

# Inomhusklimatproblem i Sundshuset Västra Hamnen i Malmö

*Mikael Carlsson*

---

Avdelningen för installationsteknik  
Institutionen för bygg- och miljöteknologi  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet, 2004  
Rapport TVIT-04/5001



## Avdelningen för installationsteknik

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 som ger bra inneklimat i samverkan med byggnaden.

Nuvarande forskning innefattar bl a utveckling av metoder för utveckling av beräkningsmetoder för godtyckliga flödessystem, konvertering av direkt - elvärmade 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.

Inomhusklimatproblem  
i Sundshuset  
Västra Hamnen i Malmö

*Mikael Carlsson*

@ copyright Mikael Carlsson och institutionen för bygg- och miljöteknologi, avdelningen för installationsteknik, Lunds tekniska högskola, Lund 2004

Layout, bilder: Mikael Carlsson

Rapport TVIT-5001  
Inomhusklimatproblem i Sundshuset Västra Hamnen i Malmö

Institutionen för bygg- och miljöteknologi, Lunds tekniska högskola, Lund

ISRN LUTVDG/TVIT--04/5001--SE(52)

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

Telefon: 046-2227389  
Telefax: 046-2224535  
e-post: [hvac@hvac.lth.se](mailto:hvac@hvac.lth.se)  
hemsida: <http://www.hvac.lth.se>

## Förord

Jag vill rikta ett tack till min handledare Lars Jensen vid Avdelningen för installationsteknik för stort tålamod och vilja att förklara. Andra personer som jag vill tacka är Leif Johansson och Sven Gösta Sverell vid Skanska Teknik AB, som ställt upp och försökt svara på alla frågor som jag haft. Kristian Andersson har varit till stor hjälp i jakten på uppgifter och hållit i alla trådar.

Även de boende ska tackas, stor samarbetsvilja har visats då jag kommit på besök.

Stort tack till alla övriga på Avdelningen för installationsteknik som hjälpt mig med mitt examensarbete.

Tack till Christian och Malena som korrekturläst samt hjälpt mig med engelskan.

Lund december 2003

Mikael Carlsson

## Abstract

In this dissertation there is an analysis made on the problems around Skanska's Sundshuset, which is located in Malmö. The house was built for Bo01 and the construction time was extremely short, approximately one year. There have been many problems concerning the building, such as draught coming from the walls and windows. Amongst other problems can be mentioned high energy usage, ventilation problems and cold apartments during wintertime.

## Sammanfattning

Problem med inomhusklimatet är något som uppmärksammas allt mer på senare tid. Det finns många exempel på hus som inte fungerar som de ska. Exempelen är många där problem med värme och ventilation inte fungerar tillfredsställande och där den snabba byggtiden lett till problem. I det här arbetet görs en analys av Skanskas Sundshuset i Malmö. Huset byggdes på bomässan Bo01 och byggtiden var extremt kort, ca ett år. Problemen med huset har varit många, till exempel har man upplevt drag från väggar, fönster och eldosor. Andra problem har varit den höga energianvändningen och kalla lägenheter på vintern. Bo01:s vision har varit 105 kWh/m<sup>2</sup> och år, men vissa lägenheter har legat högre än dessa riktvärden. På senare tid har andra problem såsom matos i lägenheter och trapphus uppkommit. Även problem med ljud från ventilationsdon och kanaler har förekommit.

Husets konstruktion är prefabricerad stål- och betongstomme, samt utfackningsväggar av träreglar, gipsskivor och isolering med puts. Värmesystemet består av vattenburen värme uppvärmt genom värmeväxling av frånluften. Varmvattnet värms av fjärrvärme. Huset ventileras av mekanisk frånluft medan tilluften kommer in genom ventiler i ytterväggarna bakom radiatorerna.

För att reda ut vad som orsakar klimatproblemen i huset har ett flertal försök gjorts, bl.a. provtryckning av en lägenhet dels före och dels efter tätning av eldosor, kontrollmätningar av de stormsäkringar som sitter i ytterväggsventilerna, kontrollmätningar av en modifierad stormsäkring samt simuleringar av ventilationssystemet med datorprogrammet PFS. En noggrann genomgång av programmet Enorm har gjorts. Enorm är det program man använder för att uppskatta energianvändningen. Även intervjuer med de boende har utförts och åtgärdsförslag har framförts till Skanska.

I förslaget har det framförts att man ska byta ut de befintliga stormsäkringarna mot nya, modifierade stormsäkringar med backventil för att förhindra att det ska blåsa tvärs genom lägenheten. Andra förslag har varit att injustera samtliga frånluftsdon och spiskåpor till rätt flöden enligt PFS. Tätning kring alla el- och teledosor har varit ett annat förslag, då detta visat sig vara effektivt vid en provtryckning.

Analysen av Enorm visade att programmet underskattar energibehovet. Anledningarna till detta är flera: bl.a. underskattning av luftläckaget och överskattning av solinstrålning. Andra felaktigheter är de som konstruktören definierar, t.ex. felaktiga U-värden och för låga inomhustemperaturer. Detta beror ofta på att Enorm-beräkningarna görs i ett tidigt skede av byggprocessen, då det är svårt att få fram värden på alla byggdelar.

## Innehållsförteckning

<b>1 INLEDNING .....</b>	<b>1</b>
1.1 BAKGRUND.....	1
1.2 SYFTE .....	1
1.3 METOD .....	2
1.4 AVGRÄNSNINGAR.....	2
<b>2 BESKRIVNING AV SUNDSHUSET.....</b>	<b>3</b>
2.1 ALLMÄN BESKRIVNING AV HUSET.....	3
2.2 BESKRIVNING AV VENTILATIONSSYSTEMET .....	4
<b>3 BESÖK I SUNDSHUSET .....</b>	<b>5</b>
3.1 BESÖK I LÄGENHET 121 .....	5
3.2 BESÖK I LÄGENHET 111 .....	6
3.3 BESÖK I LÄGENHET 122 .....	6
3.4 BESÖK I LÄGENHET 232 .....	6
3.5 BESÖK I LÄGENHET 131 .....	7
<b>4 MÄTNINGAR AV STORMSÄKRINGAR .....</b>	<b>9</b>
4.1 KONTROLL AV BEFINTLIG, FABRIKSNY STORMSÄKRING.....	9
4.1.1 Teori och beskrivning av produkten.....	9
4.1.2 Metod.....	10
4.1.3 Analys.....	11
4.2 KONTROLL AV BEGAGNAD STORMSÄKRING SAMT GALLER OCH INSEKTSNÄT .....	12
4.2.1 Teori.....	12
4.2.2 Metod.....	12
4.2.3 Analys.....	12
4.3 KONTROLL AV STORMSÄKRING MED BACKVENTIL .....	13
4.3.1 Teori.....	13
4.3.2 Analys.....	14
4.4 KONTROLL AV Z-BÖJ.....	15
4.4.1 Teori.....	15
4.4.2 Metod.....	15
4.4.3 Resultat och analys.....	15
4.4.4 Slutsats.....	16
<b>5 KONTROLL AV LÄCKOR FRÅN AVLUFTSKANAL .....</b>	<b>17</b>
5.1 TEORI OCH METOD.....	17
5.2 RESULTAT .....	17
5.3 ÅTGÄRDER .....	18
<b>6 ANALYS AV ENORMBERÄKNING .....</b>	<b>19</b>
6.1 BAKGRUND.....	19
6.2 ENORMBERÄKNINGEN TILL HAVSHUSET.....	19
6.3 SLUTSATSER.....	20
<b>7 KONTROLL OCH ANALYS AV VENTILATIONSSYSTEMET MED HJÄLP AV PFS .....</b>	<b>21</b>
7.1 TEORI.....	21
7.2 RESULTAT OCH ANALYS.....	21
7.2.1 Simulering 1, 200 Pa undertryck.....	21
7.2.2 Simulering 2, 300 Pa undertryck.....	22
7.2.3 Simulering 3, 300 Pa undertryck samt uteluftsventiler.....	22



<b>8 PROVTRYCKNING MED BLOWER DOOR.....</b>	<b>23</b>
8.1 TEORI .....	23
8.2 RESULTAT OCH ANALYS AV PROVTRYCKNING NR 1 .....	23
8.3 RESULTAT FRÅN PROVTRYCKNING NR 2 .....	25
8.4 FELKÄLLOR OCH KOMMENTARER.....	25
8.5 SLUTSATS .....	26
<b>9 SLUTSATS OCH DISKUSSION.....</b>	<b>27</b>
<b>10 REFERENSER .....</b>	<b>29</b>
10.1 TRYCKTA KÄLLOR .....	29
10.2 MUNTliga KÄLLOR.....	31
10.3 INTERNETKÄLLOR .....	31
<b>11 APPENDIX.....</b>	<b>33</b>
11.1 FLÄKTKURVA FÖR FRÅNLUFTSFLÄKTEN .....	33
11.2 FLÖDEN I SPISKÅPORA ENLIGT PFS VID 200 PA .....	34
11.3 FLÖDEN I SPISKÅPORA ENLIGT PFS VID 300 PA .....	36
11.4 FLÖDEN I SPISKÅPORA ENLIGT PFS VID 300 PA MED UTELUFTSINTAG .....	38
11.5 RESULTAT AV DEN FÖRSTA PROVTRYCKNINGEN I LÄGENHET 141 .....	40
11.6 RESULTAT AV DEN ANDRA PROVTRYCKNINGEN I LÄGENHET 141 .....	41
11.7 PLANRITNING, PLAN 1 .....	42
11.8 SEKTION, DETALJER LUFTINTAG.....	43
11.9 DETALJER LUFTINTAG, SETT UPPIFRÅN.....	44

# 1 Inledning

Byggbranschen har på senare år hamnat i blickfånget för allmänheten och orsaken har varit ett flertal "skandaler". Det har framförallt handlat om dåligt byggda broar, tunnlar och hus. Många hus har fått renoveras och saneras efter mögelskador redan efter ett par år. Andra problem har uppkommit på grund av slarv och byggtekniska fel som följd av tidspressen. De senaste exemplen har varit Hammarby Sjöstad i Stockholm och bomässan Bo01 i Malmö där de extremt korta byggtiderna har lett till problem. Det är dock inte hela förklaringen till att många hus har brister. Kunskapen finns, men används den?

## 1.1 Bakgrund

Sundshuset är beläget i Västra Hamnen i Malmö och är ett femvåningshus. Huset ingår tillsammans med ett antal radhus och punkthus i Havshuset, som är ett av Skanska tre projekt på området. Sundshuset uppfördes under åren 2000-2001 och har 16 lägenheter. I det här arbetet är det enbart femvåningshuset, Sundshuset, som kommer att behandlas. Problemen med klimatet började under vintern 2001 när de boende klagade på att det var dålig värme i huset. Sedan dess har flera klagomål framförts, t.ex. dålig ventilation, matos i trapphus och i lägenheterna, oljud från ventilationsdon och radiatorer samt drag från väggar, dörrar, fönster och el-/teledosor.

Andra klagomål som framförts är att lägenheterna använder mer energi än beräknat. Enligt ett kvalitetsprogram framtaget för Bo01 av Malmö Stad och Sydkraft skulle lägenheterna använda maximalt 105 kWh/m<sup>2</sup> och år. Av dessa 105 kWh/m<sup>2</sup> skulle 70 kWh/m<sup>2</sup> gå till värme och 35 kWh/m<sup>2</sup> till hushållsel<sup>1</sup>. Många av lägenheterna ligger idag på det dubbla eller ännu mer.

## 1.2 Syfte

Syftet med examensarbetet är att utvärdera situationen i Sundshuset beträffande inneklimatet samt att utarbeta en handlingsplan för hur man ska komma tillrätta med problemen.

---

<sup>1</sup> Li Lövehed, Sydkraft den 24 oktober 2003

### 1.3 Metod

En stor del av examensarbetet kommer att bestå av fältundersökningar på plats i Sundshuset. Detta är en viktig del av arbetet för att få en korrekt bild av problemsituationen. På plats kommer samtal att föras med de boende för att klargöra hur var och en upplever sitt boende. Dessa samtal ska resultera i en kartläggning av problemen. Undersökningar kommer att göras i huset, såsom provtryckningar och tester med rökgas. Utöver besök, intervjuer och mätningar på plats kommer också en stor del av arbetet att bestå av beräkningar, både på dator och för hand. En fullständig datorsimulering av ventilationssystemet ska ligga till grund för injustering av fläkten. En annan viktig del av arbetet kommer att utgöras av laboratorieförsök där luftströmningarna i uteluftsintagen simuleras. Detta görs i en kontrollerad miljö eftersom det är svårt att göra på plats. Gamla energiberäkningar ska genomgå en noggrann kontroll och tillförlitligheten av dessa ska undersökas. Till grund för den kontrollen kommer ritningar och andra bygghandlingar att ligga. Även samtal med leverantörer av byggnadsmaterial ska ge svar på frågor.

### 1.4 Avgränsningar

I första hand kommer inomhusklimatet att behandlas, främst ventilation. Det är inom det området flest klagomål uppkommit. Därför kommer inte andra problem att tas upp här såsom akustiska problem eller konstruktionstekniska aspekter. Beräkningar på värmesystemet kommer inte att behandlas eftersom tiden för examensarbetet är begränsad.

## 2 Beskrivning av Sundshuset

### 2.1 Allmän beskrivning av huset

Huset består av fem plan samt källare. På varje plan finns fyra lägenheter uppdelade på två trapphus. I sektion ser huset ut så här med lägenhetsnummer och trapphus (sett från väst):

141 plan 2	Trapphus 31	142 plan 2	241 plan 2	Trapphus 29	242 plan 2
141 plan 1		142 plan 1	241 plan 1		242 plan 1
131		132	231		232
121		122	221		222
111		112	211		212

I Appendix 11.7 finns en planritning över plan 1. Lägenheterna på plan 1 har utrymme i källaren, där även alla lägenheter har förråd. Under hela Bo01-området löper ett stort garage, ingång till detta finns i källaren. Lägenheterna på plan 4 har även utrymmen på plan 5, där återfinns bastu, badrum och vardagsrum.

Husets konstruktion är stålstomme med prefabricerade betongbjälklag. Utfackningsväggarna består av gips, träreglar, isolering samt puts på utsidan. Gavelväggarna och trapphusväggarna består av betong, vilka tar vindlasterna.

