

Värmeåtervinningssystem för befintliga flerbostadshus

Förstudie inför teknikupphandling



Utarbetad av
Åsa Wahlström, CIT Energy Management
Åke Blomsterberg, WSP Environmental
Daniel Olsson, CIT Energy Management

Göteborg mars 2009

Beställargruppen bostäder, BeBo, är ett samarbete mellan Energimyndigheten och fastighetsägare/förvaltare av flerbostadshus. BeBo initierades 1989 av Energimyndighetens företrädare NUTEK. Gruppen driver idag utvecklingsprojekt med inriktning på energieffektivitet och miljö.

Syftet med gruppens arbete är att energieffektiva system och produkter tidigare ska komma ut på marknaden. Utvecklingsprojekten ska visa på goda exempel med effektiv energianvändningen samtidigt som funktion och komfort inte får försämrats utan ska snarare förbättras.

Gruppens medlemsföretag är:

Alingsåshem
Eksta
Familjebostäder
Fastighetsägarna
Förvaltaren i Sundbyberg
Gavlegårdarna
HBV
HSB
Riksbyggen
SABO
Sigtunahem
Signalisten i Solna
Stockholmshem
Svenska Bostäder
Vidingehem

Till gruppen är också knutna:

Byggherrarna
Energimyndigheten
K-Konsult Energi

FÖRORD

Studier visar att teoretiskt skulle ett flerbostadshus totala värmebehov kunna reduceras med ca $30 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ genom värmeåtervinning från ventilationen. Värmeåtervinning skulle därmed kunna vara en viktig energiåtgärd vid ombyggnad av flerbostadshus och ge ett signifikant bidrag tills strävan att nå de nationella målen på en halvering av energianvändning fram till 2050.

Energimyndighetens beställargrupp för energieffektiva flerbostadshus (BeBo) vill med detta projekt sammanställa befintlig kunskap om värmeåtervinning i flerbostadshus och undersöka om det finns ett behov av utveckling av bra system för värmeåtervinning vid ombyggnation och i så fall om ett sådant behov kan drivas fram genom teknikupphandling.

Drivande av projektet och anslagsmottagare är Ulrika Jardfelt, SABO. Projektledare har varit Åsa Wahlström, CIT Energy Management som genomfört projektet tillsammans med Åke Blomsterberg, WSP Environmental och Daniel Olsson, CIT Energy Management.

Göteborg
mars 2009

Åsa Wahlström, Åke Blomsterberg och Daniel Olsson

SAMMANFATTNING

I mars 2006 antog Sverige nationella Miljökvalitetsmål för energieffektivisering. Där anges att energianvändningen i byggnader ska minska med 20 % till 2020 och 50 % till 2050, jämfört med år 1995. För att uppnå dessa mål är det långt ifrån tillräckligt med energieffektivisering bara vid nybyggnation, utan den stora potentialen för energieffektivisering finns i den befintliga bebyggelsen. För befintliga flerbostadshus är installation av värmeåtervinning ur ventilationsluften en åtgärd med stor potential för att minska energianvändningen. Beräkningar visar på en besparingspotential på ca 30 – 40 kWh/m²A_{temp}.

Med bakgrund av detta initierade beställargruppen bostäder (BeBo) detta projekt för att dels sammanställa befintlig kunskap och status om värmeåtervinning och energieffektiv ventilation vid ombyggnad av flerbostadshus och dels undersöka om det finns ett behov av utveckling av bra system för värmeåtervinning vid ombyggnation och i så fall om ett sådant behov kan uppfyllas genom teknikupphandling.

Projektet har huvudsakligen genomförts genom intervjuer med fastighetsägare, förvaltare, komponenttillverkare, leverantörer, installatörer och ventilationsentreprenörer. Dessutom har genomförda teknikupphandlingar och exempel på genomförda renoveringar studerats. Resultatet har kompletterats med ett förslag på upplägg och kravspecifikation för teknikupphandling.

I projektet har även för- och nackdelar tagits fram för följande tekniker:

- Till- och frånluftssystem med värmeåtervinning (FTX-aggregat) per lägenhet
- Centralt FTX-aggregat för stora delar av byggnaden
- Frånluftssystem med frånluftsvärmepump.

Det finns dock endast ett fåtal exempel på byggnader som har installerat värmeåtervinning med dessa tekniker och exempel på varje teknik redovisas i rapporten.

Intervjustudierna tyder på att ytterst få installationer av värmeåtervinning i befintliga flerbostadshus har genomförts. Viktiga orsaker som anges av fastighetsägare och förvaltare är att det är svårt att få lönsamhet för investering av värmeåtervinning, bl. a på grund av att systemen är dyra och medför höga service- och underhållskostnader. Underhållet kräver dessutom särskild kompetens hos driftpersonal. Utöver de ekonomiska hindren så är argumenten mot värmeåtervinning att komponenterna är utrymmeskrävande för både kanaldragning och placering av aggregat. För system med frånluftsvärmepump anges också argumentet att systemen minskar användning av fjärrvärme på bekostnad av en ökad elanvändning. De intervjuade personerna är också tveksamma till att systemen är robusta och bibehåller sin funktion. Tillverkare, installatörer och entreprenörer hävdar dock att t.ex. återvinningsgraden inte ändras med tiden om ventilationssystemet underhålls på avsett sätt med regelbundna byte av filter och rengöring av värmeöverförande ytor och kanaler. Dessutom anser de att underhåll och service inte är resurskrävande.

