

BEHOVSSTYRD VENTILATION I NYBYGGDA FLERBOSTADSHUS –
TEKNISK FUNKTION OCH BRUKARSYNPUNKTER. RESULTAT FRÅN EN
TEKNIKUPPHANDLING.

2009-03-30

Åke Blomsterberg, WSP Environmental, Malmö



1.	SAMMANFATTNING.....	4
1.1	BAKGRUND.....	4
1.2	PROJEKTETS SYFTE	4
1.3	BEHOVSANPASSAD VENTILATION I BOSTÄDER – NORMKRAV OCH MÖJLIGHETER	5
1.4	GENOMFÖRANDE.....	5
1.5	RESULTAT FRÅN UTVÄRDERING AV TÄVLINGSFÖRSLAG.....	6
1.6	RESULTAT FRÅN UTVÄRDERING I TVÅ PROVLÄGENHETER.....	8
1.7	RESULTAT FRÅN FULLSKALEFÖRSÖK I PROVHUS	8
1.8	SLUTSATSER FRÅN TEKNIKUPPHANDLINGEN	9
1.9	SLUTSATSER FRÅN FULLSKALEFÖRSÖK	10
1.10	SLUTSATSER OM BEHOVSTYRNING AV VENTILATION	10
2.	INLEDNING.....	13
2.1	BAKGRUND.....	13
2.2	SYFTE	13
2.3	GENOMFÖRANDE.....	14
3.	BEHOVSANPASSAD VENTILATION I BOSTÄDER.....	16
3.1	NORMKRAV	16
3.2	VENTILATIONSFLÖDE VID BEHOVSANPASSNING	18
3.2.1	<i>Erfarenheter från ett allergikeranpassat flerbostadshus -Sundbo</i>	<i>19</i>
3.2.2	<i>Resultat från samtal med Boverket</i>	<i>23</i>
3.3	KONSEKVENSER FÖR ENERGIANVÄNDNING	24
4.	BESKRIVNING AV TEKNIKUPPHANDLINGEN	26
4.1	GENOMFÖRANDE.....	26
4.2	KRAVSPECIFIKATION	27
5.	TEKNIKTÄVLINGEN.....	31
5.1	BESKRIVNING AV FÖRSLAGEN	31
5.2	KOMPONENTPROVNING	36
5.2.1	<i>Metod för komponentprovning.....</i>	<i>36</i>
5.2.2	<i>Resultat för ventilkonvektorer.....</i>	<i>37</i>
5.2.3	<i>Resultat för givare.....</i>	<i>38</i>
5.3	BERÄKNINGAR AV ENERGI OCH INNEKLIMAT	38
5.3.1	<i>Metoder för beräkningar.....</i>	<i>38</i>
5.3.2	<i>Resultat</i>	<i>39</i>
5.4	BERÄKNINGAR AV KOSTNADER	46
5.4.1	<i>Metod för beräkning av livscykelkostnader</i>	<i>46</i>
5.4.2	<i>Resultat från kostnadsberäkningar</i>	<i>47</i>
5.5	SAMMANFATTNING AV GRANSKNING AV TÄVLINGSFÖRSLAG	47
5.6	ERFARENHETER.....	50
6.	MÄTNING OCH UTVÄRDERING I PROVLÄGENHET.....	51
6.1	MÄT- OCH UTVÄRDERINGSPROGRAM FÖR PROVLÄGENHET	51
6.1.1	<i>Syfte.....</i>	<i>51</i>
6.1.2	<i>Genomförande.....</i>	<i>51</i>
6.1.3	<i>Mätparametrar.....</i>	<i>54</i>
6.1.4	<i>Utvärdering.....</i>	<i>55</i>
6.2	RESULTAT FÖR PROVLÄGENHET MED FÖRSLAG 1	55
6.3	RESULTAT FÖR PROVLÄGENHET MED FÖRSLAG 5	62
6.4	SLUTSATSER.....	67
7.	INSTALLATION I PROVHUS	68
8.	UPPFÖLJNING OCH UTVÄRDERING I PROVHUS.....	72
8.1	PROGRAM FÖR MÄTNING OCH UTVÄRDERING AV BEHOVSTYRD VENTILATION I PROVHUS	72
8.1.1	<i>Syfte.....</i>	<i>72</i>
8.1.2	<i>Mät- och utvärderingsförberedelser under projekterings- och entreprenadskedet</i>	<i>72</i>
8.1.3	<i>Genomförande.....</i>	<i>72</i>
8.1.4	<i>Mätparametrar.....</i>	<i>73</i>
8.1.5	<i>Utvärdering.....</i>	<i>75</i>

8.1.6	Rapportering	75
8.2	RESULTAT AV UPPFÖLJNINGEN	75
8.3	METOD FÖR BRUKARUNDERSÖKNING OCH PROBLEMINVENTERING	78
8.4	UPPLEVD INNEMILJÖ ANDRA UPPVÄRMNINGSSÄSONGEN – BEHOVSSTYRNINGEN FUNGERADE INTE SOM TÄNK	80
8.5	RESULTAT FRÅN PROBLEMINVENTERINGEN	85
8.6	SLUTSATSER	87
8.6.1	Behovsstyrd ventilation	87
8.6.2	Boendeundersökningarna	87
9.	SLUTSATSER	90
10.	REFERENSER	93
11.	BILAGOR	94
11.1	FÖRESKRIFTER FÖR TEKNIKTÄVLING	94
11.1.1	Projektets syfte	94
11.1.2	Genomförande	95
11.1.3	Tävlingens art	96
11.1.4	Varför delta i tävlingen ?	96
11.1.5	Övriga tävlingsförutsättningar	96
11.1.6	Tillhandahållande av tävlingsunderlag	97
11.1.7	Förteckning över tävlingsunderlag	97
11.1.8	Kompletterande tävlingsunderlag	97
11.1.9	Tävlingsförslagets form och innehåll	98
11.1.10	Tävlingstider	98
11.1.11	Adressering	98
11.1.12	Utvärdering av tävlingsförslag och testobjekt	99
11.1.13	Värderingsgrunder vid prövning av tävlingsförslag	99
11.2	ÖVERSIKTLIG TIDSPLAN	100
11.3	OBJEKTBSKRIVNING	100
11.3.1	Allmänt	100
11.3.2	Referenshus	100
11.3.3	Dimensionerande data	102
11.3.4	Randvillkor	103
11.3.5	Indata ENORM 1000 version 1.02	105
11.4	KRAVSPECIFIKATION	107
11.4.1	Allmänt	107
11.4.2	Förutsättningar	107
11.4.3	Byggnad	107
11.4.4	Dimensionerande data	107
11.4.5	Övergripande krav på de ventilationstekniska lösningarna	108
11.4.6	Inneklimatparametrar	108
11.4.7	Energieffektivitet	110
11.4.8	Systemstabilitet	111
11.4.9	Systemflexibilitet	111
11.4.10	Drift och underhåll	112
11.4.11	Kretsloppsanpassade lösningar	113
11.4.12	Kostnader	113
11.5	BERÄKNING AV KOSTNADER	113
11.5.1	Beräkningsmodell	113
11.5.2	Indata till kostnadsberäkningar	113
11.5.3	Redovisning av beräknade kostnader	114
11.6	CHECKLISTA FÖR REDOVISNING AV TÄVLINGFÖRSLAG	119
11.7	PROGRAM FÖR KOMPONENTPROVNING	119
11.7.1	Allmänt	119
11.7.2	Komponentprovningar	119

1. SAMMANFATTNING

1.1 Bakgrund

Moderna flerbostadshus har som regel mekanisk ventilation med ett ventilationsflöde som i det närmaste är konstant över tiden och oberoende av variationer i belastningen i form av fukt, lukt, matos, antalet personer m.m. i bostaden. De flesta lägenheterna har dock möjlighet att öka ventilationsflödet i köket vid t.ex. matlagning.

Kraven på luftkvaliteten i bostäder har ökat, dessutom finns exempel på hus där andel boende med bostadsrelaterade hälsobesvär är högre än normalt s.k. sjuka hus. Våtrumsvanorna har ändrats t.ex. har fuktbelastningen i badrum ökat pga. ökad duschfrekvens och installation av tvättmaskin.

Ett sätt att förbättra funktionen hos ventilationen bl.a. med avseende på den ökade fuktbelastningen och samtidigt förenkla ventilationssystemet, utan att öka energianvändningen eller t.o.m. sänka energianvändningen, vore att behovsstyra ventilationen i framtida bostäder. Med förenkling av ventilationssystemet menas här att t.ex. när så medges inte installera någon värmeåtervinning. En utveckling av system för behovsstyrd ventilation initierades därför 1998 av JM (såsom representant för byggherregruppen inom Hammarby Sjöstad), Statens Energimyndighet och LIP-kansliet vid Stockholms Stad, i form av en teknikupphandling. Komponenter, som var tänkbara för behovsstyrd ventilation fanns vid projektets start, men det saknades erfarenheter av avancerade och flexibla ventilationslösningar för bostäder. Efter framförallt Energimyndighetens önskemål utformades en teknikupphandling av behovsstyrd ventilation så att den inte föreskrev någon specifik systemlösning, utan byggde på att ett antal noga specificerade funktionskrav skulle uppfyllas. Sålunda gavs t ex samma möjligheter för F-, FT- och FTX-ventilation att delta.

1.2 Projektets syfte

Avsikten med teknikupphandlingen var att initiera en utveckling av nya systemlösningar för behovsstyrd ventilation i flerbostadshus. Möjligheten till framtida IT-tillämpningar och integrering med "intelligenta hus" skulle beaktas. Till grund för projektet låg gällande normkrav samt brukarkrav från boende och förvaltare. Projektet syftade till lösningar som kan integreras med andra system och komponenter av olika fabrikat.

De tekniska lösningarna skulle präglas av en helhetssyn med inriktning mot totalfunktionen, vilket inbegriper alla berörda teknikområden dvs. ventilation, inneklimat, byggnadsteknik, miljö, drift och underhåll m. m. Härvid skulle bl. a. krav beaktas, som gäller energieffektivitet, servicevänlighet, robusta system, totalekonomi (livscykelkostnader) och nöjda hyresgäster.

Projektet inriktades på nybyggnader varvid avsikten var att vinnande förslag skulle installeras, provas och utvärderas i testobjekt.

Om de presenterade systemlösningarna också visade sig vara intressanta för befintliga flerbostadshus, var avsikten att i ett anslutande projekt vidareutveckla och anpassa resultaten även för detta byggnadsbestånd.

1.3 Behovsanpassad ventilation i bostäder – normkrav och möjligheter

Normkrav på luftkvalitet och ventilation i bostäder finns framförallt i Boverkets Byggregler. Kraven på ventilationssystemet omfattar ett minsta erforderligt uteluftsflöde, att föroreningar skall föras bort, samt råd angående en minsta luftutbyteseffektivitet. Uteluftsflödet skall vara lägst 0,35 l/s per m² golvyta under den tid då rummen används. Under övrig tid får reduktion ske förutsatt att hälsorisker inte uppstår eller att skador inte uppstår, varken på byggnaden eller dess installationer. I äldre BBR anges även råd om storleken på frånluftsflöde från olika utrymmen för att uppfylla kravet på att föroreningar ska föras bort. Nuvarande BBR från 2006, som infördes efter denna teknikupphandling, har inga sådana råd.

I BBR anges krav på ventilationens funktion men inga råd anges om varken storleken på uteluftsflödet eller frånluftsflödena vid reduktion av luftväxlingen då rummen inte används, dvs. i princip vid behovsanpassad ventilation. I nuvarande BBR från 2006 anges att uteluftsflödet inte får bli lägre än 0,10 l/s per m² golvarea då ingen vistas i bostaden.

Erfarenheter från studier i bl.a. ett allergikeranpassat flerbostadshus visar att åtgärder för att uppnå låga emissioner av föroreningar från ytmaterial kan möjliggöra att ventilationsflödet sänks. Det är dock svårt att bestämma hur mycket ventilationsflödet kan reduceras när ingen är hemma. Vid dimensionering av luftflödet är det viktigt att utgå från de aktuella behoven för att uppnå ett optimalt inneklimat. Fukthalten i våtrum kan bli dimensionerande, vilket kan lösas med forcering av ventilationsflödet. För att låga ventilationsflöden skall vara tillräckliga, måste först emissioner från byggnaden, möbler mm vara tillräckligt låga. Lägre luftflöden gör det dessutom lättare att uppfylla andra krav t.ex. på minsta relativ luftfuktighet och låg energianvändning.

Energianvändningen för uppvärmning och för drift av fläktar minskar vanligen med minskande ventilationsflöde. Ett rimligt antagande är att ventilationen i en trerumslägenhet med en familj på 4 personer kan sänkas från 0,35 l/sm² (0,5 oms/h) till 0,10 l/sm² (0,15 oms/h) under 8 timmar per dag måndag till fredag dvs. ett rimligt antagande på tid när ingen vistas i lägenheten. Detta innebär en minskning av ventilation under 2184 h under ett helt år, vilket innebär en sänkning från en kontinuerlig ventilation på 0,35 l/sm² (0,5 oms/h) till en medelventilation på 0,28 l/sm² (0,4 oms/h). Denna sänkning medför för en lägenhet (utan värmeåtervinning) i Stockholm att ventilationsförlusterna reduceras med ca 20 % eller 10 kWh/m²år och att elanvändningen för ventilation reduceras med ca 25 % om fläkten regleras med en frekvensomvandlare.

1.4 Genomförande

Projektet har drivits av WSP (tidigare J&W), som till sitt förfogande har haft dels en styrgrupp med representanter från Energimyndigheten och LIP-kansliet vid Stockholms stad, dels en beställargrupp med ett antal byggherrar (JM AB, LKF AB, PEAB Öst AB, AB Gavlegårdarna, AB Svenska Bostäder, NCC AB), samt Boverket.

Teknikupphandlingen avser ett komplett ventilationssystem utfört för behovsstyrning. Genomförandet var tänkt att ske i tre steg :

1. Tekniktävling med utvärdering baserad på teoretiska beräkningar och laboratieprovnings av utvalda komponenters prestanda.
2. Installation av vinnande förslag i ett nybyggt flerbostadshus

3. Uppföljning och utvärdering med besiktningar, mätningar och insamling av driftserfarenheter under ett år från boende och driftspersonal.

I verkligheten infördes ett extra steg mellan steg 1 och 2, nämligen provning under tre månader i provlägenheter.

Teknikupphandlingen genomfördes under tidsperioden 1998 – 2007:

- Tekniktävling under 1998-2000
- Provning i provlägenhet under 2000-2001
- Installation i provhus under 2001-2003
- Uppföljning i provhus under 2004-2007.

Arbetet med tekniktävlingen har inneburit att ett förfrågningsunderlag med en detaljerad kravspecifikation, en modell för beräkning av livscykelkostnader, ett program för komponentprovning och ett program för teoretiska beräkningar har utarbetats. Det övergripande syftet med kravspecifikationen var att säkerställa en totalfunktion dvs. ett väl fungerande system. Funktionskraven omfattar flera olika områden: inneklimat, energieffektivitet, systemstabilitet, systemflexibilitet, drift och underhåll, kretsloppsanpassade lösningar och kostnader. Det finns krav dels på generell nivå t. ex. robusthet, estetik, dels specifika krav t. ex. luftflöden. För de flesta parametrarna finns både skall- och börkrav. Skallkraven måste uppfyllas och önskvärt är att även börkrav uppfylls.

Inför installationen i provlägenheter sammanställdes ett mät- och utvärderingsprogram, vilket även gjordes inför installationen i provhus, ett nybyggt flerbostadshus.

1.5 Resultat från utvärdering av tävlingsförslag

Av sju inkomna förslag föll fyra bort i ett tidigt skede beroende på ofullständiga tekniska beskrivningar av förslagen m.m.. De tre återstående förslagen innebär alla mekanisk frånluftsventilation med förvärmning av uteluften vid fasaden, förslag 1 och 7 har en central fläkt med frånluftsvärmepump, medan förslag 5 har en fläkt för varje lägenhet och saknar värmeåtervinning. Förslag 1 och 5 förvärmer uteluften med ventilkonvektor, medan förslag 7 förvärmer med tilluftsradiator.

De tre förslagen möjliggör behovsstyrning av ventilationen så att min. luftflöde av 0.1 l/s, m² kan erhållas då lägenheten är tom s.k. bortaventilation. Detaljer skiljer sig mellan de olika systemen men principen är att lägsta luftflödet kan erhållas då lägenheten är helt tom. Dessutom möjliggörs forcerad ventilation, utöver hemmaventilationen på 0,35 l/sm². Inget av systemen har helt individuell styrning av ventilationen i varje enskilt rum.

Systemen har följande utmärkande drag som är av betydelse för framförallt energianvändningen:

	Förslag 1	Förslag 5	Förslag 7
Frånluftsventilation med utsug från våtrum och kök	x	x	x
Behovsstyrning ventilation, hemmaventilation resp. bortaventilation (0,35 resp. 0,10 l/sm ²)	x	x	x
Behovsstyrning ventilation, forcering	x ¹⁾	x ²⁾	x ³⁾
Frånluftvärmepump	x		x
Bättre fönster än standard		x	
Minskning av ventilation vid extrem kyla		x	
Uppskattat SFP-värde fläktar (kW/m ³ /s)	1.0	0.5	1.0
Förvärmning av uteluft	Ventilkonvektor	Ventilkonvektor	Tilluftradiator

¹⁾ Kontinuerlig behovsstyrning i våtrum med RF-givare med högre prioritet än bortaventilation, samt i kök med manuell timer- eller spistemperaturstyrning, central varvtalsreglerad fläkt

²⁾ Forcerad ventilation i våtrum med RF-givare med högre prioritet än bortaventilation, samt i kök med manuell timerstyrd köksfläkt, en varvtalsreglerad fläkt till varje lägenhet

³⁾ Forcerad ventilation i kök "tas" från badrum

Komponentprovningar visade att uppställda krav uppfylldes, förutom att dragproblem kan uppstå i vissa fall i vistelsezonen med förslag 1 och 5. De tre förslagen torde ha problem att uppfylla ljudklass B enligt svensk standard ljudklassning av bostäder vad beträffar klimatskärmens ljudreduktion. Förslagen ansågs även ha vissa brister i helhetssyn, robusthet och estetik. Möjlighet gavs till vidareutveckling, som förslag 1 och 5 genomförde. Dessa förslag bedömdes sedan uppfylla alla krav och har installerats i provlägenheter, där mätningar genomförts.

Energiberäkningar med ENORM för ett tänkt provhus i Hammarby Sjöstad visade att de tre förslagen uppfyller kravet på god energihushållning enligt BBR. Simuleringar av det tänkta provhuset och av en lägenhet inom EU-projektet Reshyvent visar att den sänkning av ventilationen som behovsstyrningen medför kan ge en minskning av energianvändningen för att täcka ventilationsförlusterna med ca 20 % eller 10 - 15 kWh/m²år och att elanvändningen för ventilation reduceras med ca 25 % eller 1 – 2 kWh/m²år om fläkten styrs med en frekvensomvandlare, annars ingen elbesparing. Förslag 1 och 7 ger avsevärt lägre energianvändning för uppvärmning än förslag 5 tack vare värmeåtervinning (frånluftsvärmepump).

Enligt beräkningar med IDA så fanns det förutsättning i förslag 1 och 5 för att uppfylla kravet på relativ luftfuktighet i badrum. Förslag 7 torde inte uppfylla kravet.

Beräkningar visar att kravet på CO₂-halt i sovrum kan uppfyllas i de tre förslagen.

Kostnadsberäkningar visar att investeringskostnaden för behovsstyrd ventilation varierar från ungefär lika med konventionellt system till knappt dubbla kostnaden.

1.6 Resultat från utvärdering i två provlägenheter

Förslag 1 och 5 installerades i varsin provlägenhet. Inledningsvis förekom en del problem med mätsystemet och ventilationssystemet. Exempel på problem är luftflöden som var för höga, ständig fuktforcering, smärre reglerproblem och otillräcklig mätnoggrannhet. De flesta problemen åtgärdades dock på ett tillfredställande sätt.

Båda förslagen har större delen av tiden klarat av att hålla en rimlig temperatur på tilluften med hjälp av en tilluftskonvektor och en jämn innetemperatur. Fuktforceringen har fungerat på ett rimligt sätt. De boende har ibland kommit ihåg att sänka ventilationen när lägenheten var tom. CO₂-halten har uppfyllt uppställda krav. Ljud kan komma in via tilluftskonvektorn, eftersom den inte var försedd med någon extra ljuddämpning.

Utvärderingen i de två provlägenheterna gjorde det troligt att behovsstyrningen av ventilationen dvs. fuktstyrningen (av forcerad ventilation) och bortaläget, skulle kunna fungera på ett tillfredställande sätt, med reservation för robusthet och estetik.

1.7 Resultat från fullskaleförsök i provhus

Förslag 1 installerades i ett provhus. Vid installationen gjordes några avvikelser i verklig installation jämfört med tävlingsförslaget, vilka har bidragit mer eller mindre till problemen med funktion och robusthet hos ventilationssystemet:

- inga ventilkonvektorer i sovrum
- ej volymkåpa, som spiskåpa ovanför köksspisen
- utökat antal spjäll i ventilationskanalerna i lägenheterna
- avsaknad av drift- och skötselinstruktioner för de boende
- byte av fuktstyrt frånluftsdon

Provhus och referenshus är i princip identiska, förutom behovsstyrningen av ventilationen i provhuset. Detta innebär bl.a. i detta fall att hemmaventilationen för referenshuset är större, 35 %, än för provhuset. Skillnaden beror på att i referenshuset finns inte fuktforcering i våtrum, vilket enligt råd i dåvarande BBR för våtrum innebär högre grundventilation i våtrum.

Utvärderingen visar att ventilationssystemet i provhuset inte har gått att justera in tillfredställande, samt att styrningen av bortaventilationen och fuktstyrningen inte har varit tillräckligt robust. Detta beror på brister i utformningen av ventilationssystemet i provhuset. Detta har resulterat i att behovsstyrningen av ventilationen endast under kortare perioder fungerat tillfredställande samtidigt i alla lägenheterna. Någon egentlig utvärdering av funktionen hos behovsstyrd ventilation och därtill hörande energieffektivisering i fullskala har därför inte kunnat genomföras. Dock har alltid hemmaventilationen fungerat tillfredställande.

En enklare utvärdering av tilluftskonvektorn har dock genomförts vad avser förvärmningen av uteluften till vardagsrummet. Under vinter, vår och höst förvärms alltid uteluften enligt de kontinuerliga mätningarna av tilluftstemperaturen. Förvärmningsgraden varierar dock.

De boende i provhuset har således under nästan 4 år fått leva med ett icke fullgott ventilationssystem pga. ovannämnda problem. För att få brukarnas uppfattning om vilka problem som man haft under denna period genomfördes efter tredje uppvärmningssäsongen

en probleminventering. Förutom olika problem med ventilationen och en hög innetemperatur, särskilt i provhusets trapphus, framkom bland de boende ett stort missnöje med dialogen med byggherren. De boende uttryckte också oro för hur det skulle gå med ventilationsövervakningen när byggherren lämnar över förvaltningsansvaret till bostadsrättsföreningen.

Förutom probleminventeringen genomfördes en enkätundersökning med Stockholms stads standardiserade enkät för upplevd inomhusmiljö och hälsa. Resultatet från denna visade att de boende inte upplevde luftkvaliteten som helhet som dålig, men fler bedömde luften som torr, dammig och unken i provhuset än i referenshuset. Det är också många som upplever problem med drag. Dragproblemen är större i provhuset än i referenshuset, framförallt i vardagsrummet, förmodligen beroende på variationen i förvärmningen av tilluften i tilluftskonvektorn. I provhuset upplevdes också ljud från köksfläkten. Utifrån de båda enkätundersökningarnas resultat kan man förespråka en tydligare dialog med brukarna för att både utnyttja deras iakttagelser vid injustering av systemet och för att säkra en god drift och skötsel i framtiden. Problem med drag i bostäder med frånluftventilation är inte ovanliga och någon riktigt säker lösning, som undviker drag hela året finns förmodligen inte idag. Slutligen kan man fråga sig om de prioriteringar som togs med i den ursprungliga i kravspecifikationen för ventilationssystemslösningen var felaktiga sett ur ett brukarperspektiv? Uppenbarligen var prioriteringen för låg för att uppnå en tillräcklig god värmekomfort men också för att få ett tillräckligt robust ventilationssystem.

1.8 Slutsatser från teknikupphandlingen

Endast 7 stycken tävlingsförslag deltog trots pressinformation om tävlingen, direktkontakter med företag samt inbjudningsbrev. Inga av de större företagen inom installationsbranschen deltog i tävlingen. Anledningen till att så få deltog är troligen att kravspecifikationen var mycket ambitiös och gällde ett system. Tävlingen har därmed krävt en stor insats av olika kompetenser, som endast några få har kunnat eller varit intresserad av att ställa upp med. Det är naturligtvis svårare att göra teknikupphandlingar av system än komponenter. Tävlingen har dock bidragit till en teknikutveckling. T.ex. har en del av idéerna tillämpats i EU-projektet Reshyvent – utveckling av behovsstyrd hybridventilation för flerbostadshus och en av byggnaderna på Bo01-mässan i Malmö.

Tre förslagsställare gavs möjlighet att förbättra sina förslag. Två förslag bedömdes uppfylla kravspecifikationen samt vara lämpliga för en provinstallation. Detta efter att ha inkommit med förbättringar. Ingen vinnare hade tidigare kunnat utses, eftersom bedömningen gjordes att några krav enligt kravspecifikationen inte helt skulle kunna uppfyllas i en verklig byggnad och det fanns brister i helhetssyn, robusthet och estetik.

Förslag 1 och 5 uppfyllde ljudkrav vad beträffar klimatskärmens ljudreduktion enligt BBR men inte enligt klass B i svensk standard för ljudklassning av bostäder. Efter genomförd vidareutveckling kan det finnas möjlighet att uppfylla klass B. Detta under förutsättning att den yttre ljudnivån är lägre än ca 55 dB (ingen närhet till större trafikled).

Livscykelkostnadsberäkning för systemet redovisades i ett av anbudena, men var ofullständig i övriga anbud. Detta trots att en förenklad beräkningsmodell fanns redovisad i tävlingsunderlaget.

Ventilationssystemet i provhuset har endast under kortare perioder fungerat tillfredställande samtidigt i alla lägenheterna. Detta har berott på brister i utformningen av

ventilationssystemet i provhuset. En bidragande orsak är att denna teknikupphandling har gällt ett system och inte en enskild komponent. Dessutom har anpassningen av tävlingsförslaget till normal byggproduktion och bostadsrättsinnehavares önskemål inte helt lyckats.

Kravspecifikationen som främst utgick ifrån möjligheten att följa upp systemets funktion utifrån tekniska mätningar borde ha utformats på ett bättre sätt för att bli bättre utvärderingsbar mätt med brukarnas bedömning av inomhusmiljön och de vardagsnära tekniska funktionerna. Kravspecifikationen borde även ha ställt direkta krav på god termisk komfort. Dessutom borde krav ha ställts på utseendet på komponenter synliga i lägenheter, för att få acceptans hos de boende.

Vid projektering och installation i provhus krävs en noggrann kvalitetssäkring, vilket förutom robusthet innebär stor omsorg och noggrann injustering av systemet. Denna utvärdering visar att det också måste ställas krav på snabba åtgärder när systemet eller delar av systemet inte fungerar tillfredställande.

1.9 Slutsatser från fullskaleförsök

Ventilationssystemet har inte gått att justera in tillfredställande vad avser storleken på luftflödet vid borta ventilation och forcerad ventilation. Detta beror på brister i utformningen av ventilationssystemet i provhuset. Styrningen av bortaventilationen och fuktstyrningen har inte varit tillräckligt robust, vilket har inneburit att behovsstyrningen av ventilation endast under kortare perioder fungerat tillfredställande samtidigt i alla lägenheterna. Någon egentlig utvärdering av funktionen hos behovsstyrd ventilation och därtill hörande energieffektivisering har därför inte kunnat genomföras. Dock har alltid hemmaventilationen fungerat tillfredställande.

En enklare utvärdering av tilluftskonvektorn har dock genomförts dvs. vad avser förvärmningen av uteluften till vardagsrummet. Under vinter, vår och höst förvärms alltid uteluften enligt mätningarna av tilluftstemperaturen, men i varierande grad.

Fullskaleförsöket har inte involverat brukarna i tillräcklig omfattning, vilket lett till att de som köpare av sin lägenhet inte fått någon direkt information. En bättre dialog med de boende hade gett snabbare feedback på funktionen. Dialogen är också ett sätt att skapa förtroende för det system som sätts in, men också vilken kompletterande information om installationernas funktion, som bör sättas in.

1.10 Slutsatser om behovsstyrning av ventilation

Viktiga parametrar för behovsstyrning av ventilation i bostäder är relativ luftfuktighet, CO₂, närvaro-frånvaro och matos. Detta förutsätter att emissioner från byggnaden, möbler m.m. är tillräckligt låga, så att ventilationens syfte är att ventileras för emissioner förorsakade av mänsklig aktivitet. Behovsstyrningen av den relativa luftfuktigheten i våtrum sker lämpligen med viss automatik, medan brukaren till viss del kan ansvara för övriga parametrar, vilket förutsätter bra information och dialog med brukarna. Grundförutsättningen är dock ett energieffektivt ventilationssystem, som möjliggör effektiv ventilation efter behov. Viktigt är också att behovsstyrningen präglas av en helhetssyn och robusta komponenter. Dessutom krävs en noggrann injustering och uppföljning av funktionen hos värme- och ventilationssystemet, där hänsyn måste tas till de boendes önskemål.

För att med större säkerhet få ett fungerande ventilationssystem med behovsstyrning i varje enskild lägenhet behövs uppenbarligen separata ventilationskanaler för varje lägenhet. Ett intressant alternativ vore ventilationskonceptet från EU-projektet Reshyvent, där ett svenskt ventilationskoncept utvecklades. Detta koncept är baserat på en separat frånluftsfläkt för varje lägenhet, vilket gör flödena i lägenheterna oberoende av eventuella störningar från omkringliggande lägenheter under förutsättning att lägenhetsskiljande ytor har god lufttätet. Fläkten har en inbyggd reglering så att frånluftsluftflödet hålls konstant oavsett förändringar av systemets tryckfall. Det önskade luftflödet (börvärdet) kan ställas in från en panel i lägenheten (normalläge, bortaläge, mm), men är också automatiskt styrt av luftfuktighet och utetemperatur.

Värmeenergibesparingen tack vare behovsstyrningen blir med stor sannolikhet inte lika stor som värmeenergibesparingen tack vare effektiv värmeåtervinning på ventilationsluften. Beräkningar visar en besparingspotential för värme på 10 – 15 kWh/m²år och för el 1 – 2 kWh/m²år, jämfört med frånluftsventilation utan värmeåtervinning, som skulle kunna ge en värmebesparing på 20 – 40 kWh/m²år. Med ännu eleffektivare fläktar skulle ytterligare 3 – 4 kWh/m²år el kunna sparas. En viktig förutsättning för båda systemen är rätt injusterad innetemperatur, för att undvika att de boende under vinterhalvåret fönstervädrar för att få ner innetemperaturen. Vad beträffar behovsstyrning är det viktigt med samordning mellan styrning av ventilation och värme.

I denna teknikupphandling fanns endast förslag baserade på frånluftsventilation. Behovsstyrning borde även kunna tillämpas på ventilationssystem med från- och tilluft med värmeåtervinning. Energibesparingen torde dock bli betydligt mindre.

Sammanfattningsvis kan konstateras att det krävs en vidareutveckling av system och komponenter inom VVS-branschen för att uppnå den fördelar som behovsstyrd ventilation. Detta för att förbättra funktion och robusthet, samt sänka kostnaderna.

De fördelar som kan förväntas uppnås med behovsstyrning jämfört med dagens ventilationssystem med i det närmaste konstant luftflöde är:

- Förbättrad luftkvalitet
- Mindre fuktproblem
- Minskad energianvändning för rumsuppvärmning, dock inte jämfört med bra värmeåtervinning
- Minskad elanvändning för ventilation

Detta uppnås genom installation av:

- Automatisk fuktforcering av luftflödet i våtrum
- Luftflöde styrt av närvaro-frånvaro
- Timerstyrd forcering av luftflödet i kök
- Samordnad styrning av ventilations- och värmesystem
- Helhetssyn med robusta komponenter, vars funktion och utformning kan accepteras av de boende och förvaltare

Dessutom krävs :

- Noggrann injustering och uppföljning av värme- och ventilationssystem
- God lufttätet mellan lägenheterna

Nackdelar som måste lösas

- Om systemet baseras på frånluftsventilation, så är det förmodligen svårt att helt undvika problem med drag.
- Kostnaden är för några av systemen något för höga

2. INLEDNING

2.1 Bakgrund

Moderna flerbostadshus i Sverige har som regel mekanisk ventilation. Många av dem är försedda med mekanisk frånluftsventilation utan värmeåtervinning. Avsaknaden av värmeåtervinning gäller framförallt områden som är anslutna till fjärrvärmenätet och där mer än hälften av fjärrvärmen produceras med förnybar energi, men även enskilda byggnader där en stor del av värmen produceras med förnybara energi. I dessa fall finns inte något krav på värmeåtervinning enligt BBR 94. Ett exempel på ett sådant område är Hammarby Sjöstad, där målsättningen för bostäderna under byggande var att energibehovet skulle vara hälften av behovet i normal nyproduktion av bostäder under perioden 1988-1996. Hammarby Sjöstad kom att anslutas till fjärrvärme. Dessutom är ett av delmålen att minska elanvändningen, vilket medför att om värmeåtervinning kan undvikas så är det lättare att uppnå detta delmål.

I de flesta moderna flerbostadshus är ventilationsflödet i det närmaste konstant över tiden och oberoende av variationer i luftkvaliteten och oberoende av antal personer i bostaden. De flesta lägenheterna har dock möjlighet att forcera ventilationsflödet i köket vid t ex matlagning.

Kraven på luftkvaliteten i bostäder har ökat, dessutom finns många exempel på hus där andel boende med bostadsrelaterade hälsobesvär är högre än normalt s.k. sjuka hus. Nya material har tillkommit i moderna bostäder. Våtrumsvanorna har ändrats t.ex. har fuktbelastningen i badrum ökat pga. ökad duschfrekvens och installation av tvättmaskin.

Ett sätt att förbättra funktionen hos ventilationen bl.a. med avseende på den ökade fuktbelastningen och samtidigt förenkla ventilationssystemet, utan att öka energianvändningen eller t.o.m. sänka energianvändningen, vore att behovsstyra ventilationen (Månsson 1993) i framtida bostäder. Att inte installera någon värmeåtervinning innebär en förenkling av ventilationssystemet. Därför initierades 1998 en utveckling av system för behovsstyrd ventilation av JM (såsom representant för byggherregruppen inom Hammarby Sjöstad), Statens Energimyndighet och LIP-kansliet vid Stockholms Stad, i form av en teknikupphandling. Komponenter, som var tänkbare för behovsstyrd ventilation fanns vid projektets start, men det saknades erfarenheter av avancerade och flexibla ventilationslösningar för bostäder. Efter framförallt Energimyndighetens önskemål så utformades teknikupphandlingen så att den inte föreskriver specifika systemlösningar och produkter t ex ges samma möjligheter för F-, FT- och FTX-ventilation att delta.

Teknikupphandling används som metod för att utveckla och introducera nya energieffektiva produkter och system på marknaden. Metoden bygger på att Energimyndigheten, i detta fall tillsammans med LIP-kansliet i Stockholms stad, samlar en stor grupp köpare till en så kallad beställargrupp. I beställargruppen ingår i denna teknikupphandling en stor del av Sveriges byggherrar samt konsulter. Tillsammans ställer man upp ett antal krav på funktion, energianvändning och andra egenskaper för en viss produkt. Tävlingsdeltagare inbjuds. Tävlingsförslagen bedöms av en jury där beställargruppen ingår och vinnare utses eventuellt. Ett flertal lyckade teknikupphandlingar har genomförts av framförallt enskilda komponenter men sällan av hela system.

2.2 Syfte

Avsikten med detta teknikupphandlingsprojekt var att initiera en utveckling av nya systemlösningar för behovsstyrd ventilation i flerbostadshus med inriktning mot IT-tillämpningar och ”intelligenta hus”. Till grund för projektet låg gällande normkrav samt

brukarkrav från boende och förvaltare. Projektet drevs system- och produktneutralt, vilket bl. a. innebar att teknikupphandlingen inriktades mot lösningar, som kan integreras med andra system och komponenter av olika fabrikat.

De tekniska lösningarna skulle präglas av en helhetssyn med inriktning mot totalfunktionen, vilket inbegriper alla berörda teknikområden dvs. ventilation, inneklimat, bygg, miljö, drift och underhåll m. m.. Härvid skulle bl. a. krav beaktas, som gäller energieffektivitet, servicevänlighet, robusta system, totalekonomi (livscykelkostnader) och nöjda hyresgäster.

Projektet inriktades på nybyggnader varvid avsikten var att vinnande förslag skulle installeras, provas och utvärderas i ett testobjekt i Hammarby Sjöstad.

Om de presenterade systemlösningarna också visade sig vara intressanta för befintliga flerbostadshus, var avsikten att i ett anslutande projekt vidareutveckla och anpassa resultaten även för detta byggnadsbestånd.

2.3 Genomförande

Teknikupphandlingsprojektet har haft följande organisation:

Beställargrupp

Styrgrupp:

- Energimyndigheten, Johanna Holmberg (inledningen av projektet), därefter Tomas Berggren
- Stockholms stads kansli för det lokala investeringsprogrammet – LIP-kansliet, Jan Ryhre
- WSP (tidigare J&W), projektledning och utredning, Sören Lindgren (inledningen av projektet), Olle Källman, Åke Blomsterberg

Beställarrepresentanter:

- JM AB, Johnny Kellner, Allan Rasmussen, Kjell-Åke Henriksson
- LKF AB, Christer Carlsson
- PEAB Öst AB, Per Mårtensson
- AB Gavlegårdarna, Bertil Westlund
- AB Svenska Bostäder, Göran Wilson
- NCC AB, Urban Olsson
- Boverket, Bengt Lindström och Per Granqvist

Expertgrupp

Under projektet har olika experter anlitats:

- Enkätundersökningar : sociolog och Med dr Karin Engvall från Institutionen för Medicinska vetenskaper, Arbets och miljömedicin vid Uppsala Universitet har ansvarat för utvärderingen av de boendes synpunkter på innemiljö och hälsa. Hon har också genomfört en probleminventering för att stämma av med de boende vilka problem man stött på under själva injusteringsperioden av de olika ventilationssystemen. Denna studie finns mer utförligt redovisad i rapporten *Probleminventering av de boendes erfarenheter under injustering av behovsstyrd ventilation i nya flerbostadshus*. Rapporten kan hämtas på www.ammuppsala.se.
- Provning av komponenter och därtill hörande beräkningar: Leif Lundin vid Energiteknik, Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.