Huset ventileras av ett FVP-system, där uteluft tas in genom ventiler bakom radiatorerna. Frånluften tas sedan ut genom ventiler i kök, badrum och WC. I fem av lägenheterna finns även en tvättstuga som ventileras med frånluft. I källaren samlas alla ventilationskanalerna och där finns också fläkten. Den uppvärmda frånluften går sedan igenom värmepumpen som enbart försörjer uppvärmningen i huset. Mer om ventilationssystemet beskrivs i kapitel 2.2. Uppvärmning av varmvatten sker med hjälp av fjärrvärme.



Figur 2.1 Sundshuset sett från sydväst.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> www.velfac.se

## 2.2 Beskrivning av ventilationssystemet

Genom varje lägenhet löper två stycken schakt. Dessa schakt innehåller ventilationskanaler till de olika lägenheterna samt centralsugarrör och kanaler till solvärmepaneler som finns på taket. Totalt finns det åtta olika schakt i huset. Varje lägenhet har separata frånluftskanaler med hänsyn till brandklassningen. Plan 1 skiljer sig från de övriga planen eftersom köket där har en egen frånluftskanal. Här har WC och badrum gemensam kanal och schakt. På de övriga planen delar köket kanal med WC medan badrummet har en egen kanal. Alla kanalerna går sedan i schaktet ner till källarplan där de samlas i en samlingslåda. Det finns sammanlagt åtta samlingslådor. Från samlingslådorna går sedan frånluften till en gemensam fläkt och värmepump.

Fläkten är av typ MXKD 56A-4 från tillverkaren ZIEHL-ebm. Produktblad för fläkten finns bifogat i Appendix 11.1. Fläkten är varvst styrd för att hålla ett visst tryck oavsett hur många lägenheter som forcerar spiskåpan. Avluften tas sedan ut genom en vertikal kanal i det norra trapphuset (31). Kanalen är rektangulär, 400\*800 mm, den sista biten är dock cirkulär med 500 mm i diameter. På taket sitter en huv som skydd. Avluft från garaget tas ut genom en vertikal kanal i södra trapphuset (29).

Tilluften kommer in genom ventiler i ytterväggarna, i de flesta fall bakom en radiator men det förekommer att tilluften tas in genom ventiler som saknar uppvärmning. Anledningen till att denna typ av ventilationslösning används är främst ekonomisk. Det är billigt att bygga på det viset. Man sparar stora kostnader på att inte ha tilluftsfläkt eller tilluftskanaler. Nackdelarna med systemet är att det uppstår drag och okontrollerad ventilation. Framförallt är det en nackdel att ha systemet i hus som ligger nära havet vilket Sundshuset gör, eftersom vindstyrkorna ofta är högre än i tät bebyggelse.

Ytterst i väggen sitter ett utvändigt galler med insektsnät, sedan sitter en stormsäkring (Fresh), isoleringsrör med diameter 100 mm, z-böj (perforerad metalllåda) och slutligen närmst radiatoren ett filter (Flimmer) med irisspjäll som reglerar luftflödet. Se Appendix 11.8 och 11.9 för detaljer. Irisspjällets öppningsdiameter går att variera mellan 2 och 10 cm. Z-böjen sitter direkt i isoleringen i utfackningsväggen och dess främsta funktion är att fungera som ljuddämpare. En rak kanal skulle släppa igenom mycket mer ljud. Anledningen till att det finns ljuddämpare beror på att Kockums varvsindustri har tillåtelse till att hålla en hög ljudnivå.<sup>3</sup> Syftet med stormsäkringen är att förhindra att för stora mängder uteluft kommer in då det blåser mycket.

---

<sup>3</sup> Sven Gösta Sverell, Skanska Teknik AB

## 3 Besök i Sundshuset

För att få en heltäckande bild över situationen i huset gjordes ett försök att kartlägga alla lägenheters problem och brister. Via en förfrågan fick alla lägenhetsinnehavare ett erbjudande om att få ett besök där alla felaktigheter noterades. Av 16 lägenheter är tio sålda, och av de tio besöktes fem. I besöket intervjuades de boende för att få deras syn på saken och en rundvandring i lägenheten gjordes. Alla brister som de boende klagade på noterades men även sådant som var positivt med boendet antecknades. Uppgifter om energianvändningen kommer från en sammanställning av mätarställningen i alla lägenheter från april 2002 till mars 2003.

### 3.1 Besök i lägenhet 121

Lägenheten ligger på andra våningen i norra delen av huset. Boytan är 132 m<sup>2</sup>, lägenheten har fasad mot alla vädersträck. Energianvändningen<sup>4</sup> per år är 94 kWh/m<sup>2</sup>. Vid besök den 22 september 2003 noterades följande klagomål:

- Oljud i frånluftsdon i badrum.
- Maximal inomhustemperatur uppgår till 20° C. ”Man måste ta på sig extra kläder om man sitter stilla i soffan”.
- Drag från fönster och glasdörr i kök.
- Drag från eldosor i västfasad vilket bekräftas efter besök. Flödet kändes tydligt trots låg vindhastighet utomhus (ca 5 m/s).
- Oljud från avluftskanal i trapphus.
- Matos i trapphus.
- Spiskåpan ej tillfredsställande vid forcering. Matos i lägenheten vid matlagning. Kan bero på att lägenheten har ett extra frånluftsdon i ett sovrum som är ombyggt till tvättstuga. Det är oklart om donet är kopplat på samma kanal som spiskåpan (troligtvis, annars bryter det mot brandsäkerheten). Ventilationslösningen<sup>5</sup> finns inte på någon ritning.

Positivt är att de boende är nöjda med frånluften i badrum, WC och tvättstuga. ”Det blir aldrig fukt på speglarna, trots att två personer duschar efter varandra.”

Lägenheten använder mindre energi än andra lägenheter trots dess storlek (näst största lägenheten i huset), men beror troligtvis på att de boende är ”bortresta flera dagar i sträck”.

---

4 Energistatistik från Sydkraft april 2002 till mars 2003

5 Sven Gösta Sverell den 25 september

### 3.2 Besök i lägenhet 111

Objektet är en hörnlägenhet belägen i bottenvåningen i norra delen av huset med fasad mot alla vädersträck. Boytan är 125 m<sup>2</sup> och energianvändningen per år är 169 kWh/m<sup>2</sup>. Vid besök den 25 september 2003 noterades följande brister och klagomål:

- Drag från eldosor i vägg mot väster.
- Dålig ventilation i kök (matos i lägenhet) och badrum/tvätt (fukt).
- Hög energianvändning (169 kWh/m<sup>2</sup> och år).
- Oljud från ovanvåning (stegljud).
- Kalla väggar i källare.
- Matos i trapphus (enligt tidigare).

Ändringar har gjorts i lägenheten. I ett av sovrummen har en större radiator monterats. Även i källaren har en extra radiator monterats för att stoppa kallraset från fönstret och källarväggen mot väster. Ett fönster i ett av sovrummen har justerats eftersom det var otätt. Man har isolerat under det uppreglade övergolvet i sovrum och kök.

### 3.3 Besök i lägenhet 122

Boytan är 106 m<sup>2</sup>, energianvändning per år är 99 kWh/m<sup>2</sup>. Lägenheten besöktes den 25 september 2003. De boende har inga speciella klagomål utan är i stort sett nöjda med hur lägenheten fungerar. Det man kan anmärka på är ventilationen i köket. Dåligt drag i spiskåpan vid forcering gör att matos sprids i lägenheten. Ägarna är nöjda med ventilationen i badrum och WC. ”Det förekommer aldrig fukt efter dusch eller torktumling.”

Ägarna är även nöjda med inomhustemperaturen som de tycker är acceptabel. Vid besöket kunde inget drag noteras från eldosor eller dylikt. Enligt ägarna hade tätningsarbeten utförts vid fönster i kök. Inga störande ljud finns från frånluftsdon. Även här störs de boende av matos i trapphuset.

### 3.4 Besök i lägenhet 232

Lägenheten ligger mitt i huset på tredje våningen. Boytan är 90 m<sup>2</sup>. Energianvändning per år är 153 kWh/m<sup>2</sup>. Vid besök den 6 oktober 2003 noterades att de boende har problem med värmen på vintern i lägenheten. Vintern 2002-2003 var det mycket kallt i lägenheten. Andra problem är att det vid matlagning sprids matos i lägenheten. Detta trots att öppningen i spisfläkten är maximal både vid grundflöde och vid forcering. Även i trapphuset förekommer matos.

Positivt är att drag från fönster och eldosor är åtgärdat. Ventilationen fungerar bra både i WC och i badrum/tvättstuga.

### 3.5 Besök i lägenhet 131

Objektet är en hörnlägenhet på tredje våningen belägen i norra delen av huset. Lägenheten har fasad mot alla vädersträck utom söder. Boytan är 105 m<sup>2</sup>, energianvändning per år är 119 kWh/m<sup>2</sup>. Vid besök den 6 oktober 2003 kunde drag från samtliga eldosor i västfasaden tydligt kännas. Tidigare vinter hade lägenheten temperaturer kring 18-19° C.

Ventilationen fungerar bra i både kök, badrum och WC. Det blir aldrig fukt i badrum efter dusch. Ingen matos märks i lägenheten vid matlagning, dock störs de boende av matos i trapphuset. Det finns inga anmärkningsvärda ljudnivåer från don i badrum eller WC. Däremot brusar spiskåpan onormalt mycket.





## 4 Mätningar av stormsäkringar

Olika försök har utförts eftersom det finns olika varianter av stormsäkringar.

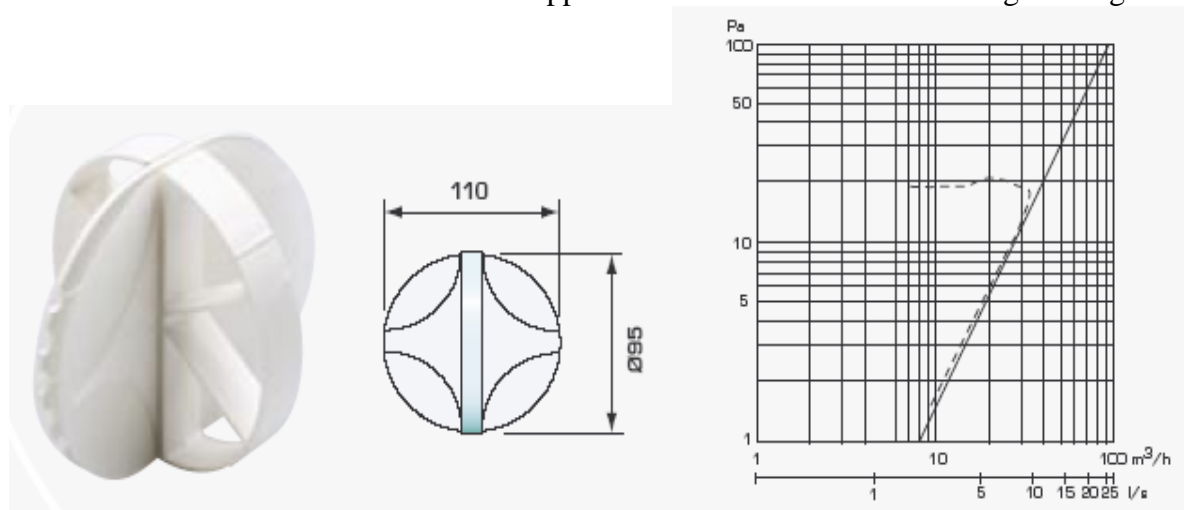
- Fabriksny stormsäkring, samma som finns i byggnaden. (Kapitel 4.1)
- Begagnad stormsäkring med galler, hämtad från byggnaden. (4.2)
- Fabriksny stormsäkring med backventilfunktion. (4.3)
- Z-böj med galler och stormsäkring hämtad från byggnaden. (4.4)
- Z-böj med galler och fabriksny stormsäkring med backventilfunktion. (4.4)

### 4.1 Kontroll av befintlig, fabriksny stormsäkring

#### 4.1.1 Teori och beskrivning av produkten

En hypotes är att tilluftsventilerna släpper in för mycket luft och därmed orsakar vad som upplevs som ”drag”. Om det släpps in för mycket uteluft hinner inte radiatorerna värma den kalla uteluften, följderna blir kallras vid fönster och en känsla av ”drag”. Tilluftsventilerna är utrustade med en stormsäkring, som ska stänga när det blåser för mycket. Enligt Figur 4.1 ska stormsäkringen börja stänga när tryckdifferensen är 20 Pa<sup>6</sup>. Stormsäkringen fungerar genom att gummiflansar, vilka initialt sitter i vindriktningen, stänger öppningen då luftflödet blir för stort.

Stormsäkringen tillverkas av Fresh Ventilation och benämns som Stormsäkring 95, se Figur 4.1. Intressant är att det finns snitt utskurna på de flansar som ska stänga ventilen. Enligt Fresh<sup>7</sup> ska dessa snitt finnas där för att släppa in lite luft även om stormsäkringen stänger.



Figur 4.1. Stormsäkring 95 och sambandet mellan flöde och tryck enligt tillverkaren.<sup>8</sup>

<sup>6</sup> [http://www.fresh.se/pdf/bostad/Stormsakring\\_lowres.pdf](http://www.fresh.se/pdf/bostad/Stormsakring_lowres.pdf)

<sup>7</sup> Fresh, den 15 september 2003

<sup>8</sup> [http://www.fresh.se/pdf/bostad/Stormsakring\\_lowres.pdf](http://www.fresh.se/pdf/bostad/Stormsakring_lowres.pdf)

#### 4.1.2 Metod

För att kontrollera hur stormsäkringen fungerar gjordes en uppställning i laboratoriet på LTH där luft passerade genom stormsäkringen med hjälp av en fläkt, samtidigt som statiskt tryck och totaltryck mättes i kanalen. Se uppställning i Figur 4.2.

Kanalens diameter var 100 mm. För att få mätvärden som var tillräckligt stora, placerades en egentillverkad strypfläns i kanalen (gren 1). Strypflänsens öppningsdiameter var 21/16 tum, cirka 33 mm.

Totaltrycket mättes strax före och efter strypflänsen. Dessa värden ligger till grund för bedömning av flödet enligt sambandet nedan. Det statiska trycket mättes strax före stormsäkringen och jämfördes med omgivande tryck (atmosfärstryck).

Flödet varierades genom att spjällen på de olika grenarna varierades. De största flödena erhöles genom att proppa gren 2 och 3 helt.

