drag från tilluftsventiler eller strålning från fönsterpartier. Det kan vara en indikation på låg ekvivalent temperatur.

Varför varierar temperaturen mellan lägenheterna?

De boende styr till viss del inomhusklimatet själv genom reglera temperaturen på radiatorerna eller genom vädring.

Loggrarna är troligtvis inte placerade på exakt samma plats i lägenheterna som förmodligen har olika möblering. Någon logger sitter kanske närmare ett fönster eller en yttervägg vilket innebär att loggrarna utsätts för olika operativ temperatur.

Lägenhetens orientering kan också ha viss påverkan på temperaturen på grund av solinstrålning. Mest troligt är att den stora variationen beror på att radiatorerna är dåligt injusterade.

5.3 Energianvändning

En jämförelse av fjärrvärme-, fastighetsel- och vattenanvändning genomfördes. Detta för att skapa en uppfattning hur byggnaden förhåller sig till andra byggnader av samma typ samt ifall någon skillnad i användningen kan ses efter installationen av hybridventilationen. Som jämförelse används riktvärden från Repab.³⁵

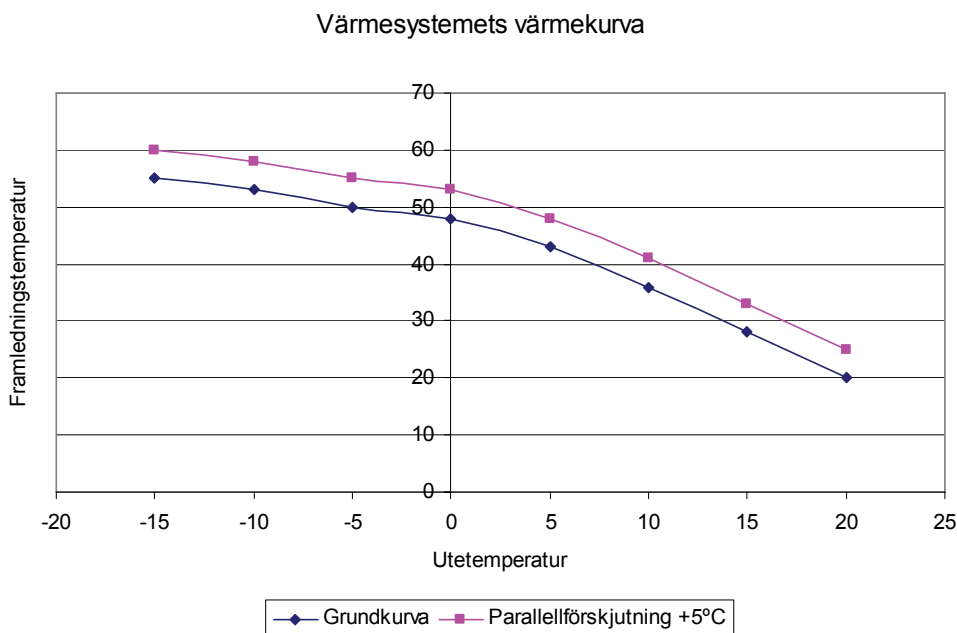


Diagram 5-17 Värmesystemets värmekurva

³⁵ Repab fakta, årskostnader bostäder 2003

Efter installationen av hybridventilationssystemet upptäcktes i november år 2004 ett problem med värmesystemet. Det konstaterades att fjärrvärmeväxlaren var delvis igensatt och på grund av detta hade den fått en försämrad funktion. För att klara av att hålla en tillfredsställande innetemperatur i byggnaden justerades därför värmekurvan upp med 5°C 2004-11-30 (se diagram 5-17). Under nästan ett år justerades därefter värmekurvan antingen upp eller ner för att hitta en optimal nivå mellan framledningstemperatur och innetemperatur se tabell 5.2. Den sista justeringen gjordes 2005-10-19 och därmed är värmekurvan förskjutet +4°C jämfört med grundkurvan, se tabell 5.2. Under denna period rengjordes värmeväxlaren för att få en så god funktion som möjligt i väntan på att få den utbytt. Under november 2006 byttes den gamla tubvärmeväxlaren ut till två små plattvärmeväxlare.

Problemen med värmesystemet kan ha påverkat det termiska klimatet i lägenheterna negativt. Det är relativt troligt att de boende kan ha förväxlat orsakerna och upplevt de låga temperaturerna som en effekt från installationen av hybridventilationen. Detta kan ha påverkat resultaten av enkätundersökningen men har alltså inte med ventilationen att göra.

Tabell 5.2 Grundkurvans parallellförskjutning

Datum	Parallellförskjutning av grundkurvan
2004-11-30	+5°C
2005-02-14	+4°C
2005-02-17	-1°C
2005-02-28	-3°C
2005-04-27	-3°C
2005-05-04	-2°C
2005-10-19	+4°C

5.3.1 Användning på Vendelsfridskatan 11 och riktvärden enligt Repab

Repab är ett hjälpmedel för att jämföra fastigheters användning för drift med andra fastigheter i kategorierna låg, medel och hög. I denna rapport har jämförelser av fjärrvärme-, fastighetsel- och vattenanvändning gjorts i det aktuella huset med hjälp av Repabs normalvärden.

I tabellerna nedan redovisas den normalårskorrigerade aktuella användningen av fjärrvärme, fastighetsel och vatten i Vendelsfridskatan 11. Eftersom ombyggnaden av ventilationssystemet genomfördes under 2004 görs en jämförelse av användningen 2005 med åren 2001 till 2003.

Fjärrvärmeanvändning

Tabell 5.3 Fjärrvärmeanvändning, normalårskorrigerad

År	01	02	03	04	05
Totalt MWh	400	396	382	381	446
kWh/m ² BOA	174	172	166	166	194

Riktvärde för en typfastighet med normal användning enligt Repab är 142,5 kWh/m² BOA och byggnaden har följande egenskaper

- Fastighet med värmeisolering motsvarande nybyggnadsstandard 1960-1974
- Ventilationen skall vara utrustad med värmeåtervinning eller enbart vara frånluftsventilation
- Styr- och reglerutrustning för värmeinstallation ska vara effektiv
- Rumstemperatur ska vara ca +20°C

Riktvärde för en typfastighet med hög användning enligt Repab är 180,5 kWh/m² BOA och den byggnaden har följande egenskaper

- Fastighet med värmeisolering motsvarande nybyggnadsstandard 1959 eller tidigare
- Byggnaden ska ha frånlufts- eller självdragsventilation
- Styr- och reglerutrustning för värmeinstallationen ska vara effektiv
- Rumstemperaturen ska vara ca +20°C

Användning av fastighetsel

Tabell 5.4 Fastighetselanvändning

År	01	02	03	04	05
Totalt kWh	36 880	30 823	30 306	33 391	36 148
kWh/m ² BOA	16,0	13,4	13,2	14,5	15,7

Riktvärde för en typfastighet med låg användning enligt Repab är 7 kWh/m² BOA och byggnaden har följande egenskaper

- Fastigheten ska vara byggd före 1960 och installationstätheten ska vara låg
- Byggnaden ventileras med självdrag
- Byggnaden saknar hissar
- Majoriteten av hushållen består av äldre personer
- I trapphusen finns trappautomatik för att minska elanvändningen för belysning

Riktvärde för en typfastighet med normal användning enligt Repab är 16 kWh/m² BOA och byggnaden har följande egenskaper

- Fastigheten ska vara byggd på 60-talet och ha normal installationstäthet
- Byggnaden ska vara utrustad med från- och tilluftsventillation
- Byggnaden har hissar av normal standard
- Hushållen består av en lika stor andel barnfamiljer som äldre personer

Användning av vatten

Tabell 5.5 Vattenanvändning

År	01	02	03	04	05
Totalt m ³	4 683	4 440	4 182	4 546	4 410
m ³ /m ² BOA	2,0	1,9	1,8	2,0	1,9

Riktvärde för en typfastighet med normal användning enligt Repab är 1,3 m³/m² BOA och byggnaden har följande egenskaper

- Hushållen består av en lika stor andel barnfamiljer som äldre personer
- Det bor i genomsnitt 1,4 personer per lägenhet
- Lägenheterna är i genomsnitt 67 m² stora
- I genomsnitt används 175 l vatten/person, dygn

Riktvärde för en typfastighet med normal användning enligt Repab är 2,4 m³/m² BOA och byggnaden har följande egenskaper

- Hushållen består till stor del av barnfamiljer
- Det bor i genomsnitt 2,4 personer per lägenhet
- Lägenheterna är i genomsnitt 77 m² stora
- I genomsnitt används 210 l vatten/person, dygn

Utifrån ovanstående redovisande värme-, el- och vattenanvändning och riktvärden kan man konstatera att fjärrvärmeanvändningen ligger något under det som kan förväntas. Förhoppningen är att användningen av fjärrvärme ska ha minskat efter installationen av hybridventilationen jämfört med innan. Detta på grund av att ventilationsdonen stänger till sig på vintern och därmed bör minska värmeförlusterna genom frånluften. Det kan i dagsläget inte konstateras ifall installationen av hybridventilationen har minskat fjärrvärmeanvändningen. Detta beror främst på att fjärrvärmeväxlaren var trasig och bytes ut under oktober 2006. Den höga användningen under 2005 kan förklaras av just den trasiga växlaren. Ett säkert resultat på hur ombyggnaden har påverkat fjärrvärmeanvändningen kan man endast se efter ett antal år när hela systemet är injusterat och mätdata från flera år finns tillgängligt.

Fastighetselanvändningen ligger högre än förväntat på grund av att det inte finns några hissar i byggnaden och att ventilationen tidigare endast varit självdrag. Det ser ut som om Fastighetselanvändningen har ökat en aning 2005. Detta kan bero på att de nya fläktarna ökar användningen av fastighetsel. Men även detta är svårt att avgöra säkert då skillnaderna är relativt små och det finns många andra faktorer som kan påverka elanvändningen.