- IDA-beräkningar av energianvändning, fukt, vindkänslighet: Hans Johnsson, J&W

Projektet avser teknikupphandling av ett komplett ventilationssystem utfört för behovsstyrning. Genomförandet var tänkt att ske i tre steg med Tekniktävling, Entreprenadarbeten och Provning/utvärdering enligt tidsplanen bilaga 11.2.

Steg 1 avser en tekniktävling där de tävlande får utarbeta förslag till ventilationstekniska lösningar för ett referenshus enligt objektbeskrivningen (se bilaga 11.3) och kravspecifikationen (se bilaga 11.4). Tävlingsförslagen utvärderas av en jury och vinnande förslag utses bland de tävlande, som bedöms bäst ha klarat uppställda krav enligt tävlingsunderlaget. Utvärderingen omfattar bl. a. funktionskontroll med hjälp av datorsimuleringar av referenshusets ventilationssystem samt vid behov laboriemätningar av vissa komponenters prestanda, som uttas stickprovvis. Se bilaga 11.1 punkt 5 och 13 samt bilaga 11.7, program för komponentprovning. Komponentprovningar har i detta fall genomförts av Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut under ledning av Leif Lundin.

Steg 2 av projektet inforas offerter på det vinnande förslaget avseende installation i ett nybyggt flerbostadshus, som valts som testobjekt. Ventilationsanläggningen kommer härvid att upphandlas som styrd totalentreprenad med funktionsansvar. Om fler än ett vinnande förslag erhålles kommer beställargruppen att verka för att fler testobjekt väljs.

Steg 3 av projektet omfattar uppföljning och utvärdering av testobjektet genom besiktningar, mätningar och insamling av driftserfarenheter från boende och driftpersonal medelst intervjuer och enkäter. Om resultaten från utvärderingen visar att den ventilationstekniska lösningen är bra är tanken att vinnande förslag skall stå som modell för andra flerbostadshus i Sverige.

3. BEHOVSANPASSAD VENTILATION I BOSTÄDER

3.1 Normkrav

Normkrav på luftkvalitet och ventilation i bostäder ställs framförallt i Boverkets Byggregler BBR, se tabell 3.1. I dessa ställs krav dels på byggnadsutformning och val av byggnadsmaterial dels på ventilationsflöde och ventilationssystemets utformning. Det generella kravet är att luften inte får innehålla föroreningar som medför negativa hälsoeffekter eller besvärande lukt.

Vad gäller byggnadsmaterial skall dessa väljas så att inte inneluften påverkas negativt varigenom människors hälsa riskeras. Kraven gäller speciellt emissioner av gaser och partiklar, åtgärder mot tillväxt av mikroorganismer samt joniserande strålning.

Kraven på ventilationssystemet omfattar ett minsta erforderligt uteluftsflöde, att föroreningar skall föras bort dessutom ställs krav på ventilationseffektiviteten. Uteluftsflödet skall vara lägst 0.35 l/s per m² golvyta under den tid då rummen används. Under övrig tid får reduktion ske förutsatt att hälsorisker inte uppstår eller att skador inte uppstår på varken byggnaden eller dess installationer. I BBR anges även råd om storleken på frånluftsflöde från olika utrymmen för att uppfylla kravet på att föroreningar ska föras bort. Nuvarande BBR från 2006, som infördes efter denna teknikupphandling, har inga sådana råd.

I BBR anges krav på ventilationens funktion men inga råd anges om varken storleken på uteluftsflödet eller frånluftsflödena vid reduktion av luftväxlingen då rummen inte används, dvs. i princip vid behovsanpassad ventilation. I nuvarande BBR från 2006 anges att uteluftsflödet inte får bli lägre än 0,10 l/s per m² golvarea då ingen vistas i bostaden.

Andra krav som kopplas till ventilation är det termiska kravet på högsta lufthastighet i vistelsezonen dvs. drag, kravet på att störande ljud inte får uppstå från ventilationssystemet, krav på effektiv värmeanvändning och effektiv elanvändning.

Tabell 3.1 Utdrag ur BBR 94, som är relevanta för behovsstyrd ventilation.

Paragraf Citat

6 HYGIEN, HÄLSA OCH MILJÖ

6 :1 Allmänt

Byggnader skall utformas så att luft-, ljus-, och vattenkvalitet, fukt- och temperaturförhållanden samt hygienförhållanden blir tillfredställande med hänsyn till allmänna hälsokrav

6 :22 Luftkvalitet i byggnad

Byggnader skall utformas så att god luftkvalitet erhålls i vistelsezonen i rum eller delar av rum där personer vistas mer än tillfälligt.

6 :221 Emission

Emission av gaser och partiklar från byggnadsdelar och ytmaterial får inte påverka inneluften i sådan omfattning att människors hälsa riskeras vid luftflöden enligt

avsnitt 6 :232.

Råd Lågemitterande produkter bör väljas i första hand.

6:23 Ventilation

6:231 Allmänt

Byggnaders ventilationssystem skall utföras så att erforderlig mängd uteluft tillförs byggnaden och så att föroreningar från verksamheter liksom luftburna utsöndringsprodukter från personer och byggnadsmaterial samt fukt, elak lukt och hälsofarliga ämnen bortförs. Ventilationseffektiviteten skall vara god.

Råd Föreskriftens krav på god ventilationseffektivitet är normalt uppfyllt om luftutbyteseffektiviteten är minst 40 %.

6:232 Rum skall ha kontinuerlig luftväxling då de används. Uteluftsflödet skall vara lägst 0,35 l/s per m² golvarea. När rummen inte används får luftflödet reduceras, dock inte så att hälsorisker uppstår eller så att skador på byggnaden eller dess installationer riskeras. Reduktion får ske steglöst, i flera steg eller som intermittert drift.

Råd Efter period med reducerat flöde bör normalt luftflöde anordnas under minst så lång tid som krävs för att åstadkomma en omsättning av luftvolymen i rummet, innan rummet åter används.

Uteluft till bostäder skall i första hand tillföras i rum eller del av rum för daglig samvaro och för sömn och vila.

Råd Uteluftsflödet till rum eller del av rum för sömn och vila bör vara minst 4 l/s per sovplats. Frånluftsflödet vid mekanisk ventilation bör anordnas med en lägsta kapacitet enligt följande tabell (a)

Tabell a. Frånluftsflöde

Utrymme	Minsta frånluftsflöde
Bostäder, vårdlokaler, hotell o.d.	
Kök	10 l/s ¹ , forcering med minst 75 % uppfångningsförmåga för luftföroreningar
Pentry, kokvrå	15 l/s
Bad- eller duschrumbadrum med öppningsbart fönster	10 l/s ²
Bad- eller duschrumbadrum utan öppningsbart fönster	10 l/s ² med forcering till 30 l/s eller 15 l/s ²
Toaletttrum	10 l/s ²

6:4 TEMPERATUR

6:41 Termiskt rumsklimat

Byggnader som innehåller bostäder, arbetslokaler eller likvärdiga utrymmen där personer vistas mer än tillfälligt, skall utformas så att ett tillfredsställande termiskt inomhusklimat kan erhållas.

Råd Föreskriftens krav är uppfyllt, om byggnaden utformas så att vid dimensionerande utetemperatur

.....

lufthastigheten i ett rums vistelsezon inte beräknas överstiga 0,15 m/s.

.....

7 BULLERSKYDD

7 :1 Allmänt

Byggnader skall dimensioneras och utformas med hänsyn till förekommande bullerkällor och så att uppkomst och spridning av störande ljud begränsas.

7 :2 Bostäder

Bostäder Skall utformas så att buller utomhus och angränsande utrymmen dämpas och inte i besvärande grad påverkar dem som vistas i bostaden.

Råd Föreskriftens krav är uppfyllt om

- minst de värden som anges i klass C i SS 02 52 67 (2) uppnås samt

9 ENERGIHUSHÅLLNING OCH VÄRMEISOLERING

9:3 Effektiv värmeanvändning

Byggnader vars energibehov för uppvärmning av ventilationsluft överstiger 2 MWh/år, skall förses med särskilda anordningar som begränsar energiförlusterna om värmeenergiebehovet

-i huvudsak tillgodoses med olja, kol, gas eller torv eller

-tillgodoses med el helt eller delvis under perioden november t.o.m. mars.

Anordningarna skall medföra att byggnadens behov av energi minskas med minst 50 % av den energimängd som behövs för uppvärmning av ventilationsluften.

9:4 Effektiv elanvändning

Byggnadstekniska installationer som kräver elenergi skall utformas så att effektbehovet begränsas och energin används effektivt.

3.2 Ventilationsflöde vid behovsanpassning

Som nämndes inledningsvis i detta kapitel finns inga generella råd om storleken på reduktion av ventilationsflöde utan endast ett krav på att ventilationsfunktionen skall uppfyllas. Några undersökningar av konsekvenserna vid sänkt ventilationsflöde har genomförts, vars resultat

redovisas nedan. Vidare redovisas beräkningar av erforderligt ventilationsflöde för att uppnå luftkvalitetskraven.

3.2.1 Erfarenheter från ett allergikeranpassat flerbostadshus -Sundbo

För att klara många av de uppsatta riktvärdena för inneklimatet för ett allergikeranpassat flerbostadshus Sundbo i Göteborg (Blomsterberg 1996) visar beräkningar att luftomsättningen inte behöver vara högre än 0,3 oms/h för en tvårumslägenhet med två personer. En viktig förutsättning är låga emissioner av föroreningar dels från byggnaden dels från möbler mm som de boende tillför sin bostad.

Generellt gäller att luftkvaliteten blir bättre med ett större ventilationsflöde. Detta antagande bygger på att man späder ut föroreningen och att tillförd luft är renare än luften i rummet. Ett dubbelt så högt flöde minskar koncentrationen av föroreningen med 50 % (vid ett fortvarighetstillstånd vid generering av en föroreningen). Det omvända förhållandet gäller också, ett halverat flöde fördubblar föroreningskoncentrationen. Utspädningen gäller under förutsättning att emissionen är konstant. Detta gäller för exempelvis tobaksrök och för koldioxidproduktion men inte för alla föroreningar. För VOC och formaldehyd varierar emissionshastigheten med bl.a. temperatur, relativ fukthalt, typ av material och ventilationsflöde. Då gäller inte längre utspädningsteorin om att ett fördubblat flöde ger en halvering av koncentrationen.

I det följande redovisas beräkningar av vilka luftflöden som krävs för att uppnå riktvärdena för relativ luftfuktighet, koldioxid och formaldehyd. Riktvärdena är exempel på de som användes i det allergikeranpassade flerbostadshuset Sundbo (Andersson 1990). Beräkningarna är utförda för en 2-rums lägenhet i vilken 2 personer bor. Lägenheten är på 65 m².

Beräkningar av det luftflöde som krävs för att klara kravet på relativ luftfuktighet som enligt riktlinjerna uppställda för Sundbo skall vara > 20 % vid 21 °C (vintertid) redovisas nedan. Angiven RF motsvarar en ånghalt av $3,6 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3$.

Ånghalten i luften kan under stationära förhållanden tecknas som

$$v_i = v_u + G/(n \cdot V)$$

där

v_i = ånghalten i rummet (kg/m³)

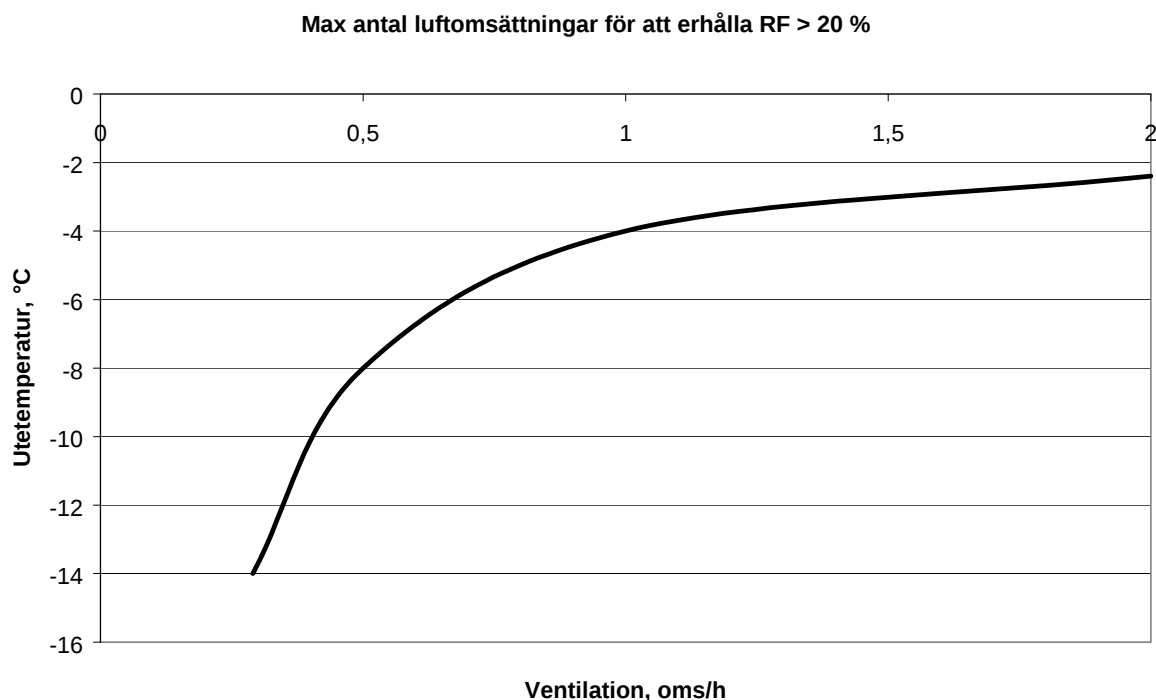
v_u = ånghalten i utomhusluften (kg/m³)

n = antal luftomsättningar/s (s⁻¹)

G = fuktproduktion (kg/s)

V = volymen för bostaden (m³)

I ovannämnda 2-rums lägenhet med en luftomsättning av 1 oms/h samt en volym av 156 m³ (lägenhet 9 med 2 rok) ger två personer (fuktproduktion 50 g/h och person) ett fukttillskott av $0,6 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3$. För att klara kravet på 20 % RH vid 21 °C får då inte fukttinnehållet i uteluften understiga $(3,6 - 0,6) \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3 = 3,0 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3$. Detta motsvarar en utetemperatur av - 5°C.



Figur 3.1 Maximalt antal luftomsättningar per timma för att klara kravet om 20 % RF för olika utetemperaturer med förutsättningar enligt texten.

Maximala antalet luftomsättningar (lägenhet enligt exemplet ovan) för att klara riktlinjen om 20 % RH har beräknats (se figur 3.1). Som framgår klarar man 20 % RH med en luftomsättning/h ner till -4°C. Enligt statistik från SMHI är varaktigheten för utetemperaturen < -4°C 600 h för ett normalår i Göteborg. Med en luftomsättning av 1 oms/h kommer således den relativa fukthalten att understiga 20 % 600 h per år.

Om man sänker antalet luftomsättningar till 0,5 klarar man riktlinjen av 20 % RH ner till -8 °C, vilket innebär att riktlinjen om 20 % RH uppfylls sånär som på 100 h/år under ett normalår.

Beräkning av det luftflöde som krävs för att klara koldioxidkravet. Enligt riktlinjerna som togs fram för huset var gränsen som sattes 1000 ppm CO₂. För att klara gränsen om 1000 ppm CO₂ (vid fortvarighet) i samma 2-rums lägenhet som tidigare kan luftomsättningen beräknas enligt följande uttryck:

$$CO_{2\infty} = CO_{20} + G/(n \cdot V)$$

där

CO_{2∞} = koldioxidhalten vid fortvarighet, ppm (1000 ppm)

CO₂₀ = koldioxidhalten i uteluften (350 ppm)

G = volymflödet av koldioxid, m³/s

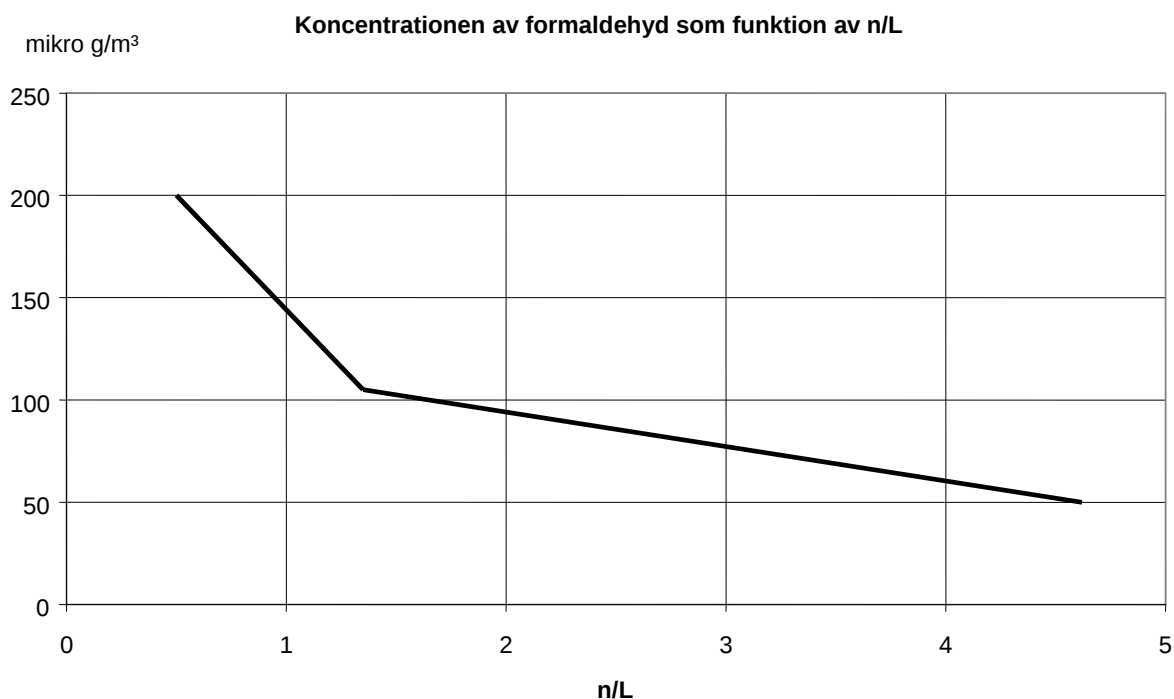
n = omsättningar (s⁻¹)

V = volymen för bostaden (m³)

Koldioxidavgivningen från en vuxen person i vila är $3,1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ (lägenheten antas ha två vuxna personer). Ekvationen ovan ger att erforderligt uteluftsflöde för att klara 1000 ppm nivån är $36 \text{ m}^3/\text{h}$ vilket motsvarar 0,22 oms/h. För att klara kravet på 1000 ppm CO_2 med enbart 0,22 oms/h krävs dels fullständig omblandning dels att all tilluft tillförs via sovrummet åtminstone nattetid.

Beräkning av det luftflöde som krävs för att klara kravet på formaldehydhalten.

Koncentrationen av formaldehyd är inte direkt proportionell mot luftomsättningen. Mängden emitterad formaldehyd beror av temperatur, relativ fukthalt, diffusionshastighet i materialet och ånghaltskoncentrationen. I en tidigare studie (Nelms 1986) har man i ett laboratorieförsök studerat sambandet mellan luftomsättningen och koncentrationen i luften. Belastningen (produktionen) är oberoende av luftomsättningen. Däremot påverkas den antagligen av den emitterande ytans storlekt. Belastningen uttrycks som kvoten mellan antalet luftomsättningar (n) och emitterande yta/rumsvolym (L) (se figur 3.2).



Figur 3.2 Koncentration av formaldehyd som funktion av belastning och antal luftomsättningar (Nelms 1986).

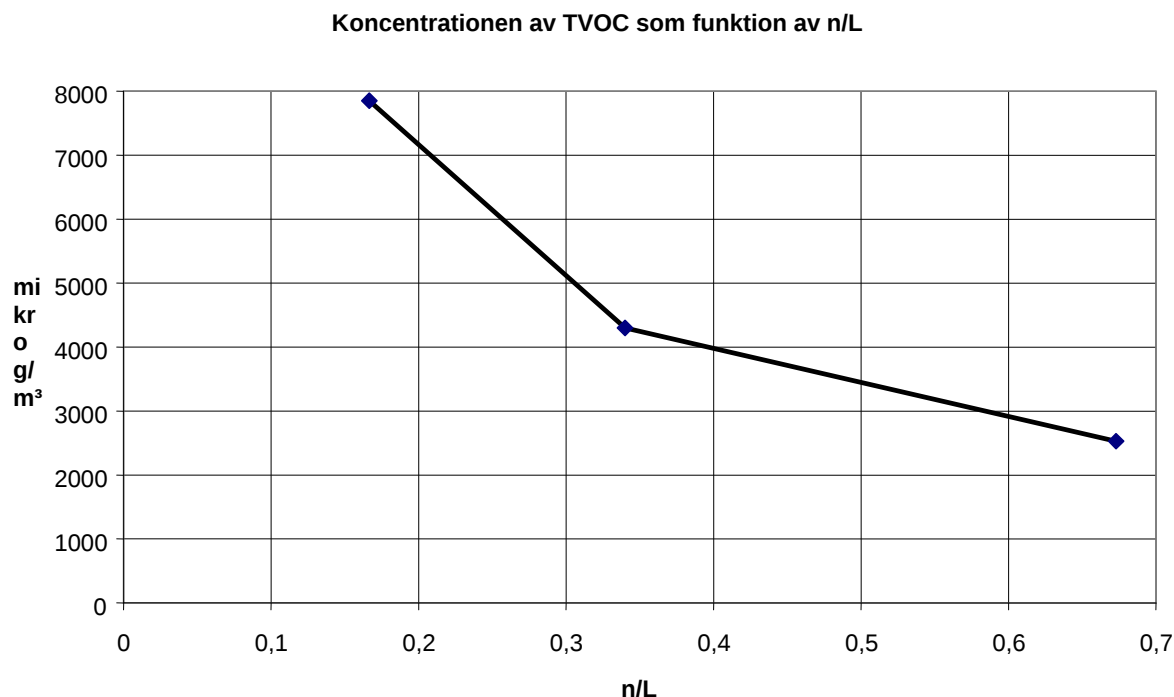
Inverkan av temperatur och relativ fukthalt på formaldehydhalten studerades inte i undersökningen. Temperaturen var 23 °C och den relativa fukthalten var 50 % för samtliga prov.

Av diagrammet framgår att efter en brytpunkt ger ett ökat luftflöde endast liten effekt på koncentrationen av formaldehyd.

En minskning av n/L från 4 till 2, vilket motsvarar en halvering av antalet luftomsättningar ökar koncentrationen från 65 till $95 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Beräkning av det luftflöde som krävs för att klara kravet på flyktiga organiska ämnen (TVOC). Emissionen av TVOC påverkas av samma faktorer som formaldehyd. I en studie

utförd på SP (uppgiftslämnare Bengt Jonsson SP) fann man ett samband mellan koncentrationen och belastningsfaktorn luftomsättningar (se figur 3.3).



Figur 3.3 Koncentrationen av TVOC som funktion av belastningen och antal luftomsättningar (n/L) vid emissionsmätning med FLEC, (Bengt Jonsson, SP)

Resultaten som redovisas i figuren visar att även med TVOC kan man halvera luftomsättningen utan att koncentrationen ökar i motsvarande grad.

Sammanfattning av beräkningar av det luftflöde som krävs för att klara kraven på relativ luftfuktighet, koldioxid, formaldehyd och TVOC. För att klara riktvärdena för inneklimatet i en bostad med normalt boende är kan det ofta vara acceptabelt med en luftomsättning på mindre än 0,5 oms/h (se tabell 3.2), under förutsättning att luften i hela lägenheten kan utnyttjas dvs. luftutbyte mellan de enskilda rummen inom lägenheten. Om det visar sig att fuktbelastningen i badrummen är dimensionerande, så kan detta klaras med hjälp en forcering av ventilationsflödet.

Tabell 3.2 Erforderligt antal luftomsättningar för att klara krav på inneklimat i en tvårumslägenhet.

	Krav för Sundbo	Mätt i Sundbo med ett ventilationsflöde på 1 oms/h, medelvärden.	Erforderlig luftomsättning för att klara riktvärdet, h⁻¹
Relativ fuktighet	Vinter >20%, sommar <80 % vid 21 °C	26-29%, utetemperatur 0,4°C, innetemperatur 21 °C (regnig vintervecka, hall/varagsrum 5 lägenheter)	≤ 0,5 (0,35 l/sm ²)
Lätflyktiga organiska ämnen (TVOC)	< 600 µg/m ³	75 µg/m ³ (en timme, en lägenhet)	≤ 0,5 (0,35 l/sm ²)
CO₂-halt	< 1000 ppm	650 – 1080 (sovrum fortvarighet under natt, fyra lägenheter)	≥ 0,22 (0,15 l/sm ²)
Formaldehyd	< 48 µg/m ³	20 µg/m ³ (en lägenhet)	< 0,5 (0,35 l/sm ²)

Vid dimensionering av luftflödet i en bostad är det viktigt att utgå från det aktuella behovet för att få ett optimalt inneklimat. För att låga ventilationsflöden skall vara tillräckliga, så är en viktig förutsättning att emissioner av föroreningar från byggnaden, möbler mm är låga. Som en konsekvens av lägre luftflöden är det lättare att uppfylla andra krav t. ex. på minsta relativ luftfuktighet, högsta bullernivå från ventilation, maximalt drag och högsta energianvändning. Låga emissioner av föroreningar möjliggör ett sänkt ventilationsflöde framförallt när ingen är hemma. Det är dock svårt att bestämma till vilken nivå ventilationsflödet kan sänkas.

3.2.2 Resultat från samtal med Boverket

Den 13 juni 1997 träffade Åke Blomsterberg Bengt Lindström från Boverket för att diskutera en sänkning av ventilationsflödet i flerbostadshus när ingen är hemma i enlighet med en förstudie av eleffektiv ventilation i bostäder (Blomsterberg 1997)

Diskussionen fortsatte den 2 september 1998 då Åke Blomsterberg tillsammans med Johnny Kronvall och Lars-Göran Månsson besökte Bengt Lindström och Per Granquist på Boverket.

En sammanfattning av diskussionerna:

- Det övergripande kravet är luftkvalitet.
- Min krav på uteluftsflöde enligt BBR är 0,35 l/sm² då rummet används.
- Märk väl att byggherren måste visa att emissionerna är så låga att 0,35 l/sm² räcker.
- Det enda tillfälle som ett luftflöde < 0,35 l/sm² kan accepteras är när ingen är hemma i bostaden, under förutsättning att luftkvaliteten inte äventyras.
- Enligt Boverket finns det i stort sett inga undersökningar av hur mycket ventilationen kan sänkas när bostaden är tom. Samma resultat har Catarina Warfvinge vid LTH och Åke Blomsterberg kommit till.
- I små pensionärs- eller studentlägenheter är det redan idag acceptabelt med ett ventilationsflöde något mindre än 0,35 l/sm² p.g.a. att det ofta finns endast en spaltventil vilket medför risk för drag. Råd för frånluftsflödets storlek (Byggregler BBR 94) medför ofta en luftomsättning högre än 0,35 l/sm² i små lägenheter.
- En utveckling av behovsstyrd ventilation är av intresse.

Bengt Lindström uttryckte vid båda mötena intresse för behovsanpassad ventilation i bostäder, ibland kan t ex luftflödet behöva ökas i sovrum.

3.3 Konsekvenser för energianvändning

Energianvändningen för uppvärmning och för drift av eventuella fläktar minskar vanligen med minskande ventilationsflöde. Ett rimligt antagande är att ventilationen i en trerumslägenhet med en familj på 4 personer kan sänkas från 0,5 oms/h ($0,35 \text{ l/sm}^2$) till 0,1 oms/h ($0,07 \text{ l/sm}^2$) under 8 timmar per dag måndag till fredag dvs. under 2080 h under ett helt året, vilket innebär en sänkning från en kontinuerlig ventilation på 0,5 oms/h ($0,35 \text{ l/sm}^2$) till en medelventilation på 0,4 oms/h ($0,28 \text{ l/sm}^2$). Samma storlek på sänkningen anses vara möjlig enligt en dansk förstudie (Bergsoe 2000). Om ventilation sänktes till 0,2 oms/h ($0,14 \text{ l/sm}^2$) istället för 0,1 oms/h, så skulle den genomsnittliga ventilationen bli 0,43 oms/h ($0,30 \text{ l/sm}^2$). En sänkning till 0,3 oms/h innebär en genomsnittlig ventilation på 0,45 oms/h. Minskningen av elanvändningen beror på vilken typ av kapacitetsreglering som används (se tabell 3.2), medan minskningen av energianvändningen för uppvärmningen av uteluft ej påverkas.

Tabell 3.2 Minskning av energianvändning vid en sänkning av ventilationen (utan värmeåtervinning) från 0,5 ($0,35 \text{ l/sm}^2$) till 0,1 oms/h ($0,07 \text{ l/sm}^2$) under 8 timmar per dag måndag till fredag dvs. under 2080 h under ett helt år.

Fläktåtgärd	Reduktion av elanvändning för ventilation	Minskning av energianvändning för uppvärmning av uteluft
Strypning	Ingen eller ökning	Ca 20 %
Tyristorreglering	Liten	Ca 20 %
Spänningsreglering	20 % eller mindre	Ca 20 %
Varvtalsreglering (frekvensomvandlare)	40 % eller mindre	Ca 20 %

Nedan redovisas elanvändningen för fläktar före och efter en sänkning av ventilationen med hjälp av olika åtgärder, dels för nya bostäder dels för äldre bostäder (se tabell 3.3 och 3.4). Ventilationsförlusterna mellan kl. 8 och 16 under vardagar september – maj för referensåret 1971 för Stockholm skulle kunna sänkas ca 1400 kWh/år (10 kWh/m^2) för ett typsmåhus resp. 800 kWh/år för en typlägenhet om ventilationen sänktes från 0,5 oms/h till 0,4 oms/h.

Tabell 3.3 Elanvändningen för fläktar före och efter en sänkning av ventilationen med hjälp av olika åtgärder, dels för nya bostäder dels för äldre bostäder (Blomsterberg 1997).

Objekt med frånluftsventilation	Åtgärd (0,5 till 0,1 oms/h under 2080 h)	El före kWh/år	El efter kWh/år	Besparing, kWh/år	Besparing, %
Befintliga småhus 145* m ² , fläkt 70 W (1,4 kW/m ³ /s)	Frekvensomvandlare	613	474	139	23
	Tyristorreglering	613	555	59	10
	Spänningsreglering	613	496	117	19
Befintliga flerbostadshus 80* m ² , fläkt 30 W (1,1 kW/m ³ /s)	Frekvensomvandlare	263	203	60	23
Nya småhus 140* m ² , fläkt 35 W (0,7 kW/m ³ /s)	Spänningsstyrning	307	248	59	19
	Frekvensomvandlare	307	237	69	23
Nya flerbostadshus 80* m ² , fläkt 15 W (0,5 kW/m ³ /s)	Frekvensomvandlare	131	102	30	23

* lägenhetsareorna är beräknade med hjälp av statistik över antal lägenhet och total lägenhetsarea för det svenska bostadsbeståndet från olika tidsperioder

Tabell 3.4 Elanvändningen för fläktar före och efter en sänkning av ventilationen med hjälp av olika åtgärder, om sänkningen genomfördes i det svenska bostadsbeståndet (Blomsterberg 1997).

Objekt med frånluftsventilation	Åtgärd (0,5 till 0,1 oms/h under 2080 h)	El före TWh/år	El efter TWh/år	Besparing, TWh/år	Besparing, %
Befintliga småhusbeståndet 145' m ² , fläkt 70 W (1,4 kW/m ³ /s)	Frekvensomvandlare	0,161	0,125	0,037	23
	Tyristorreglering	0,161	0,146	0,015	10
	Spänningsreglering	0,161	0,130	0,031	19
Befintliga flerbostadshusbeståndet 80* m ² , fläkt 30 W (1,1 kW/m ³ /s)	Frekvensomvandlare	0,256	0,198	0,058	23
Summa el	Totalt	0,418	0,323	0,095	23

* lägenhetsareorna är beräknade med hjälp av statistik över antal lägenhet och total lägenhetsarea för det svenska bostadsbeståndet från olika tidsperioder

Energianvändningen för rumsuppvärmning i frånluftsventilerade bostäder skulle kunna sänkas med ca 1,1 TWh/år om ventilationssänkningen genomfördes i alla dessa bostäder. Det bör dock tilläggas att enligt ELIB-undersökningen (Norlén 1993) så är ventilationsflödet i svenska flerbostadshus byggda efter 1961 redan sänkt till 0,30 l/sm² dvs. ca 0,43 oms/h.

4. BESKRIVNING AV TEKNIKUPPHANDLINGEN

4.1 Genomförande

Teknikupphandlingen har genomförts i fyra steg: tekniktävling, provinstallation i provlägenhet (ett extra steg som tillkom efter tekniktävlingen), installation i provhus (nybyggt flerbostadshus), samt uppföljning och utvärdering. Teknikupphandlingen genomfördes under tidsperioden 1998 – 2007:

- Tekniktävling under 1998-2000
- Provning i provlägenhet under 2000-2001
- Installation i provhus under 2001-2003
- Uppföljning i provhus under 2004-2007.

Teknikupphandlingsprojektet blev starkt försenat pga. det extra steget med provlägenhet, vilket i sin tur resulterade i att planerat provhus fick ersättas med ett nytt provhus.

Teknikupphandlingen inleddes med att skicka ett inbjudningsbrev med intresseanmälan till ca 60 företag som arbetar i ventilationsbranschen, därefter skickades en förfrågan (tävlingsunderlaget med en detaljerad kravspecifikation). Detta för att skapa intresse kring tävlingen. Inbjudan gjordes på svenska och engelska, likaså förfrågan. För att ytterligare sprida information kring teknikupphandlingen så marknadsfördes den i t. ex. tidskrifterna VVS-Forum, Energi & Miljö, Byggnadsindustrin, samt på Energimyndighetens hemsida. Även direktkontakter togs med ett antal företag.

Arbetet med förfrågningsunderlaget innebar framtagning av en kravspecifikation, en modell för beräkning av livscykelkostnader, ett program för komponentprovning, ett program för beräkningar. Efter det att tävlingsförslag kommit in vidtog ett omfattande arbete med granskning av tävlingsförslagen. Ett detaljerat program för mätning och utvärdering i provlägenhet, samt program för mätning och utvärdering i provhus utarbetades.

Teknikupphandlingen gällde för Hammarby Sjöstad och för framtidens välisolerade och täta bostäder.

En prissumma på 100000 kr ingick i tävlingen för att motivera deltagande.

Under hela teknikupphandlingsprojektet avhölls regelbundna möten (totalt ca 20) med beställargruppen (styrgrupp och beställarrepresentanter). Externa specialister inkallades vid behov.

Antalet intresserade av att delta i tävlingen var sju, varav sex inkom med tävlingsförslag. De tävlande är relativt små företag:

Förslag 1, Minergi AB (uppköpt av Thermopanel i början av 2000): Mindre företag med tillverkning, försäljning och utveckling av ventilationsprodukter. Ev. samarbete med en större tillverkare av bl. a. radiatorer, samt en tillverkare av värmepumpar och golvvärme.

Förslag 2, Casamja AB: Mindre företag med utveckling och försäljning av ventilationsprodukter. Företaget tackade dock för inbjudan och beklagade att de inte hade någon möjlighet att komma in med något förslag denna gång.

Förslag 3, Eurus AirTech AB: Mindre företag med utveckling, produktion och försäljning av luftreningsprodukter för offentliga och kommersiella miljöer. Samarbete med mindre företag med tillverkning och marknadsföring av kompletta ventilationsanläggningar.

Förslag 4, Split Vision Development AB: Mindre företag med utveckling inom vattentekniksområdet.

Förslag 5, Stigberget Driftteknik AB: Mindre företag med utveckling av drift- och övervakning av installationer i byggnader, samt litet konsultföretag. Samarbete med större entreprenör inom bostads-, komfort-, industriventilation samt service.

Förslag 6, Kyl och Ventilation Svante Lundbäck AB: Mindre företag med produktförsäljning, systemapplikationer och konsultverksamhet. Samarbete med tillverkare av givare, samt danskt företag med utveckling och tillverkning av filtersystem och ventilationsdon.

Förslag 7, VIM-ILMA Oy: Mindre finskt företag med utveckling av ventilationskomponenter och –system. Samarbete med mindre finsk tillverkare.

Tre av anbuderna var för bristfälliga för att kunna bedömas och tre av anbuderna var nästan men inte helt kompletta. Kompletterande uppgifter begärdes in från alla. De tre nästan kompletta anbuderna kompletterades och kunde därefter bedömas.

Livscykelkostnadsberäkning redovisades endast i ett av anbuderna. Detta trots att en förenklad beräkningsmodell var redovisad i tävlingsunderlaget.

Ingen vinnare kunde utses med följande motiveringar:

- Komponentprovningar och simuleringar har visat att de föreslagna systemen inte skulle kunna uppfylla alla uppställda skalkrav i en verklig byggnad (se även avsnitt 5.5)
- Brister i helhetssyn, robusthet och estetik föreligger

Enligt tävlingshandlingarna gällde följande:

- De tekniska lösningarna skall präglas av en helhetssyn med inriktning mot totalfunktionen, vilket inbegriper alla berörda teknikområden dvs. ventilation, inneklimat, bygg, miljö, drift och underhåll mm. Härvid skall bl. a. krav beaktas, som gäller energieffektivitet, servicevänlighet, robusta system, totalekonomi (livscykelkostnader) och nöjda hyresgäster.
- ”vinnande förslag utses bland de tävlande, som bedöms bäst ha klarat uppställda krav enligt tävlingsunderlaget”
- ”Skalkraven är minimikrav som alltid skall uppfyllas”
- ”Juryn förbehåller sig rätten att själv utse vinnare. Beslut kan ej överklagas.”
- ”Av de tävlingsförslag, som kan komma ifråga för deltagande i steg 2, antas det som bedöms vara mest fördelaktigt, utan inbördes rangordning, med hänsyn till totalfunktion, användarvänlighet, livscykelkostnad, pris, drift- och underhållskostnader, energieffektivitet, inneklimat, utrymmesbehov, ingrepp i byggnadsstommen, miljöpåverkan samt skötsel och underhåll. Även estetiska aspekter och de tekniska lösningarnas användbarhet i flerbostadshusbeståndet medtas i utvärderingen.”
- Tävlingsjuryn förbehåller sig rätt att förkasta samtliga tävlingsförslag: om tävlingsförslagen enligt juryn anger orimligt pris eller i övrigt bedöms vara ofördelaktiga t ex genom att föreskrivna ”skalkrav” ej bedöms kunna uppfyllas”

Juryn beslöt att möjliggöra vidareutveckling av tre återstående förslag. Två av dessa inkom med förbättrade anbud. Dessa två förslag utvärderades först i provlägenhet och därefter i provhus. Provlägenhet var ett mellansteg för att testa systemen i liten skala, men dock i verkligheten.