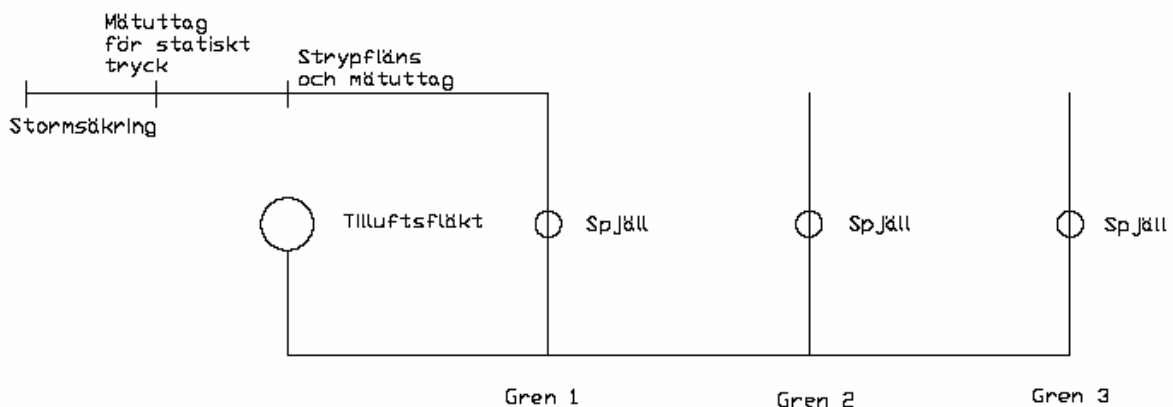
Flödet bestämdes med hjälp av följande samband<sup>9</sup> för strypflänsar:

$$q = K \frac{\rho d^2}{4} \sqrt{2\Delta p / \rho}$$

[m<sup>3</sup>/s]

$d$	Strypflänsens diameter	[m]
$D$	Kanalens diameter	[m]
$K$	Flödeskoefficient	[-]
$\Delta p$	Totaltryckskillnaden före och efter strypfläns	[Pa]
$\rho$	Luftens densitet	[kg/m <sup>3</sup> ]
$q$	Luftflödet	[m <sup>3</sup> /s]

$K$  bestäms till 0,6 med hjälp av förhållandet mellan  $d$  och  $D$  samt Reynolds tal.<sup>10</sup> Luftens densitet är 1,2 kg/m<sup>3</sup>.



Figur 4.2. Försöksuppställning.

<sup>9</sup> ASME Research Committee on fluid Meters 1959

<sup>8</sup> ASME Research Committee on fluid Meters 1959

### 4.1.3 Analys

Resultatet kan ses i Diagram 4.1. Det finns ett samband mellan ökat flöde och tryckfallet över stormsäkringen. Vid små flöden, upp till 5 l/s, krävs inga större tryckskillnader för att driva genom luft. Stormsäkringen börjar sedan stänga och stryker flödet till 4 l/s vid 100 Pa. Stormsäkringen tenderar sedan att släppa in mer luft med ökad statistiskt tryckskillnad. Mätningarna har sträckt sig upp till 290 Pa, helt enkelt för att fläkten inte kunde åstadkomma mer tryck. Linjen i diagrammet visar hur luftflöden och tryck beter sig med ökad tid.

Anmärkningsvärt är att stormsäkringen inte släpper igenom mer än 5 l/s vid normala tryckskillnader, till skillnad från produktbladet som lovar 10 l/s. En annan anmärkning är att stormsäkringen stänger vid 20 Pa precis som produktbladet visar, men vid 100 Pa vänder kurvan och stormsäkringen börjar släppa in mer luft. Detta sker eftersom gummiflansarna deformeras och därmed inte sluter tätt längre. En annan anledning är det snitt som finns i gummiflansarna. Snittet gör att flänsen delas upp i en styv och en veka del. Den styva delen står emot vindtrycket medan den veka delen viker sig. Det är genom den veka delen som den största mängden luft passerar.

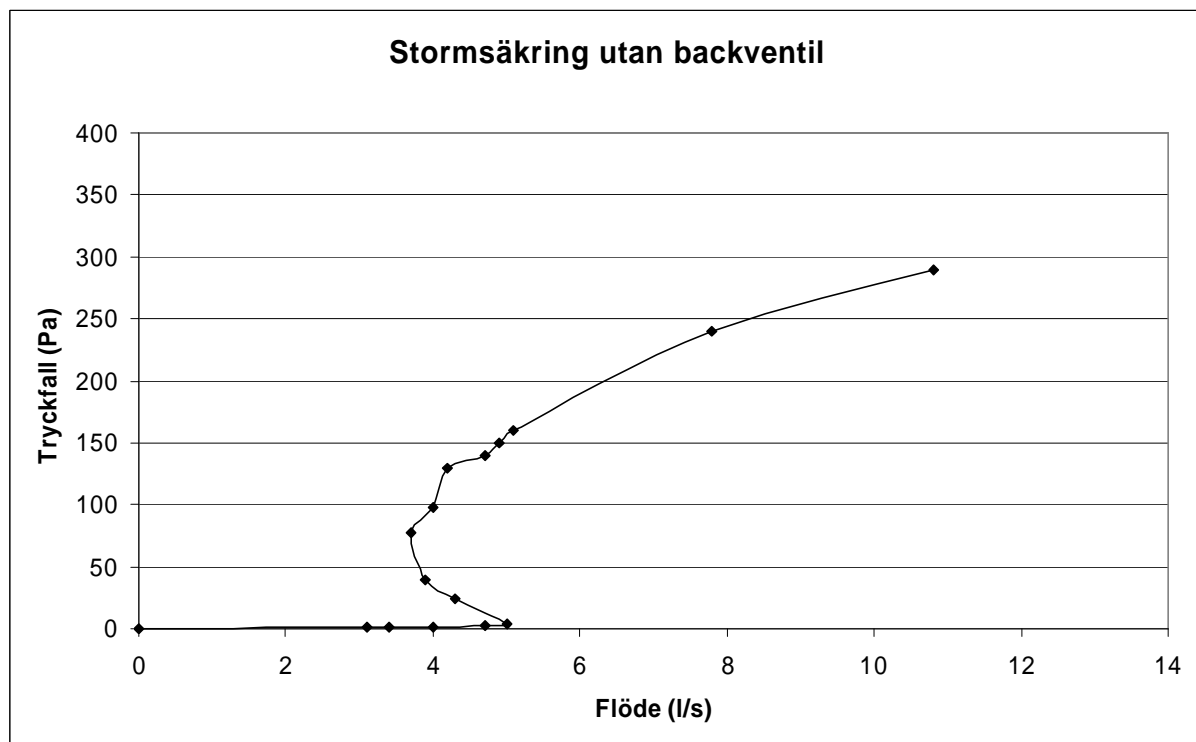


Diagram 4.1. Samband mellan statistiskt tryck och flöde genom stormsäkringen.

## 4.2 Kontroll av begagnad stormsäkring samt galler och insektsnät

### 4.2.1 Teori

För att skapa en verklig bild av hur luften beter sig i tilluftsdonen togs en stormsäkring ut ur ytterväggen. Samtidigt togs ett galler med insektsnät ner. Dessa har suttit placerade i väggen sedan huset byggdes, år 2000. Både stormsäkring och galler togs från plan 1 på husets östfasad (in mot gården). Insektsnätet och gallret var igensatta med damm och smuts. Stormsäkringen var även den hårt smutsad och stora mängder puts från fasaden satt på gummiflansarna. Detta gjorde att flänsarna var styvare än de som fanns på den nya stormsäkringen i det första försöket.

### 4.2.2 Metod

Samma uppställning som i tidigare försök användes, se Figur 4.2. I det här fallet kördes luften först genom stormsäkringen och därefter genom galler och insektsnät. Detta eftersom gallret är större än kanalen och placerades därmed ytterst i försöksuppställningen. Detta bör inte ha någon större betydelse för slutresultatet.

### 4.2.3 Analys

Försöket visar tydligt att stormsäkringen och gallret inte kan släppa igenom de 10 l/s som tillverkaren utlovar. Enligt Diagram 4.2 stänger stormsäkringen redan vid 6 l/s och inte ens med 400 Pa kan man få igenom mer än 8 l/s. 400 Pa motsvarar 26 m/s, vilket är en mycket hög vindstyrka.

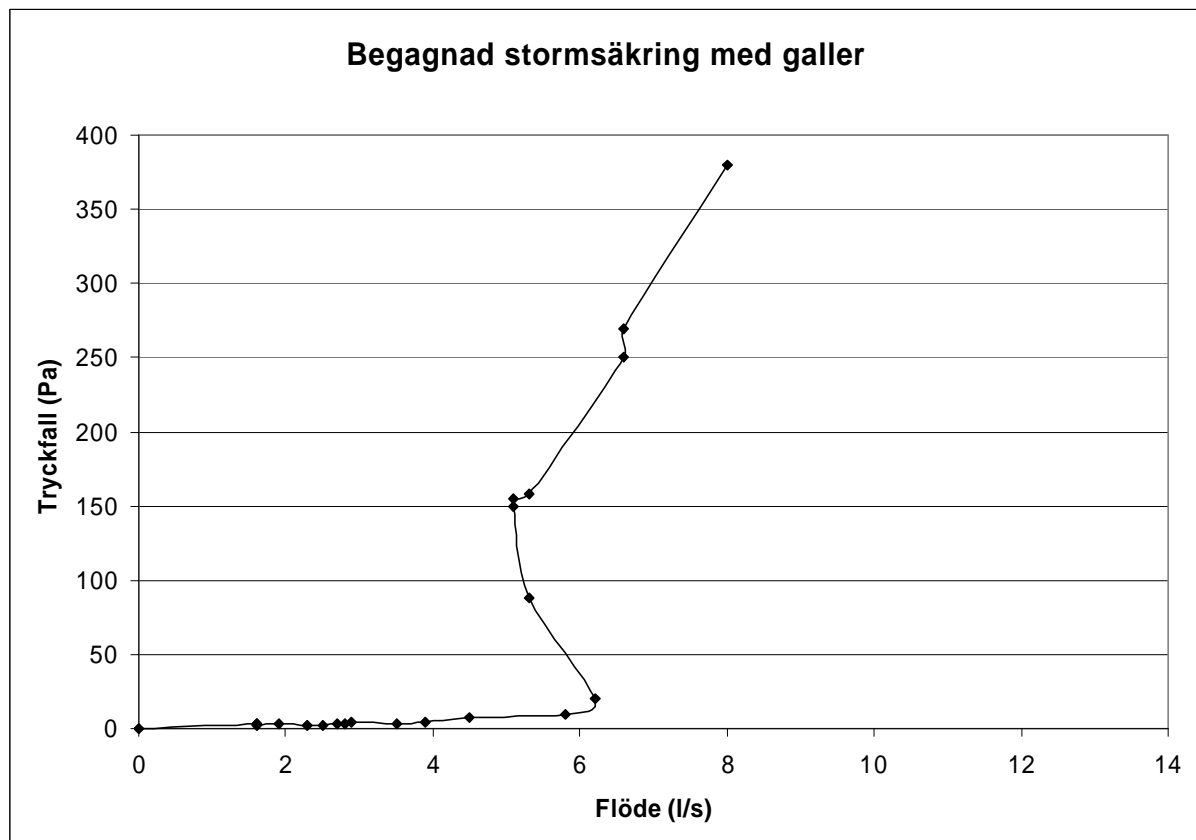


Diagram 4.2. Samband mellan tryckfall och flöde i begagnad stormsäkring och galler.

## 4.3 Kontroll av stormsäkring med backventil

### 4.3.1 Teori

En annan risk med att ha luftintag direkt i väggen, är att tilluftsventilerna kan börja fungera som frånluftsventiler. Detta fenomen är noga dokumenterat i en rapport från Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut.<sup>11</sup> Fenomenet består av att om vinden blåser på den ena sidan av huset kommer en stor del av uteluften in den vägen. Luftintag placerade på läsidan kommer att ta in mycket mindre andel av tilluften, eller i värsta fall börja gå baklänges och fungera som frånluftsdon. Vid besök i Sundshuset den 10 oktober 2003 konstaterades att det förhåller sig på ovanstående sätt. Det blåste friskt från väster mot huset, cirka 15 m/s. Tilluftsdonen på västra fasaden fungerade som de skulle medan tilluftsdonen på läsidan fungerade som frånluftsdon. Problemet är då att uteluften värms två gånger innan den försvinner ut ur huset utan att passera frånluftsfläkten och värmepumpen. Följderna blir högre energianvändning och en känsla av drag i lägenheten. Fresh har för detta ändamål konstruerat en stormsäkring med backventil som ska förhindra att luften går ut "fel" väg. Denna har provats i laboratorium vid LTH, med samma uppställning som i fallet med stormsäkring utan backventil, se Figur 4.2.

Stormsäkringen provades åt båda hållen, d.v.s. både stormsäkringsfunktionen och backventilfunktionen testades.

#### *Exempel 4.1*

Antag ett inflöde på 10 l/s i varje don på lovartsidan. Detta flöde värms upp och sedan blåser det rakt genom lägenheten och ut på läsidan. Totalt blir det 20 l/s (två don på lovartsidan) som värms två gånger och lämnar lägenheten utan att passera värmepumpen. Vidare antas att luften värms från 0 till 20 grader Celsius vid första radiatoren. Specifik värmekapacitet för luft är 1000 J/ kg·K.

$$P = q \cdot r \cdot c \cdot \Delta T \quad [\text{W}]$$

$c$	Specifik värmekapacitet för luft	[J/kg·K]
$\Delta T$	Temperaturskillnad	[K]
$P$	Effekt	[W]
$q$	Flöde	[m <sup>3</sup> /s]
$r$	Luftens densitet	[kg/m <sup>3</sup> ]

I det här fallet blev effekten 480 W för att värma 20 l/s från 0° C till 20° C.

---

<sup>11</sup> Lundin Axelsson 2002

### 4.3.2 Analys

Enligt Diagram 4.3 har stormsäkringen med backventil egenskapen att den släpper genom mer luft än stormsäkringen utan backventil. Upp till 10 l/s släpps igenom utan några större problem. Detta beror på att det finns ett snitt i varje gummifläns, till skillnad från stormsäkringen utan backventil som bara har ett snitt totalt.