Användningen av vatten får anses något högre än förväntat med tanke att det bor ca 1,6 personer per lägenhet (39 personer i de 24 lägenheter som lämnade svar på enkäten) och genomsnittstorleken på 65 m² per lägenhet.

5.4 Simuleringar i PFS

Att utföra handberäkningar för att kvantifiera fördelning av luftflöden är mycket komplicerat om inte omöjligt. För att åskådliggöra skillnaderna i ventilationsflöde mellan ett självdrags- och ett hybridsystem har därför godtyckliga simuleringar gjorts i PFS. En mycket förenklad modell av verkligheten har skapats och tänkbara fall har simulerats. Modellen består av en volym med två till- och ett frånluftsdon som motsvarar en enrumslägenhet. Simuleringar har gjorts med olika utetemperaturer (sommars- och vinterfall), vid 3 olika vindhastigheter samt med olika doninställningar. Donen har antingen min- eller maxflöde enligt tabell 3.1.

De genomgående lägenheterna valdes ut för analysen eftersom de är mest utsatta för vindpåverkan. Vid ogynnsamma förhållanden blåser vinden rakt igenom lägenheterna, då fungerar uteluftsventilerna som frånluftsdon och okontrollerad ventilation uppstår.

Det finns ingen dokumentation över de tekniska egenskaper hos till- och frånluftsdonen som fanns på Vendelsfridsgatan innan ombyggnaden. För analysen har antagits att byggnaden var utrustad med tidstypiska standarddon.

För att kunna utföra beräkningar i PFS måste ett antal parametrar anges. För alla don anges storleken på luftflödet vid ett visst tryckfall. Eftersom det inte finns några flöden eller tryckfall för donen beräknas de med hjälp av godtyckliga antaganden på storlek, vindhastighet (1 m/s) och densitet (1,2 g/m³) se beräkningar i bilaga 4. Ytterarean på donen har uppskattats i samråd med handledare. Det har antagits att varje frånluftskanal har 4 stycken 90 graders böjningar. En förlustfaktor (ξ, x_i) tar hänsyn till tryckändringarna som uppstår när luften passerar ett don. Det är lättare för luften att färdas från en stor dimension till en liten. Förlustfaktorn är 25 gånger större för uteluftsventilerna jämfört med frånluftsdonen.

De termiska drivkrafterna ökar med ökad vertikal kanallängd, bottenvåningen påverkas följaktligen mest. Krafterna som bildas av vinden minskar med ökad kanallängd, det innebär att suget på grund av vinden är bäst på den översta våningen.

Programkoden med förklaringar till den redovisas i bilaga 2.

Enligt äldre byggregler dimensionerades ett självdragssystem för att klara luftomsättningskraven vid en temperaturdifferens mellan inne och ute på 4°C och med en vindhastighet på 1 m/s. Med denna dimensioneringsmetod skulle luftomsättningen motsvara dagens krav på 0.35 l/s, m².

Följande simuleringar gäller en enrumslägenhet och det antas att den behöver 10 l/s för att uppfylla kraven. Kanalernas dimensioner justeras så att kraven uppfylls. Resultatet på simuleringarna redovisas nedan, fullständiga beräkningar redovisas i bilaga 2. Alla simuleringar är utförda med en inomhustemperatur på 20°C.

Simulering 1 – traditionell dimensionering för +16°C

Första simuleringen är gjord i ett system som är dimensionerat för utetemperaturen +16 °C och där alla utom den översta lägenheten uppfyller ett antaget uteluftsflöde på 10 l/s. Den översta våningen har för kort frånluftskanal för att uppnå 10 l/s.

Om uteluftstemperaturen sjunker till 0°C fördubblas nästintill luftflödet i detta system. När temperaturen sjunker till -20°C tredubblas luftflödet till 30 l/s. Detta leder till överventilation som ger upphov till ett dåligt inomhusklimat samtidigt som det går åt en stor mängd energi för uppvärmning.

Simulering 2 – dimensionering för +10°C

Det kan tyckas vara mer rimligt att istället dimensionera ventilationssystemet för en temperaturdifferens på 10°C mellan ute och inne. Orsaken är att man kan anta att de boende öppnar fönster för att vädra under den varma årstiden.

Simuleringen av ett ventilationssystem dimensionerat på detta sätt visar att vid 10°C utomhustemperatur kommer alla lägenheter att uppfylla det antagna kravet på uteluftsflödet 10 l/s. Sjunker temperaturen till -10°C ökar ventilationen i genomsnitt med 60 % till bortåt 16 l/s. Det är mindre överventilation än i föregående fall men fortfarande onödigt stor.

Konsekvens av överventilationen på energianvändning

Enligt tidigare resonemang ökar ventilationen med ungefär 6 l/s per lägenhet. Med hjälp av en månads normala graddagar kan man räkna ut hur mycket extra energi som går åt vid överventilation.

Under januari månad har Malmö 548 graddagar vilket innebär att det går åt 95 kWh för att täcka det ökade värmebehovet för en lägenhet med självdragsventilation, se beräkningar enligt formel 5-1.

$$Energ_i = q_v \cdot \rho_{luft} \cdot c_p \cdot G_d = \frac{6 \cdot 10^{-3} m^3}{s} \cdot \frac{1,2 kg}{m^3} \cdot \frac{1 kW \cdot s}{kg \cdot ^\circ C} \cdot 548 \cdot 24^\circ Ch = 95 kW \quad \text{formel 5-1}$$

Simulering av hybridventilationssystem

Simuleringarna av hybridventilationssystemet visar att ventilationsflödet är stabilt även vid låga utomhustemperaturer och vid vindpåverkan.

6 Diskussion och slutsatser

I kapitlet diskuteras vilka slutsatser som kan dras utifrån studien.

6.1 Loggermätningar

Studien med loggermätningar visar tydligt att hybridventilation minskar fuktillskottet jämfört med ett självdragssystem. Månadsmedelvärden på fuktillskotten minskade med 0,5-2 g/m³. Detaljstudien av fuktillskott visar att avklingningstiden minskade från över 3 timmar till ca 1,5 timme. Detta betyder att ventilationsflödet har förbättrats och att inte beror på beteendeförändringar hos de boende.

6.2 Enkätundersökning

Enkätundersökningen visar att de boende upplever att ventilationen har förbättrats efter ombyggnaden med såväl förbättrad luftkvalitet som mindre imma som resultat. Dock tycker många att det är för kallt i lägenheterna. Mätningar visar att medeltemperaturen per månad ligger över 21°C i de flesta fallen. Emellertid åskådliggör mätdata enbart lufttemperaturen och säger ingenting om den upplevda temperaturen som kan vara lägre. Den låga temperaturen har troligtvis sitt ursprung i de problem man haft med värmeväxlaren och beror inte på det nya ventilationssystemet.

6.3 Energianvändning

En förhoppning är att man ska kunna minska uppvärmningskostnaderna eftersom överventilation undviks på vintern. Problem med dåvarande värmeväxlare har inte gjort det möjligt att utreda om några energibesparingar har gjorts, innan en ordentlig utredning kan genomföras kommer det också behövas energistatistik från fler år. Det kunde dock konstateras att användningen av fjärrvärme ligger något under det förväntade i denna typ av byggnad. Användningen av fastighetsel är något högre än förväntat. Fläktarna som har installerats är energisnåla och bör endast medföra en mycket liten ökning av fastighetselanvändningen.

6.4 PFS

Simuleringar har gjorts med olika temperaturer olika vindhastigheter samt olika doninställningar. De visar att ett hybridsystem är mer stabilt för både vind och temperaturförändringar än ett självdragssystem. Beroende på hur ett självdragssystem dimensioneras får man olika mycket överventilation vintertid. När ventilationen tilltar blir risken för drag större och energiförbrukningen ökar. Det mest troliga fallet ger en överventilation på 6 l/s per lägenhet vilket motsvarar en energiförlust under januari månad på 95 kWh/lägenhet.

6.5 Fortsatt arbete

För att klargöra huruvida BBR:s krav på lägsta ventilationsflöde uppfylls bör en spårgasmätning utföras under både sommar- och vintertid. En fortsatt analys av

fjärrvärme- och fastighetselanvändning är intressant för att utreda om det nya ventilationssystemet sparar energi.

Hur fungerar hybridventilationen vid en eventuell brand?

Med tanke på att en stor majoritet av de boende upplever att det är för kallt i lägenheterna vintertid är det intressant att mäta den ekvivalenta temperaturen.

Utreda förhållandet mellan inomhustemperatur och fjärrvärmens reglerkurva.

6.6 Felkällor

Loggrar

Det är oklart om alla loggrar är placerade på samma ställe i varje lägenhet. Placeringen kan påverka temperaturmätningarna.

För att en logger ska ge korrekta mätvärden bör de kalibreras med jämna mellanrum. Detta har ej skett under hela mätperioden. Speciellt viktigt är att kalibrera loggrar som utsätts för yttre väderpåverkan.

Från början fanns det två olika utomhusloggrar med olika geografisk placering. Syftet med två loggrar var att minska risken för felaktiga mätvärden. Dock gick den ena loggern sönder efter bara sex månader och ersattes aldrig.

Den sista utomhusloggern gick sönder i november 2005. Alla fortsatta mätningar var nu omöjliga eftersom det behövs minst en fungerande logger utomhus.

Med tanke på hur viktiga uteloggrarna är för studien borde den söndriga loggern ha ersatts när det uppdagades att den var sönder. Tydligare information om hur loggrarna ska skötas efterlyses.

Frånluftskanaler i sovrum

Det är oklart om frånluftskanalerna från sovrummen har tagits ur funktion. För att åstadkomma önskad luftströmning bör de vara igensatta, annars finns risk för kortslutning vilket kan leda till sämre ventilation i kök och badrum.