4.2 Kravspecifikation

Det övergripande syftet med kravspecifikationen (se bilaga 11.4) var att säkerställa en totalfunktion dvs. ett väl fungerande system. Kraven omfattar flera olika områden: inneklimat, energieffektivitet, systemstabilitet, systemflexibilitet, drift och underhåll, kretsloppsanpassade

lösningar och kostnader. Det finns krav dels på generell nivå t. ex. robusthet, estetik, dels specifika krav t. ex. luftflöden. För de flesta parametrarna finns både skall- och börkrav. Skallkraven måste uppfyllas och önskvärt är att även börkrav uppfylls.

Funktionskraven är utformade så att de undviker att föreskriva specifika systemlösningar och produkter de skall t. ex. ge samma möjligheter för F-, FT- och FTX-ventilation. Allmännyttan och flertalet övriga bostadsförvaltare är framförallt intresserade av F-ventilation, men för att göra tekniktävlingen mer generell så uteslöts inte FT- och FTX-ventilation. Eftersom FTX ingår måste också krav på renbarhet, robusthet och enkelhet ytterligare betonas. En viktig aspekt är att säkerställa lösningar, som kan integreras med system och komponenter av olika fabrikat.

Avsikten är att ventilationssystemet skall utformas så att de boende har möjlighet att styra ventilationen, men att automatik skall kunna säkerställa att minimikraven på miljö och hälsa uppfylls. Önskvärt är att luftflödena skall kunna styras i enskilda rum.

Vad beträffar luftkvaliteten förutsätts att emission av gaser och partiklar inte medför ett ventilationsbehov högre än kravet på uteluftsflöde enligt BBR dvs. ventilationen är framförallt till för att bortföra föroreningar genererade av de boende. Detta innebär att behovsstyrning av ventilationen skall ske med avseende på CO₂ och luftfuktighet. Andra viktiga inneklimatparametrar som kan påverkas av ventilationen är lufthastigheten i vistelsezonen och ljudnivån från ventilationsinstallationerna.

Vissa grundkrav har ställts på luftflöden (0,35 l/sm²) och luftutbyteseffektivitet (40 %) i enlighet med BBR. Ett minflöde vid tom lägenhet har krävts, 0,10 l/sm², som bör säkerställa att luftkvaliteten är tillfredställande. I projektet ingår att undersöka om detta antagande är rimligt. Även ett maxflöde har angivits, detta för att säkerställa att en rimlig forcering är möjlig med t. ex. förutsättningen att fler personer än normalt bor i lägenheten.

Under energieffektivitet ställs krav på eleffektivitet, kanaltäthet mm. Dessutom ingår kravet på effektiv värmeanvändning enligt BBR 94.

Kraven på systemstabilitet innebär att ventilationssystemet skall tåla att t. ex. fönster öppnas och det finns en rimlig samverkan mellan värme- och ventilationssystem.

För många av kraven finns förutsättningar givna i avsnittet Objektbeskrivning i tävlingsunderlaget (8.3). Tävlingsförslagen skall utformas för referenshuset på ett sådant sätt att de utgör en generell lösning för moderna välisolerade flerbostadshuset. Referenshuset är ett flerbostadshus ingående i Hammarby Sjöstad. Huset innehåller 25 lägenheter. Dimensionerande data med avseende på emissioner, utetillstånd och termiskt rumsklimat är angivna. Randvillkor vad beträffar effektiv värmeanvändning, krav på CO₂-halt, krav på relativ luftfuktighet i badrum, krav på tryckdifferens, samt personbelastning vid behovsstyrning av ventilation är preciserade. Slutligen anges indata som skall användas vid de föreskrivna ENORM-beräkningarna.

För att underlätta juryns utvärdering utarbetades ett värderingssystem, vilket innebar att en prioriteringslista (se tabell 4.1) för de olika kraven i kravspecifikationen utvecklades. En poängsättning och viktning ansågs som alltför komplicerad och svår att göra rättvis.

Tabell 4.1 Prioriteringslista för utvärdering av tävlingsförslagen i teknikupphandlingsprojektet – Behovsstyrd ventilation för nybyggda flerbostadshus

Värderingsnivå (rangordning)	Egenskaper enligt kravspecifikation och checklista för redovisning av tävlingsförslag
1	<u>Inneklimatparametrar</u> CO ₂ -halt inne Luftfuktighet i badrum Uteluftsflöde i lägenheter Frånluftsflöde i lägenheter Spridning av lukt till angränsande rum Uppfångningsförmåga spisfläkt <u>Kostnader</u>
2	<u>Inneklimatparametrar</u> <u>Ljudnivåer från ventilationssystemet</u> <u>Energieffektivitet</u> SFP-värde Effektiv värmeanvändning – ventilation Energibehov/år för uppvärmning ventilationsluften <u>Drift och underhåll</u> Användarvänlighet för de boende <u>Kretsloppsanpassade lösningar</u> <u>Miljöpåverkan</u> <u>Utrymmesbehov för ventilationssystemet</u>
3	<u>Inneklimatparametrar</u> Lufthastighet i vistelsezonen Luftutbyteseffektivitet <u>Energieffektivitet</u> Kanaltäthet <u>Systemstabilitet</u> Störtålighet Samverkan värme - ventilationssystem <u>Robust system</u> <u>Estetisk kvalitet</u>
4	<u>Inneklimatparametrar</u> Filtrering av tilluft Tryckdifferens inne-ute Övriga krav enligt kravspecifikationen <u>Systemflexibilitet</u> Öppen lösning
5	<u>Drift och underhåll</u> Lättillgänglighet & ergonomi – ventilationssystemet Drift- och underhållsinstruktioner – driftspersonal Lättförståeliga användarbeskrivning för de boende

	Övriga krav enligt kravspecifikationen
	<u>Den tekniska lösningens generalitet</u>
	<u>Boendes möjlighet att påverka ventilationen</u>

5. TEKNIKTÄVLINGEN

5.1 Beskrivning av förslagen

Nedan följer en övergripande beskrivning av dels de två tävlingsförslagen, som uppfyller kravspecifikationen efter kompletteringar och vidareutveckling, dels det tävlingsförslag, som inte inkom med förslag till vidareutveckling, förslag 7. Alla tre förslagen innebär mekanisk frånluftsventilation med förvärmning av uteluften vid fasaden, förslag 1 och 7 har en central fläkt med frånluftsvärmepump, medan förslag 5 har en fläkt för varje lägenhet och saknar värmeåtervinning.

Förslagen 1, 5 och 7 har alla tre möjlighet att behovsstyra ventilationen så att min. luftflöde av 0.1 l/s, m² kan erhållas då lägenheten är tom. Detaljer skiljer sig mellan de olika systemen men principen är att min. luftflödet kan erhållas då lägenheten är helt tom. Inget av systemen har helt individuell styrning av ventilationen i varje enskilt rum.

I övrigt har systemen följande system och/eller funktioner som är av betydelse för energianvändningen:

	Förslag 1	Förslag 5	Förslag 7
Behovsstyrning ventilation, hemmaventilation resp. bortaventilation (0,35 resp. 0,10 l/sm ²)	x	x	X
Behovsstyrning ventilation, forcering	x ¹⁾	x ²⁾	x ³⁾
Frånluftsvärmepump	x		X
Bättre fönster än standard		x	
Minskning av ventilation vid extrem kyla		x	
Uppskattat SFP-värde fläktar (KW/m ³ /s)	1.0	0.5	1.0

¹⁾ Kontinuerlig behovsstyrning i våtrum med RF-givare med högre prioritet än bortaventilation, samt i kök med manuell timer- eller spistemperaturstyrning, central varvtalsreglerad fläkt

²⁾ Forcerad ventilation i våtrum med RF-givare med högre prioritet än bortaventilation, samt i kök med manuell timerstyrd köksfläkt, en varvtalsreglerad fläkt till varje lägenhet

³⁾ Forcerad ventilation i kök "tas" från badrum

Förslag 1 :

Värme- och ventilationssystem (se även figur 5.1):

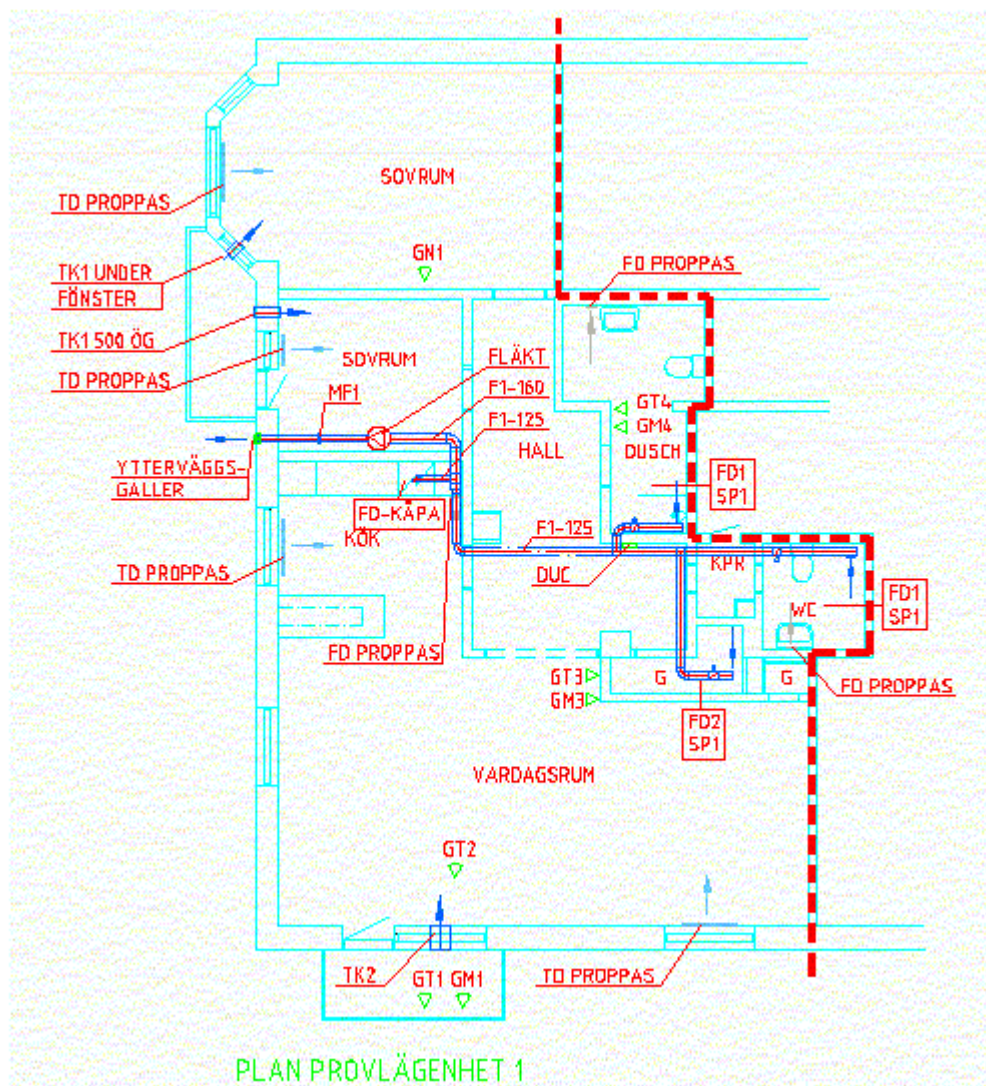
- Ventilationssystemet är baserat på en central tryckstyrd frekvensreglerad frånluftsfläkt med en frånluftsvärmepump, som bidrar till rums- och tappvarmvattenuppvärmning.
- Frånluftsdon finns i sovrum (utgick efter vidareutveckling), klädkammare, WC och badrum. Självverkande backspjäll installeras på uteluftsdon och vissa F-luftskanaler för att förhindra baksug.
- Uteluft tillförs i vardagsrum via VK2 ventilkonvektor med backspjäll och vindspjäll, samt i sovrum via en mindre ventilkonvektor VK 5 med backspjäll. Ventilkonvektorerna förhindrar tillförsel av kall luft till vistelsezonen och är anslutna till radiatorkretsen.

Ventilkonvektorerna är försedda med termostat, som reglerar tilluftstemperaturen till 18 °C vid grundventilation.

- Rumsuppvärmning sker med radiator styrd av utetemperaturen och termostatventil.
- *Behovsstyrning* av ventilationen sker med frånluftsdon med inbyggd fuktstyrning i badrum och i t ex klädkammare. Fuktforcering börjar vid 40 % RF och når max vid 75 %. Grundventilation i badrum är 10 – 12 l/s, med möjlighet till manuell forcering till 30 l/s. CO₂-styrning av ventilationsflödet ingick i det ursprungliga förslaget. Forcering av ventilationsflödet i kök görs via en volymkåpa med timerstyrt eller spistemperaturstyrt spjäll. En lokal reglercentral (digital undercentral) per lägenhet styr tvålägespjäll (min- resp. grundflöde) i alla kanalerna. Personfrånvaro ger minflöde dvs. bortaventilation medelst lägenhetens sjutillhållarelös. Den lokala reglerenheten kan även användas för manuell behovsstyrning.
- Värmeeffektvakt ingår.
- Ventilkonvektor och frånluftsdon med hög placering antas medföra hög ventilationseffektivitet.
- Uteluftsdonen kan inte enkelt stängas helt.
- Förenklad drifts – och skötselinstruktion för lägenhetsinnehavare tas fram. Hyresgästen kan byta eller tvätta filter i ventilkonvektorn 1 – 2 gånger per år. Filter levereras i brevlåda.
- Grundfilter EU5 i VK2 och EU3 i VK5 ingår, men filter EU7 kan även användas.
- Hyresgästen kan minska eller öka luftflödet med den lokala reglercentralen.
- Fläktrum förläggs på taket och innehåller fläkt och värmepump.
- Köksfläkten har en uppfångningsförmåga på 90 % vid 20 l/s, 75 % vid 16 l/s, samt 70 % vid 11 l/s enligt provning med spårgas (ej enligt Svensk Standard) genomförd av Miljögruppen vid LEB Consult Ost AB.
- Ventilkonvektorerna placeras bakom galler i väggens plan.
- Ljudreduktionen över yttervägg med ventilkonvektor förbättras genom kanaldämpning och ljudfälla.

Viktiga komponenter:

- Ventilkonvektor: Minergi VK2 och VK5
- Frånluftsvärmepump: VELCO FALV-3
- Frånluftsdon: Fuktstyrt frånluftsdon BHM 723 från LCD AB
- Spiskåpa: Volymkåpan Casamia modell SH
- Lokal reglerenhet: Johnson Control digital undercentral DX9100-8154



Figur 5.1 Behovsstyrd ventilation enligt förslag 1 i provlägenhet 1. I hallen finns en reglercentral för manuell behovsstyrning. TK1 = liten tilluftskonvektor i sovrums, TK2 = tilluftskonvektor i vardagsrum, FD1 = frånluftsdon med inbyggd fuktstyrning i badrum och wc, FD-kåpa = volymkåpa med timer- och temperaturstyrt spjäll. Observera att för provlägenheten valdes av praktiska skäl en varvtalsreglerad lägenhetsfläkt istället för en central varvtalsreglerad fläkt kombinerad med lägenhetsspjäll enligt förslaget.

Förslag 5:

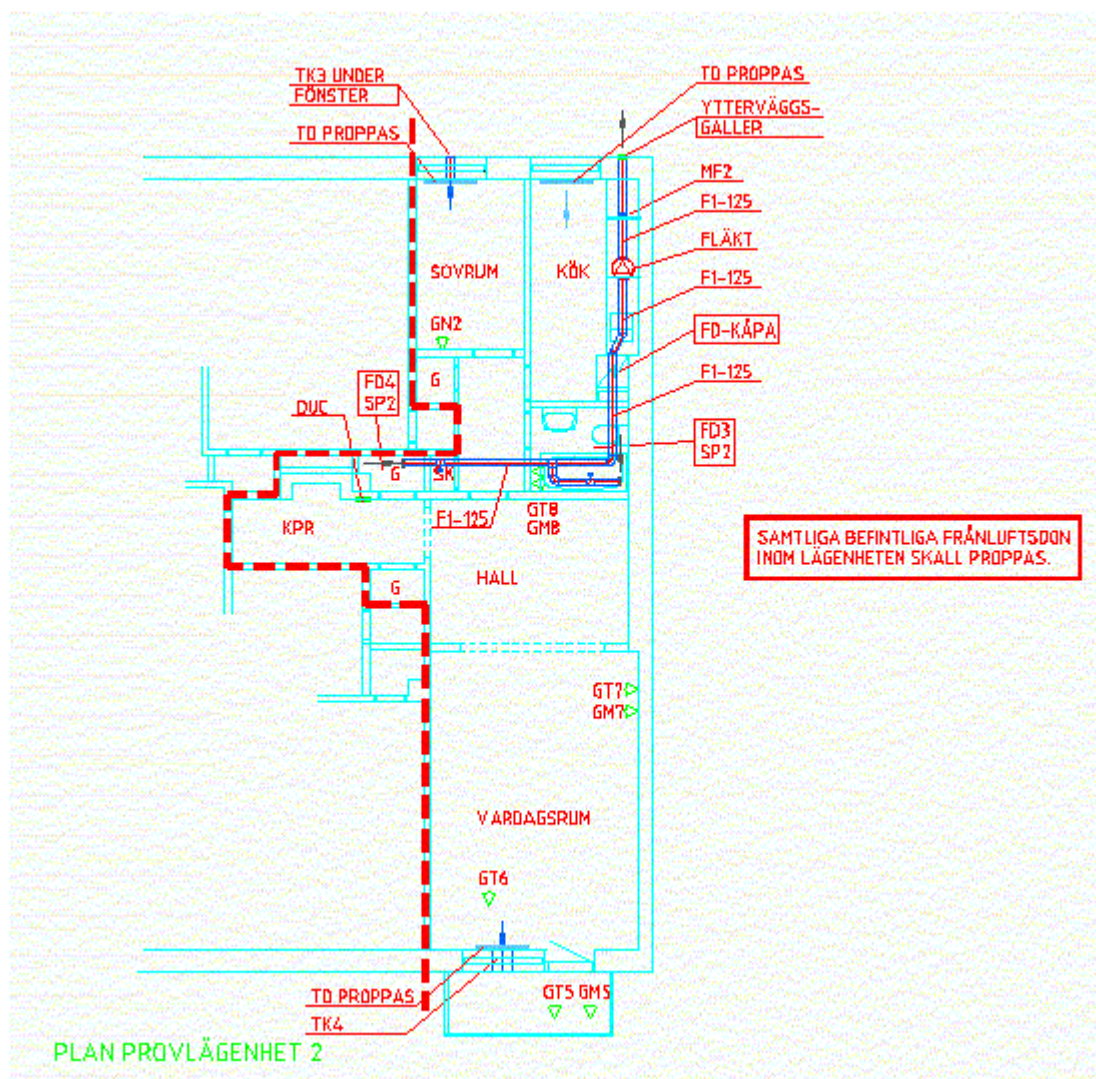
Värme- och ventilation:

- Ventilationen sker med vartalsreglerade frånluftsfläktar, en per lägenhet.
- Frånluftsdon finns i klädkammare, WC och badrum.
- Mätning, styrning och reglering av värme och ventilation dvs. reglering och övervakning av installationerna sker med en LON-baserad klimatmodul i varje lägenhet,
- Frånluftsflödet styrs av utetemperaturen, $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ medför ett luftflöde på 100 % resp. $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ett luftflöde på 75 %.
- Uppvärmningen styrs individuellt i varje lägenhet genom att mäta temperaturen på frånluften. I vardagsrummet regleras radiatordelen via termomotor.
- Hemmaventilation kan förinställas för varje lägenhet.

- Byggnaden förses med lågenergifönster och därmed behövs färre radiatorer. Tilluftskonvektor (konventionell radiator med inbyggd luftkonvektor) installeras i vardagsrum och tilluftsradiator i sovrum. Ventilkonvektorn är försedd med termostat, som reglerar tilluftstemperaturen till 18 °C.
- *Behovsstyrning* sker med manuell forcering med tidsstyrd volymkåpa (med separat fläkt) i kök vid matlagning. Kök förses med separat frånluftsdon för grundflöde. Frånluftsflödet i badrum styrs på relativa luftfuktigheten, en givare installeras i badrummet. Basflöde i badrum 15 l/s. Fuktforcering sker vid 75 % RF, när detta värde underskrids avbryts forceringen med en tidsfördröjning på 20 min. BBR-ventilation och övrig forcering innebär att CO₂-kravet uppfylls. Inbrottslåsning av ytterdörr medför bortaventilation, dock har fuktgivaren högre auktoritet dvs. vid behov av fuktforcering aktiveras inte bortaventilation.
- Värmeeffektvakt ingår.
- En fläkt per lägenhet, med DC-EC-motor, placeras på taket. Fläktar är kontaktanslutna med snabbkoppling och utbytesbara vid service.
- Klimatmodulen är förberedd för mätning och utvärdering. Klimatmodulerna i varje lägenhet kopplas samman på en gemensam bussledning.
- Inställning av fläktens max-, min- och normalläge kan ske någonstans i byggnaden genom uppkoppling på bussledningen.
- Fastighetsskötaren kan ändra värmeregleringen för varje lägenhet.
- Inga rörliga systemdelar (motorspjäll och fläktar) finns i lägenhet.
- Kontinuerlig mätning av luftflödet kan göras.
- Grundfilter EU5 ingår, men filter EU7 kan även användas.
- Filterlarm för spiskåpan ingår. Förmodligen är avsikten att lägenhetsinnehavaren byter eller rengör filter.
- Köksfläkten har en uppfångningsförmåga på 85 % vid 40 l/s, 77 % vid 30 l/s, samt 63 % vid 20 l/s enligt provning genomförd av SP enligt Svensk Standard 433 05 01.
- Ljudreduktion över yttervägg med ventilkonvektor förbättras genom ljuddämpande material bakom frontplåten, ljuddämpare i tilluftskanalen och ljuddämpning i ytterväggens luftintag.

Viktiga komponenter:

- Ventilkonvektor: alt. 1 Clean Air (ombyggd konventionell radiator med inbyggd luftkonvektor) alt. 2 Minergi VK2 eller VK5
- Frånluftsvärmepump: ingen
- Frånluftsfläkt: LHG Kanalfläkt K160 M 24V DC
- Frånluftsdon: Fuktstyrt (hygrostat) frånluftsdon
- Spiskåpa: LHG Kanalfläkt PMV 902 (volymkåpa)
- Lokal reglerenhet: Stigbergets klimatmodul



Figur 5.2 Behovsstyrd ventilation enligt förslag 5 i provlägenhet 2. I hallen finns av praktiska skäl en rumstermostat och ett reglage för borta-hemma-ventilation, istället för klimatmodul för mätning, styrning och reglering av värme och ventilation. TK4 = tilluftskonvektor i vardagsrum, FD1 = frånluftsdon med rumsfuktgivare för fuktstyrning i badrum, FD-kåpa = volymkåpa med tidstyrjt spjäll.

Förslag 7:

Värme- och ventilation:

- Ventilationssystemet är baserat på en central tryckstyrd varvtalsreglerad frånluftsfläkt med frånluftsluftsvärmepump.
- Frånluftsdon finns i klädkammare, WC och badrum.
- Utluft tillförs via tilluftsradiator i sovrum och vardagsrum.
- Frånluftsflödet kan regleras i varje lägenhet med borta/hemma reglage och timer på spiskåpan.
- Hemmaventilationen kan föreställas för varje lägenhet.
- *Behovsstyrning*: föreställd hemmaventilation, där större delen av frånluften tas från badrum och manuell omfördelning av frånluft från badrum till kök. Vid forcering av frånluftsflödet via spiskåpan minskar frånluftsflödet i motsvarande grad från badrummet.

- Fastighetsskötaren reglerar in luftflöden för varje lägenhet centralt.
- Lägenhetsinnehavaren dammsuger tilluftsradiatorn och byter filter 1-2 gånger per år.
- Fläkten och spjäll för varje lägenhet är placerade på taket och värmepumpen i källaren. Spjäll kontrolleras en gång per år och rengörs vid behov.
- Medelvärde på hemmaventilationen i lägenheterna är 0,375 l/(s m²).
- Övertryck i trapphus råder relativt lägenheter.
- Tilluftsöppningen kan varieras mellan 40 och 100 %.
- Ex. på omfördelning mellan badrum (7 resp. 19 l/s) och kök (22 resp. 10 l/s) dvs. total F-luft på 29 l/s för en lägenhet på 70 m².

5.2 Komponentprovning

Utvärderingen omfattar komponenter för vilka saknas tillförlitliga funktionsuppgifter.

5.2.1 Metod för komponentprovning

Vid utvärderingen av tävlingsförslagen gjordes beräkningar och simuleringar av systemen. Viktigt är då att ha tillgång till korrekta indata för komponenter, vilket medförde att provningar av komponenter genomfördes.

Med hjälp av det övergripande programmet för komponentprovning (se bilaga 11.7) enligt tävlingsunderlaget gjordes ett provningsprogram för följande komponenter i respektive tävlingsförslag (se tabell 5.1 – 5.3).

Tabell 5.1 Provningsprogram för förslag 1

Komponent	Karaktäristik	Metod
Backspjäll	Tryckfall-flöde	Okulärbesiktning Laboratieprovning
Ventilkonvektor med EU 5	Tryckfall-flöde Tillufttemperatur Lufthastighet Luftutbyteseffektivitet Frys-kadeskydd Effekt Ljudreduktion	Klimatkammare Klimatkammare Klimatkammare, ej mätt utan beräknad Klimatkammare, ej genomförd Klimatkammare Sändar- och mottagarrum med skiljevägg med fönster, ISO 140-10: 1991
Fukt- och CO ₂ -givare med tillhörande styr- och reglerutrustning	Karaktäristiska egenskaper såsom linearitet, känslighet för andra påverkansfaktorer, bedömning av långtidsegenskaper	Olika gasblandningar (kalibreringsgas)

Tabell 5.2 Provningsprogram för förslag 5

Komponent	Karaktäristik	Metod
Fläkt med motor	Tryckfall-flöde, elförbrukning	DIN 24163:3, ej genomförd p.g.a. avsaknad av nödvändig styr- och reglerutrustning
Tilluftskonvektor med EU 5 resp. EU 7	Tryckfall-flöde Tillufttemperatur Lufthastighet Luftutbyteseffektivitet Frys-skadeskydd Effekt Ljudreduktion	Klimatkammare Klimatkammare Klimatkammare, ej mätt utan beräknad Klimatkammare, ej genomförd Klimatkammare Klimatkammare Sändar- och mottagarrum med skiljevägg med fönster, ISO 140-10: 1991
Klimatmodul	Regleregenskaper: in- och utsignal för fukt och temperatur	Ej provad
Hygrostat	Kontaktslutningsfunktion	Klimatskåp med olika relativ fuktighet

Tabell 5.3 Provningsprogram för förslag 7

Komponent	Karaktäristik	Metod
Tilluftskonvektor (- radiator) med EU 5 resp. EU 7	Tryckfall-flöde Tillufttemperatur Lufthastighet Ljudreduktion	Klimatkammare Klimatkammare, ej genomförd Klimatkammare, ej genomförd, eftersom tilluftsradiorer tidigare provats. Sändar- och mottagarrum med skiljevägg med fönster, ISO 140-10: 1991

5.2.2 Resultat för ventilkonvektorer

Mätningarna (Lundin 2000) visar framförallt att ventilkonvektorerna har otillräcklig kapacitet för att svara för en stor del av uppvärmningen av lägenheterna, vilket ursprungligen var tänkt i förslag 5. Lufthastigheten/luftutbyteseffektiviteten mättes inte upp. För det ursprungliga förslaget 5 (ventilkonvektor utan radiatorer), visar en uppskattning att problem med luftutbyteseffektiviteten kan uppstå eftersom en stor del av uppvärmningen av lägenheten var tänkt att ske med ventilkonvektorn i vardagsrummet. Detta torde vid kall väderlek resultera i en mycket hög tilluftstemperatur.

Beräkningar baserade på mätningar visar att kravet på lufthastighet i vistelsezonen förmodligen inte alltid uppfylls.

Mätningarna av luftljudsisoleringen i laboratorium (se tabell 5.4) visar att de ursprungliga förslagen 1 och 5 med ventilkonvektor, samt förslaget 7 med tilluftsradiorer torde ha problem att uppfylla ljudklass B enligt svensk standard ljudklassning av bostäder (SS 025267). Önskvärt torde vara ett ljudreduktionstal för aktuell vägg med fönster på 40 dB. Kravet på ljudklass B fanns endast med indirekt i kravspecifikationen.

Tabell 5.4 Uppmätt vägd normaliserad ljudnivåskillnad $D_{n,e,w}$ och resulterande ljudreduktionstal. Ytterväggen antas vara 10 m^2 .

Objekt	$D_{n,e,w}$	R_w vägg	R_w vägg med fönster
Provvägg	68	50	38
Förslag 1	32	32	31
Förslag 5	30	30	29
Förslag 7	33	33	32

Med hjälp av mätningarna av tryckfall-flöde över ventilkonvektorer inkl. grundfilter har andel uteluft genom ventilkonvektor resp. otätheter i klimatskärmen i vardagsrummet för en trerumslägenhet i Slusshuset (se avsnitt 8.3) beräknats till 50 % resp 50 % för förslag 1 och 40 % resp. 60 % för förslag 5. Dessa värden gäller när det är vindstilla och med en täthet på klimatskärmen på 0.8 l/sm^2 . Beräkningarna visar även att kraven på max tryckskillnad mellan inne och ut (skallkrav på 15 Pa och börkrav på 10 Pa) uppfylls.

5.2.3 Resultat för givare

Mätningarna (Lundin 2000) visar även att koldioxidgivaren i förslag 1 har en godtagbar mätonoggrannhet på ca $\pm 50 \text{ ppm}$.

5.3 Beräkningar av energi och inneklimat

5.3.1 Metoder för beräkningar

För att bedöma de olika förslagen med avseende på hur väl de uppfyller kraven vad gäller CO_2 -halt, relativ luftfuktighet, väderkänslighet och energianvändning genomfördes beräkningar. Dessa gjordes för Slusshuset (se Objektbeskrivning bilaga 11.3), ett flerbostadshus i Hammarby Sjöstad, som ursprungligen var tänkt som provhus, men av tidsskäl valdes ett annat provhus.

5.3.1.1 CO_2 -halt

Beräkning av CO_2 -halt genomförs för några dygn i största sovrummet i lägenhet på 3 rok med 72 m^2 på plan 3-4 i Slusshuset. Hänsyn tas till typ av reglering. Inverkan av väder försummas. Personbelastning enligt Randvillkor (bilaga 11.3) gäller.

Luftväxlingen i lägenheten skall vara $0,35 \text{ l/sm}^2$ med möjlighet till forcering enligt skallkrav i Kravspecifikationen. Luftutbyteseffektiviteten sätts till 40 %. Vid forcering av frånluften antas luftflödena procentuellt öka lika mycket i alla rum. Dörr till sovrummet antas vara stängd dvs. tilluften till sovrummet består endast av uteluft.

5.3.1.2 Luftfuktighet

Beräkning av relativ luftfuktighet under några dygn i badrummet i lägenhet enligt ovan. Hänsyn tas till typ av reglering. Inverkan av väder försummas. Belastning enligt Randvillkor (bilaga 11.3). Lagring av fukt i byggnadsstommen försummas.

Luftväxlingen i lägenheten är normalt $0,35 \text{ l/sm}^2$ med möjlighet till forcering enligt skallkrav i Kravspecifikation dvs. för badrummet är normalt frånluftsflöde $10 \text{ l/s} + (\text{golvarea } \text{m}^2 - 5 \text{ m}^2) \text{ l/s}$ (enligt råd i BBR) och max frånluftsflöde 30 l/s . Luftutbyteseffektiviteten sätts till 50 %. Dörr till badrummet antas vara stängd dvs. tilluften till badrummet är lika stor som frånluften.

5.3.1.3 Väderkänslighet vid F-luftsventilation

Beräkning av variation i uteluftsflödet till det stora sovrummet i lägenhet enligt ovan. Frånluftsflödet förutsätts vara konstant $0,35 \text{ l/sm}^2$ enligt normalt flöde i Kravspecifikation. Beräkningarna genomförs för följande klimat:

Fall	Vindhastighet rakt mot sovrumsfönster	Utetemperatur	Frekvens Stockholm 1971
1	4 m/s	0,8 °C	437 h
2	7,2 m/s	4,2 °C	147 h
3	1,6 m/s	0,6 °C	368 h

Formfaktor för sovrumssidan: 0,7

Formfaktor för kökssidan: -0.5

Karaktäristiken för uteluftsdonen sätts i stort sovrum till $6,95 \text{ dP}^{0,55}$, i litet sovrum $3,4 \text{ dP}^{0,55}$, i vardagsrum $6,8 \text{ dP}^{0,55} \text{ kg/h}$. Värdena baseras på laboratoriemätningar. Klimatskärmens lufttäthet antas vara $0,8 \text{ l/sm}^2$ vid 50 Pa enligt Randvillkor i Objektbeskrivning (se bilaga 11.3).

5.3.1.4 Energianvändning

Beräkning genomförs för hela huset under ett år med indata enligt Objektbeskrivning (se bilaga 11.3). Lämplig zonindelning kan vara att göra varje plan till en zon. Som referens används en beräkning där fläktventilationen sätts lika med noll (se Randvillkor – Effektiv värmeanvändning i Objektbeskrivning).

Beräkningar och simuleringar av totalfunktionen för systemen har genomförts för att kunna göra en bedömning huruvida uppställda funktionskrav uppfylles. Tävlingsdeltagarna var ålagda att genomföra energiberäkningar med ENORM. Dessa kontrollerades och resultaten har sammanställts nedan. För en mer detaljerad utvärdering av energianvändning, så genomfördes även beräkningar med IDA. Med detta beräkningsprogram beräknades även torkning av fukt i badrum, ventilkonvektors vindkänslighet och CO_2 -halten i sovrum.

5.3.2 Resultat

5.3.2.1 Energiberäkningar med ENORM

Energiberäkningar med ENORM för ett modellhus baserat på bygghandlingarna för Slushhuset (se tabell 5.5) visar att de tre bästa tävlingsförslagen uppfyller kravet på god energihushållning enligt BBR. Förslag 1 och 7 ger avsevärt lägre energianvändning än förslag 5. Detta beror på värmeåtervinning (frånluftsvärmepump).

Tabell 5.5 ENORM-beräknad energianvändning, kWh/m²/årReferensfall (0,5 oms/h utan Normal Förslag 1 Förslag 5 Förslag 7 BBR 94
värmeåtervinning)

Fjärrvärme	76		77		64
El (pumpar, fläktar)	7		3		4
Hushålls- och fastighetsel	42		42		42
	125		122		110

Behovsstyrning (0,5 till 0,15
oms/h under 2184 h/år)

Fjärrvärme	66	21	67	21
El (pumpar, fläktar)	6	3	1	3
Hushålls- och fastighetsel	42	42	42	42
Drivel vp		15		15
	114	82	110	82

Behovsvent. + fönster (U 1,2 W/m²K)

Fjärrvärme			64	
El (pumpar, fläktar)			2	
Hushålls- och fastighetsel			42	
			108	

5.3.2.2 Energiberäkningar med IDA

I tabellen nedan redovisas resultaten från energiberäkningarna för de olika förslagen. Beräkningarna avser energianvändningen för värme och varmvatten samt förbrukningen för pumpar och fläktar.

Elenergianvändningen för belysning och hushållsmaskiner är inte med i redovisningen.

Grundberäkningen har gjorts i stort sett enligt tävlingsbestämmelserna med ENORM 1000. Beräkningarna har dock gjort för en speciell lägenhet på 72 m² med 2 st sovrum med vardera 2 personer i varje sovrum. Sovrummens högre krav på ventilation medförde att genomsnittliga grundflödet för hela lägenheten i detta fall blev 0.40 l/s,m². Beräkningarna av besparingen med behovsstyrning, bättre fönster har gjort med IDA p g a detta program bättre beskriver dessa detaljer i rumsmodellerna. Dessa resultat har sedan använts för att justera de ursprungliga resultaten från ENORM beräkningarna.

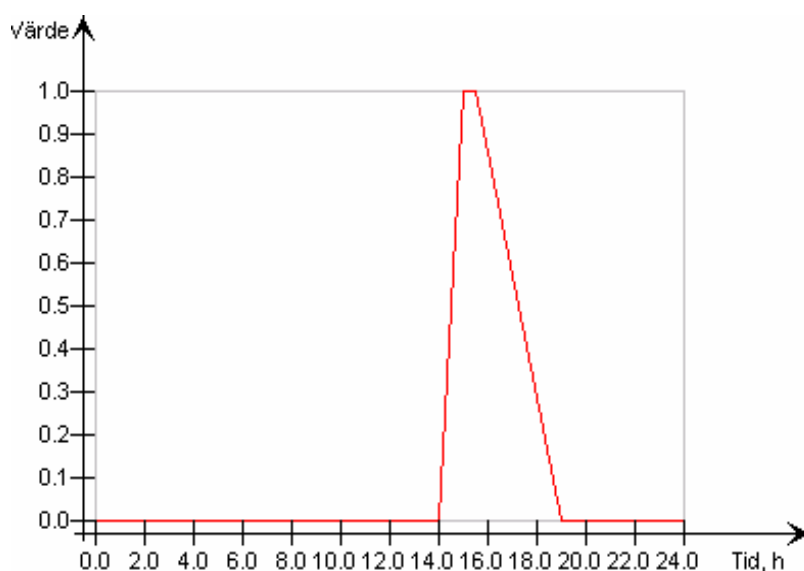
	Förslag 1 (KWh/m²,år)	Förslag 5 (KWh/m²,år)	Förslag 7 (KWh/m²,år)
Grundventilation + Enbart fjärrvärme+standardfönster	82	82	82
Som ovan + ev. frånluftvärmepump	57	82	57
Som ovan + bortaventilation	47	66	47
Som ovan + ev. bättre fönster	47	63	47
Som ovan + ev. minskning av ventilation vid kall väderlek	47	61	47

Resultaten på sista raden är de som ska jämföras. Avsikten med redovisningen innan är till för att visa hur olika åtgärder påverkar användningen. Frånluftvärmepumpen i förslagen 1 och 7 har en avgörande betydelse för totala energianvändningen. Förslag 5 har ingen värmeåtervinning vilket ger en högre energianvändning. I och med behovsstyrningen klarar dock även förslag 5 nybyggnadskraven i BBR. Utan behovsstyrning uppfylls ej kraven trots låga U-värden på omslutningsytorna.

I beräkningarna har inte någon uppskattning av ökningen av energianvändningen p g a av forcerad ventilation gjorts. Vår bedömning är att förslagen inte skiljer sig på något avgörande sätt ur den synpunkten.