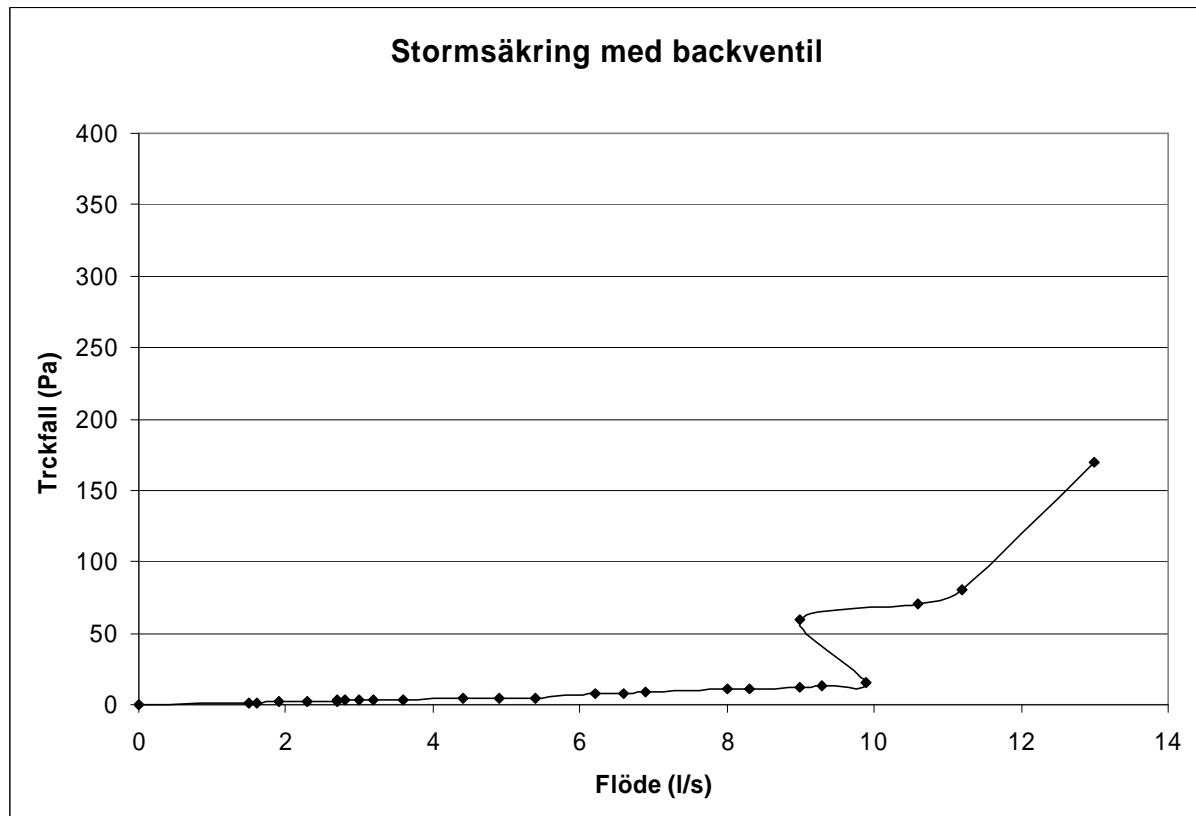


Diagram 4.3. Samband mellan flöde och tryckfall.

Det kan därför sägas att stormsäkringen med backventil fungerar bättre. I ventilationshandlingarna är det föreskrivet att ventilerna ska släppa in 10 l/s, vilket den senare ventilen uppfyller.

En teori är att för lite luft kommer in den rätta vägen i lägenheterna eftersom stormsäkringen stänger för tidigt. Därmed tar sig luft in på fel ställen, till exempel genom öppningar i plasten vid eldosor och skarvar, så kallad okontrollerad ventilation. Att luft kommer in på de ställen kan bekräftas av ett examensarbete<sup>12</sup> där man filmat väggarna i Sundshuset med värmekamera.

Vid kontroll av backventilfunktionen konstaterades att backventilen stänger helt vid luftflöden åt fel håll. Redan vid låga tryckskillnader, 1 till 2 Pa stängde backventilen. Backventilen fungerar alltså som det är tänkt att den ska göra.

<sup>12</sup> Johansson och Irminge Street 2003

## 4.4 Kontroll av z-böj

### 4.4.1 Teori

För att helt reda ut hur mycket luft som kommer in rätt väg i huset kontrollerades hela den perforerade z-böj i stål som finns i väggen med galler och stormsäkring. Z-böjen är specialtillverkad för Havshuset av Fresh AB.

### 4.4.2 Metod

Samma försöksuppställning som i tidigare försök användes, se Figur 4.2. Luften passerade först z-böjen, därefter stormsäkring och till sist galler. Denna uppställning skiljer sig från den som finns i huset, placeringen av gallret styrs av dess storlek då det är större än kanalen. Gallret är 125 mm i diameter medan kanalen är 100 mm i diameter. Z-böjen provades både med befintlig stormsäkring och med den stormsäkring som har backventilfunktion.

### 4.4.3 Resultat och analys

Resultatet blev något överraskande. Det visade sig att stormsäkringen med backventil fungerade mycket sämre än i tidigare försök medan den stormsäkring som sitter i väggen idag släppte igenom 10 l/s vid låga tryckfall.

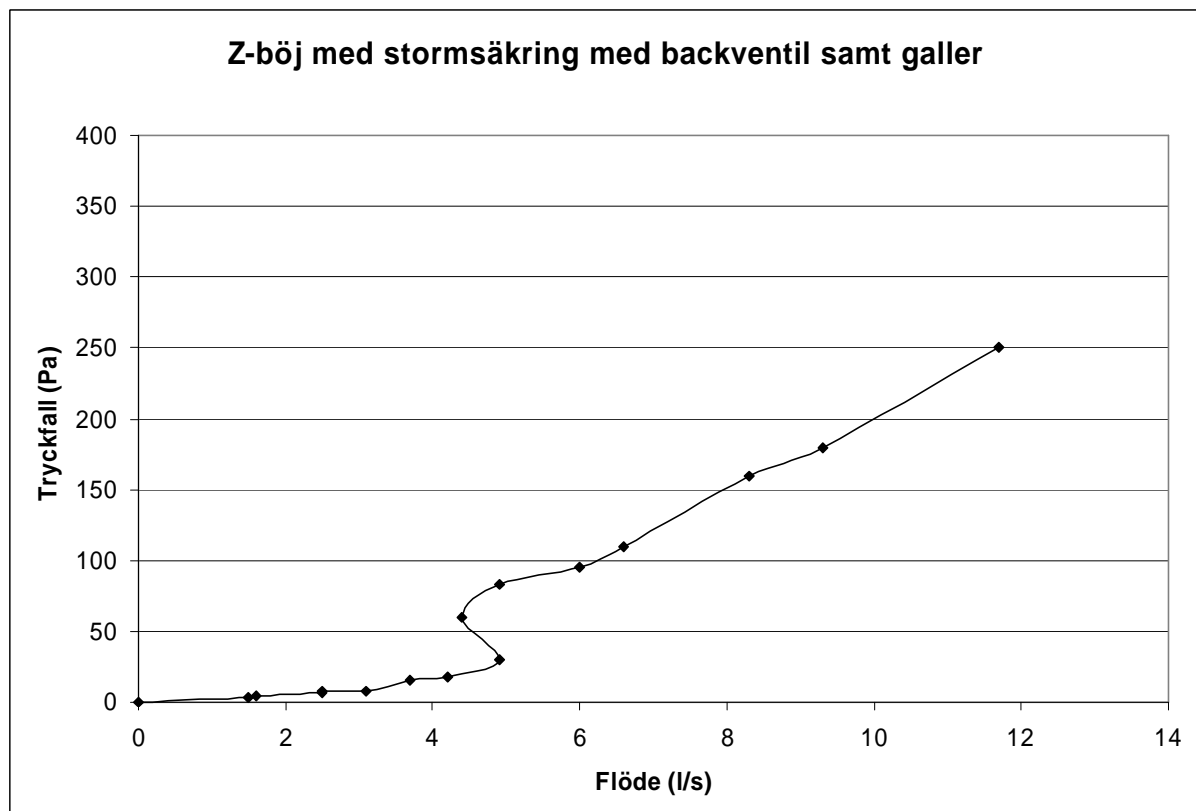


Diagram 4.4. Samband mellan tryckfall och flöde i Z-böj med stormsäkring med backventil samt galler.



Diagram 4.4 visar att stormsäkringen stänger redan vid 5 l/s när den är monterad i z-böjen. Jämför med Diagram 4.3 där enbart stormsäkringen med backventil testas. Troligtvis skapas luftrörelser som påverkar flödet negativt i z-böjen. Detta ska jämföras med den befintliga stormsäkringen som provades på samma sätt. Där blev sambandet enligt Diagram 4.5.

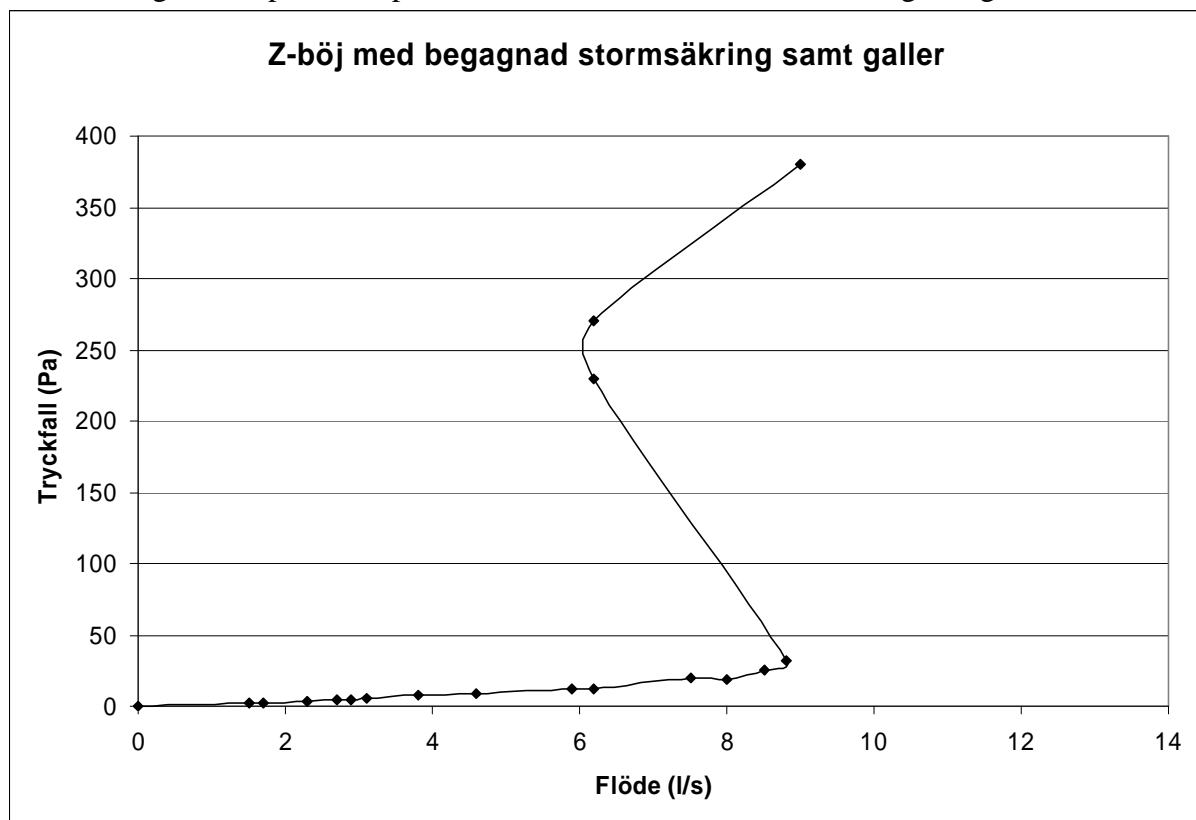


Diagram 4.5. Samband mellan tryckfall och flöde i Z-böj med begagnad stormsäkring samt galler.

Enligt Diagram 4.5 fås med lätthet ett inflöde på 9 l/s innan stormsäkringen stänger. Jämför med Diagram 4.1 där stormsäkringen stänger redan vid 5 l/s. Skillnaden beror på de luftrörelser som uppstår i Z-böjen. Luftrörelserna gör att stormsäkringen får svårare att stänga eftersom luften inte kommer rakt framifrån som i tidigare tester.

#### 4.4.4 Slutsats

Förklaringen till de förändrade resultaten ligger i att luften går åt fel håll vid simuleringen. Då luften går genom z-böjen uppstår rörelser som är svåra att förutse. Dessa ändrar stormsäkringens egenskaper. Eftersom försöket inte liknar verkligheten, luftens riktning har stor betydelse, kan försöket sägas vara felaktigt.

## 5 Kontroll av läckor från avluftskanal

### 5.1 Teori och metod

Eftersom flertalet hyresgäster klagat på matos och oljud i trapphuset gjordes en kontroll av den avluftskanal som löper vertikalt genom det norra trapphuset (trapphus 31). Syftet var att se huruvida det fanns några läckor i den. Teorin är att det eventuellt finns läckor i kanalen som sedan skapar ett övertryck inuti inklädnaden. Avluften kommer sedan ut i trapphuset genom springor och hål i inklädnaden. Med hjälp av rök (Drägers Air Flow Tester) kan luftens rörelser i närheten av inklädnaden kartläggas. Om röken rör sig ut från kanalinklädnaden kan det finnas en läcka i kanalen.

Frånluftskanalen i trapphuset är en 800\*400 rektangulär profil. Denna är troligen vald med hänsyn till att en dörr i källaren mellan garage och trapphus ska gå att öppna (utrymmesskäl). Problemet med att ha rektangulära kanaler är att de kan komma i svängning och ge ifrån sig oljud. Detta är troligen orsaken till att det uppstår oljud i trapphuset.

Matosen kan förklaras på två sätt:

1. Avluftskanalen är otät och avluft läcker ut i trapphuset. Detta kan bekräftas genom användning av spårgas.
2. Undertrycket i trapphuset är större än undertrycket i lägenheterna. Detta gör att luften från lägenheterna sugts ut i trapphuset. Detta beror i sin tur på det frånluftsdon som sitter i hisschaktet i källaren. Donet är placerat nära en av de åtta samlingslådor som finns i huset. Noggrann inställning av donet är därför nödvändig för att erhålla det föreskrivna flödet på 33 l/s. Donet sitter svåråtkomligt och kan därför vara felinställt, risken är att flödet är större än 33 l/s. I trapphuset finns också ett tilluftsdon som tar in uteluft. Ur detta känns ett starkt flöde, vilket kan tyda på ett för stort frånflöde i trapphuset.

Fall 1 och 2 går att tillämpa på trapphus 31. I trapphus 29 är det svårare då trapphuset saknar kanal för frånluft från lägenheterna. I trapphus 29 finns endast en avluftskanal från garaget.

### 5.2 Resultat

Vid undersökningar den 2 oktober 2003 bekräftades att en läcka fanns på avluftskanalen i trapphuset. Röken visade tydligt att luften rör sig ut genom springor i inklädnaden. Luftströmmen var kall, vilket bekräftar att det är avluft eftersom luften går genom en värmepump och kyls. Fenomenet var störst på plan 2 och 3. På plan 1 fanns inga springor i inklädnaden, medan plan 4 har en tilluftsventil som dämpar rådande undertryck i trapphuset. Vid öppnande av ett fönster dämpades läckaget genom inklädnaden.