För att överkomma dessa hinder behövs fler goda exempel som visar att systemen fungerar. Intervjuerna indikerar att det krävs teknikutveckling inom flera delområden (storlek på aggregat, underhåll, styr- och reglersystem, m.m.) samt lägre kostnader för att en kraftig ökning av användningen av värmeåtervinning i befintligt bestånd ska komma till stånd.

Den största orsaken till att värmeåtervinning inte installeras, inte ens vid annan omfattande renovering, är att det saknas kunskap och utbud av enkla och bra totala system. Idag erbjuds i princip inga system med värmeåtervinning utan komponenter säljs var för sig och systemet sätts ihop av projektör eller installatör i varje byggnad. I några fall har tillverkarna nära samarbete med projektörer/installatörer. För att förenkla för beställarna och få en förbättrad konkurrens mellan olika system behövs en teknikupphandling på framförallt system snarare än prestandautveckling av komponenter. De flesta intervjuade anser att det vore bra med mer värmeåtervinning i befintliga flerbostadshus och är positiva till en teknikupphandling på systemlösningar.

Många av modernismens och rekordårens flerbostadshus står inför omfattande renovering/ombyggnad inom de närmaste åren. Om installation av värmeåtervinning genomförs i samband med dessa renoveringar skulle de kunna göras till en lägre kostnad. I projektet har en analys genomförts som visar på att på 10 års sikt finns en potential på energibesparing av ca 1,6 TWh årligen för installation av värmeåtervinning i samband med renovering. På så sätt kan installation av värmeåtervinning i samband med traditionell ombyggnad/renovering av flerbostadshus ge ett betydande bidrag till att uppnå de nationella målen satta till 2050. Om inte betydande energieffektiviseringsåtgärder genomförs i samband med ombyggnationen så kan det i många fall dröja 30 – 50 år innan det är dags för en ny omfattande renovering av byggnaden och en ny chans att genomföra kostnadseffektiva energieffektiviseringsåtgärder.

För att stimulera en marknad för värmeåtervinning i befintliga flerbostadshus krävs framförallt en omfattande utveckling av hela system med reducerade kostnader. En teknikupphandling med syfte att få fram fler konkurrenskraftiga värmeåtervinningssystem på marknaden för de mest vanliga typer av hus som snart skall renoveras torde därför kunna ge mycket stor effekt.

Driftserfarenheter från installation av värmeåtervinningssystem i befintliga flerbostadshus och dess drift är liten. Genom ett lämpligt upplägg på teknikupphandling där utvalda tävlingsbidrag testas i representativa pilotbyggnader kan samtidigt goda demonstrationsexempel med tillhörande utvärdering tas fram. För att en teknikupphandling skall få stort genomslag är det viktigt att beställargruppen bostäder följer upp med att installerar ett antal system med värmeåtervinning i sina bestånd av flerbostadshus. Erfarenheter från tidigare teknikupphandlingar är att den kravspecifikation som tas fram används av fastighetsägare som verktyg vid beställning.

En teknikupphandling bör rikta sig mot aktörer som kan erbjuda ett komplett kostnadseffektivt system som inkluderar projektering, komponenter och installation antingen inom den egna organisationen (ventilationsentreprenörer) eller genom samarbete mellan olika aktörer (installatörer, tillverkare, projektörer etc.). Projektet visar på att det är möjligt att fastställa ett upplägg och en kravspecifikation för teknikupphandling av system med värmeåtervinning vid ombyggnad av flerbostadshus.

Dessa faktorer tillsammans kan resultera i att fler renoveringarna av flerbostadshus kommer att göras med en betydande energieffektivisering, vilket annars inte hade skett i samma utsträckning.