Värmeväxlare

På grund av problem med värmeväxlaren blev inomhustemperaturen under en period lägre än normalt. Detta skedde samtidigt som det nya ventilationssystemet installerades. Temperaturproblemen kan, felaktigt, ha satts i samband med det nya ventilationssystemet och påverkat utvärderingen.

7 Referenser

7.1 Tryckta Källor

Boverket. *Regelsamling för byggregler – Boverkets byggregler, BBR*, Boverket, juni 2006
ISBN: 91-7147-960-0

Enno, Abel – Elmroth Arne *Byggnaden som system*. Formas 2006. ISBN: 91-540-5974-1

Harderup, Lars-Erik. *Våtrum*. Föreläsning i Byggnadsfysik. Komplexa Byggnader. Lund 2006

Nevander, Lars Erik – Elmarsson, Bengt. *Fukthandbok Praktik och Teori*. AB Svensk Byggtjänst. Stockholm 1994 ISBN: 91-7332-716-6

Repub AB, *Årskostnader bostäder 2003*, Repab AB Mölndal 2003 ISSN: 1404-6377

Sandberg, Eje. *Energideklarering av bostadsbyggnader*, Underlagsrapport Systemdelar, Delområde – Ventilation i småhus och flerbostadshus. Energirådgivarna 2006.

Sandin, Kenneth. *Värme och Fukt*. Institutionen för byggnadsteknik, Byggnadsfysik. Lunds Tekniska Högskola, Lund 1996.

Schultz, Linda. *Normalårskorrigerigering av energianvändningen i byggnader – en jämförelse av två metoder*, Effektiv 2003, ISBN: 91-7848-932-6, ISSN: 1650-1489

Socialstyrelsens författningssamling, *SOSFS. 2005:15 (M) Allmänna råd, Temperatur inomhus*, ISSN 0346-6000

Socialstyrelsen. *Temperatur inomhus*, ISBN: 91-7201-972-7

Warfvinge, Catarina. *Installationsteknik AK för V*. Avdelningen för installationsteknik. Institutionen för byggande och arkitektur. Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet 2003. Rapport TABK—94/7016

7.2 Elektroniska källor

Anticimex

<http://www.anticimex.se/default.asp?objectid=92> 2006-12-06

Energimyndigheten

[http://www.stem.se/WEB%5CSTEMFe01e.nsf/V_Media00/C12570D10037720FC125703C002B581D/\\$file/Slutrapport%20HYBVENT_juni2005.pdf](http://www.stem.se/WEB%5CSTEMFe01e.nsf/V_Media00/C12570D10037720FC125703C002B581D/$file/Slutrapport%20HYBVENT_juni2005.pdf) 2006-08-21

Energirådgivarna

http://energiradgivarna.com/siteadmin/upload/pdfarkiv/delrapport_ventilation.pdf 2006-08-21

Hybrid Ventilation Centre

<http://www.hybridventilation.dk/pdf/TP144.PDF> 2006-10-16

Nationalencyklopedin

http://ne.se/jsp/search/article.jsp?i_sect_id=325719&i_history=1 2006-09-26

Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut
<http://www.sp.se/Energy/ffi/ventilation.asp> 2006-09-26

<http://www.sp.se/energy/files/Rapporter/SPAR2001-40.pdf> 2006-11-01

7.3 Muntliga källor

Jan Jörlund, MKB Fastighets AB 2006-09-25

Jacques Samborski, Responsable de zone export, Aereco 2006-12-14

Jeanluc Savin, Marketing, Aereco 2006-12-18

Catarina Warfvinge, Universitetslektor, Avd. för Installationsteknik, LTH

8 Bilagor

8.1 Bilaga 1 Exempel på graddagskorrigerering

Fingerat exempel januari 2005

Avläst användning: 112272 kWh

Avsedd mätperiod: 31 dagar

Verklig mätperiod: 30 dagar

Korrigeringsfaktor: $31/30 = 1,033$

Månadens avsedda användning: $1,033 \cdot 112272 = 116014$ kWh

Energi som används till varmvatten: 14218 kWh

Utetemperaturberoende användning: $116014 - 14218 = 101796$ kWh

Graddagar normalmånad: 605

Årets graddagar: 501

Korrigeringsfaktor: $501/605 = 0,828$

Graddagskorrigerad utetemperaturberoende energianvändning:

$101796/0,828 = 122928$ kWh

Total graddagskorrigerad energianvändning: $122928 + 14218 = 137146$ kWh

Resultatet visar att eftersom månaden var varmare än normalt blir den graddagskorrigerade användningen större än den verkliga.

8.2 Bilaga 2 PFS

Donberäkningar

Tilluftsdon

$$Area = 30 \cdot 2 \text{ cm} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$q = A \cdot v = 6 \cdot 10^{-3} \cdot 1 = 6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s} = 6 \text{ l} / \text{s}$$

$$\xi = 2,5 \text{ från rapport NKB 1996:01}$$

$$\Delta p = \xi \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} = 2,5 \cdot \frac{1,2 \cdot 1^2}{2} = 1,5 \text{ Pa}$$

Frånluftsdon

$$Area = 15 \cdot 15 \text{ cm} = 18 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$q = A \cdot v = 2,25 \cdot 10^{-2} \cdot 1 = 2,25 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3 / \text{s} = 22,5 \text{ l} / \text{s}$$

$$\xi = 0,1$$

$$\Delta p = \xi \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} = 0,1 \cdot \frac{1,2 \cdot 1^2}{2} = 0,06 \text{ Pa}$$

Programkod

Hybridventilation

```
export fallnytt 18 3 12
```

```
table 18 18 1 2
```

```
program v m/s 0 0 5 10
```

```
program r kg/m3 2 1.20 1.29 1.40
```

```
program n - 0 1 0 "fläkten 0 decimaler, på, av"
```

```
begin
```

```
flow l/s
```

```
pressure Pa
```

```
format q 1
```

```
control duct=1 bend=1 con=1 dim=1 dencase=1 denz=r
```

```
parameter fw=0.7 fe=-0.5 ft=-0.5
```

```
compute pw=fw*r*v*v/2
```

```
compute pe=-fe*r*v*v/2
```

```
compute pt=ft*r*v*v/2
```

```
fan HF 18:0 17:55.6 14:111.1
```

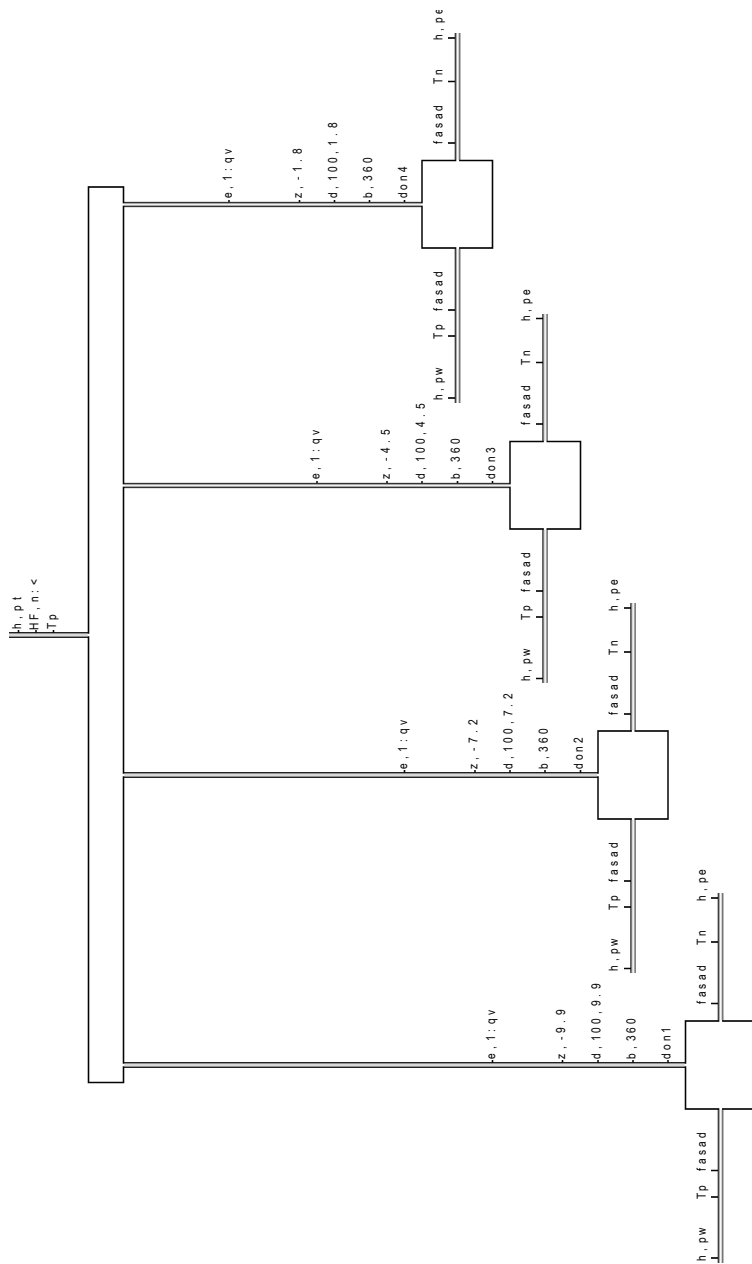
```
set Tp=T,20:> Tn=T,20:< don1=t,10,20.8:qw
```

```
don2=t,10,4.2:qw
```

```
set don3=t,10,4.2:qw don4=t,10,4.2:qw
```

```
fasad=t,10,1.4:qw
```

```
end
```