Vid undersökningar av hisschakten den 10 oktober 2003 konstaterades att i trappuppgång 31 fattades ett don och att kanalen sög fritt. I trapphus 29 var kanalen proppad med ett plastlock. Kanalen är 6.5 meter lång, diameter 125 mm och går direkt till samlingslådan i källaren. Luftflödet var mycket kraftigt. Det föreskrivna flödet är 33 l/s, men i verkligheten var flödet mycket större i trapphus 31. Beräkningar med PFS ger att undertrycket i samlingslådan är cirka 160 Pa vilket leder till att flödet i den öppna kanalen är 200 l/s. Detta är troligen orsaken till undertrycket i trapphuset.

### 5.3 Åtgärder

Vid besöket den 10 oktober 2003 monterades don i både trappa 29 och 31. Dock injusterades de ej, då utrustning för detta saknades vid tillfället för besöket. De lägenheter som är kopplade på samma samlingslåda som nämnda don kommer att märka av ett större flöde, samtidigt som undertrycket i trapphuset minskar.

## 6 Analys av Enormberäkning

### 6.1 Bakgrund

Målet för Bo01 var att husen inte skulle använda mer än 105 kWh/m<sup>2</sup> per år. Detta har inte uppfyllts då många lägenheter använder mer energi<sup>13</sup>. Förklaringarna är att man bygger allt mer med glas, gärna stora glasytor i alla fyra vädersträcken och isolerar dåligt. Till konstruktörens hjälp finns ofta program, t.ex. av typen Enorm, som beräknar energianvändningen i huset.

### 6.2 Enormberäkningen till Havshuset

Vid projekteringsstadiet gjordes en beräkning av energibehovet i huset. Denna beräkning gjordes i programmet Enorm 1000, version 1.02 från 1996. Beräkningen är daterad 2000-02-03, d.v.s. långt innan allt var upphandlat till bygget. Detta har bidragit till att Enormberäkningen knappast är exakt. Mycket i Enorm är även schablonvärden och krav enligt BBR. Beräkningen visar att husets energianvändning borde vara 96 kWh/m<sup>2</sup> per år. Kritiska granskningar av Enorm har gjorts tidigare<sup>14</sup> där problem med utetemperaturfunktionen utpekats samt att luftläckaget skulle vara i underkant (0.8 l/m<sup>2</sup>s). Enorm räknar nämligen med att läckflödet är 4 % av läckflödet vid 50 Pa. Baklängesberäkningar samt antagandet att flödet är laminärt (d.v.s. linjärt samband mellan flöde och tryckskillnad) fås en tryckdifferens på 2 Pa mellan ute och inne. Detta är i underkant. Finns det mekanisk frånluft blir tryckdifferensen mycket större. Indata till Havshuset har genomgått en granskning med hjälp av K-, V- och A-ritningar, Enorm manual<sup>15</sup>, samtal med Skanska Teknik<sup>16</sup> och Velfac Fönster.

Följande indata till Skanskas Enorm-beräkningar har använts:

- Indata såsom golvareor, glasareor och omslutande areor samt U-värden har bestämts med hjälp av K- och A-ritningar.
- Värmekapacitet bestäms av vilken sorts väggar det finns i huset. I detta fallet handlar det om lätta utfackningsväggar i flerbostadshus, Enorm ger då 150 Wh/m<sup>2</sup>K.
- Specifika läckfaktorn är satt till 0.8 l/m<sup>2</sup>s, detta är ett standardvärde för bostadshus.
- Solfaktorn är satt till 1.00. Detta gäller för treglas fönster med klarglas. (Tvåglas i Sundshuset).
- Avskärmningsfaktorn är satt till 0.75. Detta gäller vid "normal" bebyggelse.
- U-värde för fönster är approximerad till 1.25 W/m<sup>2</sup> K.
- I beräkningen finns enbart frånluft, det borde vara "frånluft med värmepump".
- Inga kanalförluster i Enormberäkningen.
- Inga köldbryggor i beräkningen.
- Ingen forcering i beräkningen.
- Gammal version från 1996 har använts, därmed gamla BBR och andra krav.
- Inomhustemperatur är satt till 20° C, borde vara 22° C vilket är mer realistiskt.

---

13 Sydsvenska Dagbladet 2003-10-16

14 Larsson, Svensson Installationsteknik 2000

15 Manual till Enorm 1000, Svensk byggtjänst

16 Sven Gösta Sverell 15 september 2003

## 6.3 Slutsatser

En ny körning med Enorm gjordes med förändringar i inparametrarna.

- Läckfaktorn sattes till  $3.5 \text{ l/m}^2\text{s}$ , eftersom baklänges beräkningar ger 2 Pa och  $0.14 \text{ l/m}^2\text{s}$  vid 4%, vilket är nära det uppmätta värdet  $0.13 \text{ l/m}^2\text{s}$  vid 5 Pa.
- Inomhustemperatur  $22^\circ \text{ C}$  i lägenheterna,  $20^\circ \text{ C}$  i övriga utrymmen.
- U-värde för fönster satt till  $1.4 \text{ W/m}^2\text{K}$ . ( $1.4 \text{ W/m}^2\text{K}$  enligt tillverkaren<sup>17</sup>)
- Forceringsflöde i fläkten 1 timme per dag.
- Egna areor och U-värden för väggar, tak och golvbjälklag. (Skiljer inte så mycket från befintliga).
- Tvåglasfönster.

### Före ändringar

Medel  $U_p = 0.328 \text{ W/m}^2\text{K}$   
( $U_{krav} = 0.287 \text{ W/m}^2\text{K}$  enligt 1996)  
**96 kWh/m<sup>2</sup>** per år

### Med ändringar

Medel  $U_p = 0.391 \text{ W/m}^2\text{K}$   
( $U_{krav} = 0.307 \text{ W/m}^2\text{K}$  enligt 1999)  
**114 kWh/m<sup>2</sup>** per år

Avgörande för hur stor energiåtgången blir:

- Solinstrålningen
- Fönsters U-värde
- Inomhustemperatur
- Köldbryggor
- Luftläckningsfaktor
- Vilken version av Enorm som används
- Forceringsflöde i fläkten

Med andra ord har en rad missar gjorts i Enorm-beräkningen. Till konstruktörens försvar kan det sägas att det är svårt att göra en sådan beräkning i ett så tidigt skede av byggprocessen. Mycket av indata är uppskattningar och gissningar eftersom det inte finns ett "färdigt" hus att räkna på. Det har även gjorts en VIP-beräkning<sup>18</sup> på Sundshuset, daterad 03-03-20. Denna visar ett behov av  $293\,155 \text{ kWh/år}$  jämfört med Enorms  $263\,092 \text{ kWh/år}$ .

---

<sup>17</sup> Joakim Malmsten, Velfac den 30 september 2003

<sup>18</sup> VIP-beräkning, Sven Gösta Sverell daterad 2003-03-27

## 7 Kontroll och analys av ventilationssystemet med hjälp av PFS

### 7.1 Teori

För att reda ut hur flödena i ventilationssystemet beter sig vid exempelvis forcering av spiskåporna, simulerades hela kanalsystemet i programmet PFS. PFS är ett datorprogram för bestämning av t.ex. flöden och tryck, utvecklat vid LTH av Lars Jensen.

Inparametrar är kanallängder, kanaldimensioner, tryckfall i filter, takhuv och värmebatteri. Andra parametrar är frånluftsfläktens kapacitet. Denna bestäms med hjälp av datablad från tillverkaren<sup>19</sup>. Dock finns det varvtalsstyrning på fläkten, detta måste man ta hänsyn till vid beräkning med PFS.

Varje lägenhets kanalsystem har sedan ritats upp med utgångspunkt från V-ritningarna.

Tryckfall i takhuv: 100 Pa vid 1000 l/s (approximerad, verklig uppgift saknas).

Tryckfall i värmebatteri: 59 Pa vid 1000 l/s.<sup>20</sup>

Tryckfall i filter: 50 Pa vid 1000 l/s (approximerad, verklig uppgift saknas).

Spiskåporna modellerades som frånluftsdon med två lägen, grundflöde och forcering. Tryckfall och flöde för spjället bestämdes med hjälp av produktblad för spiskåpa<sup>21</sup>.

22 olika fall simulerades:

- 16 fall där enskilt kök forcerar.
- 4 fall där samtliga kök kopplade till samma samlingslåda forcerar.
- 1 fall då ingen forcering alls används.
- 1 fall då alla kök forcerar samtidigt.

### 7.2 Resultat och analys

Fläktens tryckstegring är enligt luftbehandlingsbeskrivningen<sup>22</sup> 330 Pa.

#### 7.2.1 Simulering 1, 200 Pa undertryck

Fläkten antogs i PFS ge ett konstant undertryck på 200 Pa för hela kanalsystemet. Resultatet av den första simuleringen finns i Appendix 11.2.

Resultatet visar att fläkten med 200 Pa undertryck inte klarar de föreskrivna forceringsflödena, inte ens då endast en lägenhet forcerar. Värst drabbade är de lägenheter som är belägna på fjärde våningen. Bäst klarar sig lägenheterna på plan 1, de får ett flöde på strax över 30 l/s då endast ett kök forcerar. Detta beror på att spiskåporna på plan 1 inte delar kanal med någon annan frånluft, till skillnad från övriga 12 lägenheter i huset, samt att de har kortast väg till samlingslådan. Tryckfallet i kanalerna ligger kring 0,5 Pa/m, vilket är ett lågt värde.

<sup>19</sup> Fläktar för kanalanslutning med A-hjul, ZIEHL-ebm, [www.ziehl-ebm.se](http://www.ziehl-ebm.se) den 9 oktober 2003

<sup>20</sup> Sven Gösta Sverell den 9 oktober 2003

<sup>21</sup> Produktblad för spiskåpa från Futurum

<sup>22</sup> Luftbehandlingsanläggning, Skanska Teknik, Sven Gösta Sverell

I fallet där alla kök som är kopplade på samma samlingslåda forcerar, blir det ännu tydligare att flödet blir sämre ju högre upp i huset man kommer. Det finns en lägenhet som utmärker sig, 121, där frånluften i tvättstuga, WC och kök är kopplad på samma stamkanal. Här erhålls ett mycket sämre flöde än i övriga lägenheter på samma plan.

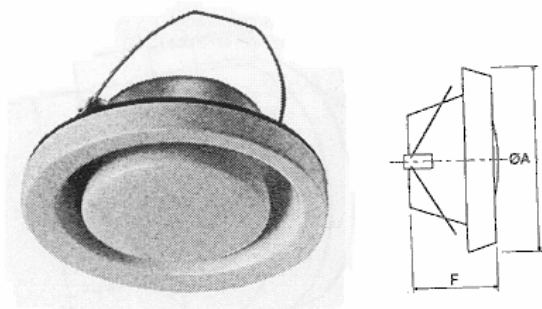
### 7.2.2 Simulering 2, 300 Pa undertryck

För att få upp flödet i spiskåporna ändrades undertrycket för fläkten till 300 Pa. Detta ledde till att flödena blev runt 40 l/s, oavsett vilken lägenhet man tittar på, se Appendix 11.3. Även då alla lägenheter kopplade på samma samlingslåda forcerar kan ett högt flöde bibehållas i köken.

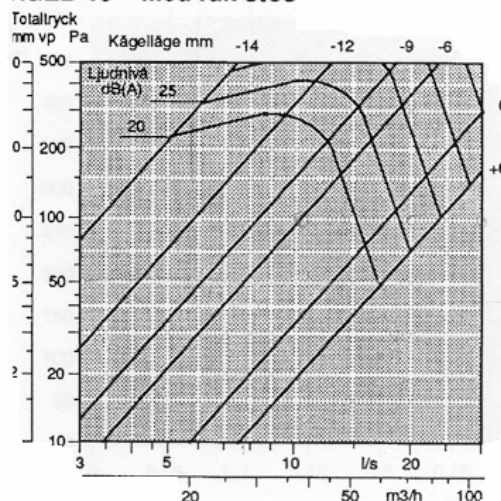
Istället uppstår ett annat problem, nämligen att man tvingas strypa bort runt 150 Pa i alla badrum, WC och tvättstugor. Frånluftsdon i dessa utrymmen är av typ KGEB, fabrikat ABB. Enligt produktblad från ABB<sup>23</sup>, Figur 7.1, så ger flöden mellan 10 och 17 l/s måttliga ljudnivåer, runt 20 dB(A), vid strypning av 150 Pa.

## KGEB

Frånluftsdon



KGEB 10 Med rak stös



Figur 7.1. Utdrag ur produktblad för ABB:s frånluftsdon KGEB.

### 7.2.3 Simulering 3, 300 Pa undertryck samt uteluftsventiler

Detta är den mest realistiska simuleringen, då även uteluftsventilerna är med i beräkningen. Uteluftsventilerna beräknas som motstånd med 20 Pa vid 40, 50 eller 60 l/s beroende på vilken lägenhet som man tittar på. Lägenheterna har antingen 4, 5 eller 6 uteluftsintag. Ur Appendix 11.4 kan utläsas att flödet sjunker vid forcering med cirka 15% när man lägger till motståndet som uteluftsintagen utgör. Mest påverkas lägenhet 131 vars forceringsflöde minskar med nära 20 % då hänsyn tas till uteventilernas inverkan. Beräkningen visar också att det är svårt att uppnå de 42 l/s som är föreskrivet. Endast lägenheterna på plan 1 klarar sig, medan det blir värre ju högre upp i huset man kommer. Enligt tidigare är det lägenhet 121 som är värst utsatt, se kapitel 7.2.1.

<sup>23</sup> Don för frånluft och överluft, ABB Ventilation januari 1995

## 8 Provtryckning med Blower Door

### 8.1 Teori

För att kontrollera lufttätheten i lägenheterna gjordes en provtryckning med Minneapolis Blower Door. Metoden är en standardiserad metod enligt Svensk Standard<sup>24</sup>. Utrustningen består av en fläkt som placeras i dörröppningen mot trapphuset. Runt fläkten tätas med ett nylonskynke. Alla ventiler och öppningar i lägenheten måste tätas, det gäller även att vattenlåsen i kök och badrum inte är uttorkade.