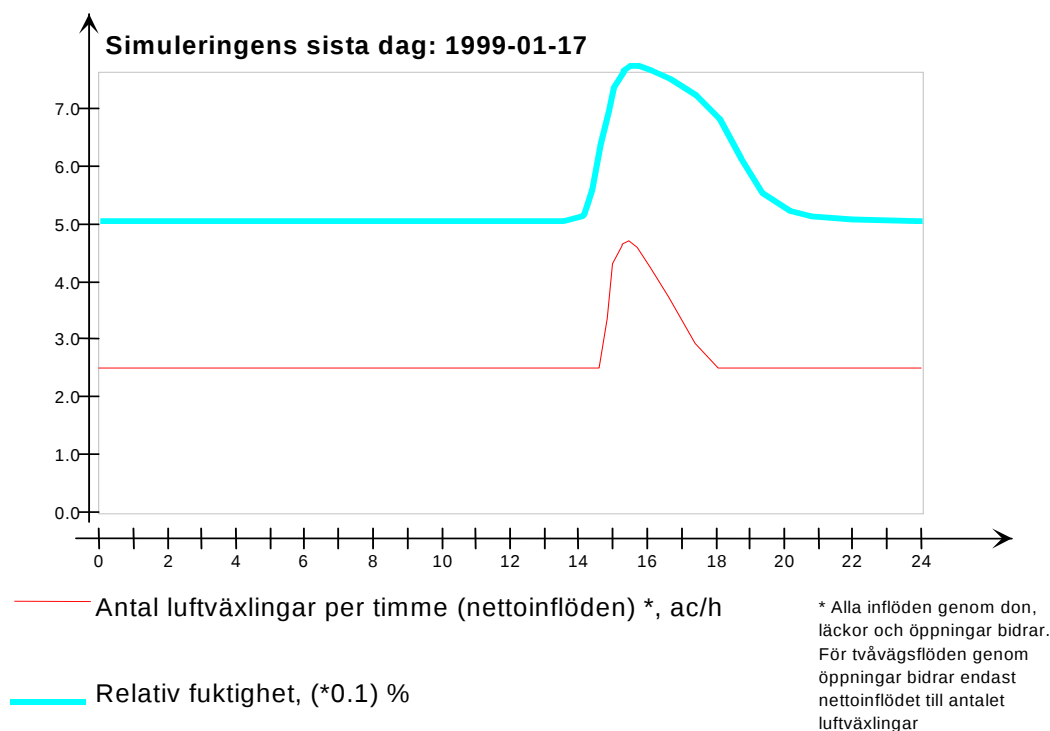
5.3.2.3 Fukt vid torkning av tvätt i badrum

I förutsättningarna för teknikupphandlingen anges fuktavgivningen till 60 viktsprocent av 2 kg tvätt dvs. 1.2 kg vatten och att tilluften håller + 22 °C och 50 % relativ luftfuktighet. I dessa beräkningar antogs en avdunstning enligt följande kurva där integralen under kurvan motsvarar 1.2 kg vatten.



Figur 5.3 Antagen fuktbelastning.

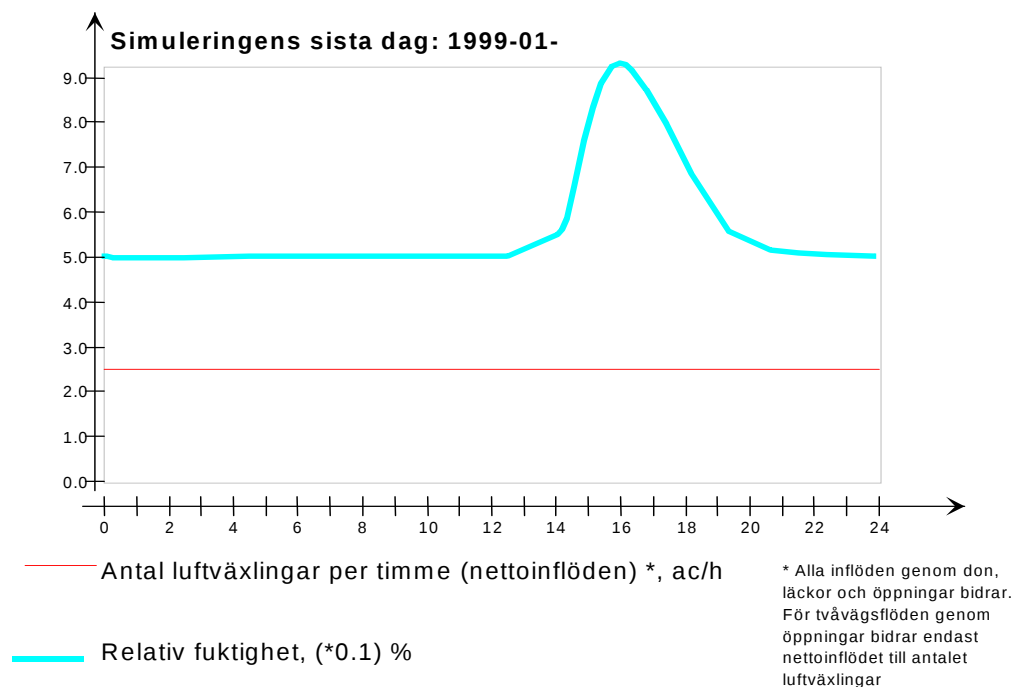
Beräknad fukt i badrummet (2-rumslägenhet på 72 m² i Slusshuset) vid vald styrstrategi blir då följande:



Figur 5.4 Med IDA beräknad relativ luftfuktighet i badrum med forcering av luftflödet.

Frånluftflödet beräknat enligt BBR är $10 + (6.6 - 5) = 11.6$ lit/s och ökar till knappt 30 lit/s som mest. Avdunstningen förefaller dock vara låg i förhållande till luftflödena eftersom relativa fuktigheten blir förhållandevis låg.

Detta syns tydligare om man kör ventilationen på basflöde hela tiden enligt följande:

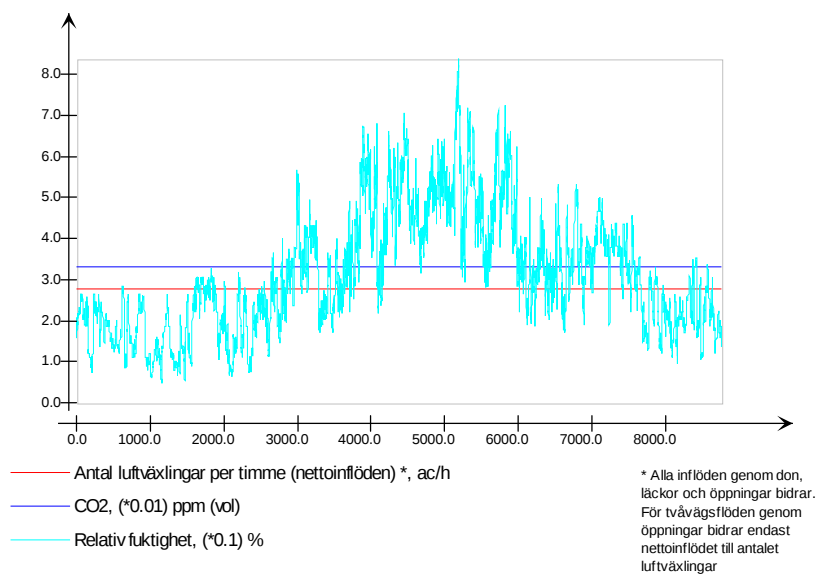


Figur 5.5 Med IDA beräknad relativ luftfuktighet i badrum utan forcering av luftflödet.

I detta fall når man aldrig upp till mera än ca 90 % relativ fuktighet i badrummet och det borde vara acceptabelt. Nyttan med fuktstyrning blir då lite tveksam. Har man minskat luftflödet i badrummet vid bortaventilation har fuktstyrningen stor betydelse. I ett fall då man hänger tvätt i badrummet och sedan lämnar lägenheten och sätter på den låga bortaventilationen kan fuktstyrningen förhindra att det blir för fuktigt i badrummet. Fuktgivarens börvärde kan inte sättas för lågt för då kan fläkten börja gå kontinuerligt vid tider med högt vatteninnehåll i uteluften vilket inträffar under t ex sensommaren.

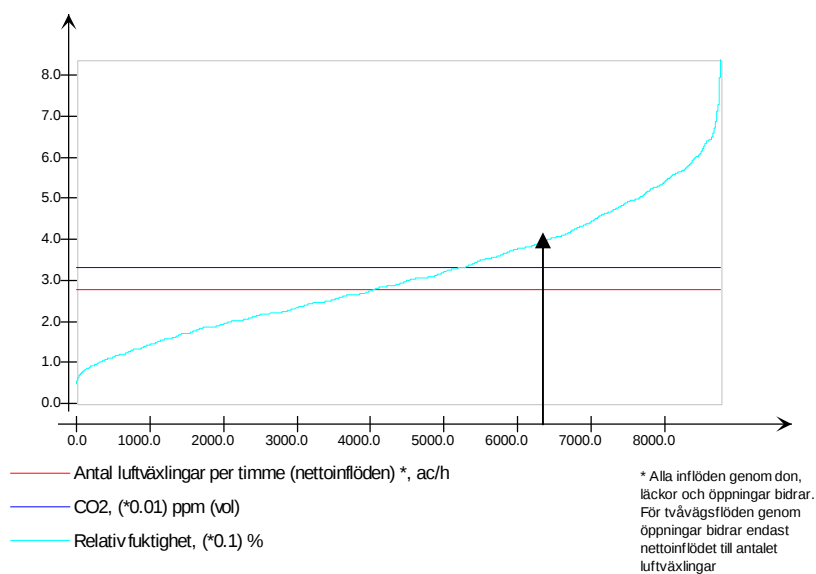
Beräkningar med IDA har gjorts för att kontrollera forceringsfunktionen i förslag 1, eftersom detta förslag har t ex ett lågt börvärde på fukten i badrummet, 40 %, vilket beräkningarna visar ger en ganska lång gångtid för ökad badrumsventilation, ca 2000 timmar per år. Den perioden inträffar dock främst under tiden maj-sep vilket gör att detta inte påverkar energianvändningen på annat sätt än fläktarbetet ökar något.

Diagrammet nedan visar relativa fuktighetens variation under året då uteluft utan fukttillförsel värms till 21 °C i badrummet.



Figur 5.6 Med IDA beräknad relativ luftfuktighet i badrum under ett år enligt förslag 1.

Diagrammet nedan visar beräkningsresultatet sammanställt som ett varaktighetsdiagram där det framgår att varaktigheten för fukthalt över 40% är drygt 2000 timmar.



Figur 5.7 Med IDA beräknad varaktighet av relativ luftfuktighet i badrum under ett år enligt förslag 1.

Beräkningar med IDA gjordes även för förslag 7, eftersom det inte finns någon funktion som kan forcera luftflödet i badrummet om detta skulle behövas. Luftflödet i badrummet är vid bortaventilation ca 5 lit/s. Följande beräkningar visar att detta flöde inte räcker.

Vatteninnehåll tilluft (22 ° C, 50% rH):
0.008 kg vatten/kg luft

Vatteninnehåll frånluft (22 ° C, 100% rH):
0.0165 kg vatten/kg luft

Luftflödet kan teoretiskt maximalt föra bort följande fuktmängd:

$$\text{Fuktmängd} = 5 \times 3600 \times (0.0165 - 0.008) / 1000 = 0.15 \text{ kg fukt/tim}$$

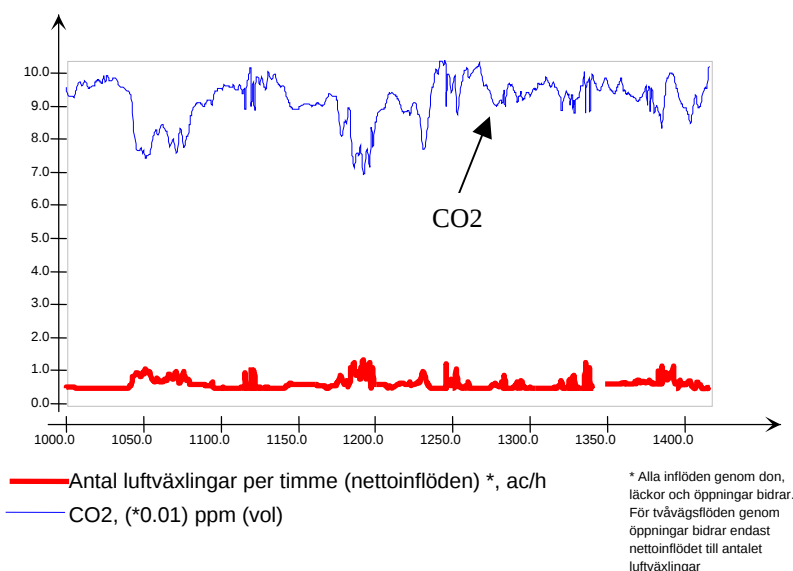
Kravet är att 1.5 kg fukt ska bortföras på 8 timmar vilket ger 0.15 kg fukt/tim.

I praktiken blir bortförseln av fukt betydligt mindre än 0.15 kg/tim eftersom det inte kan ske någon avdunstning då relativa fuktigheten är 100 %. Med dessa förutsättningar uppfylls alltså ej kraven.

5.3.2.4 Ventilkonvektorsers vindkänslighet

Ventilkonvektorer av den typ som används i förslag a och 5 är känsliga för vindpåverkan. Beräkningar med IDA visar att luftläckaget kan öka energianvändningen med närmare 10 % i det fall en lägenhet har ytterväggar mot två motsatta fasader. Vanligast är dock att en lägenhet bara har yttervägg i en fasad och då blir läckaget betydligt mindre. Förslag 1 har dock en speciellt spjäll som stängs vid stora vindtryck. Funktionen har dock inte kunnat analyserats i detalj.

Beräkningsresultatet visar att ventilation ökar utöver grundventilationen genom ventilationssystemet p.g.a. luftläckage in och ut genom klimatskärmen.



Figur 5.8 Med IDA beräknad luftväxling för drygt 15 dygns drift under vintern för en genomgående lägenhet med ventilkonvektorer. Grundventilationen är lika med hemmaventilationen.

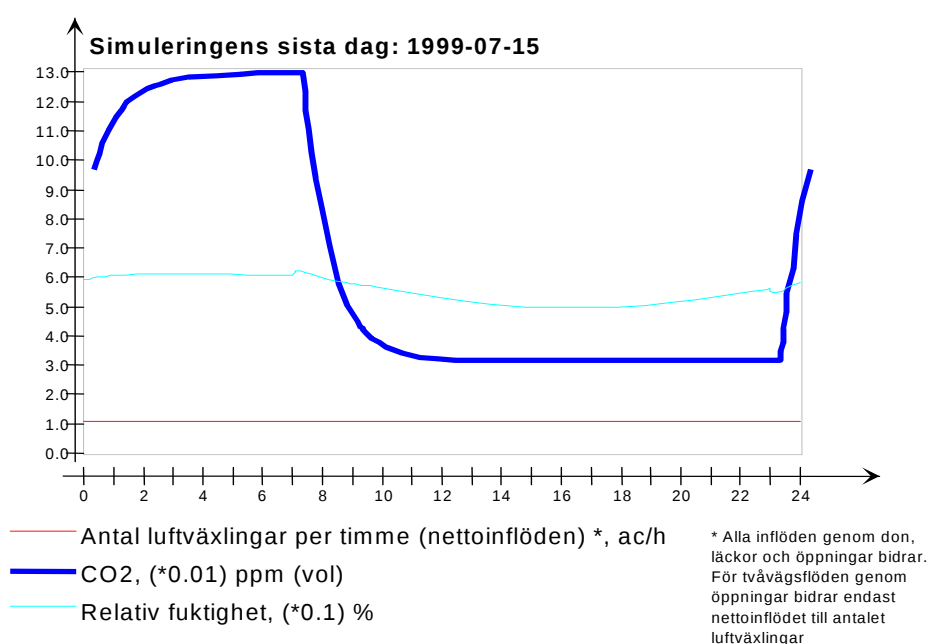
5.3.2.5 Generell beräkning av CO₂-halten i sovrum

I förutsättningarna anges luftflödet till 8 lit/s (2 per. á 4 lit/s, per) med 40% ventilationseffektivitet. I IDA kan inte ventilationseffektivitet anges. Samma resultat erhålls dock genom att reducera luftflödet till 80 % av ursprungsvärdet dvs. 6,4 lit/s.

Personbelastning är i denna beräkning 8 tim/dygn klockan 23-07.

Koldioxidavgivningen anges i IDA som aktivitetsnivå. Aktivitetsnivån 0.8 MET motsvarar avgivningen kg/s enligt förutsättningarna.

Beräknad CO₂-halt med IDA visas i diagrammet nedan.



Figur 5.9 Med IDA beräknad CO₂-halt i sovrum med två sovande personer.

En detaljerad analys visar att maximala 12 timmars medelvärde blir 977 ppm och att kraven i teknikupphandlingen på 1000 ppm alltså uppfylls.

5.4 Beräkningar av kostnader

5.4.1 Metod för beräkning av livscykelkostnader

Tävlingsdeltagarna skall redovisa kostnadsberäkningar av sina tävlingsförslag. För dessa gäller en förenklad modell för livscykelkostnader, där hänsyn tas till investeringskostnad, elkostnad för att driva ventilationssystem, värmekostnad för att värma upp uteluften, samt underhållskostnader. Angivna energipriser och –prisutveckling är medelvärden för Sverige och baserar sig på uppgifter från Energimyndigheten (Ek 1998) (se tabell 5.6).

Tabell 5.6 Indata vid beräkning av LCC

Brukstid (kalkylperiod)	10 år resp 30 år
Real kalkylränta	4 % resp. 6 %
Elenergi pris inkl. nät avgifter och skatter	0,80 kr/kWh
Värmeenergi pris inkl. moms	0,45 kr/kWh
Real prisutveckling elenergi	2 %/år
Real prisutveckling värmeenergi	0 %/år

5.4.2 Resultat från kostnadsberäkningar

Livscykelkostnadsberäkning redovisades endast i ett av anbuden. Detta trots att en förenklad beräkningsmodell var redovisad i tävlingsunderlaget.

En opartisk kalkylator (Nilsson 1999) genomförde därför beräkningar av investeringskostnaderna (entreprenadkostnaderna) för de tre återstående tävlingsförslagen (se tabell 5.7), för att göra en rättvis jämförelse dem sinsemellan. En kostnadsberäkning genomfördes dessutom för ett traditionellt F-luftssystem med spaltventiler och radiatorer, samt med och utan frånluftsvärmepump.

Tabell 5.7 Entreprenadkostnad för ventilationssystem och radiatorer för tävlingsförslag 1, 5 och 7. I kostnaderna ingår inte allmänna projektkostnader, projektering, mervärdesskatt.

Förslag 1	Enligt anbudsgivare, kkr	Enligt opartisk kalkylator, kkr
	1089	1184
Alternativ med billigare frånluftsdon	900	962
Traditionellt alternativ utan behovsstyrning		998

Byggnadsåtgärder ingår med 300000 kr i anbudsgivarens pris, detta ingår ej i kalkylatorns pris

Förslag 5	Enligt anbudsgivare, kkr	Enligt opartisk kalkylator, kkr
	875	1105
Startkostnad	110	0
Avgår 57 st radiatorer	-146	0
Tillkommer för bättre fönster	45	0
Summa	884	1105
Traditionellt alternativ utan behovsstyrning		562

Förslag 7	Enligt anbudsgivare, kkr	Enligt opartisk kalkylator, kkr
	740	915
Traditionellt alternativ utan behovsstyrning		998

5.5 Sammanfattning av granskning av tävlingsförslag

För att ett förslag skall kunna godkännas måste alla skalkrav uppfyllas. Förslag 1 uppfyller med viss tvekan kravet på lufthastighet i vistelsezonen, uppfyller inte klass B för

ljudreduktion klimatskärm, har låg robusthet och betyget medel på estetisk kvalitet (framförallt beroende på vald ventilkonvektor) (se tabell 5.8). Förslag 5 har bristande luftutbyteseffektivitet pga. att ventilkonvektorn i vardagsrummet är tänkt att vara huvudvärmekällan för hela lägenheten, uppfyller inte klass B för ljudreduktion klimatskärm, uppfyller inte kravet på effektiv värmeanvändning men har dock en lägre total energianvändning än ett BBR referenshus, får betyget medel på robusthet och betyget låg på estetisk kvalitet (framförallt beroende på vald ventilkonvektor) (se tabell 5.8). Förslag 7 uppfyller inte kraven på luftfuktighet i badrum, uteluftsflöde i lägenheter, spridning av lukt till angränsande rum, ljudreduktion klimatskärm, öppen lösning, samt steglöst variabelt uteluftsflöde (se tabell 5.8).

Med förslagen till vidareutveckling genomförda torde förslag 1 och 5 kunna uppfylla kravspecifikationen. Förslag 7 redovisade inte någon vidareutveckling. Viss osäkerhet råder beträffande kravet ”Ljudreduktion klimatskärm – Klass B”. Båda förslagen har förbättrat ljudreduktionen. Enligt SP är dock möjligheten att uppfylla ljudkravet liten, om bostaden ligger vid en mycket trafikerad väg. Om den yttre ljudnivån är lägre än ca 55 dB (ingen stor trafikled) kan det dock finnas möjlighet att med förslagna förbättringar uppfylla kraven. En ljuddimensionering och efterföljande provning, behövs dock för att med säkerhet kunna fastställa ljudreduktionen. Förslag 1 torde vara något bättre än förslag 5 ur ljudsynpunkt. Förslag 1 innehåller en kanal, med ljuddämpning, i väggens plan från utluftsgallret till ventilkonvektorn på insidan av väggen.

Estetik, robusthet och helhetssyn har förbättrats. Förslagen har närmats varandra. Fortfarande är förslag 1 bättre på komponentsidan och förslag 5 bättre på systemsidan.

Tabell 5.1 Granskning av tävlingsförslagen innan den avslutande vidareutvecklingen. Egenskapskraven finns redovisade i kravspecifikationen. För varje förslag anges: -- = uppgift saknas, nej = uppfylls inte eller ja = uppfylls, eller anbudsdata, ? = osäker uppgift.

EGENSKAPSKRAV	VÄRDERINGS-KRITERIER	FÖRSLAG 1	FÖRSLAG 5	FÖRSLAG 7
1. Inneklimatparametrar				
Filtrering av tilluft	Skall / bör	Ja/nej	Ja/nej	Ja/ja
CO ₂ -halten inne	Skall	Ja	Ja	Ja
Luftfuktighet i badrum	Skall / bör	Ja/ja	Ja/ja?	Nej ⁴
Lufthastighet i vistelsezonen	Skall	Ja, med viss tvekan ⁷	Ja	Ja
Uteluftsflöde i lägenheter	Skall / bör	Ja ⁹ /nej	Ja/nej	Nej ² /nej ²
Frånluftsflöde i lägenheter	Skall / bör	Ja ⁹ /nej	Ja/nej	Nej ² /nej ²
Luftväxling övriga utrymmen	Skall	Ja	Ja	Ja
Luftutbyteseffektivitet	Skall / bör	Ja ⁶ /nej	Nej ¹⁰ /nej	Ja/nej
Spridning av lukt till angränsande rum	Skall	Ja	Ja	Nej ¹¹
Uppfångningsförmåga – spisfläkt	Skall / bör	Ja/ja med viss tvekan	Ja/nej	Nej/nej
Tryckdifferens inne-ute	Skall / bör	Ja/ja	Ja/ja	Ja/ja
Ljudnivåer från ventilationsystemet	Skall / bör	Ja	Ja/ja?	Ja?
Ljudreduktion klimatskärm	Klass B	Nej	Nej	Nej
2. Energieffektivitet				
SFP-värden, kW/(m ³ /s)	Utredning	1,0 ⁵	Provning ej klar	1,0 ⁵
Kanaltäthet	Skall / bör	Ja/ja	Ja/ja	Ja/ja
Isolering & täthet - installationsgenomföringar	Skall / bättre	Ja	Ja	Ja

Effektiv värmeanvändning – ventilation, %	Anbudsdata	Ja, >50	Nej ¹	Ja, >50
Energibehov/år för uppvärmning, kWh/(m ² år)	Utredning	47	61	47
3. Systemstabilitet				
Störtålighet – ventilationssystemet	Låg → hög	Medel	Hög	Hög
Samverkan värme-ventilationssystem	Dålig → bra	Medel	Medel	Medel
4. Systemflexibilitet				
Öppen lösning	Grundkrav/skall / bör	Ja/nej/nej	Ja/ja/ja	Nej/nej/nej
5. Drift och underhåll				
Nödstopp för de boende	Nej / ja	Ja	Ja	--
Lättillgänglighet & ergonomi – ventilationssystemet	Dålig → bra	Medel	Medel	Medel
Steglöst variabelt uteluftsflöde	Nej / ja	Ja	Ja	Nej
Fasta mätuttag	Nej / ja	Ja	Ja	Ja
EMC-krav – störningsskydd	Nej / ja	Ja	--	--
Drift- och underhållsinstruktioner – driftspersonal	Dålig → bra	Medel	Medel	Medel
Användarvänlighet för de boende	Dålig → bra	Bra	Bra	Medel
Lättförståeliga användarbeskrivning för de boende	Dålig → bra	--	--	--
CE-märkt ventilationssystem	Nej / ja	--	--	--
6. Kretsloppsanpassade lösningar				
Miljöpåverkan	Låg → hög	--	--	--
7. Kostnader				
Investeringskostnad, kkr	Anbudsdata	1089 (1184 ³)	875 (1105 ³)	740(914 ³)
Livscykelkostnad (10 år, 4 %), kkr	Anbudsdata		3216	2115
Investeringskostnad (5000 lgh/år), kkr	Anbudsdata		- 5 %	740 ³
Livscykelkostnad (10 år, 6 %), kkr	Anbudsdata		3187	1984
Livscykelkostnad (30 år, 4 %), kkr	Anbudsdata		3643	4240
Livscykelkostnad (30 år, 6 %), kkr	Anbudsdata		3488	3451
8. Den tekniska lösningens generalitet	Låg → hög	Medel	Medel	Medel
9. Boendes möjlighet att påverka ventilationen	Liten → stor	Medel	Medel	Låg
10. Robust system	Låg → hög	Låg	Medel	Hög
11. Utrymmesbehov för ventilationssystemet	Litet → stort	Medel ⁸	Litet	Medel
12. Estetisk kvalitet	Låg → hög	Medel	Låg	Hög
13. Säkerhet mot manipulation och dataintrång	Låg → hög	Medel	Medel	Hög

¹lägre total energianvändning än ett BBR-referenshus, men då måste hänsyn tas till lägre luftflöde

²ej forcering av total F-luft från lägenhet

³enligt J&W, inkl. värmesystem

⁴gäller bortaventilation

⁵godkänt med hänsyn tagen till värmepump

⁶tilluftstemperaturen förutsätts vara 3 K lägre än rumstemperaturen

Kommentarer till förslag 1

⁷Hur säker och snabb är temperaturstyrningen på ventilkonvektorn av tilluften vid varierande tilluftflöden pga blåst eller pga forcering i lägenheten. Finns härvid risk för dragproblem?

⁸Arkitektens skiss av vinden är svår att tyda vad gäller tekniken. Är hela utrymmet en gemensam sugkammare? Vad händer i så fall med brandkrav, undertryck, täthet vid genomföringar, nedsmutsning av fet luft, dörrar etc.

⁹CO₂-styrningen kommer att medföra att frånluftflödet i kök och bad kommer att understiga kraven enligt Boverkets byggregler vid tider då lägenheten är belastad med få personer. Ett alternativ med timer i stället för CO₂-styrning diskuteras i förslaget.

- Backspjällets funktion är tveksam

Kommentarer till förslag 5

¹⁰Vilka tillufttemperaturer kommer man att behöva vid kallaste väderlek på ventilkonvektorer. Hur går det då med luftutbyteseffektiviteten? (Beräkningsmässigt 59 °C i värsta fallet utan hänsyn till intern värmeavgivning i lägenheten.) Problemet förvärras ytterligare om man reducerar luftflödet vid extrem kyla.

Kommentarer till förslag 7

¹¹Överluft från trapphuset till lägenheterna är redovisat i förslaget för att få in erforderliga luftflöden. Kan det fungera? Är det tillåtet. Hur täta är dörrarna? Brand? Ljud?

- Flödesregulatorn kompenserar vid kall väderlek så att flödesökning inte sker. Däremot kan man inte minska flödet vid extrem kyla pga. flödesregulatorn.

5.6 Erfarenheter

Följande erfarenheter kan dras från genomförandet av tekniktävlingen:

Endast 7 st tävlingsförslag deltog trots pressinformation om tävlingen, direktkontakter med företag samt inbjudningsbrev. Anledningen till att så få deltog är troligen att kravspecifikationen var mycket ambitiös och att tävlingen därmed har krävt en stor insats av olika kompetenser, som endast några få har kunnat eller varit intresserad av att ställa upp med. Det är naturligtvis svårare att göra teknikupphandlingar av system än komponenter. Tävlingen har dock ha bidragit till en teknikutveckling. T. ex. har en del av idéerna tillämpats i EU-projektet Reshyvent – utveckling a behovsstyrd hybridventilation för flerbostadshus och en av byggnaderna på Bo01-mässan i Malmö.

Inga av de större företagen inom installationsbranschen deltog i tävlingen.

Hälften av anbuderna var mycket ofullständiga och övriga anbud var nästan men inte helt kompletta. Kompletterande uppgifter begärdes in från alla. Tre anbud kompletterades och var därmed tillräckligt kompletta för att kunna bedömas. Ingen vinnare kunde utses, eftersom alla krav inte uppfylldes. De tre förslagen gavs möjlighet att förbättra sina förslag. Två förslag inkom med förbättringar och bedömdes nu uppfylla alla krav och vara lämpliga för en provinstallation.

Livscykelkostnadsberäkning redovisades endast i ett anbud, trots att en beräkningsmodell var redovisad i tävlingsunderlaget.

6. MÄTNING OCH UTVÄRDERING I PROVLÄGENHET

Två olika tävlingsförslag har utvärderats i två äldre lägenheter i ett av Svenska Bostäders flerbostadshus, förslag 1 och förslag 5. Som provlägenheter valdes två befintliga bebodda lägenheter, som skulle att renoveras inom en snar framtid. I lägenheten med förslag 1 bodde en barnfamilj och i lägenheten med förslag 5 en äldre person.

6.1 Mät- och utvärderingsprogram för provlägenhet

6.1.1 Syfte

Utvärderingen av systemet för behovsstyrd ventilation i provlägenhet skall ge svar på följande:

- uppfyllelse i verkligheten av utlovad funktion enligt valda nivåer i kravspecifikationen
- behov av eventuella förbättringar

6.1.2 Genomförande

Respektive ansvarig för förslagen till behovsstyrt ventilationssystem har levererat mätutrustning enligt en kravspecifikation och ansvarat för genomförandet av de kontinuerliga mätningarna. Därför inleddes och avslutades utvärderingsperioden i resp. provlägenhet med en funktionskontroll av WSP (tidigare J&W), varefter de kontinuerliga mätningarna gjordes under några månader. De kontinuerliga mätningarna genomfördes med boende för att kunna få en uppfattning om boendets inverkan på inneklimatet.

Följande funktionskontroller genomfördes:	Kommentar
Mätning av luftflöden (min, normal, max) i ventilationssystemet, samt temperaturer, relativ luftfuktighet och CO ₂ -halt.	
Funktionskontroll av värme- och ventilationssystemet.	
Kalibrering av mätsystemet för de kontinuerliga mätningarna	

De kontinuerliga mätningarna koncentreras på inne- och utetemperaturen och luftkvaliteten.

Två olika tävlingsförslag har provats i provlägenhet. Nedan följer en allmän beskrivning (för en mer detaljerad beskrivning se kapitel 5.1) av de två förslagen och vad som har installerats och provats i en provlägenhet .

Förslag 1

Värme- och ventilation:

Allmän beskrivning	Installation och provning i provlägenhet (se även figur 5.1 och foton i kapitel 5.6)
Central tryckstyrd frekvensreglerad F-fläkt med F-luftsvärmepump, som bidrar till rums- och tappvarmvattenuppvärmning.	Ej möjligt att installera i provlägenhet.
Självverkande backspjäll på uteluftsdon och vissa F-luftskanaler. F-don i sovrum, klädkammare, WC och badrum.	F-don i klädkammare, WC och badrum.
Uteluft tillförs via VK2 ventilkonvektor (vardagsrum) med backspjäll och vindspjäll, ventilkonvektor VK 5 (sovrum) med	Ja, med provning som kompletterar genomförda laboratorieprovningar.

backspjäll. Ventilkonvektorer är anslutna till radiatorkretsen.	
Ventilkonvektor och radiator styrs av termostatventil. Tilluftstemperaturen efter ventilkonvektorn regleras till 18 °C vid grundventilation	Ja, tilluftstemperaturen testas.
<i>Behovsstyrning</i> med frånluftsdon med inbyggd fuktstyrning i badrum och i t ex klädkammare. Fuktforcering börjar vid 40 % RF och når max vid 75 %. Volymkåpa med timerstyrt och spistemperaturstyrt spjäll för forcering i kök. En lokal reglercentral (digital undercentral) per lägenhet styr tvålägesspjäll (min- resp. grundflöde) i alla kanalerna. Personfrånvaro ger minflöde dvs. bortaventilation medelst lägenhetens sjutillhållarelös. Den lokala reglerenheten kan användas för manuell behovsstyrning.	Ja, men med följande ändringar: - Fuktstyrning börjar vid 50% - Varvtalsreglerad fläkt, istället för tvålägesspjäll - Minflöde vid personfrånvaro ställes in manuellt.
Värmeeffektvakt ingår.	Ej möjligt att installera i provlägenhet.
Ventilkonvektor + F-don med hög placering antas medför hög ventilationseffektivitet.	Ej möjligt att installera i provlägenhet.
Radiatorerna styrs av utetemperaturen och termostatventiler.	Ej möjligt att installera i provlägenhet.
Uteluftsdonen kan inte enkelt stängas helt.	Ej möjligt att installera i provlägenhet.
Förenklad drifts – och skötselinstruktion för lägenhetsinnehavare tas fram. Hyresgästen kan byta eller tvätta filter i ventilkonvektorn 1 – 2 gånger per år. Filter levereras i brevlåda.	Ej möjligt tillgängligt
Grundfilter EU5 ingår, men filter EU7 kan även användas.	Ej möjligt att installera i provlägenhet.
Hyresgästen kan minska eller öka luftflödet med den lokala reglercentralen.	Ja
Fläktrum förläggs på taket och innehåller fläkt och värmepump.	Ej möjligt att installera i provlägenhet.
Ventilkonvektor placeras bakom galler i väggens plan.	Ej möjligt att installera i provlägenhet.
Ljudreduktion över klimatskärm förbättras genom kanaldämpning och ljudfälla.	Ej möjligt att installera i provlägenhet.

Viktiga komponenter:

Allmän beskrivning	Installation och provning i provlägenhet
Ventilkonvektor inkl. yttre hus	Ja
Frånluftsvärmepump	Ej möjligt att installera i provlägenhet.
Fuktstyrt frånluftsdon	Ja
Spiskåpa – volymkåpa	Ja
Lokal reglerenhet	Ja

Förslag 5

Värme- och ventilation:

Allmän beskrivning	Installation och provning i provlägenhet (se även figur 5.2 och foton i kapitel 5.6)
Vartalsreglerade lägenhetsfläktar (F-luft).	Ja
LON-baserad klimatmodul i varje lägenhet, för mätning, styrning och reglering av värme och ventilation dvs. reglering och övervakning av installationerna .	Nej, utan reglering av tilluftstemperaturen från tilluftskonvektor sker med termostat och av rumstemperaturen (radiator) med en rumstermostat. En hygrometer kallar på forcerad ventilation vid inställt RF-värde.
Utetemperaturstyrd ventilation	Nej
Decentraliserad F-lufttemperaturstyrd värme, i vardagsrummet via termomotor på radiatordelen.	Nej
Förinställning av hemmaventilation för varje lägenhet.	Ja
Lågenergifönster och färre radiatorer.	Ej möjligt att installera i provlägenhet.
Tilluftskonvektor (konventionell radiator med inbyggd luftkonvektor) i vardagsrum.	Ja, med provning som kompletterar genomförda laboratorieprovningar. Luftkonvektorn var separat från radiatorn.
Tilluftsradiator i sovrum.	Fullständig provning ej möjlig.
<i>Behovsstyrning:</i> manuell forcering med tidsstyrd volymkåpa (med separat fläkt) vid matlagning. RH-styrd F-luft i badrum. Separat F-don i kök för grundflöde. RH-givaren installeras i badrummet. Fuktforcering vid ca 75 % RH, när RH sjunker under detta värde en tidsfördröjning på 20 min. Inbrottslåsning av ytterdörr medför bortaventilation, dock har fuktgivaren högre auktoritet dvs. vid behov av fuktforcering aktiveras inte bortaventilation.	Ja, men fuktforceringsgränsen var justerbar och bortaventilationen kopplades in manuellt med en omkopplare i hallen.
Värmeeffektvakt ingår.	Ej möjligt att installera i provlägenhet.
Ventilkonvektorn är försedd med termostat, som reglerar tilluftstemperaturen till 18 °C.	Ja
Fläktar, med DC-EC-motor, placeras på taket. Fläktar är kontaktanslutna med snabbkoppling och utbytesbara vid service.	Nej
Klimatmodul förberedd för mätning och utvärdering. Klimatmodulerna i varje lägenhet kopplas samman på en gemensam bussledning.	Nej
Inställning av fläktens max-, min- och normalläge kan ske någonstans i byggnaden genom uppkoppling på bussledningen.	Ej möjligt att installera i provlägenhet.
Fastighetsskötaren kan utifrån ändra värmeregleringen för varje lägenhet.	Ej möjligt att installera i provlägenhet.
Kontinuerlig mätning av luftflödet.	Ja
Grundfilter EU5 ingår, men filter EU7 kan även användas	Ej möjligt att installera i provlägenhet.
Filterlarm för spiskåpan. Förmodligen är	Nej

avsikten att lägenhetsinnehavaren byter eller rengör filter.	
Ljudreduktion över klimatskärm förbättras genom ljuddämpande material bakom frontplåten, ljuddämpare i tilluftskanalen och ljuddämpning i ytterväggens luftintag.	Ej möjligt att installera i provlägenhet.

Viktiga komponenter:

Allmän beskrivning	Installation och provning i provlägenhet
Ventilkonvektor	Ja
Frånluftsfläkt	Ja
Fuktstyrt frånluftsdon	Ja
Spiskåpa - volymkåpa	Ja
Lokal reglerenhet (klimatmodul)	Ja, men endast för fuktstyrning av ventilationen

6.1.3 Mätparametrar

Utvärderingen av **provlägenhet** genomförs med hjälp av mätningar under ca en månad samt insamling av erfarenheter från boende genom intervjuer. Aktuella mätparametrar är bl. a.:

- Lufttemperatur
- Luftflöden
- Drifftider för olika luftflöden
- CO₂-halt
- Luftfuktighet

Under de kontinuerliga långtidsmätningarna i provlägenheterna lagrades mätvärdena huvudsakligen som timvärden, men även som 5-minutersvärden.