Figur 8-1 Hybridventilationssystem med fyra lägenheter

Självdraagsventilation

export fallsjalvdrag 9 2 12

table 12 12 4 2

program v m/s 0 1 5 10

program r kg/m³ 2 1.22 1.29 1.34 1.40

begin

flow l/s

pressure Pa

format q 1

control duct=1 bend=1 con=1 dim=1 dencase=1 denz=r

parameter fw=0.7 fe=-0.5 ft=-0.5

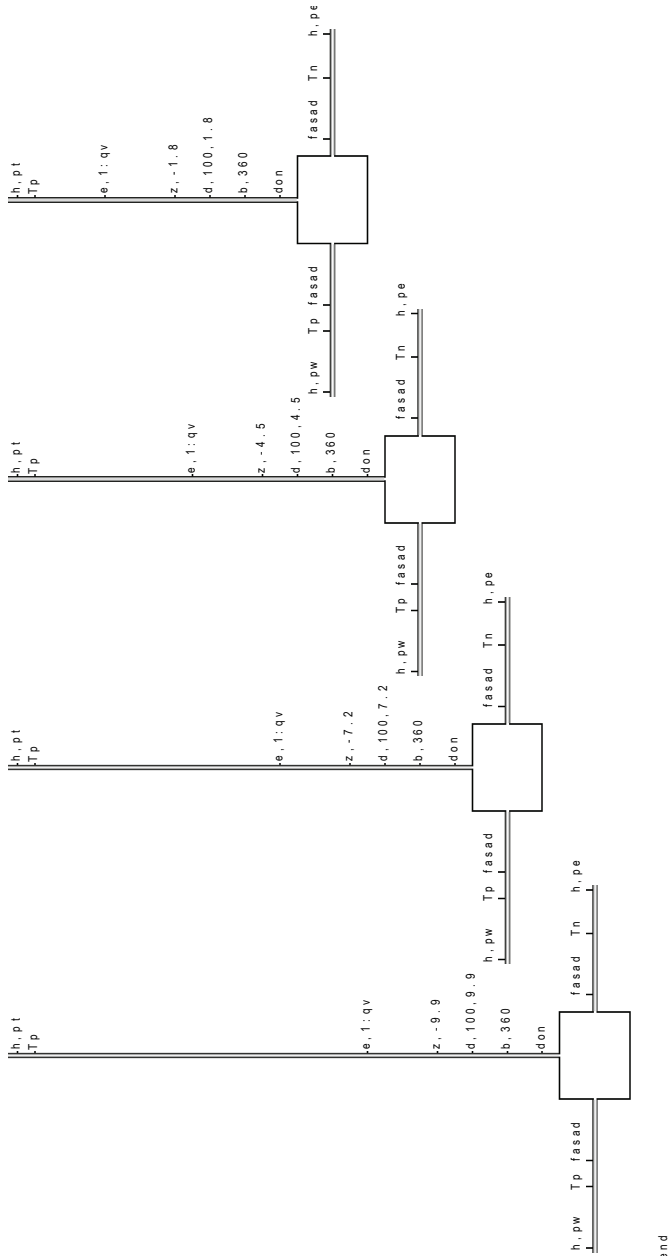
compute pw=fw*r*v*v/2

compute pe=-fe*r*v*v/2

compute pt=ft*r*v*v/2

set Tp=T,20:> Tn=T,20:< don =t,0.06,22.5:qw fasad=t,1.5,6:qw

end



Figur 8-2 Självdragsventilationssystem med fyra lägenheter

Ordlista

Table = [antal kombinationer, antalet utskrifter, vilket fall som skrivs ut i bilden, slutgiltig resultatutskrift default=0]

Program = Skapar en parameter [id, enhet, antal decimaler, värde]

Resultat = Utdata registreras

Begin = Anger var programmet startar

Flow = Flödesenhet

Pressure = Tryckenhet

Format = Bestämmer antalet decimaler på given variabel

Control = definierar olika kontrollvariabler:

Bend = motstånd för böjar; sätt till 1 för luft.

Con = motstånd för knutpunkter; sätt till 1 för luft.

Duct = motstånd för kanaler; sätt till 1 för luft.

Dim = dimensionsövergångar; sätt till 1 för luft.

Dencase = kontrollvariabel för luftens densitet; sätt till 1 för luft.

Denz = Utedensitet

Parametrar = Definierar parametrar.

Compute = Beräkning utförs

Fan = definierar en fläkt, i detta fallet med linjär fläktkurva [id h₁:q₁ h₂:q₂ h₃:q₃]

Set = definierar variabler som används i den grafisk layouten.

Tp = T, 20 [temperatur, grader]

Don = t, 10, 10:qw [kvadratisk tryckfall, tryckfall, flöde vid aktuellt tryckfall: anger att flödet söks]

d, 100, n = [tryckfall i rak kanal, dimension i mm, längd i m]

$$e = \text{engångstryckfall} = \Delta p_e = k \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2}$$

k = engångsmotståndskoefficient [-]

ρ = luftens densitet [kg/m³]

v = luftens strömningshastighet [m/s]

h = fast tryckändring (tryckfall)

fasad = tilluftsdon samt otätheter

export = Exportera programmet till en fil som kan läsas av bl.a. Excel eller Matlab.

Resultatmatrisen transponeras. [kolumner, programrader, resultatrader]

Utförliga beräkningar från PFS

Självdrag	16 °C			0 °C			-10 °C			-20 °C		
	1.000	5.000	10.000	1.000	5.000	10.000	1.000	5.000	10.000	1.000	5.000	10.000
Vindhastighet	1.220	1.220	1.220	1.290	1.290	1.290	1.340	1.340	1.340	1.400	1.400	1.400
Uteluftens densitet	-7.691	-21.247	-37.592	-13.206	-27.084	-44.707	-15.974	-29.521	-48.350	-18.758	-32.011	-51.473
Frånluftsdon 4 (högst upp)	4.988	20.959	41.711	7.306	22.115	43.129	8.591	22.931	44.129	9.916	23.878	45.320
Tilluftsdon Lo	-2.703	-0.288	4.120	-5.900	-4.969	-1.578	-7.383	-6.590	-4.220	-8.841	-8.133	-6.153
Tilluftsdon Lä	-9.862	-21.173	-35.486	-18.729	-30.094	-45.206	-23.056	-33.857	-50.351	-27.964	-37.684	-54.736
Frånluftsdon 3 (näst högst upp)	5.822	20.958	41.483	9.861	22.763	43.149	11.946	24.053	44.337	14.050	25.529	45.784
Tilluftsdon Lo	-4.040	-0.214	5.997	-8.869	-7.331	-2.057	-11.109	-9.804	-6.014	-13.314	-12.155	-8.952
Tilluftsdon Lä	-9.808	-16.692	-29.822	-19.532	-27.339	-35.280	-24.237	-31.817	-39.567	-28.915	-36.203	-45.897
Frånluftsdon 2 (näst längst ned)	5.799	20.591	40.525	10.242	22.163	42.492	12.516	23.489	43.730	14.806	25.062	44.911
Tilluftsdon Lo	-4.008	3.899	10.703	-9.291	-5.176	7.213	-11.720	-8.327	4.162	-14.109	-11.141	-0.986
Tilluftsdon Lä	-10.118	-15.835	-27.801	-20.650	-26.958	-33.651	-25.729	-31.893	-38.011	-30.778	-36.702	-43.787
Frånluftsdon 1 (längst ned)	5.927	20.444	40.076	10.775	22.092	42.236	13.239	23.509	43.574	15.717	25.217	44.886
Tilluftsdon Lo	-4.191	4.609	12.275	-9.875	-4.865	8.585	-12.489	-8.384	5.563	-15.062	-11.485	1.099
Tilluftsdon Lä												

Självdrag	10 °C			0 °C			-10 °C		
	1.000	5.000	10.000	1.000	5.000	10.000	1.000	5.000	10.000
Vindhastighet	1.250	1.250	1.250	1.290	1.290	1.290	1.340	1.340	1.340
Uteluftens densitet	-10.004	-22.164	-36.397	-12.653	-25.278	-38.324	-15.316	-27.849	-41.053
Frånluftsdon 4 (högst upp)	5.902	21.234	42.048	7.060	21.825	42.861	8.288	22.585	43.839
Tilluftsdon Lo	-4.102	-0.930	5.652	-5.592	-3.453	4.536	-7.028	-5.263	2.786
Tilluftsdon Lä	-9.663	-14.782	-25.994	-12.710	-17.077	-27.440	-15.729	-20.019	-29.203
Frånluftsdon 3 (näst högst upp)	5.763	20.444	40.035	7.086	21.160	40.933	8.478	21.884	42.017
Tilluftsdon Lo	-3.900	5.662	14.041	-5.624	4.083	13.493	-7.251	1.865	12.814
Tilluftsdon Lä	-9.895	-13.703	-23.164	-13.182	-16.247	-24.794	-16.433	-19.322	-26.759
Frånluftsdon 2 (näst längst ned)	5.857	20.195	39.256	7.296	21.016	40.238	8.803	21.821	41.411
Tilluftsdon Lo	-4.038	6.492	16.092	-5.887	4.768	15.444	-7.629	2.499	14.653
Tilluftsdon Lä	-9.986	-13.048	-21.336	-13.396	-15.769	-23.116	-16.766	-18.949	-25.242
Frånluftsdon 1 (längst ned)	5.894	20.031	38.707	7.391	20.924	39.758	8.959	21.780	41.003
Tilluftsdon Lo	-4.092	6.983	17.371	-6.005	5.155	16.641	-7.808	2.831	15.761
Tilluftsdon Lä									