Vid provtryckningen gör man först två försök med undertryck i lägenheten och sedan två försök med övertryck i lägenheten. Vid försöken noteras in- och utflöde av luft vid tryckskillnader på 20, 30, 40, 50 och 55 Pa. Dessa värden redovisas i ett Diagram (Appendix 11.5) med tryckdifferens på x-axeln och luftflöde på y-axeln. Läckfaktorn bestäms med sambandet  $q_v/A$  där  $q_v$  är medelläckluftflödet vid 50 Pa uttryckt i l/s och A är omslutande area uttryckt i m<sup>2</sup>.

Det finns olika definitioner på vad som är omslutande area, det kan ses som hela den omslutande arean eller enbart den area som har kontakt med uteluft. Faktum är att det läcker genom alla väggar och bjälklag och inte bara de som vetter utåt. Dock är det inte lika allvarligt om det läcker från en granne då den luften är varm. Enda risken är då att matos och annan lukt sprids i huset. I det här fallet antar vi fyra olika omslutande areor, se Tabell 8.2.

### 8.2 Resultat och analys av provtryckning nr 1

Inomhustemperaturen vid provningstillfället var 21° C och utetemperaturen var 7° C. Det var dessutom vindstilla (0-5 m/s). Vanligtvis ska korrigerings göras om inomhustemperaturen avviker från 20° C. Då temperaturen i vårt fall är 21° C kan vi bortse från det, eftersom förändringen är så liten. Vid mätningen den 16 oktober i lägenhet 141 erhöles mätvärden enligt Tabell 8.1.

Tabell 8.1. Resultat av provtryckning.

Tryckdifferens [Pa]	Luftflöde undertryck [l/s]	Luftflöde övertryck [l/s]
0	0	0
20	108	150
30	143	185
40	177	228
50	217	259
55	231	275

Se diagram och fullständiga mätvärden i Appendix 11.5. Värdena på flödena är medelvärden efter två försök. Medelläckluftflödet vid 50 Pa är 238 l/s. Lägenheten är uppdelad i två plan (plan 4 och 5) med yttertak längst upp, boytan är 160 m<sup>2</sup>. Approximerad takhöjd är 2,6 meter vilket ger lägenhetens volym: 416 m<sup>3</sup>. Omslutande areor har bestämts med hjälp av ventilationsritningarna<sup>25</sup>. Läckfaktor beräknas med nämnda samband  $q_v/A$ .

24 SS 02 15 51, Standardiseringskommisionen i Sverige 1987

25 Ventilationsritningar Havshuset Skanska Teknik AB



Tabell 8.2. Areor och läckfaktorer.

Omslutande area	Area [m <sup>2</sup> ]	Läckfaktor [l/m <sup>2</sup> s]
Enbart ytterväggar	173,75	1,37
Alla vertikala väggar	222,50	1,07
Alla omslutande ytor	404,50	0,59
Ytterväggar samt tak	240,75	0,99

Det krävs alltså att man räknar med alla omslutande areor i lägenheten för att uppfylla BBR:s värde på 0,8l/m<sup>2</sup>s.<sup>26</sup> BBR:s värde används vid energiberäkningar för byggnader, bl.a. i programmet Enorm.

Även den ofrivilliga luftomsättningen vid 50 Pa bestämdes. Resultatet blev 2 oms/h, vilket är ett högt värde då BBR:s krav är 0,2 oms/h.

Vid tester med rök i lägenheten under provtryckning märktes att luft kom in via eldosor, telefonuttag/datauttag samt vid fönster och dörrar. Framförallt läckte det vid handtag till dörrar och fönster, eftersom det är svårt att täta där. Vid tidigare mätningar<sup>27</sup> i två andra lägenheter har följande läckfaktorer och luftomsättningar uppmätts:

Lägenhet 111: läckfaktor 1,1 l/m<sup>2</sup>s; 1,3 omsättningar/timme

Lägenhet 221: läckfaktor 2,1 l/m<sup>2</sup>s; 1,5 omsättningar/timme

Lägenhet 111 har boyta 145 m<sup>2</sup> och volym 377 m<sup>3</sup> medan lägenhet 221 har boyta 105 m<sup>2</sup> och volym 273 m<sup>3</sup>. I beräkningarna har omslutande area mot uteluft använts vid beräkning av läckfaktorn, vilket har gett höga värden på läckfaktorn. I själva verket läcker både väggar och golv/tak mot omgivande lägenheter, även om det inte är kall luft som läcker in.

I samband med resultatet från tryckprovningen bestämde Skanska att åtgärda de brister som blivit kända, d.v.s. läckage vid eldosor och fönster/dörrar. Detta gjordes under en vecka i lägenhet 141, sedan täthetsprovades lägenheten en andra gång. Se resultat i kapitel 8.3.

---

<sup>26</sup> Enorm Manual 1996

<sup>27</sup> Irminger Street och Johansson 2003

### 8.3 Resultat från provtryckning nr 2

Mätningen utfördes efter att Skanska åtgärdat problemen med luftläckage från eldosorna. Provtryckningen gjordes den 6 november 2003, vädret var soligt och temperaturen 10° C. I den här provtryckningen har även värden för 5, 10 och 15 Pa noterats. Resultatet blev enligt Tabell 8.3. Observera att mätvärdena är medelvärden efter två provtryckningar. Diagram finns i Appendix 11.6.

Tabell 8.3. Resultat efter andra provtryckningen.

Tryckdifferens [Pa]	Luftflöde undertryck [l/s]	Luftflöde övertryck [l/s]
0	0	0
5	20	30
10	35	50
15	50	90
20	60	118
30	110	148
40	133	170
50	165	210
55	173	228

Medelläckluftflödet vid 50 Pa är 187,5 l/s. Läckfaktorerna för de olika fallen beräknades och presenteras i Tabell 8.4.

Tabell 8.4. Areor och läckfaktorer.

Omslutande area	Area [m <sup>2</sup> ]	Läckfaktor [l/m <sup>2</sup> s]
Enbart ytterväggar	173,75	1,08
Alla vertikala väggar	222,50	0,84
Alla omslutande ytor	404,50	0,46
Ytterväggar samt tak	240,75	0,78

### 8.4 Felkällor och kommentarer

Uteluftsintagen i väggen var på vissa ställen svåra att täta, speciellt där en hög radiator var placerad. Tätningen gjordes med gummibollar som placerades i uteluftsöppningen och som sedan fylldes med luft. Tätning utifrån kunde bara göras vid en enda ventil, då lägenheten låg på fjärde och femte våningen och ventilerna var omöjliga att nå utifrån.

De fyra frånluftsdonen samt spiskåpan tätades med vävtejp. På de ställena erhöles mycket god tätning. Även centraldammsugaruttagen (2 stycken) tätades med tejp.

## 8.5 Slutsats

Efter den första provtryckningen visade det sig att läckfaktorn var mycket större än kravet i BBR. Endast vid beräkning med hela den omslutande arean (tak, väggar och golv) blev läckfaktorn mindre än  $0.8 \text{ l/m}^2\text{s}$ . Ett försök gjordes då där tätning av eldosorna i en lägenhet utfördes (lägenhet 141) medan fönster och dörrar inte gick att göra så mycket åt. Efter tätning gjordes ännu en provtryckning med lyckat resultat. Läckflödet minskade radikalt och ligger kring  $0.8 \text{ l/m}^2\text{s}$ . Endast vid beräkning med ytterväggarna som omslutande area blir läckfaktorn över  $0.8 \text{ l/m}^2\text{s}$ .

Försöket visar att det kan räcka med att täta alla eldosor i husets lägenheter för att minska läckflödet till en rimlig nivå överensstämmande med BBR.

## 9 Slutsats och diskussion

Undersökningarna och beräkningarna i denna rapport ledde fram till att Skanska gjorde ett antal åtgärder i Sundshuset. En av åtgärderna var att byta alla stormsäkringar i huset mot stormsäkringar med backventil, som enligt mätningarna skulle släppa in mer luft vid normala tryckdifferenser och stänga vid storm. Arbetet med stormsäkringsbyte utfördes under två dagar i november 2003. Under arbetets gång upptäcktes dessutom att två av lägenheterna helt saknade stormsäkringar. Avsaknad av stormsäkring är naturligtvis något som borde upptäckts tidigare, och troligtvis lett till högre energianvändning i de drabbade lägenheterna.

Vid arbetena i huset öppnades även ett av ventilationsschakteten i lägenhet 121 för inspektion, då lägenheten hade dåligt flöde i spiskåpan. Man upptäckte då att tvättstugans frånluftsdon ej var kopplat på stamkanalen, samt att stamkanalen sög fritt genom ett 125 mm stort hål i schaktet ämnat för tvättstugans kanal. Detta har bidragit till det dåliga flödet i köket. Förhoppningsvis ska köksflödet i lägenhet 121 vara normalt efter åtgärderna.

En annan åtgärd som föreslogs var att öppna avluftsschakten i trapphusen för att tätas kanalerna, vilka förmodades läcka. Skanska gjorde så att de bytte de rektangulära kanalerna mot cirkulära. Detta ledde till kraftigt minskad ljudvolym.

Med hänvisning till provtryckningarna bör även alla el-/tele-/datauttag tätas.

En annan brist är valet av ventilationssystem, huset ligger nära havet med mycket blåst. Därmed fungerar inte systemet med tilluftsventiler i väggarna riktigt som det ska. Systemet fungerar bra i miljöer med "normala" vindförhållanden.

Troligtvis är radiatorsystemet underdimensionerat eftersom Enorm-beräkningen visade på ett lägre energibehov än i det verkliga huset. Därför bör en ny beräkning på värmesystemet göras.

Om valet av att ha frånluft från kök och bad/WC/tvätt i samma kanal kan sägas att det är ett olyckligt val. Blandning av de olika typerna av frånluft bör ej göras, då den förorenade köksluften ofta innehåller fett som kan sätta igen värmeväxlare och filter. Dessutom påverkar forcering av spiskåpan övriga lägenheters frånluft. Valet är förmodligen ekonomiskt, dyra kanaldragningar sparas, men man förlorar i gengäld på att filterbyte måste ske oftare. Det optimala är separata kanaler för spiskåporna.

Slutligen kan sägas att de snabba byggtiderna straffar sig i längden. Erfarenheterna från det här examensarbetet visar att många av felen beror på slarv under byggandet. Fel som måste åtgärdas till stora kostnader, hade kunnat undvikas genom en längre byggtid. Just fallet med Bo01 är extremt och förhoppningsvis inte representativt för övrigt svenskt byggande. Bomässan skulle bli klar till vilket pris som helst och det är troligen inte bara Sundshuset som har de här bristerna utan även andra aktörer på byggsidan har fått stressa under byggskedet.



## 10 Referenser

### 10.1 Tryckta källor

ABB Ventilation (januari 1995)  
Don för frånluft och överluft

ASME Research Committee on fluid Meters (1959)

Axelsson, T. och Lundin, L. (2002)  
*Tilluftsmängd i flerbostadshus som konsekvens av vindpåverkan*  
Forskningsrapport ETs P102096 Energiteknik Borås

Gullfiber (1997)  
*Gula boken*

Jensen, L. (2002)  
*PFS Reference Manual*  
Report TABK--98/7044  
Division of Building Services  
Lunds Tekniska Högskola

Jönsson, G (1998)  
*Grundläggande fysik om gaser och vätskor*  
Studentlitteratur  
ISBN 91-44-00798-1  
Lund

Jönsson, K.G. (2003)  
*Nya hus slukar all mer energi*  
Sydsvenska Dagbladet den 16 oktober  
Malmö

Irminger Street, C och Johansson, M (2003)  
*Termisk komfort, vindpåverkan och energianvändning*  
Avdelningen för Installationsteknik  
Lunds Tekniska Högskola

Larsson, J. och Svensson, M. (2000)  
*Energioptimering av en byggnad*  
Rapport TABK--00/5019  
Avdelningen för Installationsteknik  
Lund Tekniska Högskola

Ohlsson, L. och Roots, P. (1996)  
*Tryckprovningstrustning*  
Avdelningen för Byggnadsfysik  
Lunds Tekniska Högskola

"Inomhusklimatproblem i Sundshuset"  
Mikael Carlsson 2003

SIS Svenska Standardiseringskommissionen (1987)  
Svensk Standard SS 02 15 51 Byggnader- Bestämning av lufttäthet

Svensk Byggtjänst (1996)  
*Enorm 1000 manual*

Svensson, A. (1995)  
*Ventilationsteknik, del av kurmaterial för Installationsteknik FK*  
Lund Tekniska Högskola

Sverell, S-G (2001)  
Luftbehandlingsanläggning Bo01, Malmö Havshuset  
Skanska Teknik AB  
Malmö

Warfvinge, C. (2001)  
*Installationsteknik AK för V*  
Rapport TABK--94/7016  
Avdelningen för Installationsteknik  
Lunds Tekniska Högskola

Produktblad för spiskåpa typ 480-11  
Futurum AB

## 10.2 Muntliga källor

Leif Johansson  
Skanska Teknik AB  
Kontinuerligt under arbetets gång

Li Lövehed  
Sydkraft AB  
2003-10-24

Joakim Malmsten  
Velfac AB  
2003-10-09

Sven Gösta Sverell  
Skanska Teknik AB  
Kontinuerligt under arbetets gång

Fresh AB  
2003-09-24

## 10.3 Internetkällor

Skanskas databas för bygghandlingar, PNet  
pnet.se  
Kontinuerligt under arbetets gång

Produktblad för stormsäkring från Fresh  
[www.fresh.se/pdf/bostad/Stormsakring\\_lowres.pdf](http://www.fresh.se/pdf/bostad/Stormsakring_lowres.pdf)  
2003-09-22

Produktblad för filter från Freshman  
[www.freshman.se/swe/modell/index.html](http://www.freshman.se/swe/modell/index.html)  
2003-09-22