Mätpunkter för lägenhet (3 rok) med förslag 1

Uteklimat

T1 Utetemperatur, $\pm 0,5$ K
RH1 Luftfuktighet, ± 5 %

Mätpunkter/lägenhet

T2 Tilluftstemperatur, tilluftskonvektor i vardagsrum
T3 Lufttemperatur på 1.6 m höjd i vardagsrum vid hall, $\pm 0,5$ K
T4 Lufttemperatur på 1.6 m höjd i badrum, $\pm 0,5$ K
RH2 Luftfuktighet i vardagsrum, ± 5 %
RH3 Luftfuktighet i badrum, ± 5 %

CO₂ CO₂-halt i föräldrasovrum på 1.2 m höjd, ± 100 ppm
DT Drifftid borta- och hemmaventilation, ± 5 min
LF Frånluftsflöde, ± 10 %

Mätpunkter för lägenhet (2 rok) med förslag 5

UteklimatT1 Utetemperatur, $\pm 0,5$ KMätpunkter/lägenhet

T2 Tilluftstemperatur, tilluftskonvektor i vardagsrum

T3 Lufttemperatur på 1.7 m höjd i vardagsrum/hall, $\pm 0,5$ KT4 Lufttemperatur på 1.9 m höjd i badrum, $\pm 0,5$ KRH1 Luftfuktighet i badrum, ± 5 %CO₂ CO₂-halt i sovrum på 1.2 m höjd, ± 100 ppmLF Frånluftsflöde, ± 10 %

Mätningarna inleddes och avslutades med en funktionskontroll av mätsystem och ventilationssystem.

6.1.4 Utvärdering

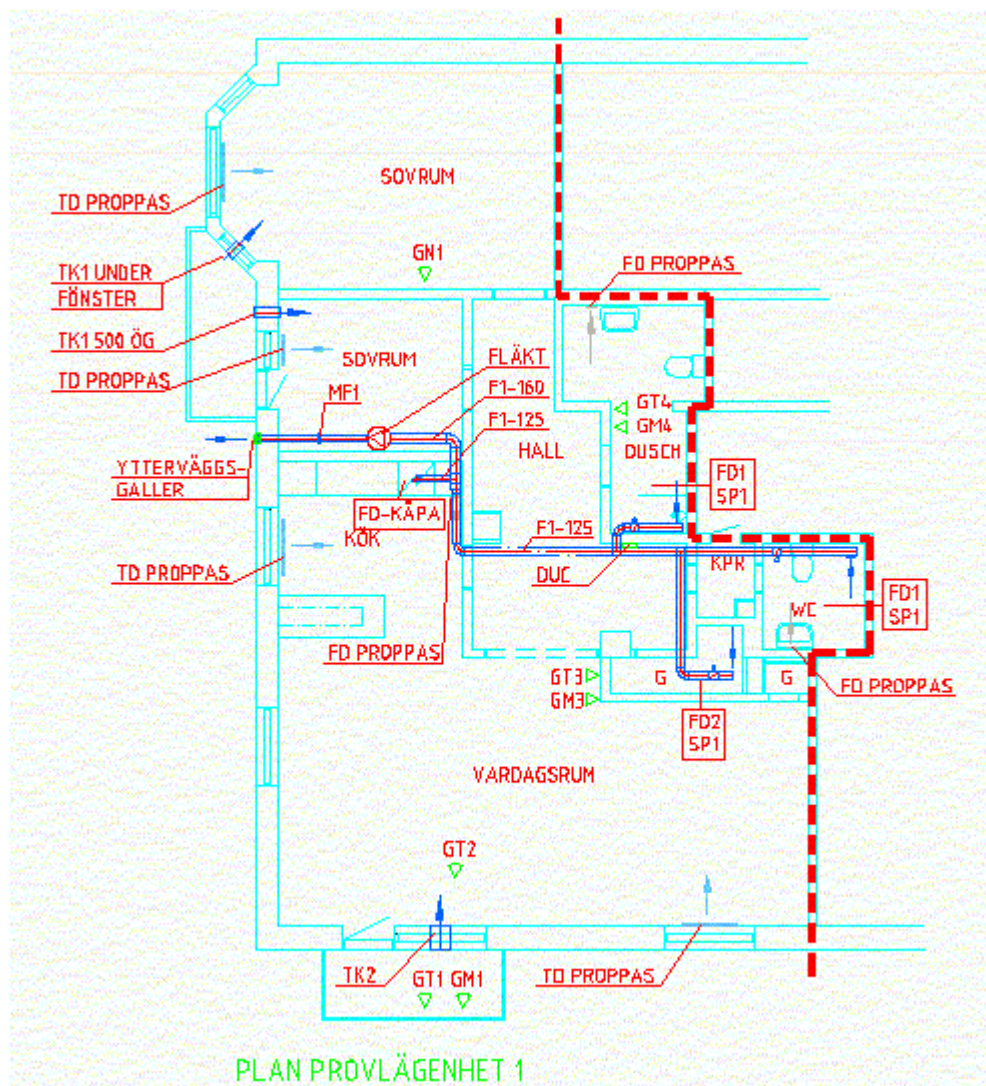
Mätresultaten kontrolleras och utvärderas regelbundet.

Mätta och sammanställda prestanda för provlägenheterna liksom klimat utgör slutligen ett underlag för en bedömning av luftkvaliteten och inneklimatet, samt funktionen hos systemet för behovsstyrd ventilation.

Mätning	Utvärdering
- inneklimatet	- jämförelse med uppställd kravspecifikation
- ventilationssystemet	- jämförelse med ursprungliga uppskattade prestanda

6.2 Resultat för provlägenhet med förslag 1

Installationen i en befintlig lägenhet innebar att framförallt de delar av förslaget, som är av betydelse för behovsstyrningen installerades (se figur 6.1 och 6.2 a-h). De ändringar som gjordes av praktiska skäl var t.ex. frånluftsvärmepumpen valdes bort, varvtalsreglerad lägenhetsfläkt istället för central varvtalsreglerad fläkt kombinerad med lägenhetsspjäll, manuell inställning av bortaventilation istället för automatisk.



Figur 6.1 Behovsstyrd ventilation enligt förslag 1 i provlägenhet 1. I hallen finns en reglercentral för manuell behovsstyrning. TK1 = liten tilluftskonvektor i sovrum, TK2 = tilluftskonvektor i vardagsrum, FD1 = frånluftsdon med inbyggd fuktstyrning i badrum och wc, FD-kåpa = volymkåpa med timer- och temperaturstyrt spjäll. GTx, GMx och GNx är givare för mätning och utvärdering av lufttemperaturer resp. relativ luftfuktighet resp. CO₂-koncentrationen.



Figur 6.2a Frånluftsdon med inbyggd fuktstyrning



Figur 6.2b Tilluftskonvektor och radiator i stort sovrum



Figur 6.2c Tilluftskonvektor i sovrum i provlägenhet med förslag 1.



Figur 6.2d Ljudreducerande fasadhuv monterad på tilluftskonvektor till sovrum i provlägenhet med förslag 1



Figur 6.2e Ljudreducerande fasadhuv (prototyp) monterad på tilluftskonvektorer till sovrum o provlägenhet med förslag 1



Figur 6.2f Styr- och reglercentral (prototyp) för behovsstyrd ventilation. Centralen innehåller även datalogger för mätningar i provlägenheten med förslag 1.



Figur 6.2g Spiskåpa med hög uppfångningsförmåga, provlägenhet med förslag 1.

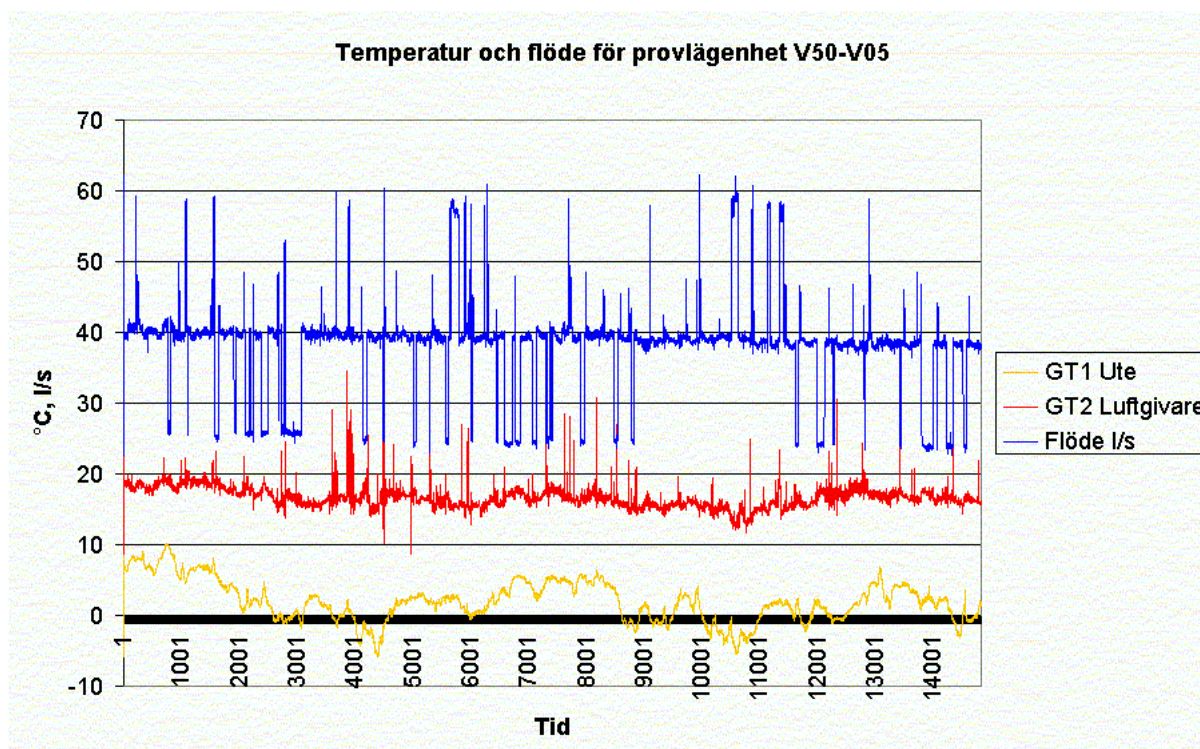


Figur 6.2h Tilluftskonvektor i vardagsrum i provlägenhet med förslag 1.

Inledningsvis förekom en del problem med mätsystemet och ventilationssystemet. Några av mätgivarna avvek för mycket från verkligheten, vilket justerades. Luftflödena var för alltför höga, vilket justerades genom byte av fläkt och justering av gränsvärdet för forcering av ventilationen pga. av hög relativ luftfuktighet. Gränsvärdet var 40 %, vilket under oktober och november innebar nästan ständig fuktforcering. Dessutom var timern för fuktforcering inställd på 1 timme.

En enkel kontroll av var uteluften kommer in under en höstdag med + 13 °C ute och måttlig vind, visade att större delen av uteluften kommer in via tilluftskonvektorerna. Hälften av uteluften kommer via den stora tilluftskonvektorn i vardagsrummet och ¼ via vardera tilluftskonvektor i de två sovrummen.

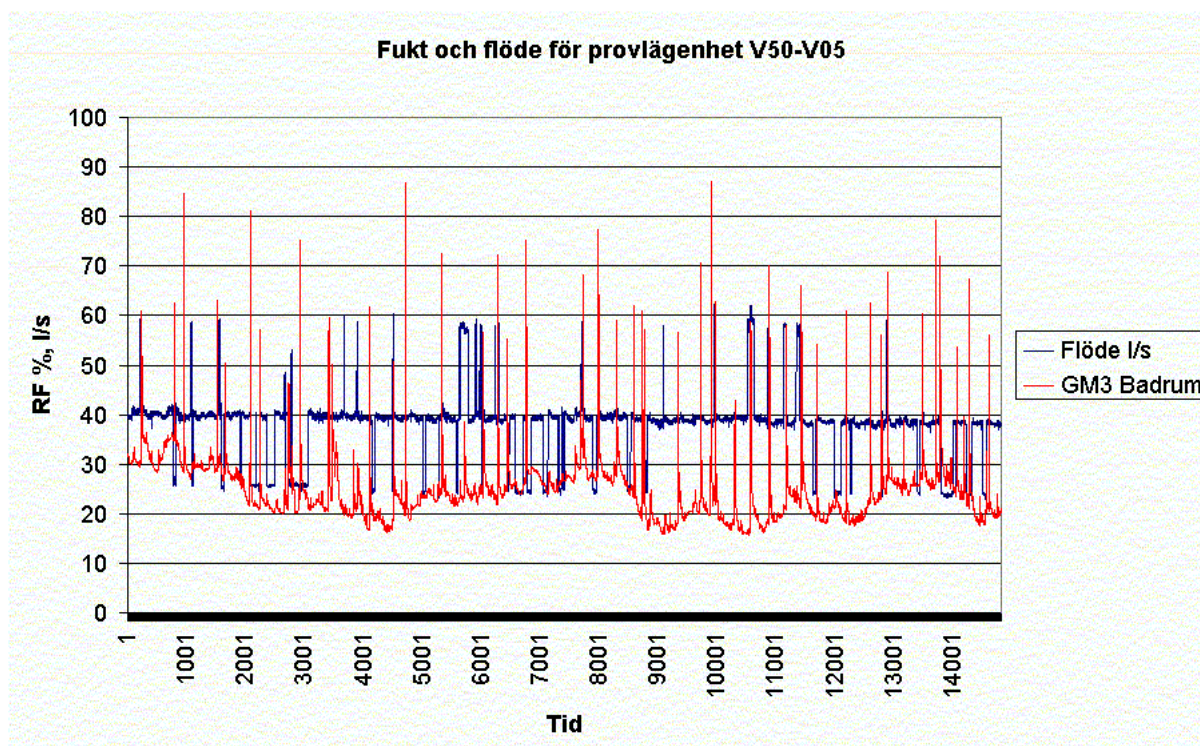
Följande resultat uppnåddes under en representativ mätperiod, från vecka 50 år 2000 till vecka 5 år 2001. Under perioden varierade utetemperaturen mellan – 6 °C och + 10 °C. Tilluftstemperaturen efter tilluftskonvektorn var vanligen ca 17 °C, men varierade mellan 12 °C och 20 °C, för att enstaka tillfällen gå upp till ca 25 °C (se figur 6.3). Låga tilluftstemperaturer kan uppträda vid enstaka tillfällen, när utetemperaturen sjunker under noll grader. Under vår och höst bör förvärmningen av tilluften stängas, för att undvika övertemperaturer inne, framförallt soliga dagar. Detta kan medföra att det finns tillfällen då kall luft kommer direkt in i vardagsrummet och skapar drag. Lufttemperaturen i vardagsrummet är nästan konstant 22 °C, lägsta värdet är 21 °C och högst värdet 24 °C.



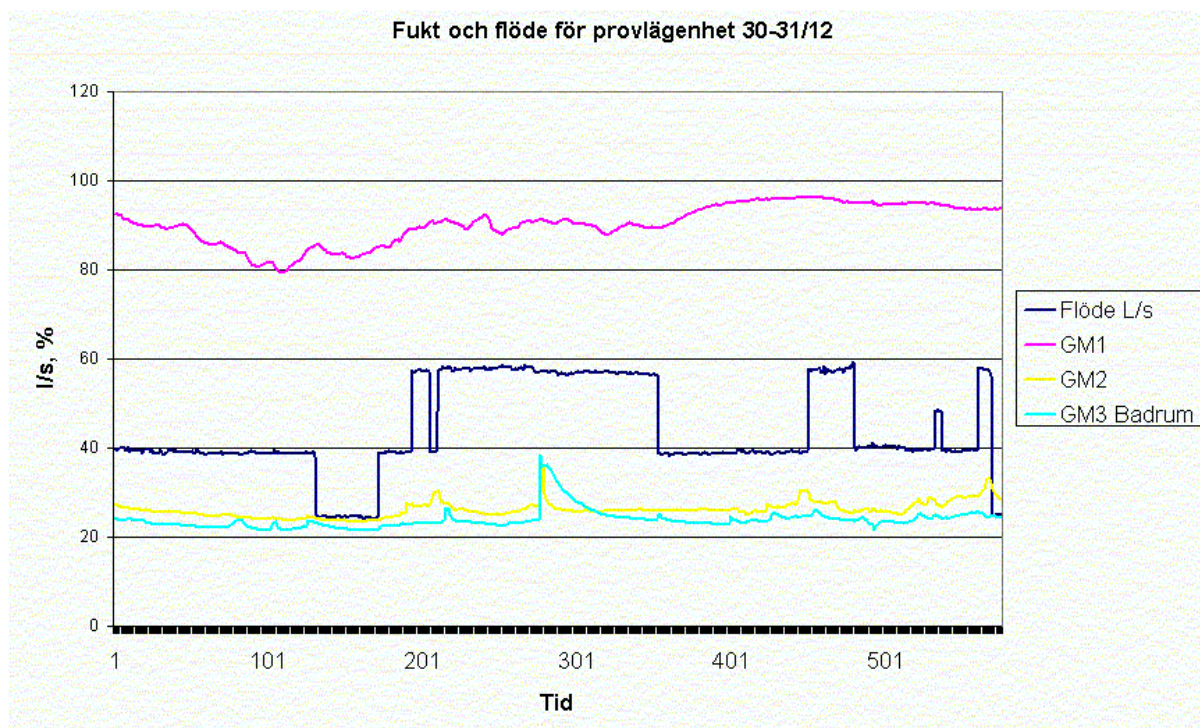
Figur 6.3 Uppmätt frånluftsflöde, tillufttemperatur från tilluftskonvektor i vardagsrum och utetemperatur för provlägenhet med förslag 1, under perioden v50, 2000 till v5, 2001.

Hemmaluftflödet, 40 l/s, var något större än vad som krävs, 0,35 l/sm². Bortaflödet, 25 l/s, var även det större än vad som anges i kravspecifikationen. Vald lägenhetsfläkt för provinstallationen har inte gått att justera in till rätt nivå. Förslag 1 innebär egentligen centralfläkt.

Fuktforceringen i badrummet ser ut att fungera på ett rimligt sätt. När den relativa luftfuktigheten överstiger 50 % ökar frånluftsflödet till 50-60 l/s (se figur 6.4 och 6.5). Den relativa luftfuktigheten har i snitt varit 25 % och varierat mellan 15 och 90 % i badrummet medan variationen i vardagsrummet är mellan 15 och 50 %. De boende har för det mesta kommit ihåg att minska ventilationen när lägenheten är helt tom.

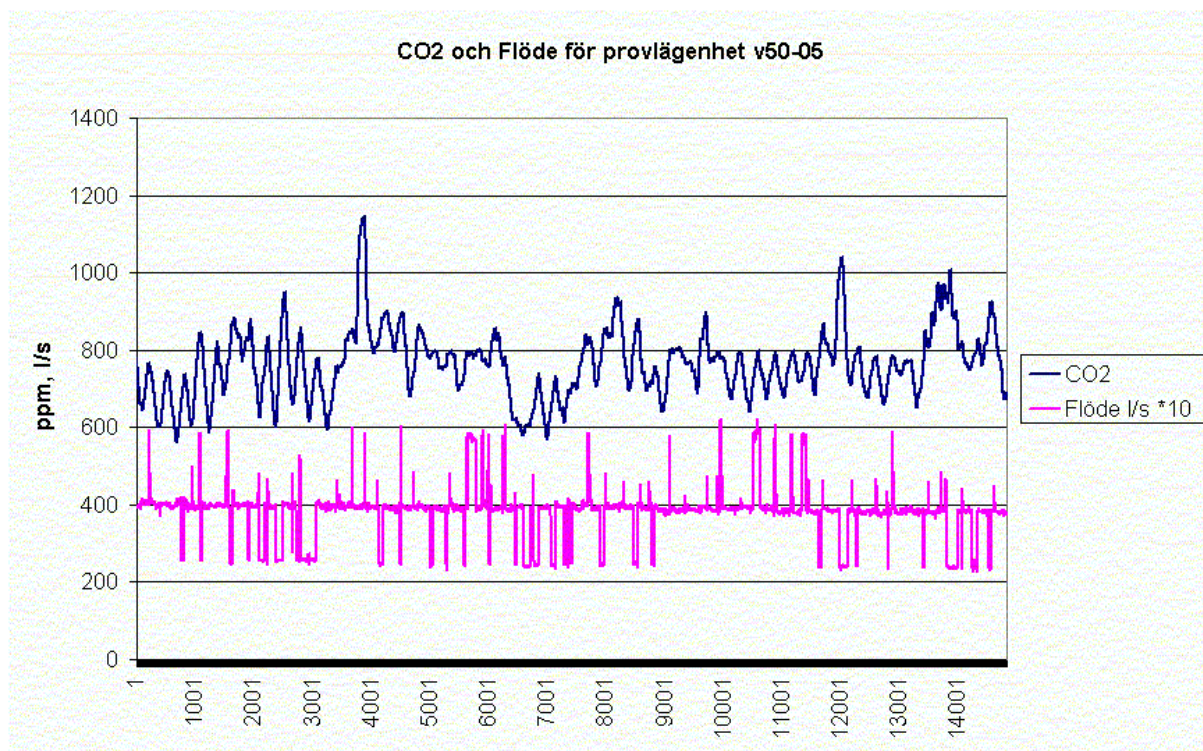


Figur 6.4 Uppmätt frånluftsflöde och relativ luftfuktighet i badrum i provlägenhet med förslag 1, under v50, 2000 till v5, 2001.



Figur 6.5 Uppmätt frånluftsflöde och relativ luftfuktighet i badrum i provlägenhet med förslag 1, under v50, 2000 till v5, 2001. GM1 = relativ fuktighet ute och GM2 = relativ fuktighet i vardagsrum.

CO₂-halten i föräldrasovrummet överstiger vid ett antal tillfällen 1000 ppm, medan det rullande 12 timmarsmedelvärdet (enligt kravspecifikationen) endast överstiger gränsen två gånger under mätperioden (se figur 6.6).

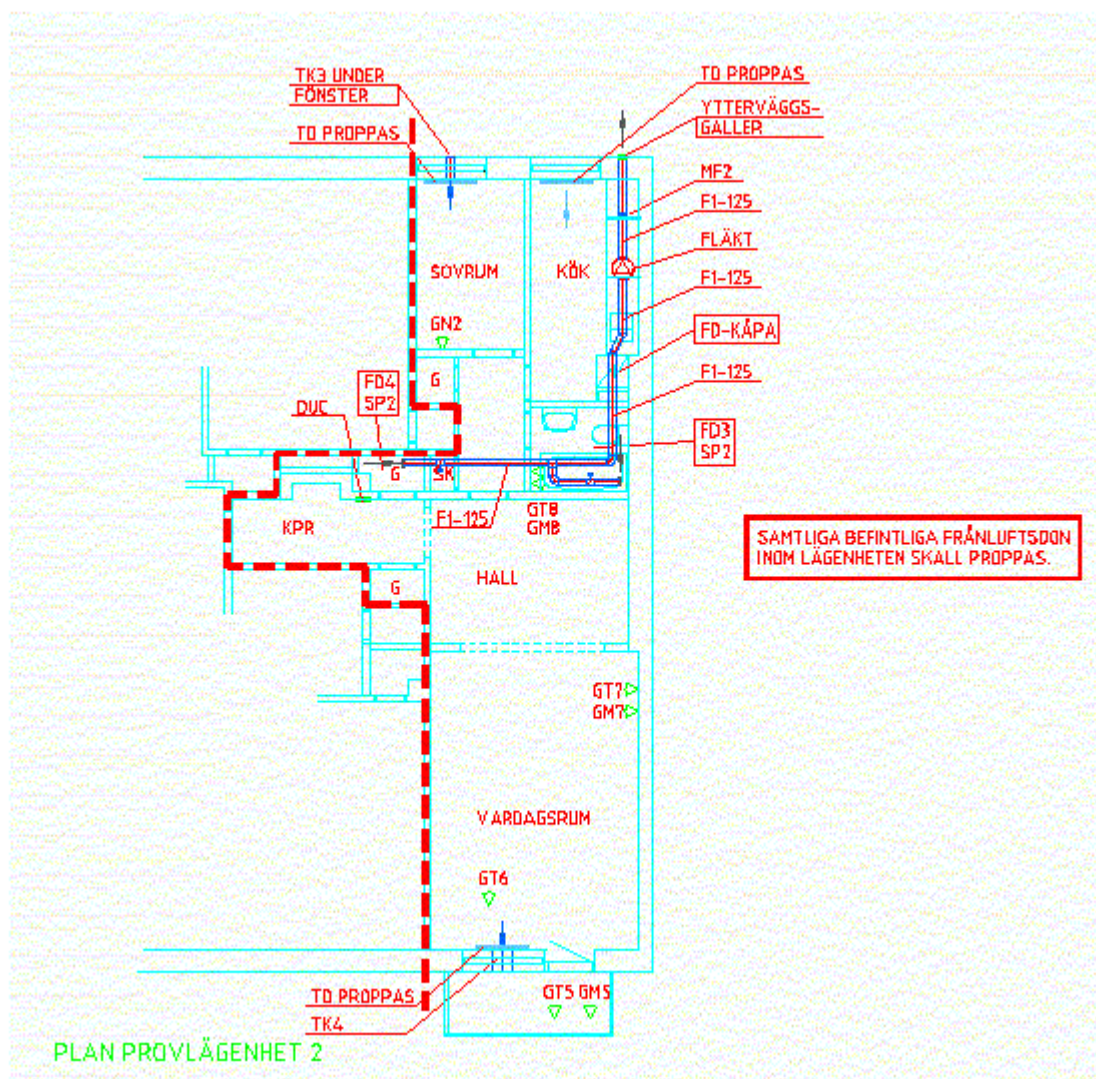


Figur 6.6 Uppmätt CO₂-koncentration (rullande 12-timmarsmedelvärde) i stora sovrummet och frånluftsflöde, under v50, 2000 till v5, 2001.

Ljud utifrån kan komma in via tilluftskonvektorn. I många tillämpningar kan det därför vara lämpligt med ljuddämpande kanaler och/eller ljuddämpande intagshuv för tilluftskonvektorn.

6.3 Resultat för provlägenhet med förslag 5

Installationen i en befintlig lägenhet innebar att framförallt de delar av förslaget, som är av betydelse för behovsstyrningen installerades (se figur 6.7 och 6.8a-e). De ändringar som gjordes av praktiska skäl var t.ex. att en rumstermostat och ett reglage för borta-hemma-ventilation istället för klimatmodul för mätning, styrning och reglering av värme och ventilation.



Figur 6.7 Behovsstyrd ventilation enligt förslag 5 i provlägenhet 2. TK4 = tilluftskonvektor i vardagsrum, FD1 = frånluftsdon med rumsfuktgivare för fuktstyrning i badrum, FD-kåpa = volymkåpa med tidstyrat spjäll. GTx, GMx och GNx är givare för mätning och utvärdering av lufttemperaturer resp. relativ luftfuktighet resp. CO₂-koncentrationen.



Figur 6.8a Rumstermostat och reglage för borta-hemnaventilation i provlägenhet med förslag 5.



Figur 6.8b Rumstermostat och fuktgivare (prototyp) för styrning av frånluftsdon, i badrum i provlägenhet med förslag 5.



Figur 6.8c Tilluftskonvektor i vardagsrum i provlägenhet med förslag 5.



Figur 6.8d Spiskåpa med varvtalsreglerad lägenhetsfläkt i provlägenhet med förslag 5.



Figur 6.8e Spiskåpa med varvtalsreglerad lägenhetsfläkt i provlägenhet med förslag 5.

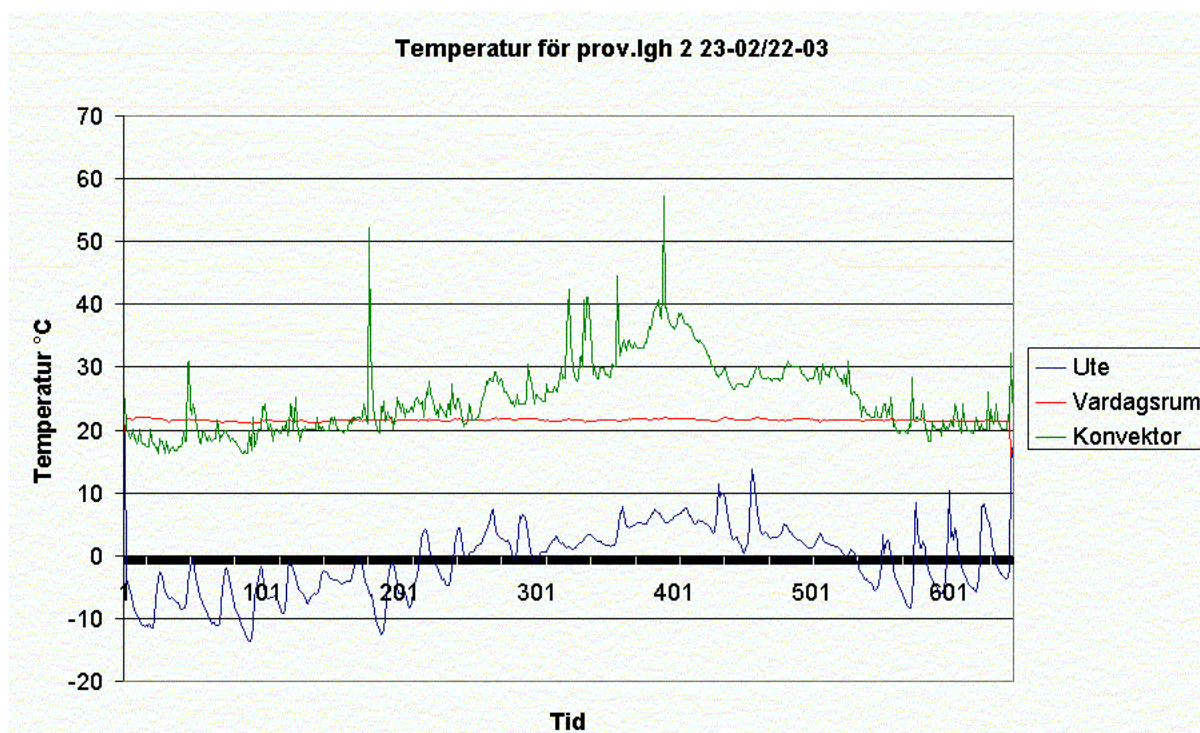


Figur 6.8f Avancerad rumstermostat i provlägenhet med förslag 5.

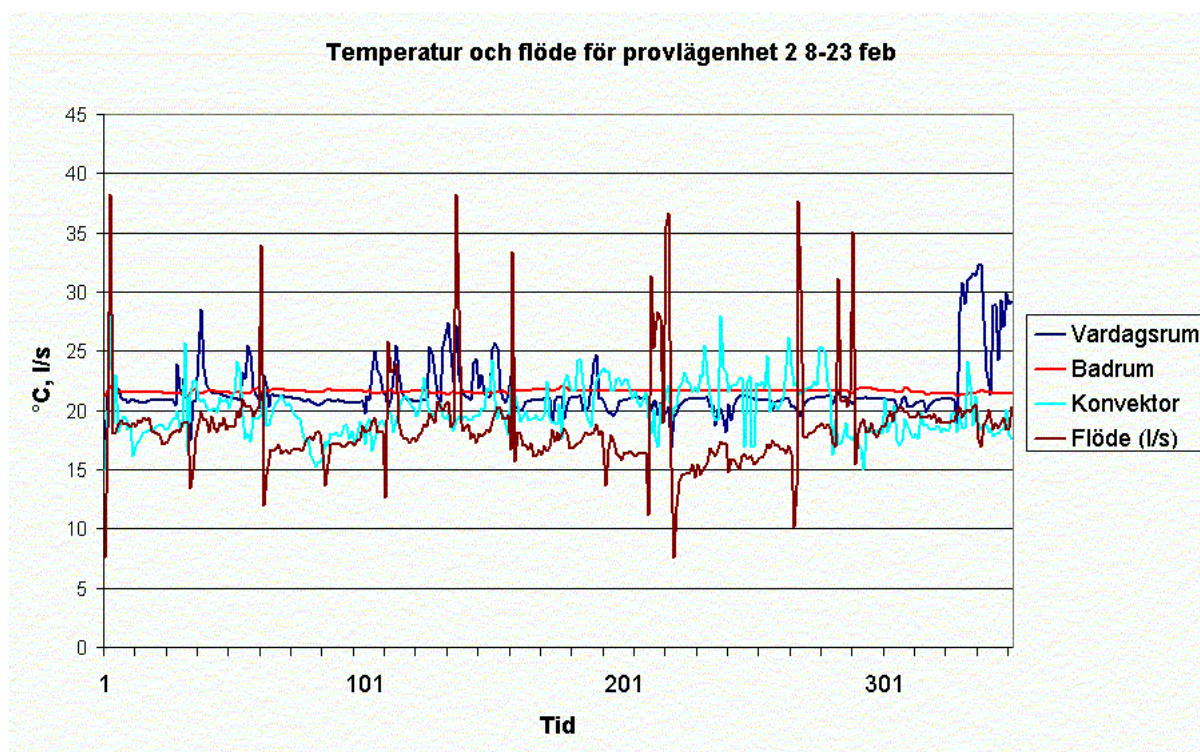
Efter installation förekom en del problem med mätsystemet och ventilationssystemet. Några av mätgivarna omkalibrerades. Tilluftskonvektorn i vardagsrummet frös strax efter installation. Konvektorn är utrustad med Thermoguard, vilket innebär att frysning inte får några allvarliga följder. Efter påfrysning måste upptining göras. Ursprungligen var ventilmotorn för reglering av värmen i vardagsrummet placerad på tilluftskonvektorn. Efter frysningen flyttades ventilmotorn till radiatorn och konvektorn försågs med termostatventil.

En kontroll av ventilationssystemet under en vinterdag med måttlig vind, visade rimliga luftflöden (borta 14 l/s, hemma 24 l/s och max 62 l/s) och en tilluftstemperatur mellan + 16 och + 18 °C.

Under en representativ mätperiod, (vecka 9 till vecka 12, 2001) med en utetemperatur på mellan - 14 °C och + 14 °C, var tilluftstemperaturen efter tilluftskonvektorn vanligen ca 18 °C. En variation på mellan 16 °C och 20 °C, för att under tre dygn var 30 °C och en kort stund överstiga 40 °C, förekom dock (se figur 6.9). Höga temperaturer torde kunna uppstå när luften står stilla i konvektorn, vid t.ex. vädring, men temperaturer över 30 °C borde inte förekomma, vilka kan bero på mätfel eller reglerfel. Under en första mätperiod (vecka 7 – 8) var tilluftstemperaturen som högst vid ett tillfälle 28 °C (se figur 6.10). Lufttemperaturen i vardagsrummet är nästan konstant 22 °C, även under perioder med hög tilluftstemperatur. Uppenbarligen fungerar samordningen mellan tilluftskonvektorn och radiatorn tillfredställande. Risk för kallras under vår och höst finns dock, se beskrivning i föregående avsnitt. Under mätperioden (vecka 9 till vecka 12) fungerade inte mätningarna av luftflödet.



Figur 6.9 Uppmätt lufttemperatur ute, i vardagsrum och från tilluftskonvektor för provlägenhet med förslag 2.



Figur 6.10 Uppmätt lufttemperatur i vardagsrum, i badrum och från tilluftskonvektor, samt frånluftsflöde för provlägenhet med förslag 2.

Hemmaluftflödet, 19 l/s, var rimligt. Bortaflödet, ca 12 l/s, var större än vad som anges i kravspecifikationen. Detta enligt funktionskontrollerna och de kontinuerliga mätningarna under perioden 8 – 23 februari, 2001 (se figur 5.19).

Den relativa fuktigheten i badrummet har varit låg under hela mätperioden (vecka 9 – 12), ca 20 %. Detta beror framförallt på att lägenhetsinnehavaren alltid badar/duschar med öppen dörr till hall/vardagsrum. Vid den avslutande funktionskontrollen i juni, 2001, sänktes gränsvärdet för fuktstyrning till den relativa luftfuktighet som rådde vid i badrummet. Detta resulterade i att fläkten varvade upp. Enligt lägenhetsinnehavaren fungerar fuktforceringen. Vid ett antal tillfällen har luftflödet ökat till ca 35 l/s, i de flesta fallen förmodligen pga. forcering av köksventilationen. Den boende har sällan minskat ventilationen när lägenheten är helt tom, utan har föredragit att ha en jämn ventilation.

CO₂-halten i sovrummet överstiger emellanåt 1000 ppm, vilket framförallt torde bero på låg ventilation i sovrummet dvs. att större delen av uteluften kommer in via tilluftskonvektorn i vardagsrummet och att sovrumsdörren är stängd.

Ljud kan komma in via tilluftskonvektorn. I många tillämpningar kan det därför vara lämpligt med ljuddämpande kanaler och/eller ljuddämpande intagshuv för tilluftskonvektorn.

6.4 Slutsatser.

Utvärderingen i två provlägenheter gör det troligt att behovsstyrningen av ventilationen dvs. fuktstyrningen och bortaläget, kan fungera på ett tillfredställande sätt. För att säkerställa en god funktion måste bra komponenter väljas från början och en intelligent samordning mellan styrning av rumstemperaturen, tilluftstemperaturen och ventilationen. De två provade systemen hade inledningsvis problem inom dessa områden. Provningarna visade även på den stora betydelsen av en noggrann injustering och uppföljning av funktionen hos värme- och ventilationssystemet. Injusteringen måste ta hänsyn till den boendes eventuella önskemål. Tilluftskonvektorerna måste i utsatt läge (bullrig yttre miljö) förses med förbättrad ljuddämpning.

7. INSTALLATION I PROVHUS

Två medlemmar av beställargruppen var intresserade av att installera de två återstående tävlingsförslagen, förslag 1 och 5. En av installationerna kom att realiseras, nämligen förslag 1, som installerats av JM i Stockholm, kv. Lux, Lilla Essingen etapp 2, trapphus 24, Primusgatan 88 (behovsstyrd ventilation) och trapphus 22, Primusgatan 94 (traditionell F-luft).

Här följer en jämförelse mellan tävlingsförslag 1 och den genomförda verkliga installationen av förslaget i provhuset.

Tabell 7.1 Tävlingsförslag: Jämförelse mellan förslaget och verklig genomförd installation vad avser värme- och ventilation.