Fall1 Alla Td öppna, Alla Fd öppna	20 °C			20 °C		
	0.000	5.000	10.000	0.000	5.000	10.000
Vindhastighet	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200
Uteluftens densitet	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Fläktstatus (I=på)	-14.828	-17.328	-19.765	0.000	-6.917	-13.927
Frånluftsdon 4 (högst upp)	7.414	13.551	25.409	0.000	11.986	24.000
Tilluftsdon Lo	-7.414	-3.777	5.643	0.000	5.069	10.073
Tilluftsdon Lä	-14.167	-16.471	-18.916	0.000	-6.666	-13.466
Frånluftsdon 3 (näst högst upp)	7.083	13.377	25.246	0.000	11.910	23.862
Tilluftsdon Lo	-7.083	-3.094	6.330	0.000	5.244	10.396
Tilluftsdon Lä	-13.580	-15.699	-18.187	0.000	-6.445	-13.053
Frånluftsdon 2 (näst längst ned)	6.790	13.244	25.095	0.000	11.842	23.735
Tilluftsdon Lo	-6.790	-2.456	6.907	0.000	5.397	10.682
Tilluftsdon Lä	-13.054	-15.000	-17.550	0.000	-6.246	-12.682
Frånluftsdon 1 (längst ned)	6.527	13.145	24.953	0.000	11.779	23.618
Tilluftsdon Lo	-6.527	-1.854	7.403	0.000	5.533	10.937
Tilluftsdon Lä						
Fall2 All Td stängda, Alla Fd öppna	0 °C			0 °C		
	0.000	5.000	10.000	0.000	5.000	10.000
Vindhastighet	1.290	1.290	1.290	1.290	1.290	1.290
Uteluftens densitet	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Fläktstatus (I=på)	-3.830	-4.613	-6.156	-4.014	-4.827	-6.431
Frånluftsdon 4 (högst upp)	1.915	2.718	4.310	2.007	2.840	4.496
Tilluftsdon Lo	-1.915	-1.896	-1.846	-2.007	-1.987	-1.935
Tilluftsdon Lä	-4.044	-4.793	-6.302	-4.469	-5.216	-6.757
Frånluftsdon 3 (näst högst upp)	2.022	2.792	4.355	2.235	3.003	4.597
Tilluftsdon Lo	-2.022	-2.001	-1.947	-2.235	-2.214	-2.160
Tilluftsdon Lä	-4.245	-4.964	-6.440	-4.877	-5.573	-7.057
Frånluftsdon 2 (näst längst ned)	2.122	2.864	4.398	2.438	3.156	4.695
Tilluftsdon Lo	-2.122	-2.100	-2.042	-2.438	-2.417	-2.362
Tilluftsdon Lä	-4.434	-5.126	-6.572	-5.249	-5.902	-7.335
Frånluftsdon 1 (längst ned)	2.217	2.933	4.440	2.624	3.300	4.790
Tilluftsdon Lo	-2.217	-2.193	-2.132	-2.624	-2.603	-2.545
Tilluftsdon Lä						
	-20 °C			-20 °C		
	0.000	5.000	10.000	0.000	5.000	10.000
Vindhastighet	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400
Uteluftens densitet	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fläktstatus (I=på)	-1.086	-2.492	-4.226	-1.086	-2.492	-4.226
Frånluftsdon 4 (högst upp)	0.543	2.007	3.908	0.543	2.007	3.908
Tilluftsdon Lo	-0.543	-0.485	-0.318	-0.543	-0.485	-0.318
Tilluftsdon Lä	-1.717	-2.924	-4.659	-1.717	-2.924	-4.659
Frånluftsdon 3 (näst högst upp)	0.858	2.111	3.958	0.858	2.111	3.958
Tilluftsdon Lo	-0.858	-0.814	-0.701	-0.858	-0.814	-0.701
Tilluftsdon Lä	-2.166	-3.251	-4.947	-2.166	-3.251	-4.947
Frånluftsdon 2 (näst längst ned)	1.083	2.209	4.007	1.083	2.209	4.007
Tilluftsdon Lo	-1.083	-1.042	-0.941	-1.083	-1.042	-0.941
Tilluftsdon Lä	-2.533	-3.528	-5.184	-2.533	-3.528	-5.184
Frånluftsdon 1 (längst ned)	1.267	2.302	4.055	1.267	2.302	4.055
Tilluftsdon Lo	-1.267	-1.227	-1.129	-1.267	-1.227	-1.129
Tilluftsdon Lä						
	-20 °C			-20 °C		
	0.000	5.000	10.000	0.000	5.000	10.000
Vindhastighet	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400
Uteluftens densitet	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fläktstatus (I=på)	-1.619	-2.933	-4.761	-1.619	-2.933	-4.761
Frånluftsdon 4 (högst upp)	0.810	2.168	4.110	0.810	2.168	4.110
Tilluftsdon Lo	-0.810	-0.765	-0.651	-0.810	-0.765	-0.651
Tilluftsdon Lä	-2.561	-3.627	-5.382	-2.561	-3.627	-5.382
Frånluftsdon 3 (näst högst upp)	1.280	2.381	4.221	1.280	2.381	4.221
Tilluftsdon Lo	-1.280	-1.246	-1.162	-1.280	-1.246	-1.162
Tilluftsdon Lä	-3.232	-4.159	-5.836	-3.232	-4.159	-5.836
Frånluftsdon 2 (näst längst ned)	1.616	2.574	4.329	1.616	2.574	4.329
Tilluftsdon Lo	-1.616	-1.585	-1.507	-1.616	-1.585	-1.507
Tilluftsdon Lä	-3.780	-4.613	-6.218	-3.780	-4.613	-6.218
Frånluftsdon 1 (längst ned)	1.890	2.752	4.433	1.890	2.752	4.433
Tilluftsdon Lo	-1.890	-1.860	-1.785	-1.890	-1.860	-1.785
Tilluftsdon Lä						

Fail3 Alla Td stängda, Alla Fd stängda	0 °C			-20 °C			0 °C			-20 °C		
	0,000	1,290	1,000	0,000	1,000	1,000	0,000	1,000	1,000	0,000	1,000	1,000
Vindhastighet	0,000	5,000	10,000	0,000	5,000	10,000	0,000	5,000	10,000	0,000	5,000	10,000
Utluftens densitet	1,290	1,290	1,290	1,400	1,400	1,400	1,290	1,290	1,290	1,290	1,400	1,400
Fläktstatus (I=på)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Frånluftsdon 4 (högst upp)	-3,228	-3,863	-4,971	-3,384	-4,042	-5,197	-0,916	-1,725	-2,952	-1,366	-2,296	-3,242
Tilluftsdon Lo	1,614	2,422	4,011	1,692	2,530	4,182	0,458	1,936	3,801	0,683	2,044	3,988
Tilluftsdon Lä	-1,614	-1,440	-0,960	-1,692	-1,512	-1,014	-0,458	0,211	0,849	-0,683	-0,252	0,747
Frånluftsdon 3 (näst högst upp)	-3,412	-4,021	-5,122	-3,770	-4,380	-5,521	-1,449	-2,332	-3,179	-2,161	-2,993	-3,844
Tilluftsdon Lo	1,706	2,482	4,042	1,885	2,660	4,251	0,724	1,979	3,839	1,080	2,184	4,052
Tilluftsdon Lä	-1,706	-1,539	-1,080	-1,885	-1,720	-1,269	-0,724	0,353	0,660	-1,080	-0,809	0,209
Frånluftsdon 2 (näst längst ned)	-3,584	-4,171	-5,262	-4,117	-4,688	-5,808	-1,829	-2,662	-3,434	-2,729	-3,470	-4,570
Tilluftsdon Lo	1,792	2,540	4,073	2,058	2,783	4,321	0,915	2,043	3,870	1,364	2,328	4,086
Tilluftsdon Lä	-1,792	-1,631	-1,189	-2,058	-1,905	-1,486	-0,915	-0,618	0,436	-1,364	-1,142	-0,484
Frånluftsdon 1 (längst ned)	-3,747	-4,314	-5,394	-4,434	-4,973	-6,069	-2,141	-2,922	-3,750	-3,194	-3,868	-5,003
Tilluftsdon Lo	1,873	2,596	4,103	2,217	2,900	4,391	1,070	2,110	3,892	1,597	2,466	4,147
Tilluftsdon Lä	-1,873	-1,717	-1,290	-2,217	-2,073	-1,678	-1,070	-0,812	0,142	-1,597	-1,402	-0,856