Velfacs hemsida  
[www.velfac.se](http://www.velfac.se)  
2003-11-21

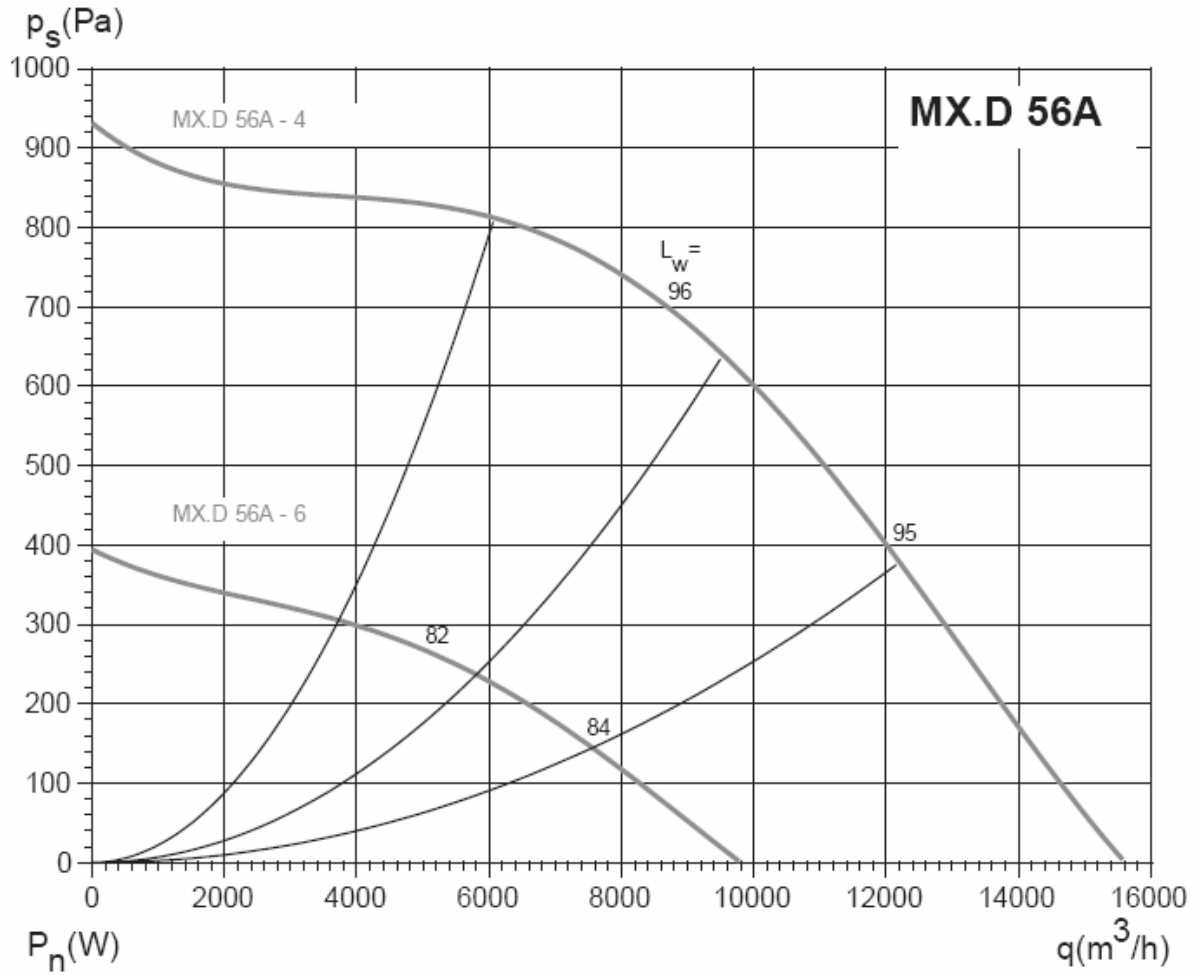
Produktblad för frånluftsfläkt från Ziehl-ebm  
[www.ziehl-ebm.se](http://www.ziehl-ebm.se)  
2003-10-02





## 11 Appendix

### 11.1 Fläktkurva för frånluftsfläkten



## 11.2 Flöden i spiskåporna enligt PFS vid 200 Pa

Flöde i spiskåpa (l/s)	Vid 200 Pa undertryck i fläkten							
	Fall	1	2	3	4	5	6	7
Lägenhet								
111	14	30,9	13,7	13,8	13,8	13,9	13,8	
112	10	9,9	34	9,9	9,9	10	9,9	
211	10	9,9	9,9	33,2	9,9	10	9,9	
212	10	9,9	9,9	9,8	31	10	9,9	
121	15	14,6	14,7	14,8	14,8	22,8	14,8	
122	13	12,8	12,7	12,8	12,8	12,9	26,4	
221	13	12,9	12,8	12,7	12,8	13	12,9	
222	10	9,9	9,9	9,8	9,7	10	9,9	
131	13	12,6	12,7	12,8	12,8	12,9	12,8	
132	13	12,8	12,7	12,8	12,8	12,9	12,7	
231	13	12,9	12,8	12,7	12,8	13	12,9	
232	10	9,9	9,9	9,8	9,7	10	9,9	
141	13	12,6	12,7	12,8	12,8	12,9	12,8	
142	10	9,9	9,8	9,9	9,9	10	9,8	
241	10	9,9	9,9	9,8	9,8	10	9,9	
242	10	9,9	9,9	9,8	9,7	10	9,9	
<b>Summa</b>	<b>187</b>	<b>201,3</b>	<b>208</b>	<b>207,2</b>	<b>205</b>	<b>194,3</b>	<b>198,2</b>	

Fall	8	9	10	11	12	13	14
Lägenhet							
111	13,9	13,9	13,7	13,8	13,9	13,9	13,8
112	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9
211	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9
212	9,9	9,7	9,9	9,9	9,9	9,7	9,9
121	14,9	14,9	14,7	14,8	14,9	14,9	14,7
122	12,9	12,9	12,9	12,7	12,9	12,9	12,9
221	27	12,8	12,9	12,9	12,6	12,8	12,9
222	9,9	27,2	9,9	9,9	9,9	9,7	9,9
131	12,9	12,9	26,6	12,9	12,9	12,9	12,8
132	12,9	12,9	12,9	25,8	12,9	12,9	12,9
231	12,6	12,8	12,9	12,9	26,6	12,8	12,9
232	9,9	9,7	9,9	9,9	9,9	26,6	9,9
141	12,9	12,9	12,7	12,9	12,9	12,9	24,9
142	9,9	9,9	9,9	9,8	9,9	9,9	9,9
241	9,7	9,9	9,9	9,9	9,7	9,9	9,9
242	9,9	9,7	9,9	9,9	9,9	9,7	9,9
<b>Summa</b>	<b>199</b>	<b>201,9</b>	<b>198,5</b>	<b>197,8</b>	<b>198,6</b>	<b>201,3</b>	<b>197</b>

"Inomhusklimatproblem i Sundshuset"  
Mikael Carlsson 2003

Fall	15	16	17	18	19	20	21	22
Lägenhet								
111	13,8	13,9	13,9	29,4	13,2	13,5	13,5	26,1
112	9,9	9,9	9,9	9,7	33,4	9,7	9,7	30,6
211	9,9	9,9	9,9	9,8	9,7	32,5	9,6	29,8
212	9,9	9,9	9,8	9,8	9,7	9,5	28,7	25,7
121	14,8	14,9	14,9	21,3	14,2	14,5	14,5	18,9
122	12,7	12,9	12,9	12,5	24,7	12,6	12,6	22,3
221	12,9	12,6	12,9	12,7	12,6	24,9	12,4	22,4
222	9,9	9,9	9,8	9,8	9,7	9,5	25	22,4
131	12,8	12,9	12,9	25,1	12,3	12,6	12,6	22,3
132	12,7	12,9	12,9	12,5	24,1	12,6	12,6	21,8
231	12,9	12,6	12,9	12,7	12,6	24,5	12,4	22,1
232	9,9	9,9	9,8	9,8	9,7	9,5	24,4	21,8
141	12,8	12,9	12,9	23,4	12,3	12,6	12,6	20,8
142	24,5	9,9	9,9	9,6	23	9,7	9,7	20,7
241	9,9	24,8	9,9	9,8	9,7	22,9	9,5	20,6
242	9,9	9,9	24,9	9,8	9,7	9,5	22,7	20,4
<b>Summa</b>	199,2	199,7	200,1	227,7	240,6	240,6	242,5	368,7

### 11.3 Flöden i spiskåporna enligt PFS vid 300 Pa

Flöde i spiskåpa (l/s)	Vid 300 Pa undertryck i fläkten						
	1	2	3	4	5	6	7
Fall							
Lägenhet							
111	14	49,8	13,6	13,7	13,7	13,7	13,7
112	10	9,8	51	9,8	9,8	9,9	9,8
211	10	9,8	9,8	50,4	9,8	9,9	9,8
212	10	9,8	9,8	9,7	49,8	9,9	9,8
121	15	14,5	14,6	14,7	14,7	41,2	14,7
122	13	12,7	12,6	12,7	12,7	12,8	44,7
221	13	12,8	12,7	12,7	12,7	12,8	12,8
222	10	9,8	9,8	9,7	9,6	9,9	9,8
131	13	12,5	12,6	12,7	12,7	12,7	12,7
132	13	12,7	12,6	12,7	12,7	12,8	12,6
231	13	12,8	12,7	12,7	12,7	12,8	12,8
232	10	9,8	9,8	9,7	9,6	9,9	9,8
141	13	12,5	12,6	12,7	12,7	12,7	12,7
142	10	9,8	9,7	9,8	9,8	9,8	9,7
241	10	9,8	9,8	9,7	9,7	9,9	9,8
242	10	9,8	9,8	9,7	9,6	9,9	9,8
<b>Summa</b>	187	218,7	223,5	223,1	222,3	210,6	215

Fall	8	9	10	11	12	13	14
Lägenhet							
111	13,8	13,8	13,6	13,7	13,8	13,8	13,6
112	9,8	9,8	9,8	9,9	9,8	9,8	9,9
211	9,8	9,8	9,8	9,9	9,8	9,8	9,9
212	9,8	9,7	9,8	9,9	9,8	9,7	9,9
121	14,8	14,7	14,6	14,7	14,8	14,7	14,6
122	12,8	12,8	12,7	12,6	12,8	12,8	12,8
221	45	12,7	12,8	12,8	12,5	12,7	12,8
222	9,8	45,3	9,8	9,9	9,8	9,7	9,9
131	12,8	12,8	44,7	12,7	12,8	12,8	12,6
132	12,8	12,8	12,7	43,9	12,8	12,8	12,8
231	12,5	12,7	12,8	12,8	44,4	12,7	12,8
232	9,8	9,7	9,8	9,9	9,8	44,4	9,9
141	12,8	12,8	12,6	12,7	12,8	12,8	42,1
142	9,8	9,8	9,8	9,7	9,8	9,8	9,8
241	9,6	9,8	9,8	9,9	9,6	9,8	9,9
242	9,8	9,7	9,8	9,9	9,8	9,7	9,9
<b>Summa</b>	215,5	218,7	214,9	214,9	214,9	217,8	213,2

"Inomhusklimatproblem i Sundshuset"  
Mikael Carlsson 2003

Fall	15	16	17	18	19	20	21	22
Lägenhet								
111	13,7	13,8	13,8	45,8	12,8	13,1	13,1	37,1
112	9,8	9,8	9,8	9,4	48,8	9,4	9,4	41,1
211	9,8	9,8	9,8	9,4	9,4	48,2	9,4	40,5
212	9,8	9,8	9,7	9,4	9,4	9,2	44,9	36,8
121	14,7	14,8	14,8	37,4	13,7	14,1	14	30,2
122	12,6	12,8	12,8	12,1	40,7	12,2	12,2	33,6
221	12,8	12,5	12,7	12,3	12,2	40,3	12	33,2
222	9,8	9,8	9,7	9,4	9,4	9,2	40,6	33,2
131	12,7	12,8	12,8	40,8	11,9	12,2	12,2	33
132	12,6	12,8	12,8	12,1	40	12,2	12,2	33
231	12,8	12,5	12,7	12,3	12,2	39,7	12	32,7
232	9,8	9,8	9,7	9,4	9,4	9,2	39,7	32,5
141	12,7	12,8	12,8	38,3	11,9	12,2	12,2	31
142	42	9,8	9,8	9,3	38,2	9,4	9,4	31,5
241	9,8	41,7	9,8	9,4	9,4	37,3	9,2	30,7
242	9,8	9,8	41,9	9,4	9,4	9,2	37,3	30,5
<b>Summa</b>	215,2	215,1	215,4	286,2	298,8	297,1	299,8	540,6

### 11.4 Flöden i spiskåporna enligt PFS vid 300 Pa med uteluftsintag

Flöde i spiskåpa (l/s)	Vid 300 Pa undertryck i fläkten						
Fall	1	2	3	4	5	6	7
Lägenhet							
111	14	43,4	13,7	13,8	13,8	13,8	13,8
112	10	9,9	44,1	9,8	9,9	9,9	9,9
211	10	9,9	9,8	44,9	9,8	9,9	9,9
212	10	9,9	9,8	9,8	42,7	9,9	9,9
121	15	14,6	14,7	14,7	14,8	35,2	14,8
122	13	12,8	12,8	12,8	12,8	12,9	37,8
221	13	9,9	12,8	12,7	12,8	12,9	12,9
222	10	9,9	9,8	9,8	9,7	9,9	9,9
131	13	12,6	12,7	12,8	12,8	12,8	12,8
132	13	12,8	12,8	12,8	12,8	12,9	12,7
231	13	12,8	12,8	12,7	12,8	12,9	12,9
232	10	9,9	9,8	9,8	9,7	9,9	9,9
141	13	12,6	12,7	12,8	12,8	12,8	12,8
142	10	9,8	9,8	9,8	9,9	9,9	9,8
241	10	9,9	9,8	9,8	9,8	9,9	9,9
242	10	9,9	9,8	9,8	9,7	9,9	9,9

**Summa** 187 210,6 217,7 218,6 216,6 205,4 209,6

Fall	8	9	10	11	12	13	14
Lägenhet							
111	13,8	13,8	13,7	13,8	13,8	13,8	13,7
112	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9
211	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9
212	9,8	9,7	9,9	9,9	9,8	9,8	9,9
121	14,8	14,8	14,7	14,8	14,8	14,8	14,7
122	12,9	12,8	12,8	12,7	12,9	12,8	12,8
221	38,1	12,8	12,9	12,9	12,6	12,8	12,9
222	9,8	39,4	9,9	9,9	9,8	9,8	9,9
131	12,9	12,8	36,1	12,8	12,9	12,8	12,7
132	12,9	12,8	12,8	37,3	12,9	12,8	12,8
231	12,6	12,8	12,9	12,9	37,7	12,8	12,9
232	9,8	9,7	9,9	9,9	9,8	37,9	9,9
141	12,9	12,8	12,8	12,8	12,9	12,8	37,3
142	9,9	9,9	9,9	9,8	9,9	9,9	9,9
241	9,7	9,8	9,9	9,9	9,7	9,8	9,9
242	9,8	9,7	9,9	9,9	9,8	9,8	9,9