Allmän beskrivning av förslag 1	Verklig installation
Central tryckstyrd frekvensreglerad F-fläkt med F-luftsvärmepump, som bidrar till rums- och tappvarmvattenuppvärmning.	Ja, men inte F-luftsvärmepump, utan F-luften används för att värma garaget i källaren. Detta påverkar dock inte behovsstyrningen av ventilationen.
Självverkande backspjäll på uteluftsdon och vissa F-luftskanaler. F-don i sovrum, klädkammare, WC och badrum.	Ja, men inte backspjäll på F-luftskanaler, utan endast på ventilkonvektorn i vardagsrummet. Risken för baksug är liten med vald utformning. Några klädkammare saknar ventilation.
Uteluft tillförs via VK2 ventilkonvektor (vardagsrum, se figur 7.1 – 7.3) med backspjäll och vindspjäll, ventilkonvektor VK 5 (sovrum) med backspjäll. Ventilkonvektorerna är anslutna till radiatorkretsen.	Ja, men inga ventilkonvektorer i sovrum, utan tilluftsradiatorer. Detta val gjordes för att hålla nere kostnaderna.
Ventilkonvektor och radiator styrs av termostatventil. Tilluftstemperaturen efter ventilkonvektorn regleras till 18 °C vid grundventilation	Ja
<i>Behovsstyrning</i> med frånluftsdon med inbyggd fuktstyrning i badrum och i t ex klädkammare. Fuktforcering börjar vid 40 % RF och når max vid 75 %. Volymkåpa med timerstyrt och spistemperaturstyrt spjäll svarar för forcering i kök. En lokal reglercentral per lägenhet styr tvålägespjäll (min- resp. grundflöde) i alla kanalerna. Personfrånvaro ger minflöde medelst lägenhetens sjutillhållarelås. Den lokala reglerenheten kan användas för manuell behovsstyrning.	Ja, men med följande ändringar: - Fuktstyrning endast i badrum och WC - Fuktstyrning börjar vid 50%. - Ej volymkåpa (se nedan) - Manuell styrning gäller endast forcering i köket. - Inbrottslåsning av lägenhetsdörr (entrédörr från trapphuset) utifrån medför bortaventilation (minluftflöde) medelst en microbrytare i dörrlåset (lägenhetsdörrarna har endast ett lås och inte ett separat sjutillhållarelås). Denna microbrytare kopplar om till bortaventilation vid inbrottslåsning. När dörren låses upp utifrån aktiveras hemmaventilation (normalt luftflöde). - Bortaventilation aktiveras inte om behov

	av fuktforcering föreligger. - Ett extra spjäll för att stänga av ventilationen från kök vid bortaventilation. - Ett extra spjäll för att stänga av ventilationen från klädkammare vid bortaventilation. Ökningen av antal spjäll ökar komplexiteten i installationen.
Värmeeffektvakt ingår.	Ja
Ventilkonvektor + F-don med hög placering antas medför hög ventilationseffektivitet.	Ja, men inte i sovrum.
Radiatorerna styrs av uttemperaturen och termostatventiler.	Ja
Uteluftsdonen kan inte enkelt stängas helt.	Ja
Förenklad drifts – och skötselinstruktion för lägenhetsinnehavare tas fram. Hyresgästen kan byta eller tvätta filter i ventilkonvektorn 1 – 2 gånger per år. Filter levereras i brevlåda.	Nej, saknas, vilket är en allvarlig brist.
Grundfilter EU5 ingår, men filter EU7 kan även användas.	Ja, grundfilter EU5
Hyresgästen kan minska eller öka luftflödet med den lokala reglercentralen.	Nej, men manuell forcering i kök.
Ventilkonvektor placeras bakom galler i väggens plan.	Ja
Ljudreduktion över klimatskärm förbättras genom kanaldämpning och ljudfälla.	Ja

Tabell 7.2 Tävlingsförslag: Jämförelse mellan förslaget och verklig genomförd installation vad avser viktiga komponenter:

Allmän beskrivning	Verklig installation
Ventilkonvektor inkl. yttre hus	Ja
Frånluftsvärmepump	Nej, se ovan
Fuktstyrt frånluftsdon	Ja, som styrs av inbyggd elektronisk fuktgivare. Valet av don påverkades av donets utseende. Tävlingsförslagets don vara annorlunda till utseendet än traditionella don. Därför valdes ett annat fabrikat, med liknande funktion.
Spiskåpa – volymkåpa	Nej, men med uppfångningsförmåga på 75 % vid 30 l/s, vilket motsvarar tävlingsförslagets 90 % vid 20 l/s. Valet gjordes av estetiska skäl.
Lokal reglerenhet	Nej, separat kontroll av bortaventilation och fuktforcering.

Några avvikelser, som har bidragit mer eller mindre till problemen med funktion och robusthet hos ventilationssystemet, finns i verklig installation jämfört med tävlingsförslaget:

- inga ventilkonvektorer i sovrum, vilket kan innebära ökar risk för drag
- ej volymkåpa, vilket medför något ökad energianvändning pga. högre forcerat luftflöde

- utökat antal spjäll, vilket kan innebära minskad robusthet
- avsaknad av drift- och skötselinstruktioner för de boende, vilket kan resultera i försämrad funktion
- byte av fuktstyrt frånluftsdon

Provhus och referenshus är i princip identiska, fränsett behovsstyrningen i provhuset. Den avgörande skillnaden är utformningen av ventilationssystemet. I referenshuset är ventilationssystemet ett traditionellt frånlufts-system. Detta innebär bl.a. i detta fall att hemmaventilationen är större än för provhuset. I referenshuset är hemmaventilationen i tvårumslägenheterna $0,5 - 0,65 \text{ l/sm}^2$ och i trerumslägenheterna $0,5 \text{ l/sm}^2$. Motsvarande värden för provhuset är $0,33 - 0,45 \text{ l/sm}^2$ för tvårumslägenheterna och $0,4 \text{ l/sm}^2$ för trerumslägenheterna. Skillnaden beror på att i referenshuset finns inte fuktforcering i våtrum, vilket enligt råd i dåvarande BBR för våtrum innebär högre grundventilation i våtrum.



Figur 7.1 Tillufts-konvektor i vardagsrum i provhuset.



Figur 7.2 Tilluftskonvektor i vardagsrum i provhuset.



Figur 7.3 Uteluftsintag till tilluftskonvektor i provhuset.

8. UPPFÖLJNING OCH UTVÄRDERING I PROVHUS

8.1 Program för mätning och utvärdering av behovsstyrd ventilation i provhus

Programmet gäller för provhuset och ett referenshus, som i princip är identiska, frånsett behovsstyrningen i provhuset. Den avgörande skillnaden är utformningen av ventilationssystemet. I referenshuset är ventilationssystemet ett traditionellt frånluftssystem, utan behovsstyrning.

8.1.1 Syfte

Utvärderingen av systemet för behovsstyrd ventilation skall ge svar på följande:

- ❑ de boendes upplevelse av systemets användarvänlighet, av användarbeskrivningen för de boende och inneklimatet (jfr Stockholms inomhusmiljöenkät (SIEQ): värme och temperatur, ventilation, hälsoaspekter)
- ❑ energianvändningen för ventilation, inneklimatet och luftkvalitet under ett år i ca 25 lägenheter med behovsstyrd ventilation och ca 25 referenslägenheter, samt funktionen hos systemet i verkligheten
- ❑ uppfyllelse i verkligheten av utlovad funktion enligt valda nivåer i kravspecifikationen
- ❑ behov av eventuella förbättringar
- ❑ framtiden för behovsstyrd ventilation.

8.1.2 Mät- och utvärderingsförberedelser under projekterings- och entreprenadskedet

Under projekterings- och entreprenadskedet måste vissa mätförberedelser göras. Dessa förberedelser förutsätts sedan ingå i entreprenaden.

- tomrör med mätkablar
- extra elmätare
- mätgivare (CO₂, lufttemperatur, relativ luftfuktighet)
- fasta mätuttag för mätning av luftflöden (summa frånluftsföde resp. summa tilluftsföde, endast vid FT-system), $\pm 5 \%$
- utrustning för mätning av variabla luftflöden
- integrering med driftövervakningssystemet

8.1.3 Genomförande

Förslag 1 har installerats i 25 lägenheter i trapphus 24, Primusgatan 88:

Utvärderingsperioden inleds i lägenheterna med en funktionskontroll, därefter vidtog kontinuerliga mätningar i lägenheterna under ett år. Mätningarna påbörjades innan inflyttning. De kontinuerliga mätningarna genomförs med boende för att kunna få en uppfattning om boendets inverkan på inneklimatet och energianvändningen.

Tabell 8.1 Planerade funktionskontroller.

Följande funktionskontroller genomförs:
- Termografering för att dokumentera luftläckagevägarna i lägenheterna. Lufttätheten kan påverka ventilationssystemets funktion och den termiska komforten.
- Täthetsmätning av klimatskärm, med öppna resp. stängda ev. uteluftsdon i ytterväggen. Denna mätning utnyttjas även för att bestämma tryckdifferensen inne-ute.
- Täthetsmätning av ventilationskanaler.
- Mätning i lägenheter av luftflöden (min, normal, max) i ventilationssystemet. Denna mätning upprepas några gånger under mätperioden.
- Funktionskontroll av värme- och ventilationssystemet.
- Kontroll av SFP.
- Bestämning av luftutbyteseffektiviteten i några lägenheter
- Bestämning av ventilation (inkl. oavsiktlig ventilation) för enskilda rum och totalt för enskilda lägenheter, 1-3 veckors medelvärde.
- Inneklimatmätning (operativ temperatur, lufthastighet, strålningstemperatursymmetri, vertikal lufttemperaturgradient) under en vinterperiod och en vår/höstperiod, i några lägenheter.
- Ljudmätningar i några lägenheter dvs. ljud från ventilationssystemet.
- Enkätundersökning betr. användarvänlighet, användarbeskrivning för de boende, inneklimat (Stockholms inomhusmiljöenkät, SIEQ).

De kontinuerliga mätningarna koncentreras på energianvändningen för ventilation, innetemperaturen, luftkvaliteten och uteklimatet.

Lägenheterna är bebodda under långtidsmätningarna.

8.1.4 Mätparametrar

Utvärderingen genomförs på basis av mätningar under ca ett år. De kontinuerliga långtidsmätningarna görs med hjälp av det datoriserade driftövervakningssystemet. Mätvärden lagras huvudsakligen som timvärden. En mätDUC per trapphus installeras. MätDUCarna kopplas till en central DUC. Lägenheter i trapphus 24 (Primusgatan 88) har behovsstyrd ventilation och i trapphus 22 (Primusgatan 94) är referens med traditionell frånluftsventilation.

Numrering av mätpunkter: ttllmmm (tt = trapphusnummer, ll = lägenhetsnummer, mmm = mätpunkt enligt nedan)

Tabell 8.2 Mätpunkter/lägenheter (10 lägenheter/trapphus 2rok och 4 rok)

Mätpunkt	Beskrivning
GT1	Rumstemperatur på 1.2 m höjd i kapprum $\pm 0,5$ K
RH1	Luftfuktighet i frånluftskanal från badrum, ± 5 %
RH2	Luftfuktighet i WC på 1.6 m höjd, ± 5 %
C1	CO ₂ -halt i sovrum vid klädkammare på 1.2 m höjd, ± 100 ppm
DT1	Drifftid för bortaventilation från mikrobrytare från dörrlås, ± 5 min
DT2	Drifftid för spisforcering från mikrobrytare för spisforcering, ± 5 min
DT3	Drifftid för fuktforcering mäts genom att registrera impuls från spjäll för fuktforcering, ± 5 min
DT4	Drifftid hemkomstforcering
GT2-GT5	Tilluftstemperatur efter uteluftsdon ("i" inblåsningsgaller) i vardagsrum, men inte sovrum

Tabell 8.3 Mätpunkter centralt

Mätpunkt	Beskrivning
GT6-GT8	Lufttemperatur T-luft garage från hus 22 resp. 24 och F-luft från garage, $\pm 0,5$ K
E7a, E7b	Elanvändning frånluftsfläkt (från trapphus 22 resp 24), ± 2 %
E3-E4	Fastighetsel för trapphus 22 resp 24, ± 2 %
E5-E6	Summa lägenhetsel för trapphus 22 resp. 24, ± 2 %
E8-E9	Elanvändning hiss för trapphus 22 resp. 24, ± 2 %
VM1	Energianvändning för rumsuppvärmning inkl. golvvärme entré, separat för trapphus 22 resp. trapphus 24, ± 5 %
VM2	Energianvändning för golvvärme entré, separat för trapphus 24, ± 5 %
L1	Totalt F-luftsflöde, trapphus 22, ± 5 %
L2	Totalt F-luftsflöde, trapphus 24, ± 5 %

Tabell 8.4 Mätpunkter, uteklimat

Mätpunkt	Beskrivning
S1	Solinstrålning (global) horisontalplanet, ± 5 %
GT1	Utetemperatur, $\pm 0,3$ K
RH1	Luftfuktighet, ± 5 %
VH	Vindhastighet, $\pm 0,5$ m/s
VR	Vindriktning
RI	Regnindikator

Därutöver förutsätts att de boende gör enkla anteckningar av sin närvaro. Detta moment genomfördes inte i praktiken, eftersom registrering gjordes av drifttid bortaventilation.

8.1.5 Utvärdering

Mätresultaten kontrolleras och utvärderas regelbundet i såväl försökshus som referenshus. Därefter vidtar beräkningar av t ex energianvändningen för ventilation. Beräkningarna grundar sig på uppmätta värden för lägenheterna på ventilation etc. och uppmätta klimatdata.

Mätta och sammanställda prestanda för husen liksom klimat utgör slutligen ett underlag för en bedömning av energianvändningen för ventilation, luftkvalitén och inneklimatet, samt funktionen hos systemet för behovsstyrd ventilation.

Tabell 8.5 Utvärderingstrategi.

Mätning	Utvärdering
- elanvändningen för ventilation	- jämförelse med uppställd kravspecifikation
- energianvändningen för ventilation	- jämförelse med ursprunglig uppskattning
- inneklimatet	- jämförelse med uppställd kravspecifikation
- värmeväxlare	- jämförelse med ursprungliga uppskattade prestanda
- ventilationssystemet	- jämförelse med ursprungliga uppskattade prestanda
- enkätundersökning	- jämförelse med enkätundersökning i referenshus och i andra undersökningar t.ex. Stockholmsundersökningen 91/93

8.1.6 Rapportering

Dokumentation i slutrapporten från hela teknikupphandlingen av

- de boendes erfarenheter och synpunkter på behovsstyrd ventilation
- uppmätt energianvändning för ventilation, inneklimat och luftkvalitet, funktion hos ventilationssystemet i Slushuset
- jämförelse med utlovad funktion
- analys (generalisering, rekommendationer till eventuella förbättringar, framtiden för behovsstyrd ventilation)

8.2 Resultat av uppföljningen

Byggnaden blev klar för inflyttning under hösten 2003. Vid flertalet tillfällen genomfördes åtgärder och injusteringar av det behovsstyrda ventilationsystemet, med efterföljande funktionskontroller.

September, 2003 Resultat av injustering av ventilationssystemet: Enligt luftflödesprotokollet så är luftflödena vid hemmaventilation i överensstämmelse med projekterade värde, medan de forcerade luftflödena ofta är för höga. Protokollet redovisar inga värden för bortaventilationen.

Mars, 2004 Resultat av funktionskontroll: WSP besöker provhuset för att stickprovskontrollera funktionen hos mät- och ventilationssystemet. Brister påvisades. I några lägenheter fungerade inte fuktforceringen av ventilationen i

- badrum, i några var luftflödena vid hemmaventilation för höga, i några fungerade inte bortaventilationen, en temperaturgivare i ventilationssystemet var felplacerade. Utvärderingen av systemet lades på is tills bristerna åtgärdats.
- September, 2004 Enligt uppgift skall bristerna vara åtgärdade till detta datum. 1 november kvarstår dock flera brister.
- December, 2004 Planerad upprepad funktionskontroll av WSP. Denna inställdes dock pga. problem med att få ventilationssystemet att fungera.
- Januari, 2005 JM genomför egna mätningar. Stora tryckförluster inom fläktrummet ansågs vara huvudorsaken till att fläkten ej orkar med projekterade flöden. Resulterar i separering av fläktsystemen i de båda trapphusen.
- Februari, 2005 Resultat av injustering av ventilationssystemet: Enligt luftflödesprotokollet så är luftflödena vid hemmaventilation i överensstämmelse med projekterade värde, medan de forcerade luftflödena ofta är för höga. Luftflödena vid bortaventilation är ungefär 100 % högre än de projekterade värdena, i genomsnitt 0,18 l/sm² istället för 0,10 l/sm².
- September, 2005 Garantibesiktning av systemet. Avsikten är att påbörja mätningarna under hösten, när felen upptäckta vid besiktningen åtgärdats.
- September, 2005 Enda kvarvarande anmärkning enligt garantibesiktningsprotokollet är att microbrytaren (skiftar mellan borta- och hemmaventilation) i dörrlåset i en lägenhet skall bytas. Därefter kan mätningarna genomföras.
- November, 2005 Resultat av funktionskontroll: Även denna gång noterades omfattande brister i systemet, i många lägenheter fungerar inte fuktforceringen, samt problem med bortaventilationen.
- Januari, 2006 Beslutades att en inventering av de boendes problem under injusteringsperioden skall göras.
- Januari, 2006 Möte: WSP, Luftkompaniet, IIC, PoBs elektriska, JM. Planering av åtgärdsplan för systemet.
- Januari 2006 Genomförs enkätundersökning med Stockholms Innemiljöenkät.
- Maj, 2006 En genomgång på plats av systemet genomfördes: Ulf Lilliengren från WSP, samt representanter från Luftkompaniet, KTC, PoBs elektriska, JM. Fuktstyrningen på frånluftsdonen fungerar inte. Forceringflöde vid spiskåpa är onödigt högt. Luftflödesmätaren för total frånluft från referenshuset är felmonterad.
- Juli, 2006 Beslutades att byta de fuktstyrda frånluftsdonen till annan typ, nämligen fuktstyrda frånluftsdon från Exhausto, modell BLX. Donet tillverkas av Aereco <http://www.aereco.com/> i Frankrike och är mycket vanligt förekommande i flerbostadshus i Frankrike, som ofta har mekanisk frånluft. Donet har ingen elektronik, utan ett nylonelement fungerar som fuktgivare. Exhausto säljer donet i Sverige och säljer ca 4000 per år. I princip behöver fuktgivaren aldrig bytas, eftersom den har lång livslängd. Donet är ca halva priset jämfört med det installerade frånluftsdonet med inbyggd elektronisk fuktstyrning från Torfors.

En nackdel ur mätsynpunkt är att det inte enkelt går att kontinuerligt registrera drifttiden för fuktforcering.

September, 2006 Möte med bostadsrättsföreningens styrelse. Styrelsen beslutade att installera ny fuktstyrda frånluftsdon i två lägenheter för utvärdering.

Oktober, 2006 Provindallation av nya fuktstyrda frånluftsdon i två lägenheter.

November, 2006 Resultat av funktionskontroll: WSP kontrollerade funktionen hos ventilationssystemen i de två lägenheterna med nya fuktstyrda frånluftsdon (Exhausto BXL). Fuktforceringen av ventilationen i badrum fungerar, även om forcerat luftflöde inte är tillräckligt högt (22 l/s jämfört med projekterat 30 l/s) och ljudnivån är ca 40 dBA, vilket är representativt för ventilationssystem med fläktstyrd frånluft och är samma nivå som för de ursprungliga frånluftsdonen.

December, 2006 Servicetekniker från Exhausto kontrollerar funktionen i en av lägenheterna utan anmärkning.

April 2007 Nya fuktstyrda frånluftsdon installeras i alla lägenheterna. Övriga komponenter för behovsstyrning av ventilationen ses över och justeras vid behov. Luftflödena injusteras. Luftflödena är något bättre än luftflödena enligt luftflödesprotokollet från februari 2005. Alltjämt är bortaventilationen något för hög, i medeltal 0,16 l/sm² jämfört med tidigare 0,18 (projekterat 0,10). Fuktforceringen är nu i medeltal 83 % av projekterat jämfört med tidigare 80 %. Köksforceringen är i medeltal 203 % av projekterat jämfört med tidigare 184 %. Slutsatsen är att uppföljningen av behovsstyrningen skulle kunna börja. Efter ytterligare granskning av enskilda luftflöden är slutsatsen att i sex av 24 lägenheter är bortaventilation alltför hög (mer än 50 % av hemmaventilationen), för en meningsfull utvärdering av denna viktiga aspekt av behovsstyrd ventilation.

Det visar sig också att de kontinuerliga mätningarna inte fungerar tillfredställande. Ett antal CO₂- och temperaturgivare skulle behöva bytas ut. Elanvändningen för hushåll och ventilation är orimlig, likaså värmeanvändningen.

Oktober 2007 En förnyad funktionskontroll visade att i fyra av sex stickprovskontrollerade lägenheter fungerar inte bortaventilation, samt att fuktforceringen inte fungerar tillfredställande.

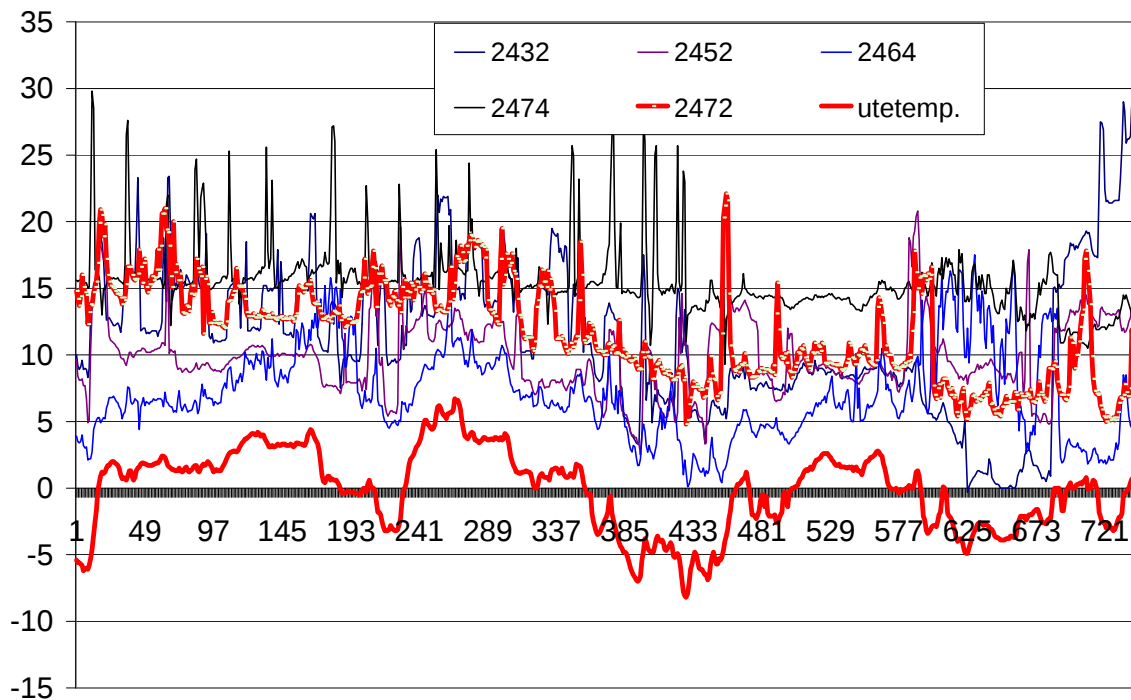
December 2007 Den kontinuerliga uppföljningen av avslutas.

Ventilationssystemet har inte gått att justera in tillfredställande vad avser storleken på luftflödet vid borta ventilation och forcerad ventilation. Detta beror på brister i utformningen av ventilationssystemet i provhuset. Borta ventilation har varit för hög i många lägenheter, fuktforcerad ventilation för låg och forcerad köksventilation för hög. Styrningen av bortaventilationen och fuktstyrningen har inte varit tillräckligt robust. Detta har gjort att behovsstyrningen av ventilation endast under kortare perioder fungerat tillfredställande samtidigt i alla lägenheterna.

Någon egentlig utvärdering av funktionen hos behovsstyrd ventilation och därtill hörande energieffektivisering har därför inte kunnat genomföras. Dock har hemmaventilationen fungerat tillfredställande.

En enklare utvärdering av tilluftskonvektorn har dock genomförts dvs. vad avser förvärmningen av uteluften till vardagsrummet. Under vinter, vår och höst förvärms alltid uteluften enligt de kontinuerliga mätningarna av tilluftstemperaturen. Luftflödet genom tilluftskonvektorn har varierat med tiden. Vid de tillfällen bortaventilationen har fungerat är luftflödet litet, vilket resulterar i att uppmätt tilluftstemperatur bör vara nära innetemperaturen. Den på detta sätt uppmätta tilluftstemperaturen varierar mellan 5 °C och 30 °C högre än utetemperaturen (se figur 8.1). De höga tilluftstemperaturerna beror förmodligen på att temperaturgivaren ibland mäter yttemperaturen på värmeslingan i tilluftskonvektorn.

Mätningarna genomförda i provlägenheterna visade betydligt mindre variation i tilluftstemperaturen (se avsnitt 6.2 och 6.3). Tidigare genomförda CFD-simuleringar av risk för drag från tilluftskonvektorn visar avsevärt lägre risk än från traditionella uteluftsdon (spaltventiler, tilluftsradiatorer) (Blomsterberg 2005).



Figur 8.1 Uppmätt utetemperatur och tilluftstemperatur efter tilluftskonvektorn i vardagsrum i fem lägenheter (2432 på plan 3, 2452 på plan 5, 2464 på plan 6, 2474 och 2472 på plan 7), under februari 2005.

8.3 Metod för brukarundersökning och probleminventering

Karin Engvall, Uppsala Universitet.

Det övergripande syftet med kravspecifikationen för tekniktävlingen om ett behovsstyrt ventilationssystem var att säkerställa en totalfunktion dvs. ett väl fungerande system. Kraven omfattade flera olika områden allt från inneklimat, energieffektivitet, systemstabilitet, drift och underhåll m m. I kravspecifikationen ställdes dels generella krav som t ex robusthet

och estetik, dels specifika krav på t ex luftflöden. Avsikten var också att ventilationssystemet skulle utformas så att de boende hade möjlighet att styra ventilationen, men att automatik skulle kunna säkerställa minimikraven för en god inommiljö och hälsa. Ett krav som t ex systemstabilitet, innebär att ventilationssystemet skall tåla att t ex fönster öppnas och att det finns en rimlig samverkan mellan värme- och ventilationssystem. För att den boende ska ha en möjlighet att hantera och sköta det ventilationssystem som lägenheten förses med, ställdes krav på drift och underhållsinstruktioner men också en "lättförståelig användarbeskrivning". För att se om den princip för ett behovsstyrt ventilationssystem som kom att prövas i färdig byggnad blivit hållbar, kan den tekniska innovationen inte utvärderas utan att se till byggnaden som system ända fram till brukaren. Detta innebär att brukaren måste höras.

Enkätundersökning

I projektet var det planerat att efter ett års drift skulle ventilationssystemets funktion följa upp genom att fråga de boende om upplevd inommiljö och hälsa. Den enkät som skulle användas var den standardiserade och validerade Stockholms Innommiljöenkät (SIEQ), som Stockholms stad använder i uppföljningen av flerbostadshus som byggs enligt stadens program för miljöanpassat byggande. Denna enkät innehåller frågor om upplevd värmekomfort, luftkvalitet, ljud och ljus, men också frågor kring hur bostaden används. Enligt utvärderingsprogrammet skulle enkäten gå ut till boende i såväl trapphuset med behovsstyrd ventilation som i referenstrapphuset med ett traditionellt frånluftssystem. Genom att använda Stockholms Innommiljöenkät erhålls också referensvärden för hur man normalt uppfattar inomhusmiljön i nybyggda hus i Stockholm. Detta är möjligt då staden har genomfört upprepade kartläggningar av upplevt inneklimat i stadens flerbostadshus, både 1991/93 och 2005.

Vid Stockholms stads uppföljning av nybyggnation, ska förutom upplevd inommiljö även energianvändning, följas upp efter andra uppvärmningssäsongen. I projektet där behovsstyrd ventilation prövas var tanken också att systemet skulle vara i drift och fungera som det var tänkt, under minst ett år innan inommiljön utvärderades. Trots att inflyttningen påbörjades 2003 visade WSP's olika funktionskontroller att man inte fått systemet att fungera fram t o m 2007, varför projektets uppföljande enkätundersökning inte kunnat genomföras. Då byggherren enligt avtal med Stockholms stad ska göra en uppföljande inommiljöenkät, genomfördes en sådan under våren 2006, detta trots att ventilationen inte var färdigjusterad. Resultaten från denna enkätundersökningen har sammanställts för de båda trapphusen och visar på hur de boende uppfattat inommiljön under injusteringsperioden.

Probleminventering

Genom att lägenhetsinnehavarna fick bo en längre tid med en ventilation som inte fungerat som det var tänkt, uppstod en ökande frustration hos såväl ansvarig byggherre (JM), bostadsrättsföreningens styrelse som de enskilda lägenhetsinnehavarna. Byggherrens försök att på olika sätt komma till rätta med problemen, visade sig inte vara långsiktigt hållbara. Fel fortsatte att uppstå, vilket ledde till en ökad irritation mellan byggherre och boende. En irritation som skulle kunna ge "spill over" effekter på de boendes slutgiltiga bedömning av funktionen hos den princip med behovsstyrd ventilation som prövats. För att minska en sådan effekt beslöts att på ett systematiskt sätt ta hand om frustrationen och samtidigt dra lärdom av ventilationssystemets svagheter vid installation i färdig byggnad och med de boendes vardagliga användning. Viktigt var också att se vilka problem som var generella vid nybyggnation och vilka som var specifika vid injustering av just den behovsstyrda ventilationen.

Den metod som användes för att fånga in upplevda problem med inomhusmiljön i bostaden kallas Problem Detection Study, (PDS). Metoden utgår från en intervjuguide med olika frågeställningar, som sedan används vid ett gruppsamtal med ett urval av lägenhetsinnehavare. De problem som kommer upp listas i en enkät och skickas sedan ut till en vuxen lägenhetsrepresentant i varje lägenhet för att se i vilken grad de instämmer i de påstådda problemen. PDS- studien genomfördes våren 2006 i både ”provhushus” och ”referenshus”, med vardera 25 lägenheter. Enkäten skickades ut augusti 2006. Svarsprocenten blev 78%. Resultaten ger en erfarenhetsåterföring av såväl ventilationssystemets funktion, som hur processen fungerat vid byggherrens överlämnandet av färdig byggnad till den nyblivna bostadsrättsföreningen och dess lägenhetsinnehavare.

8.4 Upplevd inomhusmiljö andra uppvärmningssäsongen – behovsstyrningen fungerade inte som tänkt

Karin Engvall, Uppsala Universitet.

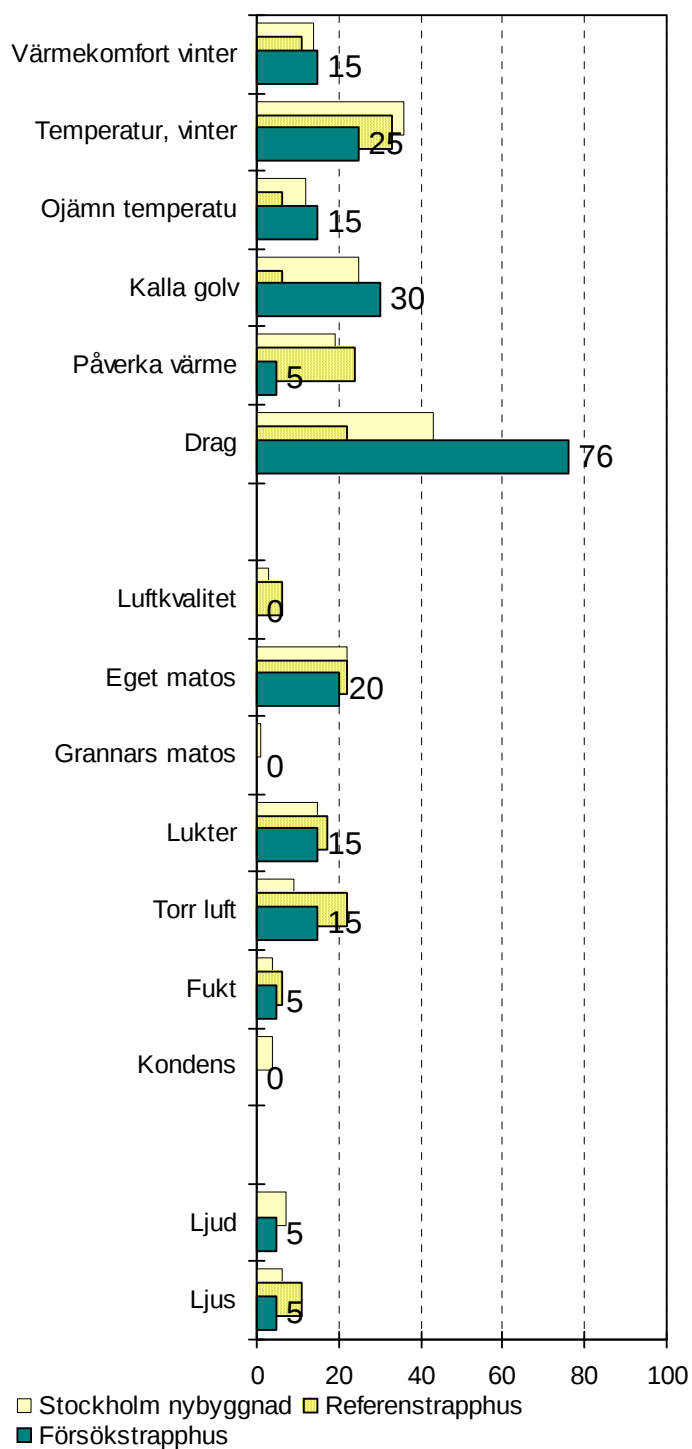
Resultaten från enkätundersökningen redovisas övergripande i s k besvärprofiler där en profil (Figur 8.2) visar på andelen boende som upplever problem eller besväras av olika indikatorer på upplevd inomhusmiljö, en andra profil redovisar hälsobesvärerna (Figur 8.7).

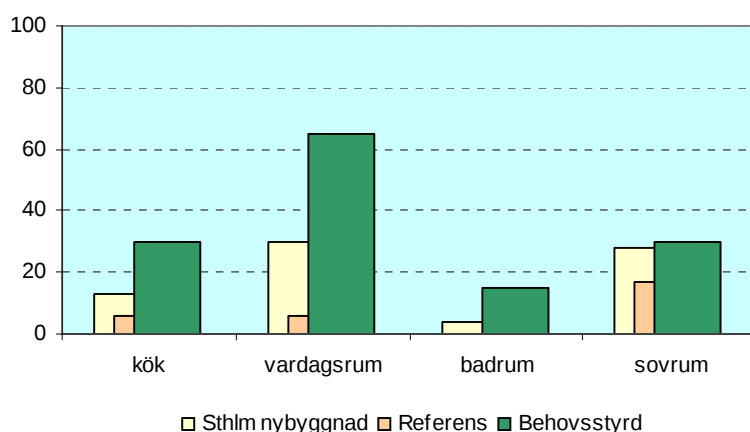
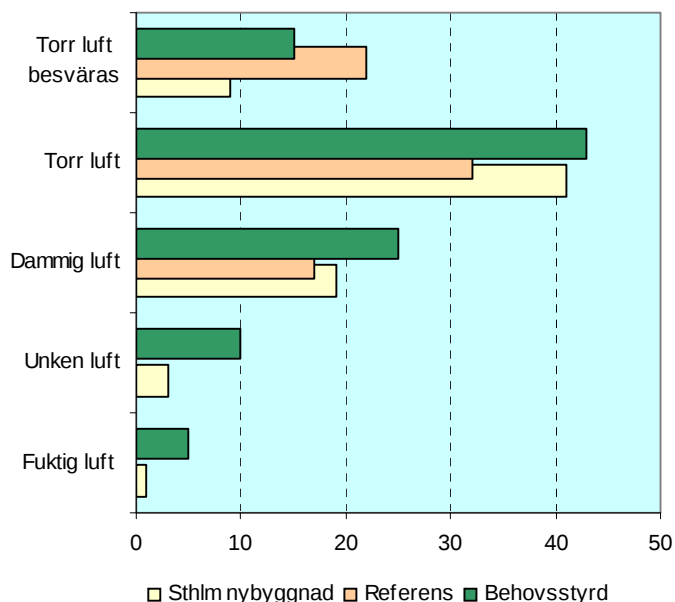
När det gäller upplevd inomhusmiljö, uppfattas *värmekomforten* som helhet vara bra då endast 15% i provhuset tycker att den är dålig, vilket är i nivå med vad som är normalt i Stockholms nybyggda flerbostadshus. Andelen är någon procent lägre i referenshuset. För de olika indikatorerna på värmekomfort är skillnaden mellan provhuset och referenshuset störst för upplevt drag, 76% resp. 21%, besväras av drag i något rum. Även upplevelsen av kalla golv är vanligare i provhuset än i referenshuset (30% resp. 5%), vilket kan vara en effekt av drag vid golv. På frågan om i vilket rum man besväras av drag är det framför allt i vardagsrum (65% resp. 30%) och sovrum (30% resp. 17%) som uppges. I provhuset uppges många också drag i köket (30% resp. 6%). Upplevt drag i vardagsrum och sovrum är också vanligt i nybyggda flerbostadshus i Stockholm generellt (Figur 8.3). I provhuset är det 74% av de boende som menar att ventilationssystemet inte ger några möjligheter till att själv påverka luftkvaliteten, i referenshuset är motsvarande andel 53%.

Luftkvaliteten i lägenheten bedöms tämligen lika i de båda husen och ligger klart under 20 % besvärade, en gräns som Stockholms stad menar ej bör överstigas i hus med bra inomhusklimat. Problem med eget matos ligger på gränsen av 20% besvärade i såväl provhuset som referenshus. Få boende i de båda husen uppges problem med fukt i badrum eller kondens på fönster i lägenheten. När luften i lägenheten skulle bedömas som ”torr eller fuktig” så bedömdes den i båda husen övervägande som torr (45% resp. 33%), på frågan om man *besvärades* av torr luft så var det vanligast i referenshuset där 22% besvärades ofta mot 15% i provhuset (Figur 8.4).. Under en stor del av enkätåret var i provhuset antingen bortaventilationen för hög, hälften av hemmaventilationen istället för projekterat ¼, eller i ett antal lägenheter fungerade den inte dvs. var lika med hemmaventilationen. I ett antal lägenheter fungerade inte fuktforceringen i våtrum. Dessutom är hemmaventilation ca 35 % högre i referenshuset än i provhuset. Ventilationen är alltså i flera lägenheter i provhuset förmodligen lägre än i referenshuset.

Figur 8. 2. Besvärprofil över inommiljö i trapphus med behovsstyrd ventilation. Andel boende som upplever problem eller besvär av följande:

Referenser = referenstrapphus samt genomsnittet för nybyggda (1999-03) flerbostadshus i Stockholm



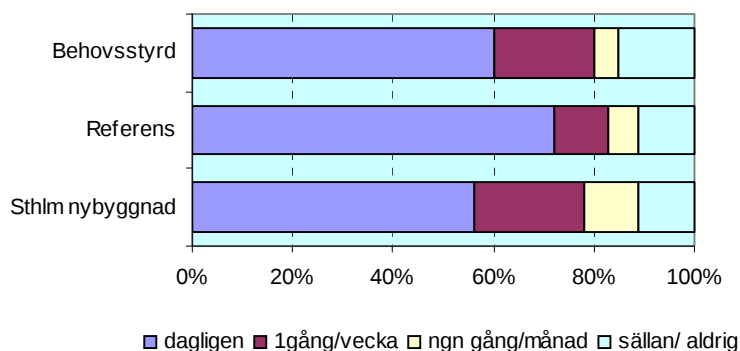
Figur 8.3. Andel boende som uppger att det drar i olika rum.**Figur 8.4. De boendes bedömning av luften i lägenheten (%).**

Hur mycket man vädrar i sin lägenhet kan vara en funktion av såväl inomhusluftens kvalitet som att det är för varmt inne. Vädringen påverkar i sin tur energianvändningen i huset och är således viktig att beakta vid utvärderingen av den energibesparing som behovsstyrd ventilation förväntas ge.