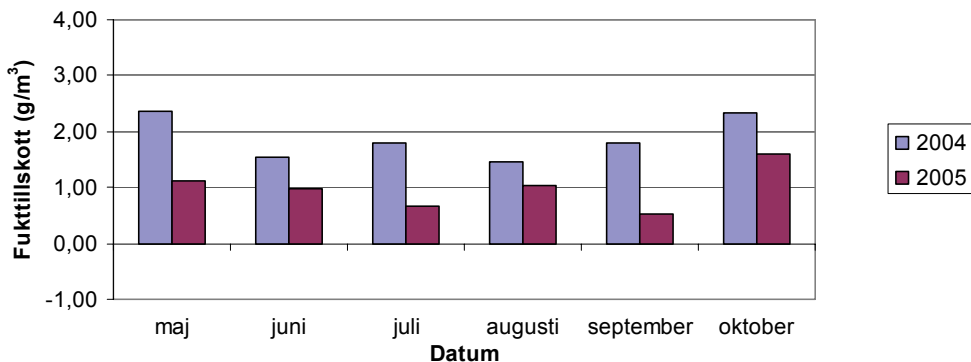
Fail4 Alla Td stängda, Alla Fd utom översta stängda	0 °C			-20 °C			0 °C			-20 °C		
	0,000	1,290	1,000	0,000	1,000	1,000	0,000	1,000	1,000	0,000	1,000	1,000
Vindhastighet	0,000	5,000	10,000	0,000	5,000	10,000	0,000	5,000	10,000	0,000	5,000	10,000
Utluftens densitet	1,290	1,290	1,290	1,400	1,400	1,400	1,290	1,290	1,290	1,290	1,400	1,400
Fläktstatus (I=på)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Frånluftsdon 4 (högst upp)	-3,832	-4,616	-6,160	-4,017	-4,829	-6,435	-1,087	-2,495	-4,239	-1,621	-2,936	-4,769
Tilluftsdon Lo	1,916	2,719	4,311	2,008	2,841	4,497	0,544	2,008	3,909	0,811	2,169	4,111
Tilluftsdon Lä	-1,916	-1,897	-1,849	-2,008	-1,989	-1,938	-0,544	-0,487	-0,330	-0,811	-0,767	-0,658
Frånluftsdon 3 (näst högst upp)	-3,411	-4,020	-5,121	-3,769	-4,379	-5,520	-1,449	-2,331	-3,178	-2,161	-2,992	-3,841
Tilluftsdon Lo	1,706	2,482	4,042	1,885	2,660	4,251	0,724	1,979	3,838	1,080	2,184	4,052
Tilluftsdon Lä	-1,706	-1,539	-1,079	-1,885	-1,720	-1,268	-0,724	-0,352	0,661	-1,080	-0,808	0,211
Frånluftsdon 2 (näst längst ned)	-3,583	-4,170	-5,261	-4,117	-4,687	-5,807	-1,829	-2,661	-3,433	-2,729	-3,470	-4,569
Tilluftsdon Lo	1,792	2,540	4,072	2,058	2,783	4,321	0,915	2,043	3,870	1,364	2,328	4,086
Tilluftsdon Lä	-1,792	-1,630	-1,189	-2,058	-1,905	-1,486	-0,915	-0,618	0,437	-1,364	-1,142	-0,483
Frånluftsdon 1 (längst ned)	-3,746	-4,313	-5,393	-4,434	-4,972	-6,068	-2,141	-2,921	-3,748	-3,194	-3,868	-5,002
Tilluftsdon Lo	1,873	2,596	4,103	2,217	2,900	4,391	1,070	2,110	3,892	1,597	2,466	4,147
Tilluftsdon Lä	-1,873	-1,717	-1,290	-2,217	-2,072	-1,677	-1,070	-0,811	0,144	-1,597	-1,402	-0,855

Fall5 Alla Td stängda, Alla Fd utom nedersta stängda	0 °C			-20 °C			0 °C			-20 °C		
	0.000	5.000	10.000	0.000	5.000	10.000	0.000	5.000	10.000	0.000	5.000	10.000
Vindhastighet	1.290	1.290	1.290	1.400	1.400	1.400	1.290	1.290	1.290	1.400	1.400	1.400
Urelufvens densitet	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fläktstatus (1=på)												
Frånluftsdon 4 (högst upp)	-3.228	-3.862	-4.970	-3.383	-4.041	-5.195	-0.916	-1.724	-2.951	-1.366	-2.295	-3.240
Tilluftsdon Lo	1.614	2.422	4.011	1.692	2.530	4.182	0.458	1.936	3.801	0.683	2.044	3.988
Tilluftsdon Lä	-1.614	-1.440	-0.959	-1.692	-1.512	-1.013	-0.458	0.211	0.850	-0.683	-0.250	0.748
Frånluftsdon 3 (näst högst upp)	-3.411	-4.020	-5.121	-3.769	-4.379	-5.520	-1.449	-2.331	-3.177	-2.161	-2.992	-3.841
Tilluftsdon Lo	1.706	2.482	4.042	1.885	2.660	4.251	0.724	1.979	3.838	1.080	2.184	4.052
Tilluftsdon Lä	-1.706	-1.539	-1.079	-1.885	-1.720	-1.268	-0.724	-0.352	0.661	-1.080	-0.808	0.211
Frånluftsdon 2 (näst längst ned)	-3.583	-4.170	-5.261	-4.116	-4.687	-5.807	-1.829	-2.661	-3.433	-2.729	-3.470	-4.569
Tilluftsdon Lo	1.792	2.540	4.072	2.058	2.783	4.321	0.915	2.043	3.870	1.364	2.328	4.086
Tilluftsdon Lä	-1.792	-1.630	-1.189	-2.058	-1.905	-1.486	-0.915	-0.618	0.437	-1.364	-1.142	-0.483
Frånluftsdon 1 (längst ned)	-4.436	-5.128	-6.576	-5.251	-5.905	-7.339	-2.534	-3.530	-5.189	-3.781	-4.614	-6.222
Tilluftsdon Lo	2.218	2.934	4.441	2.625	3.301	4.791	1.267	2.302	4.056	1.890	2.753	4.434
Tilluftsdon Lä	-2.218	-2.194	-2.134	-2.625	-2.604	-2.548	-1.267	-1.228	-1.133	-1.890	-1.861	-1.788

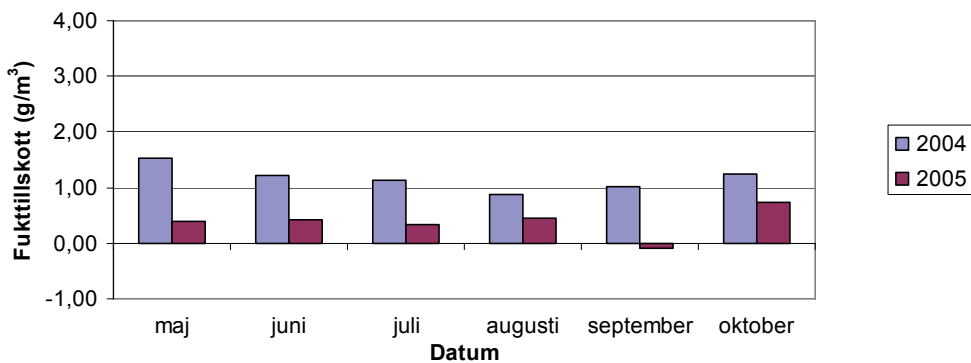
8.3 Bilaga 3 Diagram från loggermätningarna

Nedan redovisas diagrammen som visar månadsmedelvärdena på fukttillskottet efter att kompenseringen för mätfel i uteloggern har genomförts.