**Summa** 209,5 213,4 207,9 209,1 209,1 212,2 209

"Inomhusklimatproblem i Sundshuset"  
Mikael Carlsson 2003

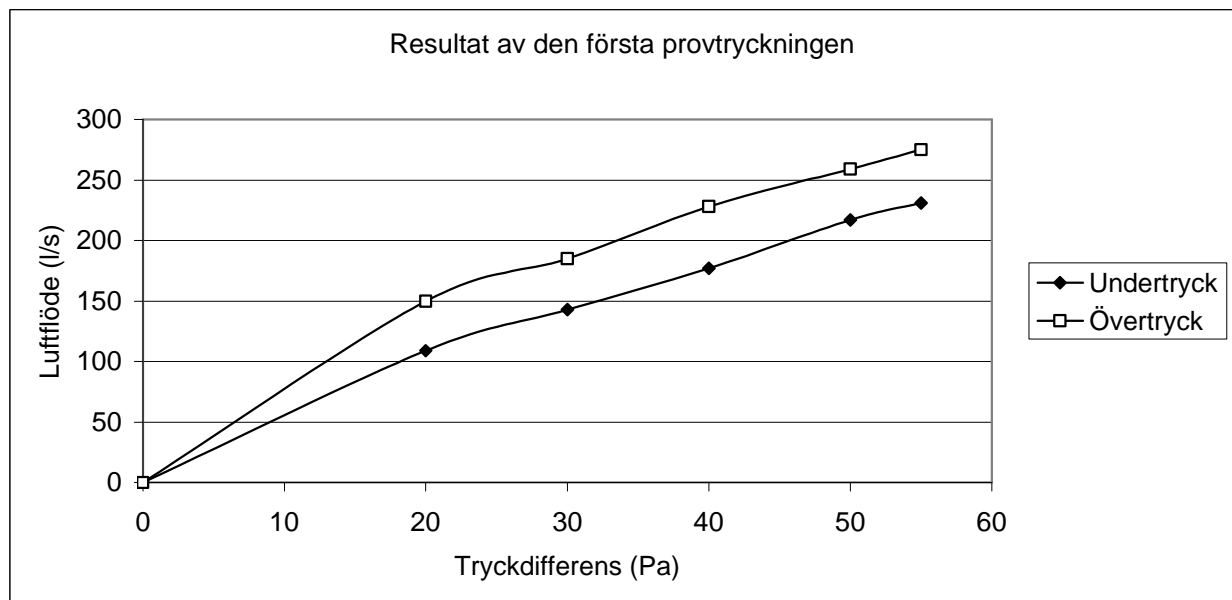
Fall	15	16	17	18	19	20	21	22
Lägenhet								
111	13,8	13,8	13,8	41	13,1	13,3	13,3	35
112	9,9	9,9	9,9	9,6	43,1	9,5	9,5	37,8
211	9,9	9,9	9,9	9,6	9,5	43,7	9,5	38,4
212	9,9	9,8	9,8	9,6	9,5	9,4	39,4	33,9
121	14,8	14,8	14,8	32,8	14	14,3	14,3	27,9
122	12,7	12,8	12,8	12,4	35,3	12,4	12,4	30,6
221	12,9	12,6	12,8	12,5	12,4	35,1	12,2	30,3
222	9,9	9,8	9,8	9,6	9,5	9,4	36,2	31,1
131	12,8	12,8	12,8	33,8	12,2	12,4	12,4	28,8
132	12,7	12,8	12,8	12,4	34,8	12,4	12,4	30,1
231	12,9	12,6	12,8	12,5	12,4	34,7	12,2	30
232	9,9	9,8	9,8	9,6	9,5	9,4	34,7	29,9
141	12,8	12,8	12,8	34,9	12,2	12,4	12,4	29,7
142	37,1	9,9	9,9	9,5	34,8	9,5	9,5	30,1
241	9,9	37	9,8	9,6	9,5	34,2	9,4	29,5
242	9,9	9,8	37,2	9,6	9,5	9,3	34,1	29,3
<b>Summa</b>	211,8	210,9	211,5	269	281,3	281,4	283,9	502,4



## 11.5 Resultat av den första provtryckningen i lägenhet 141

Tryckdifferens (Pa)	Luftflöde undertryck (l/s)	Luftflöde övertryck (l/s)
0	0	0
20	110	150
30	140	185
40	175	230
50	215	260
55	230	275

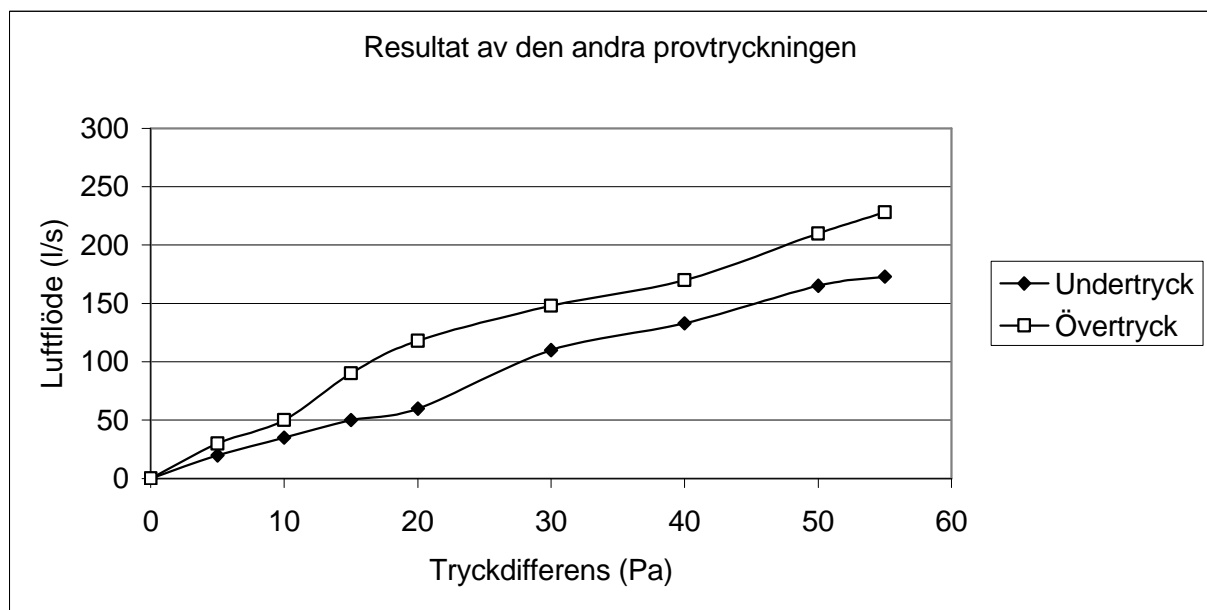
Tryckdifferens (Pa)	Luftflöde undertryck (l/s)	Luftflöde övertryck (l/s)
0	0	0
20	105	150
30	145	185
40	178	225
50	218	257
55	232	275



## 11.6 Resultat av den andra provtryckningen i lägenhet 141

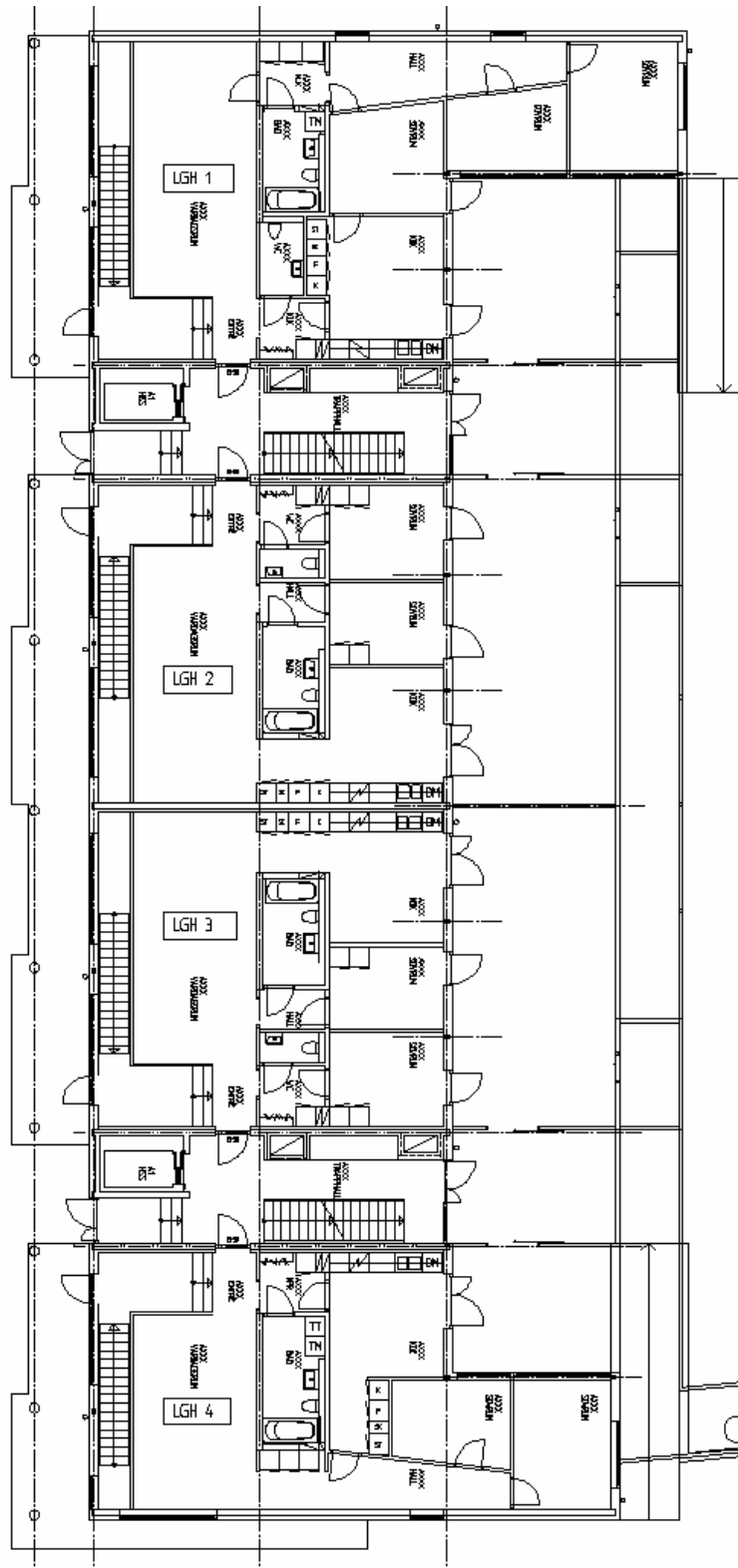
Medelvärde efter två provtryckningar:

Tryckdifferens (Pa)	Luftflöde undertryck (l/s)	Luftflöde övertryck (l/s)
0	0	0
5	20	30
10	35	50
15	50	90
20	60	118
30	110	148
40	133	170
50	165	210
55	173	228



## 11.7 Planritning, plan 1

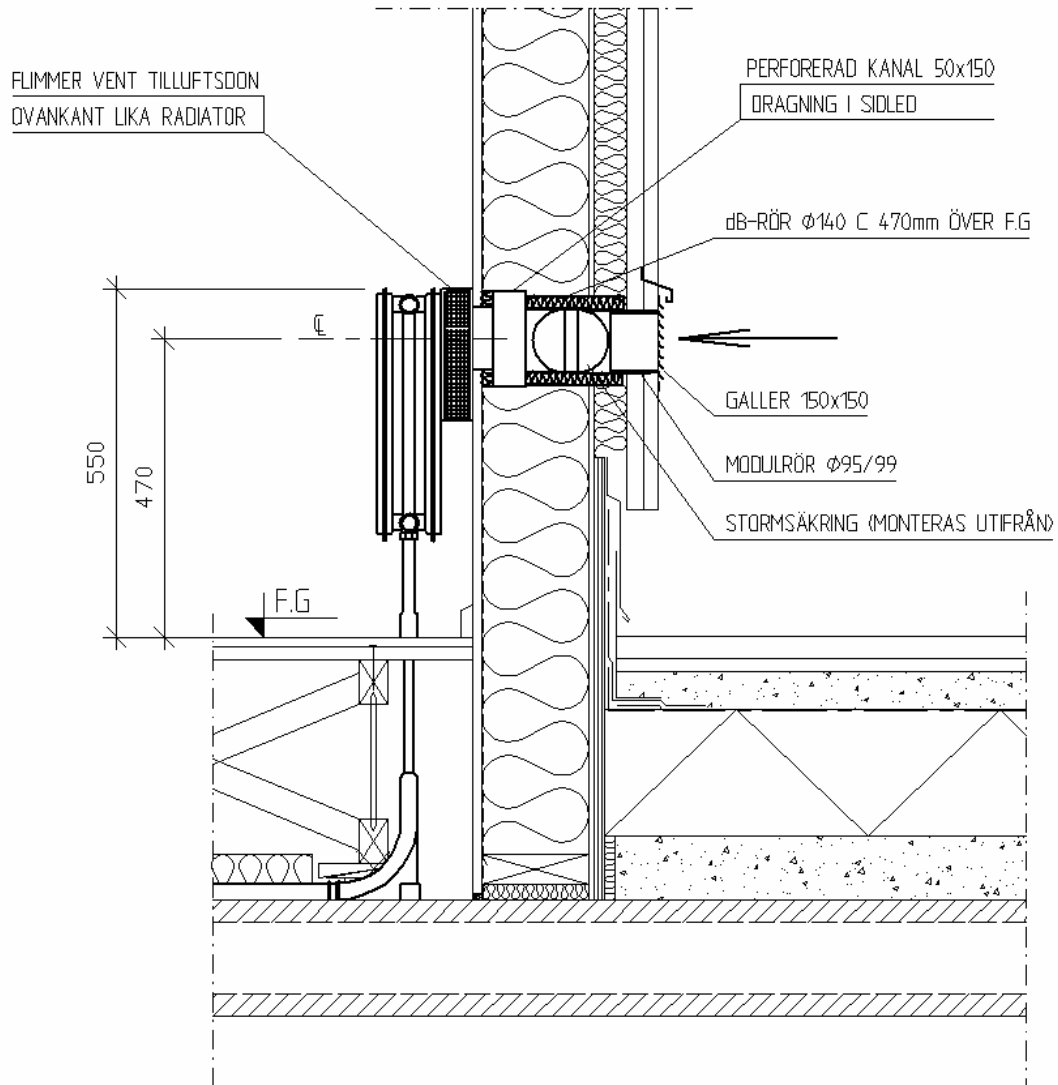
Källa: pnet.se



- LGH 1 = lägenhet 111
- LGH 2 = lägenhet 112
- LGH 3 = lägenhet 211
- LGH 4 = lägenhet 212

## 11.8 Sektion, detaljer luftintag

Källa: pnet.se



6 LUFTINTAG RADIATOR

## 11.9 Detaljer luftintag, sett uppifrån

Källa: pnet.se