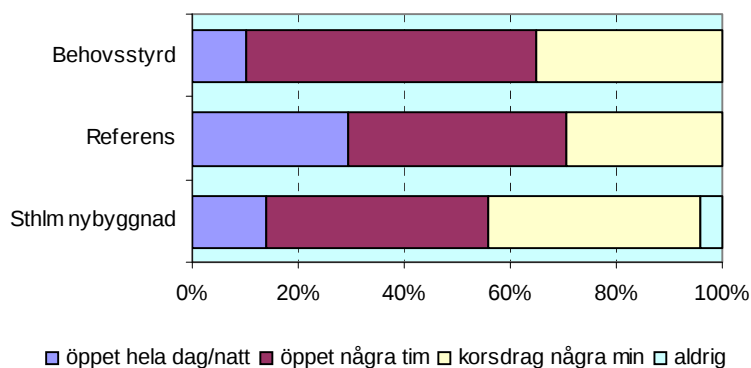
Vädringsfrekvensen i de båda husen ligger i stort sett i nivå med vad som är vanligt i nybyggda hus i Stockholm idag. Under uppvärmningssäsongen vädrar 60 % dagligen i provhuset mot 72 % i referenshuset (Figur 8.5). I provhuset har 10 % ett fönster öppet hela dagen/natten mot 28 % i referenshuset. Om man inkluderar de som ständigt har ett fönster öppet med dem som vädrar några timmar så är vädringsnivån hög, i mellan 60-70 % av lägenheterna i de båda husen (Figur 8.6). Man kan undra om det beror på dålig luftkvalitet eller att det är för varmt? På frågan om något rum är för kallt eller för varmt under vinter respektive sommar lyftes särskilt sovrum och vardagsrum som för varma (Figur 8.6). Andelen som uppger att det är för varmt sommartid är dock färre i provhuset än i

referenshuset. Mätningar visar att lufttemperaturen i lägenheterna ligger runt 23 °C under vintermånaderna. Skillnaden mellan enskilda lägenheter är dock ganska stor. Detta visar att vädring är en viktig faktor för att få kontroll över vid beräkningen av energiåtgången i de båda husen.

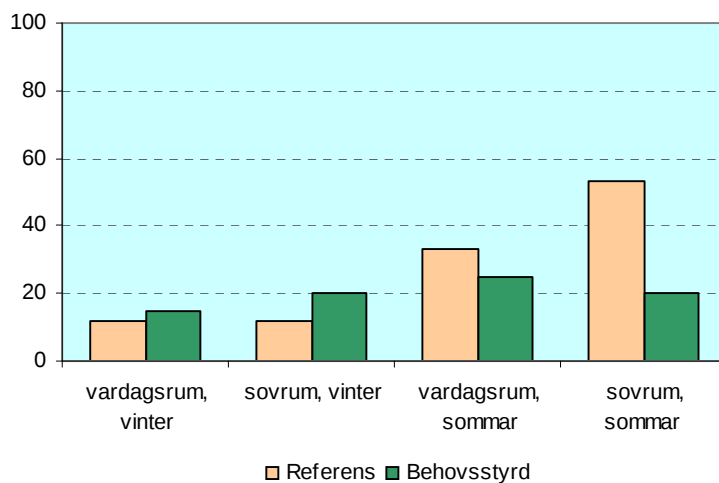
Figur 8.5. Hur ofta vädrar Du vanligtvis under eldningssäsongen (sept-april)?



Figur 8.6. När du vädrar, vädrar du då oftast genom att...?



Figur 8.7. Tycker att det är för varmt i vardagsrum respektive sovrum. Andel boende.



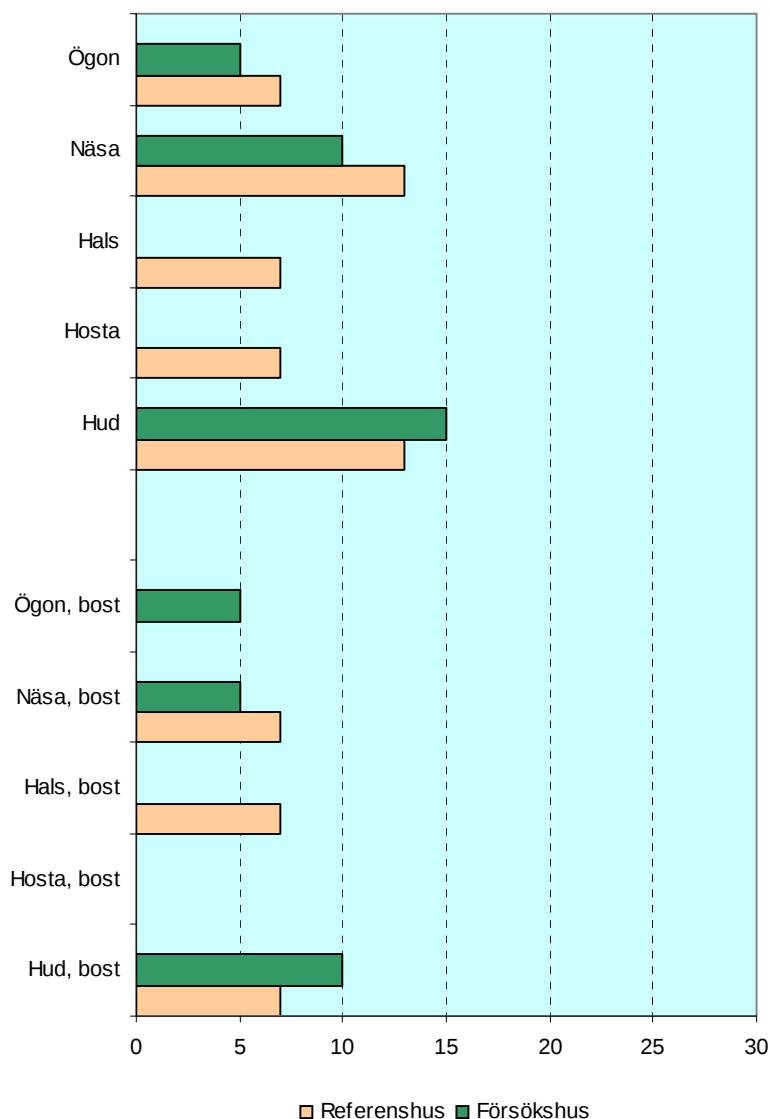
Till inommiljön hör även en bedömning av ljud och ljusförhållanden i lägenheten något som uppemot 95 % bland de boende i de båda husen som helhet var nöjda med. På frågan om man

i lägenheten besvärades av ljud från va-systemet, ventilationen, grannlägenheter/trapphus eller ljud utifrån, var det främst ljud från ventilationen som lyftes fram, 30% = 6 lägenheter i provhuset uppgav detta mot 6% = 1 lägenhet i referenshuset.

Det viktigaste med bostaden är trots allt att den är hälsosam. I enkäten ställs därför frågan om olika *hälsobesvär* som brukar förknippas med inomhusmiljön (s.k. sjuka hus besvär, SBS), som irriterade ögon, näsa och hals, hosta och hudbesvär i ansiktet. Frågan följs också upp med om den svarande själv relaterar sina besvär till bostadsmiljön. Risker att uppges SBS besvär påverkas av icke byggnadsrelaterade faktorer som kön, ålder, allergi men också av bostadens upplåtelseform (Engvall 2000), det är därför viktigt att kontrollera för detta när förekomst av SBS ska användas för att jämföra och bedöma enskilda hus.

Av resultaten framgår att ögon- och näs besvär är vanligare i referenshuset än i provhuset medan hudbesvär är vanligare i provhuset (Figur 8.7). Det är få som menar att besvären beror på bostadsmiljön. Inga besvär ligger dock över förväntat när hänsyn tagits till de riskfaktorer som ligger hos individen snarare än hos byggnaden.

Figur 8.8. Andelen svarande som de senaste tre månaderna har eller har haft generella hälsobesvär respektive bostadsrelaterade hälsobesvär uppdelat för de båda trapphusen.



8.5 Resultat från probleminventeringen

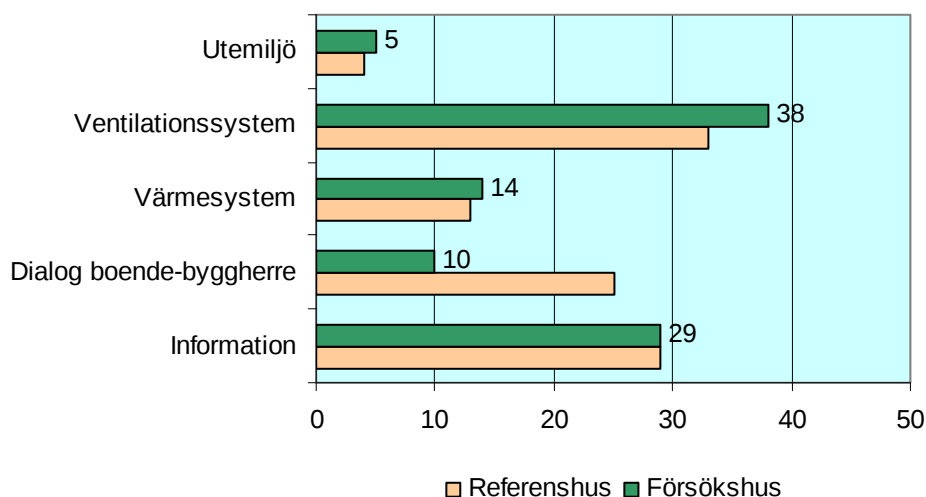
Karin Engvall, Uppsala Universitet.

Enligt de boende i båda trapphusen är det viktigaste *baskravet* på ett bra boende, att byggherren tar ansvar för eventuella byggfel, att inommiljön håller god värmekomfort, att inomhusluften känns fräsch och sund samt att ljudförhållandena är goda. Betydelsen av att ha en engagerad och handlingskraftig styrelse i sin bostadsrättsförening betonades också. Boende i försökshuset betonar också vikten av att någon tar ansvar för att värme och ventilationssystemet fungerar, troligen beroende på de uppmärksammade problemen som varit med den behovsstyrda ventilationen.

Från gruppsamtalen kunde man precisera ca 60 olika problempåståenden av dessa kunde 20 klassas som generella problem i provhuset mot 24 i referenshuset. Eftersom fokus låg på ventilationssystemets funktion blev det främst problem inom detta område som de boende

instämde i, något fler i provhuset än i referenshuset. Brister i informationen lyftes fram i samma omfattning i båda husen, däremot fanns det betydligt fler som instämde i problem kopplade till dialogen med byggherren bland de boende i referenshuset än i provhuset. Detta kan, när man läser de *unika problemen* sammanfattas med; hellre en dålig dialog än ingen alls.

Figur 8.9 Fördelning av andel problem inom olika problemområden



Hur väl anses då baskraven på ett bra boende vara uppfyllda under den injusteringsperiod som varit? Förutom missnöjet med dialogen med byggherren, menar man att det varit alltför varmt i huset, att man måste vädra alltför ofta för att det är för varmt i lägenheten och att det snabbt blir instängt i lägenhetens minsta rum. Ett annat problem som framkom i båda husen var att det förekom onaturligt mycket damm i lägenheten särskilt vitt damm i badrummet. Allmänt klagade man också på att ljudnivån från ventilationssystemet var alltför hög, liksom ljudnivån på fläkten i köket. Det fanns också en stor frustration över att man inte förstått att golvärmen i badrum bara var s k komfortvärme och inte gick att höja. Slutligen uttryckte boende i båda husen en besvikelse över att man inte fått se besiktningsprotokollen, då denna dialog fördes via bostadsrättsföreningens styrelse. Byggherrens kundfokus i dialogen ligger på bostadsrättsföreningens styrelse snarare än på de enskilda lägenhetsägarna. De boende kände också oro för hur det skulle gå med ventilationsövervakningen mm när byggherren nu lämnar över förvaltningsansvaret till bostadsrättsföreningen.

Boende med den behovsstyrda ventilationen påtalade generellt flera brister i dialogen med byggherren och de ansvariga för projektet som helhet än boende i referenshuset. Man tyckte det var oklart vem som ansvarade för ventilationsprojektet och att den fortlöpande information varit dålig. Man saknade möjligheten till större delaktighet i försöket på olika sätt, ville ha mer kunskap om varför mätgivare satt där de satt, hur de fungerade, vad skillnaden mellan deras ventilation och ordinär ventilation egentligen var. De boende i dessa lägenheter hade trots allt valt att köpa en lägenhet där behovsstyrd ventilation prövades och skulle utvärderas, kanske beroende på en ökad miljömedvetenhet och intresse att bidra till utveckling.

Genom att lista problem som någon framfört vid gruppmöten och sedan höra med samtliga boende om de instämmer i problemet eller ej, framgår inte bara vad som är generella problem utan också, vad som inte är ett generellt problem. Glädjande få instämde inte i påståendet att de oroar sig för att inomhusklimatet i lägenheten kan påverka deras hälsa. Ett resultat som tyder på att huset trots de problem som varit uppfattas som ett sunt hus.

PDS studien presenteras mer utförligt i en separat rapport av Karin Engvall ”Problem inventering av de boendes erfarenheter under injustering av behovsstyrd ventilation i nya flerbostadshus – underlagsrapport till utvärdering av behovsstyrd ventilation i kv Lux i Stockholm” Karin Engvall, Rapport 3/2007 från Arbets- och miljömedicin i Uppsala.

8.6 Slutsatser

8.6.1 Behovsstyrd ventilation

Ventilationssystemet har inte gått att justera in tillfredställande och styrningen av bortaventilationen och fuktstyrningen har inte varit tillräckligt robust. Detta har gjort att behovsstyrningen av ventilation endast under kortare perioder fungerat tillfredställande samtidigt i alla lägenheterna.

För att med större säkerhet få ett fungerande och enklare ventilationssystem med behovsstyrning i varje enskild lägenhet behövs upparbete separata ventilationskanaler för varje lägenhet. Ett intressant alternativ vore ventilationskonceptet från EU-projektet Reshyvent, där ett svenskt ventilationskoncept utvecklades (Blomsterberg 2005). Detta koncept är baserat på ett frånluftssystem med låga tryckfall och en separat fläkt för varje lägenhet, vilket gör flödena i lägenheterna oberoende av eventuella störningar från omkringliggande lägenheter. Eftersom luftflödena kan vara olika i olika lägenheter och därmed de interna tryckförhållandena olika, så krävs god lufttäthet hos de lägenhetsskiljande ytorna. Detta för att undvika att lägenheterna byte luft med varandra. Fläkten har en inbyggd reglering så att frånluftsluftflödet hålls konstant oavsett förändringar av systemets tryckfall (smutsiga filter, bortplockade frånluftsdon, termik, vind etc). Det önskade luftflödet (börvärdet) kan ställas in från en panel i lägenheten (normalläge, bortaläge, mm), men är också automatiskt styrt av luftfuktighet och utetemperatur. Uteluften förvärms av tilluftskonvektorer och -radiatorer. Varje lägenhet har individuell styrning av inneklimatet och individuell mätning av energianvändningen, som en integrerad del av styrsystemet. Ventilationssystemet kan kompletteras med en värmeväxlare, som återvinner värme från avluften från lägenheterna för att värma tilluften till gemensamma utrymmen.

8.6.2 Boendeundersökningarna

Karin Engvall, Uppsala Universitet.

Inför tävlingen sammanställdes en kravspecifikation som den vinnande systemlösningen för behovsstyrd ventilation skulle uppfylla. Vid utvärderingen av tävlingsförslagen i teknikupphandlingen gjordes sedan en prioriteringslista från 1-5 (se tabell 4.1) på vilka funktioner som systemet skulle uppfylla. Nedan görs ett försök att se hur de boende i provhuset tycker att vissa av dessa krav uppfyllts utifrån ett brukarperspektiv, givet den funktion systemlösningen hade under injusteringstiden.

Tabell 8.6 Boendes bedömning (enkätundersökning augusti 2006) av verklig funktion jämfört med funktion enligt kravspecifikation.

Prioritet	Funktion enligt kravspecifikation	Boendes bedömning av funktion
1	Normenlig CO ₂ -halt Luftfuktighet i badrum Utelufts- och frånluftslöden Spridning av lukt, spisfläktens	- Inga hälsobesvär över förväntat - Inga problem med fukt i badrum - Problem med unken luft i lilla sovrummet - Många upplever problem med drag särskilt

	uppsugningsförmåga	i vardagsrum men också sovrum. - Inga onormala nivåer på besvär med eget eller grannars matos
2	Ljudnivå från ventilationssystemet Effektiv värmeanvändning - ventilation Användarvänlighet för de boende	- Störs av ljud från ventilationen, framförallt från köksfläkten - För varmt i trapphus, hög vädringsnivå under uppvärmningssäsongen - Ingen information till de boende för att följa försöket
3	Lufthastighet i vistelsezonen Luftutbyteseffektiviteten Systemstabilitet, störtålighet, robust system Samverkan värme - ventilationssystem Estetisk kvalitet	- Stora problem med drag - Torr luft, unken luft i lilla sovrummet - Flertalet upplever problem med ansvarsfrågan då systemet inte fungerat - Oro för överlämnandet av systemet till Brf - Oro för att kunna ordna kompetent fastighetsskötsel - För varmt i trapphus, hög vädringsnivå under uppvärmningssäsongen -Inga synpunkter på donens estetik
4	Filtrering av tilluft Tryckdifferens inne- ute	- upplever dammig luft generellt, men särskilt vitt damm i badrum
5	Drift och underhåll *lättillgänglighet & ergonomi - ventilationssystem *Drift- underhållsinstruktioner – driftpersonal *Lättförståeliga användarbeskrivning för boende *Boendes möjlighet påverka ventilationen	- Saknar instruktioner för hur sköta ”konvektorn”, hur man rengör fileten och frånluftsdon - Saknar skötselanvisningar för driftpersonal för att överlämna till ny fastighetsskötare -70 % i provhuset menar att ventilationssystemet inte ger någon möjlighet att reglera ventilationen, i referenshus är andelen 44%

Ingen av de behovsstyrda ventilationslösningar som tävlade vann på grund av att man på ett tillfredställande sätt kunde uppfylla alla kraven i kravspecifikationen. Två tävlingsförslag uppfyllde alla krav efter kompletteringar, men med reservation för robusthet och estetik. Detta enligt provningen i provlägenhet. Ett av de två förslagen prövades i ett fullskaleförsök. Efter vissa justeringar och entreprenörens val av komponenter tillsammans med svårigheter vid injusteringen av systemet, har systemet inte fått en fullgod funktion. Någon egentlig utvärdering av behovsstyrd ventilation har därför inte kunnat äga rum.

De boende i försökshuset har således under nästan 4 år fått leva med ett icke fullgott ventilationssystem pga. ovannämnda problem. För att få brukarnas uppfattning om vilka problem som man haft under denna period genomfördes efter tredje uppvärmningssäsongen en probleminventering. Denna startade med gruppsamtal med boende i såväl provhus som referenshus. Problem som kom fram via dessa samtal fick sedan värderas av samtliga hushåll i en efterföljande enkätundersökning. Förutom olika problem med ventilationen och en hög

innetemperatur, särskilt i försökshusets trapphus, framkom ett stort missnöje med dialogen med byggherren. De boende uttryckte också oro för hur det skulle gå med ventilationsövervakningen när byggherren lämnar och lämnar över förvaltningsansvaret till bostadsrättsföreningen.

Förutom probleminventeringen genomfördes en enkätundersökning med Stockholms stads standardiserade enkät för upplevd inomhusmiljö och hälsa. Resultatet från denna visade att de boende inte upplevde luftkvaliteten som helhet som dålig, men fler bedömde luften som torr, dammig och unken i försökshuset än i referenshuset. Det är också många som upplever problem med drag. Dragproblemen är större i försökshuset än i referenshuset, framförallt i vardagsrummet, förmodligen beroende på variationen i förvärmningen av tilluften i tilluftskonvektorn. I försökshuset upplevdes också ljud från köksfläkten. Utifrån de båda enkätundersökningarnas resultat kan man förespråka en tydligare dialog med brukarna för att både utnyttja deras iakttagelser vid injustering av systemet och för att säkra en god drift och skötsel i framtiden. Problem med drag i bostäder med frånluftventilation är inte ovanliga och någon riktigt säker lösning, som undviker drag hela året finns förmodligen inte idag. Slutligen kan man fråga sig om de prioriteringarna som togs med i den ursprungliga i kravspecifikationen för ventilationssystemslösningen var i felaktiga sett ur ett brukarperspektiv? Uppenbarligen var prioriteringen för låg för att uppnå en tillräckligt god värmekomfort men också för att få ett tillräckligt robust ventilationssystem.

9. SLUTSATSER

Endast ett förslag, nummer 5, hade skickat in alla uppgifter enligt tävlingshandlingarna. För förslag 3, 4 och 6 saknas de flesta uppgifterna. Alla tävlingsförslag är utarbetade av små företag och endast en förslagsställare samarbetar med en stor entreprenör. Detta är dock inte ovanligt vid teknikupphandlingar. Efter en intensiv diskussion inom beställargruppen beslöts att i ett första steg gå vidare med alla inkomna tävlingsförslag dvs. ge de tävlande en chans att komplettera sina förslag enligt checklista för redovisning av tävlingsförslag. Efter anbudskompletteringar, infordrade till 99-07-05, var redovisningen från förslag 1, 5 och 7 komplett. Övriga förslag hade inte inkommit med samtliga efterfrågade kompletteringar. För förslag 3, 4 och 6 saknas därför alltså de flesta erforderliga uppgifter, vilket har inneburit att en fullständig bedömning av förslagen har inte kunnat genomföras.

Juryn beslutade i oktober 1999 att inte utse någon eller några vinnare bland förslag 1, 5 och 7, med följande motiveringar:

- ❑ Komponentprovningar och simuleringar har visat att de föreslagna systemen inte skulle kunna uppfylla alla uppställda skalkkrav i en verklig byggnad
- ❑ Juryn har bedömt att brister i helhetssyn, robusthet och estetik föreligger

Juryn har beslutat att möjliggöra vidareutveckling av förslagen 1, 5 och 7.

En brist i kravspecifikationen visade sig vara att inget direkt krav på klimatskärmens ljudreduktion hade angetts. Ljudreduktionen i en välisolerad fasad med treglasfönster med:

- ventilkonvektor enligt förslag 1
- tilluftskonvektor enligt förslag 5
- tilluftsradiator enligt förslag 7

har mätts upp av SP (Sveriges Provning- och Forskningssinstitut) (Lundin 2000). Inget av förslagen torde ha ett vägt ljudreduktionstal, som uppfyller ljudkrav klass B enligt svensk standard för ljudklassning av bostäder (SS 025267).

Efter vidareutveckling visade det sig att förslag 1 och 5 skulle uppfylla kravspecifikationen. Förslag 7 redovisade inte någon vidareutveckling. Under förutsättning att den yttre ljudnivån är lägre än ca 55 dB (ingen stor trafikled) kan det finnas möjlighet att med förslagna förbättringar uppfylla ljudreduktionskravet.

Estetik, robusthet och helhetssyn har förbättrats. Förslagen har närmats varandra. Fortfarande är förslag 1 bättre på komponentsidan och förslag 5 bättre på systemsidan.

IDA visade sig vara ett användbart hjälpmedel vid utvärderingen, dock med vissa brister. En exakt simulering av upptorkning efter dusch och torkning av tvätt var t.ex. inte möjlig utan en stor arbetsinsats.

Utvärderingen i två provlägenheter gör det troligt att behovsstyrningen av ventilationen dvs. fuktstyrningen och bortaläget, kan fungera på ett tillfredställande sätt. För att säkerställa en god funktion måste bra komponenter väljas från början och en intelligent samordning mellan styrning av rumstemperaturen, tilluftstemperaturen och ventilationen. De två provade systemen hade inledningsvis problem inom dessa områden. Provningarna visade även på den stora betydelsen av en noggrann injustering och uppföljning av funktionen hos värme- och ventilationssystemet. Injusteringen måste ta hänsyn till den boendes eventuella önskemål.

Tilluftskonvektorerna måste i utsatt läge (bullrig yttre miljö) förses med förbättrad ljuddämpning.

Två medlemmar av beställargruppen var intresserade av att installera de två återstående tävlingsförslagen, förslag 1 och 5. En av installationerna kom att realiseras, nämligen förslag 1, som år 2003 togs i drift i 25 lägenheter. Vid installationen gjordes några avvikelser i verklig installation jämfört med tävlingsförslaget, vilka har bidragit mer eller mindre till problemen med funktion och robusthet hos ventilationssystemet:

- inga ventilkonvektorer i sovrum
- ej volymkåpa, som spiskåpa ovanför köksspisen
- utökat antal spjäll i ventilationskanalerna i lägenheterna
- avsaknad av drift- och skötselinstruktioner för de boende
- byte av fuktstyrt frånluftsdon

Provhus och referenshus är i princip identiska, förutom behovsstyrningen i provhuset. Detta innebär bl.a. i detta fall att hemmaventilationen är större än för provhuset. I referenshuset är hemmaventilationen 35 % högre i referenshuset. Skillnaden beror på att i referenshuset finns inte fuktforcering i våtrum, vilket enligt råd i dåvarande BBR för våtrum innebär högre grundventilation i våtrum.

Ventilationssystemet i provhuset har inte gått att justera in tillfredställande, samt styrningen av bortaventilationen och fuktstyrningen har inte varit tillräckligt robust. Detta beror på brister i utformningen av ventilationssystemet. Detta har gjort att behovsstyrningen av ventilation endast under kortare perioder fungerat tillfredställande samtidigt i alla lägenheterna. Någon egentlig utvärdering av funktionen hos behovsstyrd ventilation och därtill hörande energibesparing i fullskala har därför inte kunnat genomföras. Dock har alltid hemmaventilationen fungerat tillfredställande.

Viktiga parametrar för behovsstyrning av ventilation i bostäder är relativ luftfuktighet, CO₂, närvaro-frånvaro och matos, samt krav att emissioner från byggnaden, möbler mm måste vara låga. Ventilationens syfte skall vara att ventileras för emissioner förorsakade av mänsklig aktivitet. Behovsstyrningen av den relativa luftfuktigheten i våtrum sker lämpligen med viss automatik, medan brukaren till viss del kan ansvara för övriga parametrar. Grundförutsättningen är ett energieffektivt ventilationssystem, som möjliggör effektiv ventilation efter behov.

Av stor vikt är att behovsstyrningen präglas av en helhetssyn med robusta komponenter. Systemets och komponenternas funktion och utseende måste kunna accepteras av de boende. Dessutom krävs en noggrann injustering och uppföljning av funktionen hos värme- och ventilationssystemet.

För att med större säkerhet få ett fungerande och enklare ventilationssystem med behovsstyrning i varje enskild lägenhet behövs uppenbarligen separata ventilationskanaler för varje lägenhet. Detta skulle kunna innebära en separat fläkt för varje lägenhet, vilket gör flödena i lägenheterna oberoende av eventuella störningar från omkringliggande lägenheter under förutsättning att lägenhetsskiljande ytor har god lufttäthet (Blomsterberg 2005). Fläkten skulle kunna vara av typen med inbyggd reglering så att frånluftsluftflödet hålls konstant oavsett förändringar av systemets tryckfall. Det önskade luftflödet (börvärdet) kan ställas in från en panel i lägenheten (normalläge, bortaläge, mm), men är också automatiskt styrt av luftfuktighet med robust teknik.

De boende i provhuset har under nästan 4 år fått leva med ett icke fullgott ventilationssystem. Låg prioriteringarna i den ursprungliga kravspecifikationen för ventilationssystemlösningen fel? Uppenbarligen var prioriteringen för låg på värmekomfort. Enligt de båda enkätundersökningarna bör man ha en tydligare dialog med brukarna för att både utnyttja deras iakttagelser vid injustering av systemet och för att säkra en god drift och skötsel i framtiden. De boende har inte upplevt luftkvaliteten som helhet som dålig i något av husen, däremot upplevs problem med drag. Dragproblemen är större i provhuset än i referenshuset, framförallt i vardagsrummet, där tilluftskonvektorn är installerad. I provhuset upplevs ljud från köksfläkten. Problem med drag i bostäder med frånluftventilation är inte ovanliga och någon riktigt säker lösning, som undviker drag hela året finns inte idag.

10. REFERENSER

- Andersson, K., et al., 1990. Sunda flerbostadshus. Staten råd för byggnadsforskning, R34:1990.
- Bergsoe, N., 2000. Vurdering af ventilationsbehov. Statens Byggeforskningsinstitut, SBI-meddelelse 130, Hörsholm, Danmark.
- Blomsterberg, Å., Carlsson, T., 1996. Sundbo – Ett allergikeranpassat flerbostadshus i Göteborg – utvärdering av innemiljön. Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, SP RAPPORT 1996:40, Borås.
- Blomsterberg, Å., Jönsson, M., 1997. Sammanfattning av förstudie: Eleffektiv ventilation av bostäder. Arbetsrapport från Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, Borås.
- Blomsterberg, Å., et al, 2005. Reshyvent – utveckling av behovsstyrd hybridventilation för flerbostadshus. WSP och Energimyndigheten.
- Byggregler BBR94, 1999. Boverkets byggregler BFS 1993 :57 med ändringar t.o.m. BFS 1998:38. Boverket, Karlskrona.
- Engvall K., et al, 2003. The Stockholm Indoor Environment Questionnaire: a sociologically based tool for the assessment of indoor environment and health in dwellings. Indoor Air 2004; 14:24-33
- Engvall K.,et al, 2005. Sick building syndrome and perceived indoor environment in relation to energy saving by reduced ventilation flow during heating season:a 1 year intervention study in dwellings. Indoor Air 2005;15: 120-126.
- Ek, Göran et al., 1998. Utvecklingen på elmarknaden. Energimyndigheten.
- Lundin, L., 2000. Tekniktävling Behovsstyrd ventilation – provning av komponenter och beräkningar. Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut. SP AR 2000:17.
- Månsson, L.-G., 1993. Behovsstyrd ventilation i bostäder och lokaler – sammanfattning av källskriften D2:1993 Demand Controlled Ventilating Systems – Source Book. Byggforskningsrådet T20:1993, Stockholm.
- Nilsson, J., 1999. Behovsstyrd ventilation tävlingsförslag 1, 5 och 7 – Kostnadsrapport: anbudsutvärdering VVS.
- Nelms, L.H., 1986. The effects of ventilation rates and product loading on organic emission rates from particle board. Proceedings of IAQ conference, Atlanta, USA.
- Norlén, U., Andersson, K., 1993. Bostadsbeståndets inneklimat – ELIB-rapport nr7. Forskningsrapport TN:30, Statens institut för byggnadsforskning, Gävle.

11. BILAGOR

11.1 Föreskrifter för tekniktävling

11.1.1 Projektets syfte

Teknikupphandling används som metod för att utveckla och introducera nya energieffektiva produkter och system på marknaden. Metoden bygger på att Energimyndigheten, tillsammans med LIP-kansliet, samlar en stor grupp köpare till en så kallad beställargrupp. I beställargruppen ingår en stor del av Sveriges byggherrar samt konsulter. Tillsammans ställer man upp ett antal krav på funktion, energi och andra egenskaper för en viss produkt.

Avsikten med detta teknikupphandlingsprojekt är att initiera en utveckling av nya systemlösningar för behovsstyrd ventilation i flerbostadshus med inriktning mot IT-tillämpningar och ”intelligenta hus”. Till grund för projektet ligger gällande normkrav samt brukarkrav från boende och förvaltare. Projektet drivs system- och produktneutralt, vilket bl a innebär att teknikupphandlingen inriktas mot öppna lösningar, som kan integreras med andra system och komponenter av olika fabrikat.

De tekniska lösningarna skall präglas av en helhetssyn med inriktning mot totalfunktionen, vilket inbegriper alla berörda teknikområden dvs ventilation, inneklimat, bygg, miljö, drift och underhåll m m. Härvid skall bl a krav beaktas, som gäller energieffektivitet, servicevänlighet, robusta system, totalekonomi (livscykelkostnader) och nöjda hyresgäster.

Projektet inriktas på nybyggnader varvid avsikten är att vinnande förslag skall installeras, provas och utvärderas i testobjekt. Ett hus där installation kan ske ingår i Hammarby Sjöstadprojektet.

Om de presenterade systemlösningarna också visar sig vara intressanta för befintliga flerbostadshus, är avsikten att i ett anslutande projekt vidareutveckla och anpassa resultaten även för detta byggnadsbestånd.

Teknikupphandlingsprojektet har följande organisation:

Beställargrupp

Styrgrupp:

- Energimyndigheten
- Stockholms stads kansli för det lokala investeringsprogrammet – LIP-kansliet
- J&W, projektledning och utredning

Beställarrepresentanter:

- JM AB, Johnny Kellner
- LKF AB, Christer Carlsson
- PEAB Öst AB, Per Mårtensson
- AB Gavlegårdarna, Bertil Westlund
- AB Svenska Bostäder, Göran Wilson
- NCC, Urban Olsson
- Boverket, Bengt Lindström

11.1.2 Genomförande

Projektet avser teknikupphandling av ett komplett ventilationssystem utfört för behovsstyrning. Genomförandet sker i tre steg med Tekniktävling, Entreprenadarbeten och Provning/utvärdering enligt tidsplanen bilaga 1, som gäller med reservation för eventuella ändringar i byggtidsplanen för Hammarby Sjöstadprojektet.

Steg 1 avser en tekniktävling där de tävlande får utarbeta förslag till ventilationstekniska lösningar för ett referenshus enligt objektbeskrivningen bilaga 2 och kravspecifikationen, bilaga 3. Tävlingsförslagen utvärderas av en jury och vinnande förslag utses bland de tävlande, som bedöms bäst ha klarat uppställda krav enligt tävlingsunderlaget. Utvärderingen omfattar bl a datorsimuleringar av referenshusets ventilationssystem samt vid behov laboratiemätningar av vissa komponenters prestanda, som uttas stickprovsvis. Se punkt 5 och 13 samt bilaga 6, program för komponentprovning.

I **steg 2** av projektet infordras offerter på det vinnande förslaget avseende installation i ett nybyggt flerbostadshus, som valts som testobjekt. Ventilationsanläggningen kommer härvid att upphandlas som styrd totalentreprenad med funktionsansvar. Om fler än ett vinnande förslag erhålles kommer Beställargruppen att verka för att fler testobjekt väljs.

Steg 3 av projektet omfattar uppföljning och utvärdering av testobjektet genom besiktningar, mätningar och insamling av driftserfarenheter från boende och driftpersonal medelst intervjuer och enkäter. Om resultaten från utvärderingen visar att den ventilationstekniska lösningen är bra är tanken att vinnande förslag skall stå som modell för andra flerbostadshus i Sverige.

11.1.3 Tävlingsens art

Denna del av teknikupphandlingsprojektet avser en tekniktävling med syfte att resultera i förslag till behovsstyrd ventilation för nybyggda flerbostadshus.

11.1.4 Varför delta i tävlingen ?

Arvode utgår ej för deltagande i tekniktävlingen. Ett deltagande ger dock andra fördelar såsom:

- Ett eller flera vinnande förslag i tekniktävlingen tilldelas en prissumma av 100.000 SEK.
- Tävländande kan erhålla ekonomiskt stöd för provning av ny komponent i syfte att verifiera tekniska konstruktionsdata i de fall provningsintyg el dyl saknas. Ansökan om sådant stöd lämnas till LIP-kansliet, Stockholms Stad, tel 08-508 297 72, innan tävlingsbidraget inlämnas.
- Genom beställargruppen nås ca 70 % av landets alla byggherrar. Dessa kommer att sprida information inom sina organisationer samt verka för att lösningar ska utnyttjas praktiskt.
- Vinnarens tävlingsförslag kommer att få möjlighet till delfinansiering från Energimyndigheten/LIP-kansliet för installation.
- Energimyndigheten samarbetar med IEA, International Energy Agency på teknikupphandlingsområdet. Resultatet av tävlingen kommer på så sätt att spridas till ett flertal länder, vilket ger möjligheter att nå även andra marknader.
- Stockholm stads kansli för det lokala investeringsprogrammet – LIP har utöver bidrag till utvecklings- och demonstrationsprojekt avsatt 35 miljoner som incitament för bästa förslag till kretsloppsanpassad lösning. Bidragen gäller för de tre kretsloppsstadsdelarna Hammarby Sjöstad, Skärholmen och Östberga. Ombyggnaden av Östberga och Skärholmen berör över 5 000 lägenheter.

11.1.5 Övriga tävlingsförutsättningar

Tävländande skall kunna garantera att det konstruerade systemet fungerar i en byggnad och skall delta i byggprocessen genom att lämna erforderligt underlag för projektering, entreprenadgenomförande och förvaltning. Byggherren förbehåller sig rätten att fritt välja projektör.

Ett krav är att vinnaren och dess partner har ekonomiska förutsättningar att genomföra projektet enligt juryns bedömning.

Som förutsättning för eventuell beställning av entreprenadgenomförande i steg 2 av teknikupphandlingen gäller bl a att:

- minimikrav enligt förfrågningsunderlaget skall vara uppfyllda
- den beräknade totala kostnaden kan godkännas av beställaren

11.1.6 Tillhandahållande av tävlingsunderlag

Anbudsgivare erhåller kostnadsfritt en omgång av tävlingsunderlaget. Om fler omgångar önskas kan dessa beställas till självkostnadspris från Energimyndigheten. Tävlingsunderlaget kan även hämtas från Energimyndighetens hemsida www.stem.se

11.1.7 Förteckning över tävlingsunderlag

För tekniktävlingen utgörs underlaget av följande handlingar, daterade 1990-02-15

- Dessa tävlingsföreskrifter
- Översiktlig tidsplan
- Objektbeskrivning
- Kravspecifikation
- Beräkning av kostnader
- Checklista för redovisning av tävlingsförslag
- Program för komponentprovning

11.1.8 Kompletterande tävlingsunderlag

Finner tävlande att tävlingsunderlaget i något avseende är oklart, skall förfrågan ställas till någon av tekniktävlingens kontaktpersoner enligt nedan.

Allmän information om teknikupphandlingen lämnas av

Tomas Berggren
Energimyndigheten
Tel 016-544 20 00
Fax 016-544 22 60

Jan Ryhre
LIP-kansliet, Stockholms Stad
Tel 08-508 297 72
Fax 08-508 297 80

Tekniska frågor handläggs av

Sören Lindgren
J&W
Tel 08-622 92 00
Fax 08- 753 48 83

En sammanställning av frågor och svar avseende förtydliganden utsänds vid behov av Energimyndigheten till samtliga anbudsgivare som rekvirerat tävlingsunderlaget.

11.1.9 Tävlingsförslagens form och innehåll

Tävlingsförslag skall vara skriftligt och avfattat på svenska, norska, danska eller engelska. Förslaget skickas i kuvert (se punkt 11) och per e-mail (se Energimyndighetens hemsida för adress). Blanketter för redovisning av tävlingsförslag kan hämtas från Energimyndighetens hemsida www.stem.se. Blanketterna är lagrade i MS Word 6/95 och MS Word 97.

Tävlingsförslag skall avse behovsstyrd ventilation för flerbostadshus konstruerat enligt de krav och förutsättningar som anges i tävlingsunderlaget enligt punkt 7 ovan.