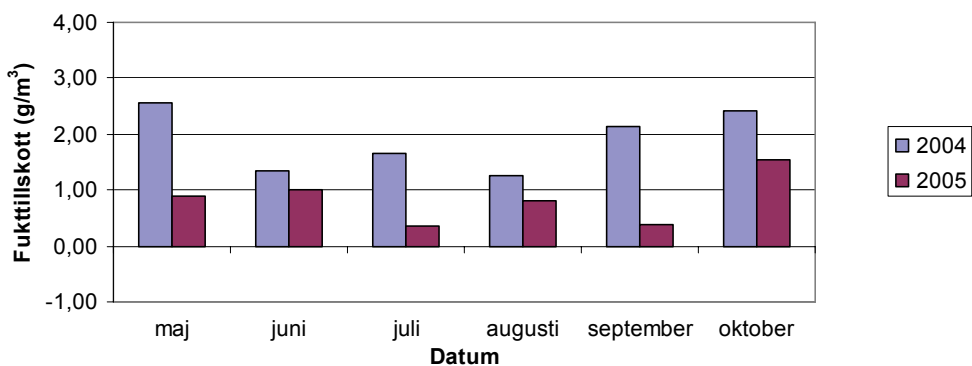
Lägenhet 574 Badrum



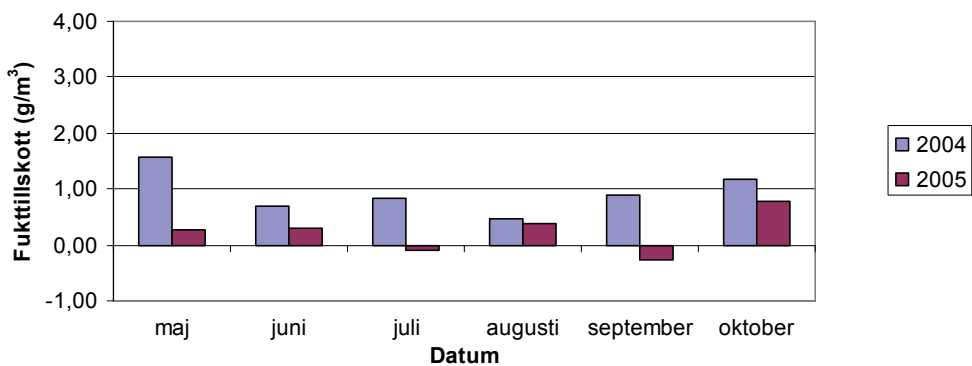
Lägenhet 600 Badrum



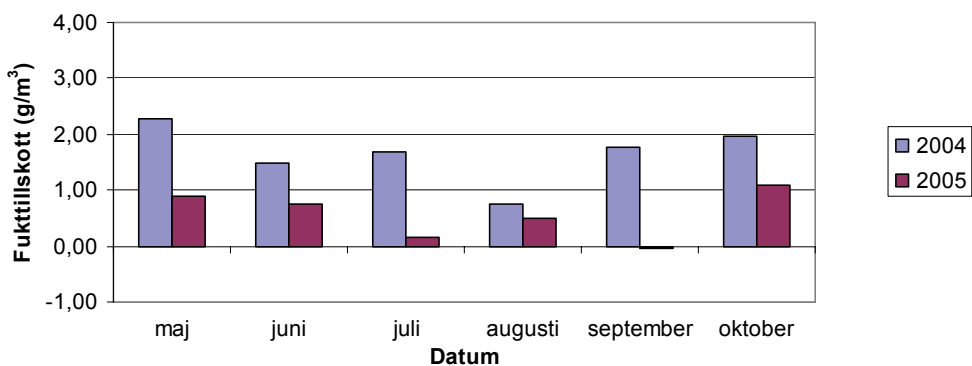
Lägenhet 606 Badrum



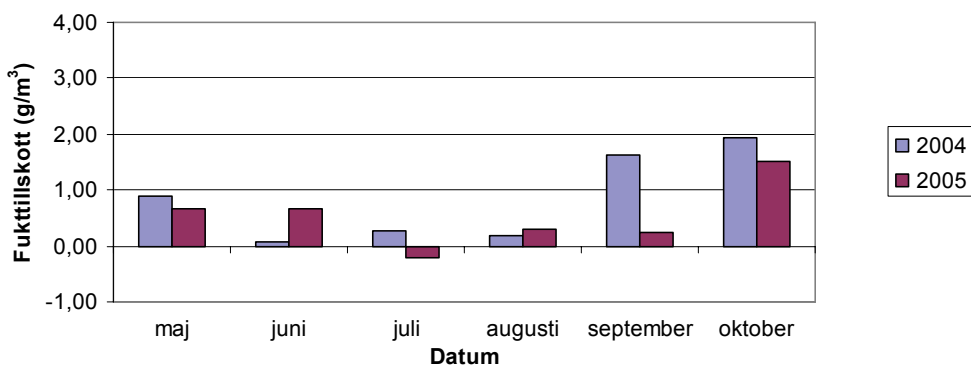
Lägenhet 574 Sovrum



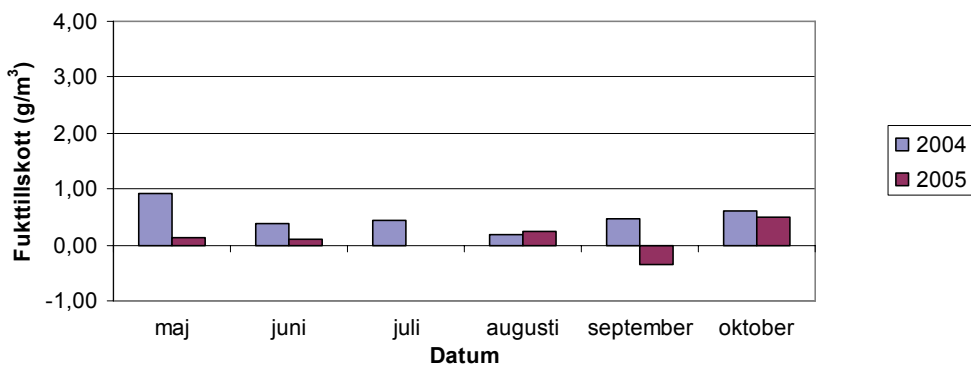
Lägenhet 577 Sovrum



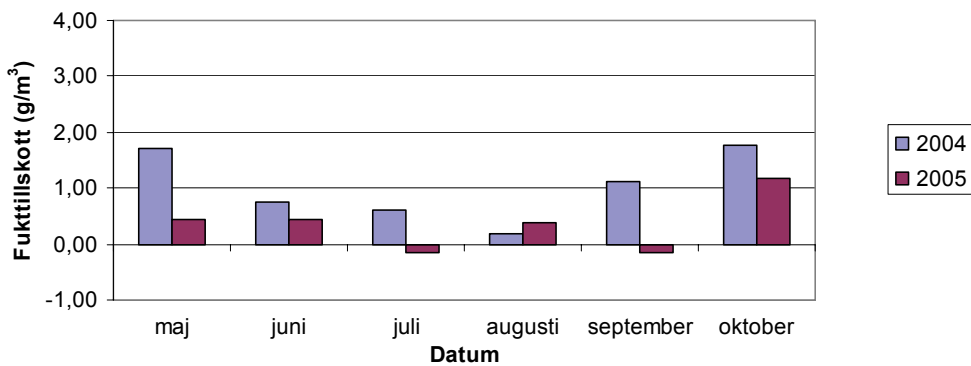
Lägenhet 594 Sovrum



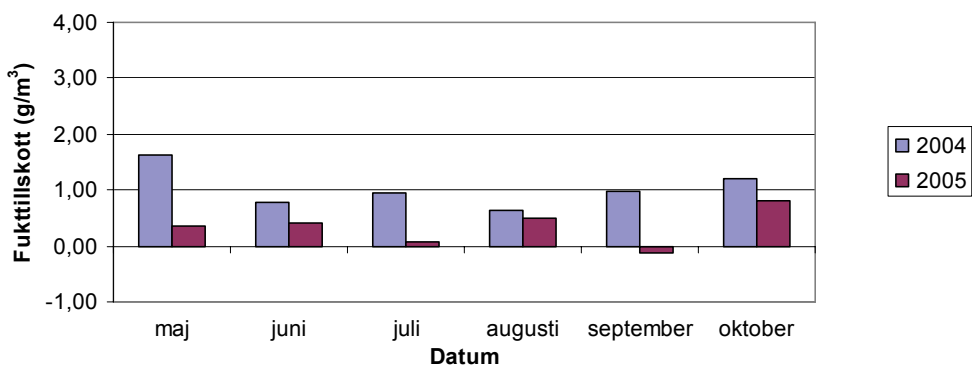
Lägenhet 600 Sovrum



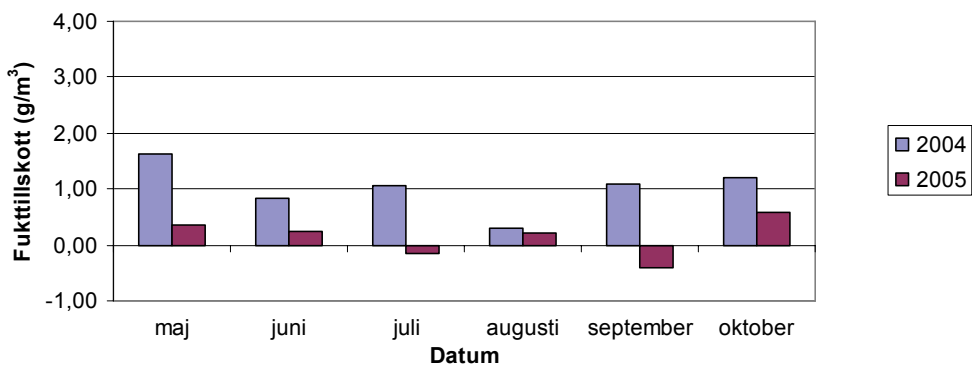
Lägenhet 606 Sovrum



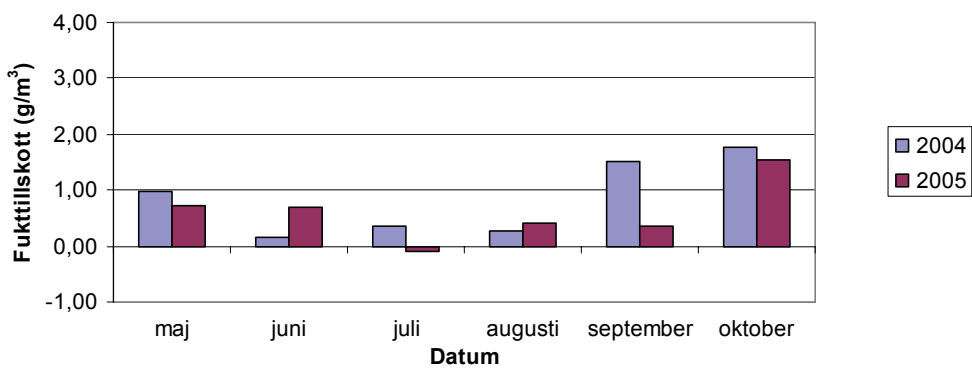
Lägenhet 574 Vardagsrum



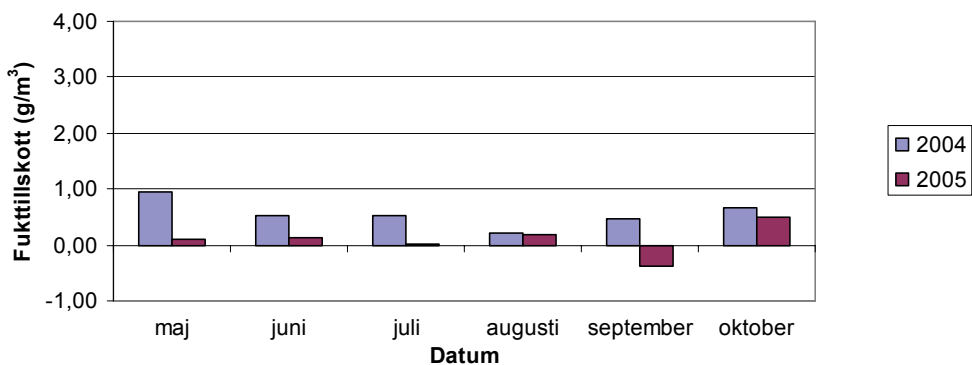
Lägenhet 577 Vardagsrum



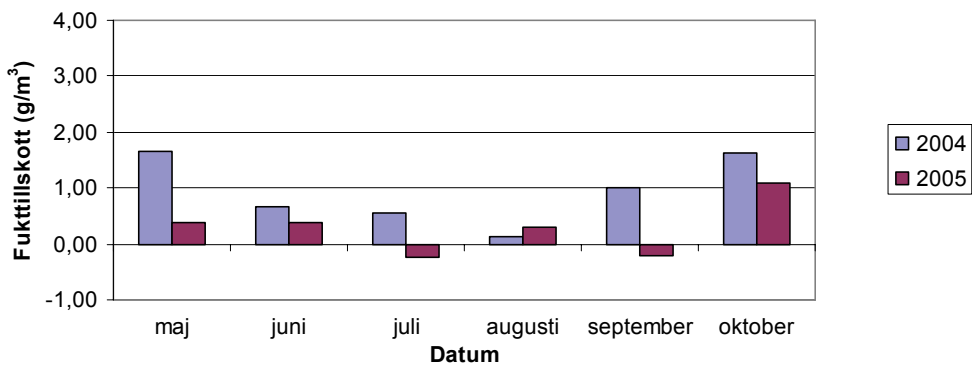
Lägenhet 594 Vardagsrum



Lägenhet 600 Vardagsrum

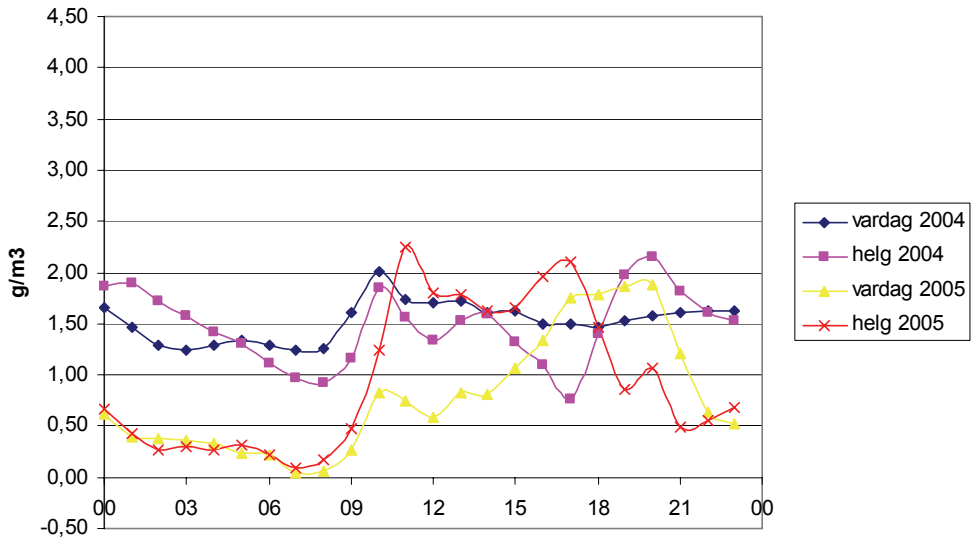


Lägenhet 606 Vardagsrum

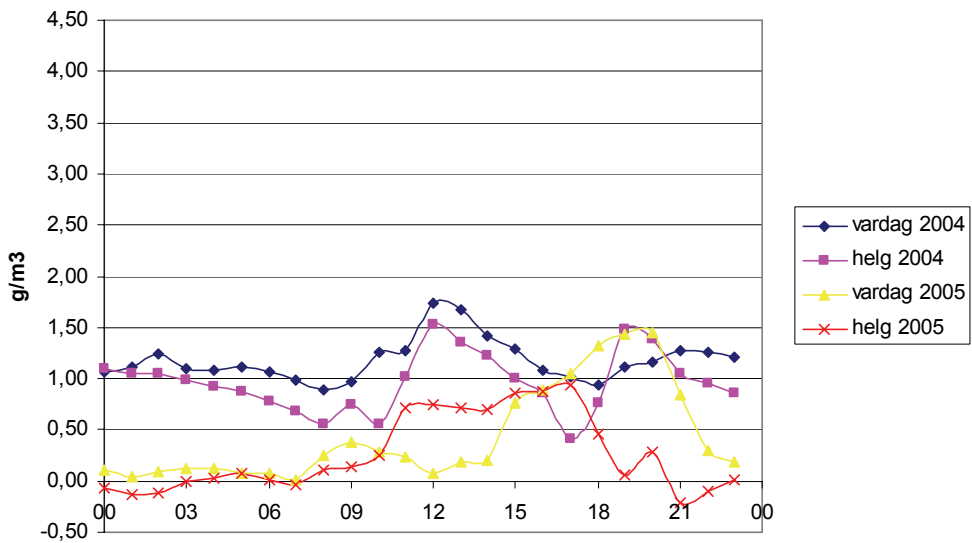


Nedan redovisas diagrammen som visar hur fukttillskottet varierar i badrummen över dygnet för juni-juli under 2004 och 2005.

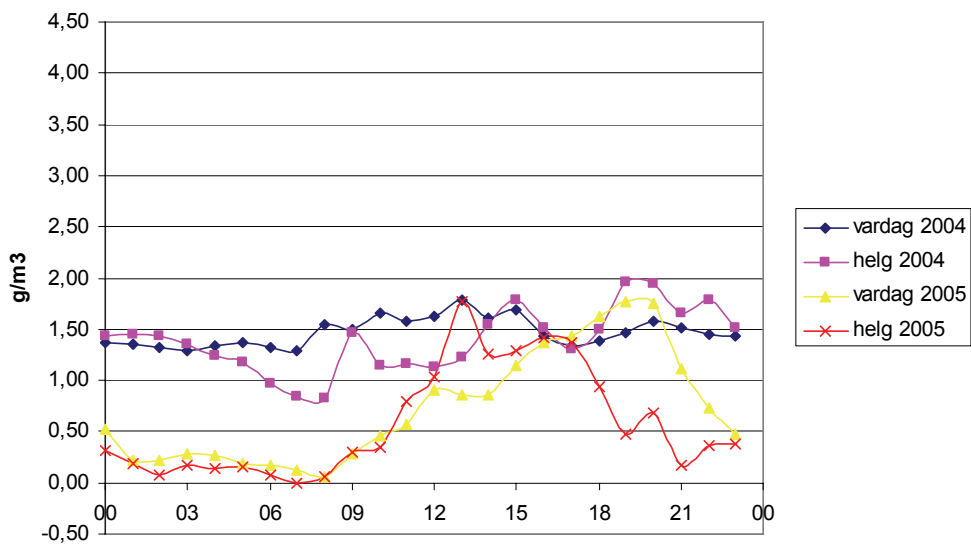
Fukttillskott lgh 574



Fukttillskott lgh 600



Fukttillskott lgh 606



8.4 Bilaga 4 Enkätundersökning



LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA
Lunds universitet



Enkät för undersökning av inneklimatet på Vendelsfridsgratan 11

Som Ni säkert känner till har MKB installerat nya ventiler samt takfläktar under 2004. Detta gjordes för att säkerställa ett bra inneklimat med fullgod ventilation året om. I samband med ombyggnaden upptäcktes att en del av värmesystemet var sönder vilket orsakade en ibland ojämn temperatur inomhus. Det hade följaktligen ingenting med de nya ventilerna att göra.

Både inomhusklimat och energianvändningen studeras nu för att se om huset fungerar så bra som det var tänkt. I en del lägenheter finns det mätare som registrerar både temperatur och luftfuktighet för att analysera hur inneklimatet har förändrats. Dock är det inte tillräckligt med bara mätningar för att avgöra om inneklimatet är bra. Vi behöver även veta hur Ni som bor i huset upplever inneklimatet. Därför är vi tacksamma om Ni svarar på frågorna nedan. Kryssa i och skriv eventuella kommentarer.

Fyll i blanketten och lämna den i pappådan som är märkt "Inneklimatenkät, LTH" vid entrén **senast på måndag den 25 september kl 15**. Enkätsvaren kommer att hanteras anonymt.

Martin Edfeldt & Erik Elsmén från Tekniska Högskolan i Lund i samarbete med MKB & SWECO (nås vid ev. frågor på 046-222 45 713)

1. Tycker Ni att det känns obehagligt kallt någonstans i lägenheten. T ex i närheten av fönster eller balkongdörr?
- Har inte tänkt på det
 - Aldrig
 - Ja, någon enstaka gång vid.....
 - Ja, ofta vid

2. Besväras Ni av att det blir för varmt i lägenheten sommartid?
- Har inte tänkt på det
 - Aldrig
 - Ja, någon enstaka gång
 - Ja, ofta
- Ev. kommentarer.....

- Besväras Ni av att det blir för kallt i lägenheten vintertid?
- Har inte tänkt på det
 - Aldrig
 - Ja, någon enstaka gång
 - Ja, ofta
- Ev. kommentarer.....

3. Behöver Ni vädra för att Ni tycker att luften är dålig?
- Aldrig
 - Ibland
 - Ofta
- Ev. kommentarer.....

4. Behöver Ni vädra för att Ni tycker att det är för varmt i lägenheten?
- Aldrig
 - Ibland
 - Ofta
- Ev. kommentarer.....

5. Hur ofta vädrar Ni vanligtvis under eldningssäsongen?
- dagligen/nästan varje dag
 - ungefär 1 gång i veckan
 - någon gång i månaden
 - vädrar sällan eller aldrig
- Ev. kommentarer.....

6. När Ni vädrar, vädrar Ni då oftast genom att....?
- ha vädringsfönster/fönster öppet hela dagen/natten
 - ha vädringsfönster/fönster öppet några timmar
 - korsdrag i några minuter
 - vädrar aldrig
- Ev. kommentarer.....

7. Har Ni problem med imma i badrummet?

- Har inte tänkt på det
- Ja
- Nej

Ev. kommentarer.....

8. Har Ni problem med att lukt sprids i lägenheten?

- Har inte tänkt på det
- Ja
- Nej

Ev. kommentarer.....

9. Tycker Ni att ventilationen har blivit bättre efter ombyggnaden?

- Har inte tänkt på det
- Ja
- Nej
- Har inte varit bosatt i lägenheten innan ombyggnaden

Ev. kommentarer.....

10. Hur många bor stadigvarande i Din lägenhet?

Räkna även med Dig själv.

-antal vuxna
-antal barn 0-6 år
-antal barn 7-17 år

11. Övriga kommentarer som knyter an till ovanstående frågor (ventilation, temperatur).

.....
.....

12. Vilken våning bor Ni på?

13. Bor Ni i en lägenhet som MKB har installerat en mätare?

I så fall vilken?.....

Tack för att Ni vill delta i undersökningen, era svara är värdefulla!!