Tävlingsförslag skall innehålla tekniska data, funktions- och komponentbeskrivningar, kostnadsuppgifter m m i den utsträckning som erfordras för fackmässig bedömning av den tekniska lösningen med avseende på funktion, driftsäkerhet, service- och underhållsbehov, livslängd och kostnader m m, se bilaga 5, Checklista för redovisning av tävlingsförslag.

11.1.10 Tävlingstider

Följande tider gäller för tekniktävlingen:

Sista inlämningsdag för tävlingsförslag är fredagen den 28 maj 1999.

Tävlingsförslag skall vara bindande i sex månader efter tävlingstidens utgång.

Tävlande får skriftligt besked om vilket förslag som antagits för steg 2, så snart utvärderingen är klar.

11.1.11 Adressering

Tävlingsförslag skall sändas i slutna, neutrala kuvert och vara ställda till:

Jury för Tekniktävling Behovsstyrd Ventilation
c/o Statens Energimyndighet
Registraturen
Box 310
631 04 ESKILSTUNA

Kuvert skall vara märkt:

”TU behovsstyrd ventilation, Dnr 4121-98-3389”.

11.1.12 Utvärdering av tävlingsförslag och testobjekt

Utvärderingen av **tävlingsförslag** till ventilationstekniska lösningar i steg 1 kommer att baseras på tekniska, driftmässiga, ekonomiska och estetiska krav. Se checklista för redovisning av tävlingsförslag [bilaga 5](#) samt beräkning av kostnader [bilaga 4](#).

Ett program för utvärderingen av tävlingsförslagen i steg 1 kommer att presenteras under anbudstiden.

Utvärdering av **testobjekt** i steg 3 genomförs på basis av mätningar under ca ett år samt insamling av erfarenheter från boende och driftpersonal genom intervjuer/enkäter.

Utvärderingen i steg 1 och steg 3 görs av en **tävlingsjury** med följande sammansättning:

- Energimyndigheten
- Stockholms stads kansli för det lokala investeringsprogrammet – LIP-kansliet
- Projektledare och utredare – AB Jacobson & Widmark
- Beställarrepresentanter
JM AB, Stockholm
LKF Lund AB, Lund
PEAB Öst AB, Sollentuna
AB Gavlegårdarna, Gävle
AB Svenska Bostäder, Stockholm
NCC AB, Solna
- Sakkunniga
Boverket, Karlskrona
SP, Borås
Expert byggfysik
Expert beteendevetenskap

Program för provning och utvärdering av testobjekt i steg 3 kommer att presenteras i samband med upphandlingen av ventilationsentreprenör för steg 2.

Juryen förbehåller sig rätten att själv utse vinnare. Beslut kan ej överklagas.

11.1.13 Värderingsgrunder vid provning av tävlingsförslag

Av de tävlingsförslag, som kan komma ifråga för deltagande i steg 2, antas det som bedöms vara mest fördelaktigt, utan inbördes rangordning, med hänsyn till totalfunktion, användarvänlighet, livscykelkostnad, pris, drift- och underhålls-kostnader, energieffektivitet, inneklimat, utrymmesbehov, ingrepp i byggnadsstommen, miljöpåverkan samt skötsel och underhåll. Även estetiska aspekter och de tekniska lösningarnas användbarhet i flerbostadshusbeståndet medtas i utvärderingen.

Tävlingsjuryn förbehåller sig rätt att förkasta samtliga tävlingsförslag:

- om tävlingsförslagen enligt juryn anger orimligt pris eller i övrigt bedöms vara ofördelaktiga t ex genom att föreskrivna "skallkrav" ej bedöms kunna uppfyllas
- om grundvalen för teknikupphandlingen väsentligt förändras under projektiden.

11.2 Översiktlig tidsplan

ÖVERSIKTLIG TIDPLAN

Aktivitet	1999												2000												2001												2002													
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		
Steg 1.																																																		
Tekniktävling																																																		
– Tävlingsförslag																																																		
– Utvärdering																																																		
Steg 2.																																																		
Produktion																																																		
– Upphandl. vent																																																		
– Projektering																																																		
– Entreprenadarb.																																																		
Steg 3.																																																		
Provning/utvärdering																																																		

11.3 Objektbeskrivning

11.3.1 Allmänt

Här redovisat referenshus baserar sig på ett hus (Slusshuset) ingående i Hammarby Sjästad, vilket planerades utgöra testobjekt för installation av vinnande tävlingsförslag med provning och utvärdering i steg 3. Tävlingsförslagen avseende behovsstyrd ventilation skall utformas för referenshuset så att de utgör en generell lösning för moderna välisolerade flerbostadshus med lägenheter från 1 rok till 5 rok (se även punkt 4.5 Person-belastning). Den tekniska lösningen kan få avse en alternativ byggnads utformning dels vad gäller sättet att tillföra värme till lägenheten (med/utan radiator, olika radiatorplacering) dels valet av Up-värde för fönster. I tävlingsförslaget skall anges valt alternativ med energi- och kostnadskonsekvenser dvs jämfört med grund-alternativet vilket är radiator under fönster och Up-värde för fönster 1,2 W/(m² °C) (se punkt 2 nedan).

11.3.2 Referenshus

11.3.2.1 Byggnadsbeskrivning

Se bifogade planer, sektion och fasad, samt situationsplan

Golvtyta, m² BRA:

Plan	Lägenhet	Övrigt	Summa
1	229	347	576
2	496	80	576
3	520	58	578

4	520	58	578
5	409	58	467
Summa	2174	601	2775

Lägenhetsytor enligt planritningar

Takyta: 580 m²

Fasad- och fönsterarea, m²:

Väderstreck	Fasadarea invändigt inkl fönster	Fönsterarea inkl. karm och båge
S	256	86
SV	171	59
NV	435	154
NO	242	59
SO	102	25
Summa	1206	383

Rumshöjd: 2,55 m

11.3.2.2 Byggnadsteknisk beskrivning

Byggnadsstomme: lägenhetsskiljande väggar av betong, mellanbjälklag av betong.

Konstruktionsuppbyggnad yttervägg: innergips 13 mm, regelstomme med mellanliggande isolering, utegips 9 mm, putsbärande isolering, puts 20 mm

Konstruktionsdel	Up-värde, W/m ² °C	Isoleringtjocklek, cm
Vindsbjälklag	0,10	ca 40
Yttervägg	0,22	ca 22
Platta på mark	0,18	ca 15
Fönster		
Grundalternativ	1,20	3-glasfönster, gasfyllda
Alternativ a	1,70	
Alternativ b	1,00	

Observera att om i tävlingsförslaget fönster med ett annat Up-värde än grundalternativet väljs så måste fortfarande kraven på inneklimat uppfyllas. Vid byte av fönster beräknas energianvändningen med ENORM 1000 version 1.02 (se även punkt 5 indata ENORM 1000 version 1.02).

11.3.2.3 Installationsteknisk beskrivning

Ventilationen av gemensamma utrymmen (trapphus, cykelrum, lägenhetsförråd, teknikutrymmen) är tidsstyrd. Minimum ventilation är 0,10 l/(sm²), maximum ventilation är 0,35 l/(sm²), och medelventilationen är 0,20 l/(sm²).

Rumsuppvärmning baserad på radiatorer med radiatortermostat och monterade under fönster (grundalternativ).

Värmeeffektvakt, som förutsätts reducera uteluftsflödet ca 100 h per år, vilket för t ex klimatåret Stockholm 1971 innebär reduktion när utetemperaturen $< -10\text{ °C}$.

Energieffektiv belysning i gemensamma lokaler.

Energieffektiv kyl/frys.

Energieffektiv maskinutrustning i tvättstugor.

Teknikutrymme på 35 m^2 för undercentral, elcentral och ventilationsaggregat (se plan 1 på bifogade planritningar)

Installationsschakt (se bifogade planritningar)

11.3.3 Dimensionerande data

11.3.3.1 Emissioner

SNV's riktvärden för god miljö kvalitet skall gälla för referenshuset. Detta innebär att byggnadsmaterial mm förutsätts vara av lågemitterande typ.

11.3.3.2 Utetillstånd

Dimensionerande utetemperatur DUT: -16 °C eller alternativ som redovisas

Klimat för fuktförhållande: klimatåret Stockholm 1971

Klimat för energiberäkningar: Stockholm enligt ENORM

11.3.3.3 Termiskt rumsklimat

Följande dimensionerande data gäller för det termiska rumsklimatet.

Dimensionerande värden för värme- och ventilationsanläggning vid dimensionerande utetillstånd, vinter:

- rumsluftens medeltemperatur $= 22\text{ °C}$
- vertikal temperaturdifferens mellan 0,1 m och 1,1 m övergolv $< 3\text{ °C}$

Dimensionerande vintervärden för lägenheter:

- operativa temperaturen får inte understiga $+20\text{ °C}$ och inte överstiga $+24\text{ °C}$ då dygnsmedelvärdet för lufttemperaturen utomhus $\geq \text{DUT}$
- strålningstemperatursymmetrin mellan vertikala ytor får vara högst 10 °C då dygnsmedelvärdet för lufttemperaturen utomhus $\geq \text{DUT}$

Dimensionerande sommarvärden för lägenheter:

- operativa temperaturen får inte understiga + 20 °C och inte överstiga + 26 °C eller när utetemperaturen är > + 26 °C inte överstiga + 2 °C över utetemperaturen

11.3.4 Randvillkor

11.3.4.1 Effektiv värmeanvändning

Enligt BBR 94 gäller: ”Byggnader vars energibehov för uppvärmning av ventilationsluft överstiger 2 MWH/år, skall förses med särskilda anordningar som begränsar energiförlusterna (se bilaga 3 Kravspecifikation) om värmeenergibehovet

- i huvudsak tillgodoses med olja, kol, gas eller torv eller
- tillgodoses med el helt eller delvis under perioden november t.o.m. mars”

För tävlingsförslaget förutsätts behovsstyrningen innebära en minskning med 24 % av den energimängd som behövs för uppvärmning av ventilationsluften, utan värmeåtervinning. Detta bygger på antagandet att lägenheterna är helt tomma dvs utan boende under 2184 h/år. Under denna tid är alltså luftväxlingen i lägenheten 0,10 l/(sm²) fläktventilation + 0,027 l/(sm²) luftläckning. För referenshuset innebär detta att den genomsnittliga uteluftsventilationen för hela huset har sänkts från 0,35 l/(s m²) fläktventilation + 0,027 l/(sm²) luftläckning till 0,28 l/(s m²) fläktventilation + 0,027 l/(sm²) luftläckning.

Energibehovet för uppvärmning av ventilationsluft beräknas enligt följande: ENORM-beräknat uppvärmningsbehov med tävlingsförslagets ventilationssystem - ENORM-beräknat uppvärmningsbehov utan fläktventilation + luftläckning på 0,027 l/(sm²) (se punkt 5 Indata ENORM 1000 version 1.02).

11.3.4.2 Krav på CO₂-halt

Kravet enligt bilaga 3 på högsta CO₂ gäller för hela lägenheten. För sovrum gäller följande förutsättningar: tvåbäddssovrum med två personer och enbäddssovrum med en person. Personerna förutsätts vistas i sovrummet 8 timmar per natt. Koldioxidavgivningen från en vuxen person i vila förutsätts vara 3,1 10⁻⁶ m³/s.

11.3.4.3 Krav på relativ luftfuktighet i badrum

Kravet enligt bilaga 3 på högsta tryckdifferens inne-ute skall uppfyllas för en 5 minuters dusch, med samtidig torkning av 2 kg tvätt med 60 viktsprocent fukt och tilluft på 22 °C och 50 % relativ fuktighet.

11.3.4.4 Kravet på tryckdifferens inne – ute

Kravet skall uppfyllas när ingen temperaturskillnad inne- ute och ingen vind råder, klimatskärmens luftläckning vid ± 50 Pa (flödesexponent 0,7) är 0,8 l/s m², samt vid normal drift av ventilationssystemet.

11.3.4.5 Personbelastning vid behovsstyrning av ventilation

En lägenhet förutsätts vara helt tom dvs utan personer under 2184 h/år (8 h vardag, 1 h/lördag, 1 h/söndag).

Följande lägenhetstyper och boendetäthet är aktuella:

Lägenhetstyp	Antal boende per lägenhet
1 rok	1
2 rok	1 – 3
3 rok	2 - 4
4 rok	2 - 5
5 rok	4 - 5

En typisk lägenhet förutsätts här bestå av 3 rok med 4 boende. Nedan följer tabeller över tid hemma, duschfrekvens, tvättfrekvens för denna lägenhet. Observera att även lägenhets- och familjestorlekar enligt tabellen ovan är aktuella.

Familj	Person	Tid hemma, klockslag		Dusch		Tvätt/ familj
		Vardagar	Lör-, söndag	Frekvens	Varaktighet	Per vecka
4 pers	Man	0-7, 18-24	0-10, 13-24	1/dygn	5 min	5 ggr
	Kvinna	0-8, 12-13, 17-24	0-12, 15-24	1/dygn	5 min	
	Barn, 13 år	0-8, 17-24	0-12, 15-24	1/dygn	5 min	
	Barn, 10 år	0-8, 17-24	0-10, 13-24	1/dygn	5 min	

Trångbodda - vardagar

Familj	Person	Tid hemma, klockslag					
		Kök	Vardagsrum	Föräldrar sovrum	Sovrum 2		
4 pers	Man		6-7, 18-23	23-6			
	Kvinna	7-8, 12-13, 17-18	6-7, 18-23	23-6			
	Barn, 13 år		7-8, 18-21		17-18, 21-7		
	Barn, 10 år		7-8, 17-20		20-7		

Anm. Fredagsnattens schema baseras på veckoslutet

Trångbodda – Lördagar, söndagar

Familj	Person	Tid hemma					
		Kök	Vardagsrum	Föräldrar sovrum	Sovrum 2	Sovrum 3	Sovrum 4
4 pers	Man		8-10, 13-24	24-8			
	Kvinna	9-11, 17-18	8-9, 11-12, 15-	24-8			

		17,18-24				
Barn, 13 år		10-12,15-16,18-24		16-18,24-10		
Barn, 10 år		8-10,13-14,15-16,17-21		14-15,16-17,21-8		

11.3.5 Indata ENORM 1000 version 1.02

Vid energiberäkningar med ENORM skall följande indata användas:

Indatasida nr 1. Allmänna uppgifter om byggnaden.

	Zon 1
Typ av verksamhet	2
Antal bostadslägenheter i zonen	25
Uppvärmad bruksarea, m ² i zonen	2775.0
Otätthetsfaktor, q-50, liter/(m ² ,s) vid 50 Pa	0.8
Värmekapacitet, Wh/(m ² ,K)	146

Indatasida nr 2. Val av ort. Rumstemperatur. Köldbryggor.

28 =	Stockholm
Zon 1	
Lägenhet	
<u>Rumstemperatur under uppvärmningssäsongen</u>	
22.0	Måndag-Fredag
22.0	Lördagar
22.0	Söndagar
<u>Extra köldbryggor som</u>	
30.0	Köldbryggor i anslutningar o dyl., W/K

Indatasida nr 3. Areor för olika delar av den omslutande ytan.

	Zon 1
Vindbjälklag	580.0
Väggar, mot jord	0
Väggar, mot luft	823.0
Golvbjälklag, mot jord	576.0
Golvbjälklag, mot luft	0
Fönster (med karmyttermått)	383.0
Dörrar (med karmyttermått)	7.0

Indatasida nr 4. Värmegenomgångskoefficienter för omslutande ytor.

Praktiska Up-värden i W/m², K

	Zon 1
Vindsbjälklag	0.1
Väggar, mot jord	0
Väggar, mot luft	0.22

Golvbjälklag, mot jord	0.18
Golvbjälklag, mot luft	0
Reduktionsfaktor, golv eller jord	0.75
Fönster (med karmyttermått)	1.2
Dörrar (med karmyttermått)	1.0

Indatasida nr 5. Glasareor och solinstrålningsdata.

1	Stockholm	Malmö	Umeå									
2	Mot Söder	Mot sydost	Mot Sydväst									
	Nord		Ost				Syd			Väst		
Zon 1: Area	S	B	Area	S	B	Area	A	B	Area	S	B	
38.0	0.92	0.75	44.0	0.92	0.75	66.0	0.92	0.75	100.0	0.92	0.75	

Indatasida nr 6. Uppgifter om värmesystemet.

Grundalternativet för Slushuset är:

0 = Endast basenergi

Basenergi: Fjärrvärmväxlare Produktionsverkningsgrad, % 100

Produktionsförluster: 0.635 , kW varav 100 % nyttiggörs under uppvärmningsperioden

Värmedistribution: Vattenradiatorer. Termostater i rum. Autom. Effektsstyrning

Distributionsförluster i W/°C temperaturskillnad värmebärare/rumsluft: 66.648

Reglerförluster i W/°C temperaturskillnad värmebärare/rumsluft: 66.648

(text)

Dim. Framledningstemperatur 55 °C. Distributionseffekt 0.615 kW, varav 100 % ger värme.

0 Eventuell begränsning av baseffekten, kW. (0 = ingen begränsning)

0 0 = Gemensam värmeproduktion. Gemensamt värmedistributionsystem. (Välj 0, 1, 2, eller 3!)

Indatasida nr 7. Indata för beräkning av värmepumpens besparing.

Denna sida beror på vald lösning i tävlingsförslaget.

Indatasida nr 8. Indata för beräkning av FTX-aggregats besparing.

Denna sida beror på vald lösning i tävlingsförslaget.

Indatasida nr 9. Ventilationssystemet och luftflöden under vardagar.

Denna sida beror på vald lösning i tävlingsförslaget.

Indatasida nr 10. Styrda luftflöden under Lördagar och Söndagar.

Denna sida beror på vald lösning i tävlingsförslaget.

Indatasida nr 11. Luftkanalers längder och värmeisolering.

Denna sida beror på vald lösning i tävlingsförslaget.

Indatasida nr 12. Hushålls- och fastighetsel. Personvärme. Varmvatten.

Måndag – fredag, kWh/dygn	Zon 1
Processenergi som ger värmestillskott	254.36
Processenergi som inte ger värmestillskott	63.59

Personvärme som ger värmestillskott	66.6
Behov av tappvarmvatten	260.14
<u>Lördagar, kWh/dygn</u>	
Processenergi som ger värmestillskott	254.36
Processenergi som inte ger värmestillskott	63.59
Personvärme som ger värmestillskott	66.6
Behov av tappvarmvatten	260.14
<u>Söndagar, kWh/dygn</u>	
Processenergi som ger värmestillskott	254.36
Processenergi som inte ger värmestillskott	63.59
Personvärme som ger värmestillskott	66.6
Behov av tappvarmvatten	260.14

Indatasida nr 13. Kyl- och fastighetsutrustning i lägenheter ur Eloff Strömsnål.

Denna sida fylls inte i.

11.4 Kravspecifikation

11.4.1 Allmänt

De krav och önskemål som här ställs på de ventilationstekniska lösningarna uttrycks i form av "skall-" resp. "börkrav". Målsättningen härvid är att ange generella "randvillkor" för inneklimatparametrar och energianvändning med inriktning mot totalfunktionen. "Skallkraven" är minimikrav som alltid skall uppfyllas. "Börkraven" behöver ej uppfyllas men kommer att tillgodoräknas vid utvärderingen.

11.4.2 Förutsättningar

11.4.2.1 Definitioner

- *BRA-yta*: Lägenhetsyta inklusive trapphus men exklusive biytor (vindar m m) SS 021050
- *Luftutbyteseffektivitet*: Enligt "Ventilation i funktion" Meyers förlag
- *Uppfångningsförmåga*: Enligt svensk standard SS 433 05 01
- *Vistelsezon*: Den del av en rumsvolym där människor kan förväntas uppehålla sig mer än tillfälligt.
- *SFP-värde (Specifikt eleffektbehov för ventilationssystem)*: Avser den sammanlagda fläkteffekten för till- och frånluftssystemens fläktar vid ett dimensionerande luftflöde som är lika med totalluftflödet (0,35 l/s, m² i hela huset) genom byggnaden uttryckt i kW/(m³/s).

11.4.3 Byggnad

Se separat objektbeskrivning för referenshuset

11.4.4 Dimensionerande data

Se separat objektbeskrivning för referenshuset

11.4.5 Övergripande krav på de ventilationstekniska lösningarna

De tekniska lösningarna skall utformas så att den boende själv har möjlighet att styra ventilationen i lägenheten (**skallkrav**). Dock skall luftflödena ökas automatiskt vid behov, så att minimikraven för miljö och hälsa uppfylles (**skallkrav**).

Ventilationsanläggningen skall konstrueras så att de varierande luftflödesbehoven vid olika driftsfall tillgodoses (**skallkrav**) exempelvis forceringar i kök och badrum, minflöden vid tom lägenhet etc. Ventilationssystemet inom lägenheten skall utformas med automatisk styrning med hänsyn till interna laster såsom fukt, temperatur och CO₂ (**skallkrav**). Ett önskemål är styrning av luftflödena för varje enskilt rum (vardagsrum, sovrum, kök, våtrum) i den egna lägenheten (**börkrav**). Uteluftsflödet 0, 35 l/s m² för lägenheten får dock endast underskridas vid tom lägenhet (**skallkrav**).

Värmeeffektvakt skall installeras som reducerar uteluftsflödet vid extremt låga utetemperaturer, se objektbeskrivning bilaga 2.

Ventilationssystemet skall utformas med öppen lösning, så att det kan integreras med andra system och komponenter av olika fabrikat och som tillåter anpassningar i efterhand (**skallkrav**). De ventilationstekniska lösningarna skall vara förberedda för individuell mätning och debitering (**skallkrav**). Ett önskemål är att lösningarna är förberedda för framtida integration med fastighetens tekniska system och IT-system för de boende t ex tidbokning, interna meddelanden, lås- och säkerhetssystem (**börkrav**).

11.4.6 Inneklimatparametrar

Nedan angivna krav avser vistelsezonen och gäller vid normflöde om inte annat anges. Största tillåtna avvikelse från föreskrivna luftflöden är 15 % inklusive mätfel.

PARAMETER

KRAV

Skall uppfyllas

Bör uppfyllas

Luftkvalitet	Tilluften skall renas från partiklar motsvarande filterklass EU5	Tilluften skall renas från partiklar motsvarande filterklass EU7 samt från bilavgaser NO _x
	Halten CO ₂ i inomhusluften får inte överskrida 1000 ppm (max. medelvärde över 12 timmar), se <u>bilaga 2</u> objektbeskrivning för randvillkor	
Luftfuktighet i badrum vid duschning och samtidig torkning	Inom max 8 timmar skall relativa	Inom max 6 timmar skall relativa

av tvätt	fuktigheten understiga 70 % i rummets mest fuktbelastade del (t ex under badkaret) Se <u>bilaga 2</u> objektbeskrivning för randvillkor	fuktigheten understiga 70 % i rummets mest fuktbelastade del (t ex under badkaret)
----------	--	--

PARAMETER**KRAV****Skall uppfyllas****Bör uppfyllas**

Lufthastighet i vistelsezonen	Max 0,15 m/s Vinterfall Max 0,25 m/s Sommarfall	
Luftväxling i lägenheter Uteluftsflöde	Driftsfall: - Normalt 0,35 l/(sm ²) - Forcering 0,70 l/(sm ²) - Tom lägenhet 0,10 l/(sm ²) - Sovrum 4 l/(s sovplats)	Omfördelning mellan enskilda rum Tom lägenhet eller tomt rum 0,10 l/(sm ²)
Frånluftsflöde	Enligt BBR 94 Råd vid uteluftsflöde 0,35 l/(sm ²) I övrigt anpassat till resp driftsfall ovan Forcering gäller kök och badrum	Enligt BBR 94 Råd vid uteluftsflöde 0,35 l/(sm ²) I övrigt anpassat till resp driftsfall ovan
Luftväxling i husets övriga utrymmen	Enligt BBR 94	
Luftutbyteseffektivitet	Vardagsrum, sovrums ≥ 40 % Badrum/WC ≥ 49 %	Vardagsrum, sovrums ≥ 49 %

PARAMETER**KRAV****Skall uppfyllas****Bör uppfyllas**

Spridning av lukt till angränsande rum t ex matos skall begränsas.	Enligt BBR 94 Avsiktlig luftförling får endast anordnas från rum med högre krav på luftkvalitet (t ex vardagsrum, sovrums) till rum med lägre krav (t ex kök och hygienrum)	
Uppfångningsförmåga för köksfläkt/spiskåpa	> 75 %	> 90 %
Tryckdifferens inne – ute, Se objektbeskrivning för randvillkor, bilaga 2.	≤ 15 Pa	≤ 10 Pa
Högsta tillåtna värden på ljudnivå inomhus från ventilationsinstallationer (enl SS 025267)	Klass B	Klass A

11.4.7 Energieffektivitet

PARAMETER**KRAV****Skall uppfyllas****Bör uppfyllas**

Eleffektivitet Specifikt eleffektbehov för ventilationssystem (SFP) vid normflödet genom huset dvs 0,35 l/(sm ²) i hela huset	F-system: 0,75 kW/(m ³ /s) FT-system: 1,5 kW/(m ³ /s) FTX-system: 2,0 kW/(m ³ /s)	F-system: 0,50 kW/(m ³ /s) FT-system: 1,0 kW/(m ³ /s) FTX-system: 1,5 kW/(m ³ /s)
---	---	---

PARAMETER**KRAV****Skall uppfyllas****Bör uppfyllas**

Täthet Kanaler skall ha erforderlig täthet med hänsyn till ventilation och energikrav För fläktssystem gäller: (täthetsklass enligt VVS AMA)	X Täthetsklass B	 Täthetsklass C
---	-----------------------------	----------------------------

	Alla kanaler	Alla kanaler
Installationer som bryter igenom klimathölje eller brandceller skall isoleras och tätas med hänsyn till luftläckning, buller och brand	X	
Effektiv värmeanvändning: Byggnadens behov av energi minskas med angivet procenttal eller mera av den energimängd som behövs för uppvärmning av ventilationsluften vid uteluftsflödet 0,35 l/(sm ²) Se <u>bilaga 2</u> objektbeskrivning för randvillkor	50 %	

11.4.8 Systemstabilitet

PARAMETER

KRAV

Skall uppfyllas

Bör uppfyllas

Ventilationssystemet skall tåla störningar t ex öppna fönster	X	
---	---	--

PARAMETER

KRAV

Skall uppfyllas

Bör uppfyllas

Samverkan värme-ventilationssystem	Behovsstyrningen av luftflödet får ej förorsaka varaktiga ändringar av rumsluftens temperatur i lägenheterna	
------------------------------------	--	--

11.4.9 Systemflexibilitet

PARAMETER

KRAV

Skall uppfyllas

Bör uppfyllas

Öppen lösning, som kan integreras med andra system och komponenter av olika fabrikat	X Förberett för individuell mätning och debitering	Förberett för framtida IT-kompletteringar
--	---	---

11.4.10 Drift och underhåll

PARAMETER	KRAV	
	Skall uppfyllas	Bör uppfyllas
Ventilationssystemet skall förse de boende med lättillgängliga nödstopp för de boende	X	

PARAMETER	KRAV	
	Skall uppfyllas	Bör uppfyllas
Ventilationssystemet skall vara lättillgängligt för injustering, flödeskontroll, rensning och övriga serviceåtgärder med avseende på placering av servicekrävande komponenter samt ergonomiska krav. Uteluftflödet skall kunna varieras steglöst mellan föreskrivna luftflöden i lägenheterna för anpassning till respektive byggnads förutsättningar.	X	
Mätuttag för flödesmätningar (mätfel $\pm 5\%$) skall installeras i kanaler för varje lägenhet	X	
Elektrisk utrustning skall uppfylla EMC-direktivets krav beträffande störningsskydd. (SS-EN 55014, SS-EN 60555)	X	
Drift- och underhållsinstruktioner skall levereras till driftpersonalen innan anläggningen tagits i bruk.	X	
Ventilationssystemet skall vara användarvänligt för de boende.	X	
Lättförståeliga användarbeskrivningar för de boende skall levereras.	X	
Ventilationssystemet skall CE-märkas enligt ASS regler (maskindirektivet)	X	

11.4.11 Kretsloppsanpassade lösningar

PARAMETER	KRAV	
	Skall uppfyllas	Bör uppfyllas
Redo+visa hur kravet beaktas	X	☐

11.4.12 Kostnader

PARAMETER	KRAV	
	Skall uppfyllas	Bör uppfyllas
Redovisa kostnader enligt <u>bilaga 4</u>	X	☐

11.5 Beräkning av kostnader

11.5.1 Beräkningsmodell

För tekniktävlingen tillämpas en förenklad modell för livscykelkostnader (LCC). Modellen bygger på en sammanvägning av investeringskostnader, energikostnader och underhållskostnader. De årliga energikostnaderna under aktuell kalkylperiod (se nedan) omräknas till ett nuvärde. På motsvarande sätt förfars med de framtida underhållskostnaderna. Kostnader för utbyte av komponenter med kortare livslängd än kalkylperioden medräknas i underhållskostnaderna.

Den totala livscykelkostnaden blir således:

$$LCC = \text{Investeringskostnader} + \sum \text{Nuvärde av framtida kostnader för el till ventilationssystemet och värmebehov för uppvärmning av uteluften} + \sum \text{Nuvärde av framtida underhållskostnader}$$

Värmebehovet för uppvärmning av uteluften = Uppvärmningsbehovet för tävlingsförslaget enligt ENORM-beräkning – Uppvärmningsbehovet med nollventilation enligt ENORM-beräkning

Investeringskostnaden = entreprenadkostnaden (fast pris utan indexreglering) + byggherre-kostnaden (= 0,4 x entreprenadkostnaden) + mervärdesskatt

I kostnadsberäkningen skall medtas mervärdesskatt.

11.5.2 Indata till kostnadsberäkningar

Följande indata skall användas vid beräkningen av LCC:

Brukstid (kalkylperiod) 10 år resp 30 år

Real kalkylränta	4 % resp. 6 %
Elenergipris inkl. nät avgifter och skatter	0,80 kr/kWh
Värmeenergipris inkl. moms	0,45 kr/kWh
Real prisutveckling elenergi	2 %/år
Real prisutveckling värmeenergi	0 %/år

Investeringskostnaden avser total investeringskostnad för tävlingsobjektets ventilationssystem inklusive eventuella extra kostnader för samverkande värme- och elsystem samt byggåtgärder.

Vid val av alternativt utförande av fönster resp. radiatorer skall skillnaden i investeringskostnad jämfört med grundalternativet redovisas. Som underlag gäller schablonvärdena nedan. Investeringskostnaderna för fönster och radiator ingår inte i ovan nämnda investeringskostnad för ventilationssystemet.

Investeringskostnad för olika fönsteralternativ exkl. infästningsbeslag och smyggar och inkl. moms:

Fönstertyp	Investeringskostnad, kr/m ²	Skillnad i investeringskostnad jämfört med grundalternativ, kr/m ²
Up = 1,7 W/(m ² K)	2383	-436
Up = 1,2 W/(m ² K), grundalternativ	2819	
Up = 1,0 W/(m ² K)	2936	+117

Fönsterkostnaderna är beräknade för fönster med en luft och med karmyttermått 1 m x 1,5 m.

Investeringskostnad för radiatorer inkl. rör och moms:

Radiatorplacering	Investeringskostnad per lägenhet (3 rok), kr
Under fönster, grundalternativ	12800

Radiatorkostnaden gäller för referenshuset enligt ovan och med skallkravet på effektiv värmeanvändning uppfyllt.

11.5.3 Redovisning av beräknade kostnader

Beräknade kostnader skall redovisas nedan:

Kostnader – brukstid 10 år, kalkylränta 4 %	Arbete, kr	Material, kr	Summa, kr
Beräknad total investeringskostnad för tävlingsobjektets ventilationssystem inklusive eventuella extra kostnader för samverkande värme- och elsystem samt byggåtgärder			
Beräknad investeringkostnad för komponenter ingående i tävlingsobjektets ventilationssystemet, för hela huset fläkt ventilationskanaler inkl. spjäll, ställdon, don styr- och regler inkl. givare för			

behovsstyrning av ventilationen			
---	--	--	--

Kostnader – brukstid 10 år, kalkylränta 4 % (fortsättning)	Arbete, kr	Material, kr	Summa, kr
Kostnader för utbyte av komponenter med kortare livslängd än kalkylperioden			
Beräknad livscykelkostnad för byggnadens ventilationssystem enligt beräkningsmodell ovan			
Nuvärde av framtida kostnader för el till ventilationssystemet			
Nuvärde av framtida kostnader för värmebehov för uppvärmning av tilluften			
Nuvärde av framtida underhållskostnader			
Förändring i investeringskostnad p.g.a. val av annat fönster än grundalternativet ($U_p=1,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$)			
Förändring i investeringskostnad p.g.a. val av annat sätt att tillföra värmen i lägenheterna än grundalternativet (radiator under fönster)			
	Arbete, kr	Material, kr	Summa, kr
Beräknad total investeringskostnad för tävlingsobjektets ventilationssystem inklusive samverkande värme- och elsystem samt byggåtgärder, vid en tänkt serieproduktion på 5000 lägenheter/år			

Kostnader – brukstid 10 år, kalkylränta 6 %	Arbete, kr	Material, kr	Summa, kr
Beräknad total investeringskostnad för tävlingsobjektets ventilationssystem inklusive eventuella extra kostnader för samverkande värme- och elsystem samt byggåtgärder			

Kostnader – brukstid 10 år, kalkylränta 6 %, (fortsättning)	Arbete, kr	Material, kr	Summa, kr
Beräknad investeringkostnad för komponenter ingående i tävlingsobjektets ventilationssystemet, för hela huset fläkt ventilationskanaler inkl. spjäll, ställdon, don styr- och regler inkl. givare för behovsstyrning av ventilationen			
Kostnader för utbyte av komponenter med kortare livslängd än kalkylperioden			
Beräknad livscykelkostnad för byggnadens ventilationssystem enligt beräkningsmodell ovan			
Nuvärde av framtida kostnader för el till ventilationssystemet			
Nuvärde av framtida kostnader för värmebehov för uppvärmning av tilluften			
Nuvärde av framtida underhållskostnader			
Förändring i investeringskostnad p.g.a. val av annat fönster än grundalternativet ($U_p=1,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C})$)			
Förändring i investeringskostnad p.g.a. val av annat sätt att tillföra värmen i lägenheterna än grundalternativet (radiator under fönster)			
	Arbete, kr	Material, kr	Summa, kr
Beräknad total investeringskostnad för tävlingsobjektets ventilationssystem inklusive samverkande värme- och elsystem samt byggåtgärder, vid en tänkt serieproduktion på 5000 lägenheter/år			

Kostnader – brukstid 30 år, kalkylränta 4 %	Arbete, kr	Material, kr	Summa, kr
Beräknad total investeringskostnad för tävlingsobjektets ventilationssystem inklusive eventuella extra kostnader för samverkande värme- och elsystem samt byggåtgärder			
Beräknad investeringkostnad för komponenter ingående i tävlingsobjektets ventilationssystemet, för hela huset fläkt ventilationskanaler inkl. spjäll, ställdon, don styr- och regler inkl. givare för behovsstyrning av ventilationen			
Kostnader för utbyte av komponenter med kortare livslängd än kalkylperioden			
Beräknad livscykelkostnad för byggnadens ventilationssystem enligt beräkningsmodell ovan			
Nuvärde av framtida kostnader för el till ventilationssystemet			
Nuvärde av framtida kostnader för värmebehov för uppvärmning av tilluften			
Nuvärde av framtida underhållskostnader			
Förändring i investeringskostnad p.g.a. val av annat fönster än grundalternativet ($U_p=1,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C})$)			
Förändring i investeringskostnad p.g.a. val av annat sätt att tillföra värmen i lägenheterna än grundalternativet (radiator under fönster)			

Kostnader – brukstid 30 år, kalkylränta 4 %, (fortsättning)	Arbete, kr	Material, kr	Summa, kr
Beräknad total investeringskostnad för tävlingsobjektets ventilationssystem inklusive samverkande värme- och elsystem samt byggåtgärder, vid en tänkt serieproduktion på 5000 lägenheter/år			

Kostnader – brukstid 30 år, kalkylränta 6 %	Arbete, kr	Material, kr	Summa, kr
Beräknad total investeringskostnad för tävlingsobjektets ventilationssystem inklusive eventuella extra kostnader för samverkande värme- och elsystem samt byggåtgärder			
Beräknad investeringkostnad för komponenter ingående i tävlingsobjektets ventilationssystemet, för hela huset fläkt ventilationskanaler inkl. spjäll, ställdon, don styr- och regler inkl. givare för behovsstyrning av ventilationen			
Kostnader för utbyte av komponenter med kortare livslängd än kalkylperioden			
Beräknad livscykelkostnad för byggnadens ventilationssystem enligt beräkningsmodell ovan			
Nuvärde av framtida kostnader för el till ventilationssystemet			
Nuvärde av framtida kostnader för värmebehov för uppvärmning av tilluften			
Nuvärde av framtida underhållskostnader			

Kostnader – brukstid 30 år, kalkylränta 6 %, (fortsättning)			Summa, kr
Förändring i investeringskostnad p.g.a. val av annat fönster än grundalternativet ($U_p=1,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$)			
Förändring i investeringskostnad p.g.a. val av annat sätt att tillföra värmen i lägenheterna än grundalternativet (radiator under fönster)			
	Arbete, kr	Material, kr	Summa, kr
Beräknad total investeringskostnad för tävlingsobjektets ventilationssystem inklusive samverkande värme- och elsystem samt byggåtgärder, vid en tänkt serieproduktion på 5000 lägenheter/år			

11.6 Checklista för redovisning av tävlingförslag

11.7 Program för komponentprovning

11.7.1 Allmänt

Kunskap om ingående komponenters verkliga prestanda och karaktäristik är nödvändig för att kunna göra en rättvis utvärdering av tävlingsförslagen dvs totalfunktionen för systemen. Komponentdata kommer att vara indata för beräkningar och simuleringar av totalfunktionen för systemen i steg 1 dvs för att kunna göra en bedömning huruvida uppställda funktionskrav uppfylls. Tävlade kan erhålla ekonomiskt stöd för provning av ny komponent (se Föreskrifter).

11.7.2 Komponentprovningar

Provningar av vissa komponenter ingående i tävlingsförslagen kommer att genomföras stickprovsmässigt i steg 1, om provningsintyg saknas. Tävlingsdeltagare skall leverera utvalda komponenter till provningslaboratorium. Följande komponentprovning är exempel som kan bli aktuella:

Komponent	Karaktäristik	Metod
Fläkt	Tryckfall-flöde, elförbrukning	DIN 24163:3
Luftfilter	Initiellt tryckfall-flöde, avkiljningsgrad	Avskiljning: baseras på Eurovent 4/9
Givare för behovsstyrning	Karaktäristiska egenskaper såsom linearitet, känslighet för andra påverkansfaktorer, bedömning av långtidsegenskaper etc	Enligt metodik utveckla av SP i IEA-projekt ”Behovsstyrd ventilation”

Spjäll	Ljudalstring, tryckfall-flöde, täthet i stängt läge	
Ställdon	Egen elförbrukning, reglerkaraktäristik, hysteresis	