INNEHÅLL

FÖRORD	3
SAMMANFATTNING	4
1. INLEDNING	8
2. SYFTE MED STUDIEN	10
3. GENOMFÖRANDE OCH LÄSANVISNING	11
4. SAMMANSTÄLLNING AV BEFINTLIG KUNSKAP	12
4.1 Befintliga tekniklösningar	12
4.1.1 Brogården i Alingsås	13
4.1.2 Bagartorpsprojektet i Solna	14
4.1.3 Bostadsrättsföreningen Bågen i Umeå	15
4.1.4 Bostadsrättsföreningen Ankarstjerna i Karlskrona	17
4.1.5 Kvarteret Magistern och Myran i Växjö	19
4.2 Tidigare genomförda teknikupphandlingar	20
4.2.1 Bostadsventilation för befintliga flerbostadshus	20
4.2.2 Behovsstyrd ventilation för nybyggda flerbostadshus	20
4.2.3 EU-projektet behovsstyrd hybridventilation för bostäder	21
5. INTERVJUSVAR FRÅN FASTIGHETSÄGARE OCH FÖRVALTARE	23
5.1 Sammanfattning av intervjusvar	23
5.1.1 Genomförda åtgärder av ventilationssystem	24
5.1.2 Värmeåtervinning övervägs	24
5.1.3 Driftserfarenheter och uppföljning	24
5.1.4 Lägenhetsvisa FTX-system	25
5.1.5 Centrala FTX-system	25
5.1.6 Utbud av FTX-system och komponenter	25
5.1.7 Frånluftsvärmepumpar	26
5.1.8 Utbud av frånluftsvärmepumpsystem	26
5.1.9 Prioritetsordning av energisparåtgärder	26
6. INTERVJUSVAR FRÅN TILLVERKARE, INSTALLATÖRER OCH ENTREPRENÖRER	28
6.1 Sammanfattning av intervjusvar	28
6.2 Intervjusvar från tillverkare och leverantörer	29
6.2.1 Dagens komponenter och system	29
6.2.2 Förbättringspotential för systemeffektivitet	29
6.2.3 Återvinningsgradens robusthet	30
6.2.4 Förväntad marknadsutveckling och möjlig utveckling	30
6.2.5 Intresse av teknikupphandling	31
6.3 Intervjusvar från installatörer och entreprenörer	31
6.3.1 Installation av värmeåtervinning	31
6.3.2 Rekommendationer av värmeåtervinning	31
6.3.3 Vanliga komponenter och system för värmeåtervinning	31
6.3.4 Utvecklingsmöjligheter för system	32

6.3.5	<i>Återvinningsgradens robusthet</i>	32
6.3.6	<i>Intresse av teknikupphandling</i>	33
7.	MARKNADSANALYS	34
7.1	Sammanfattning	34
7.2	Utmärkande drag för kunder och marknad	34
7.3	Nuvarande och framtida marknad	36
7.3.1	<i>Modernismens flerbostadshus</i>	36
7.3.2	<i>Rekordårens flerbostadshus</i>	36
7.3.3	<i>Energianvändning</i>	37
7.3.4	<i>Genomförda renoveringar</i>	38
7.3.5	<i>Besparingspotential med installation av värmeåtervinning</i>	39
8.	UPPLÄGG OCH KRAVSPECIFIKATION FÖR TEKNIKUPPHANDLING	40
8.1	Allmänt	40
8.1.1	<i>Förutsättningar</i>	40
8.1.2	<i>Upplägg</i>	40
8.2	Krav på värmeåtervinningssystem	41
8.2.1	<i>Överordnande krav</i>	42
8.2.2	<i>Inneklimatparametrar</i>	42
8.2.3	<i>Energieffektivitet</i>	45
8.2.4	<i>Systemstabilitet</i>	45
8.2.5	<i>Systemflexibilitet</i>	46
8.2.6	<i>Drift och underhåll</i>	46
8.2.7	<i>Uppföljning av temperaturer och energianvändning</i>	47
8.2.8	<i>Kostnader</i>	47
9.	DISKUSSION OCH SLUTSATS	48
10.	REFERENSER	49
Bilaga A:	Intervjufrågor fastighetsägare och förvaltare	51
Bilaga B:	Intervjufrågor tillverkare	52
Bilaga C:	Intervjufrågor installatörer och entreprenörer	53
Bilaga D:	Teknikupphandling av bostadsventilation för befintliga flerbostadshus	54
Bilaga E:	Teknikupphandling av behovsstyrd ventilation i nybyggda flerbostadshus.	56
Bilaga F:	Reshyvent – utveckling av behovsstyrd hybridventilation för flerbostadshus.	63
Bilaga G:	Probleminventering med hjälp av fokusgrupper kring nya lösningar på ventilationssystem i bostäder	64
Bilaga H:	Underlag för marknadsanalys	66

1. INLEDNING

Många flerbostadshus saknar idag godtagbar ventilation liksom värmeåtervinning ur frånluften. Ventilationssystem i befintliga flerbostadshus är till stor del mekaniska, där verkliga luftflöden ofta avviker påtagligt mot projekterade, pga. brister i systemutformning och injustering (Sandberg och Isaksson, 1994). Dessa avvikelser i ventilationsflöden har också framkommit vid OVK-uppföljningar (Månsson 1998).

I mars 2006 antog Sverige nationella Miljökvalitetsmål för energieffektivisering. Där anges att energianvändningen i byggnader ska minska med 20 % till 2020 och 50 % till 2050. För att uppnå dessa mål krävs energieffektivisering både vid nybyggnation och i vår befintliga bebyggelse. För befintliga flerbostadshus är installation av värmeåtervinning ur ventilationsluften en åtgärd med stor potential för att minska energianvändningen.

Beräkningar med behovsstyrd ventilation i flerbostadshus har i några fall visat en besparingspotential av storleksordningen 15 kWh/m²år (Blomsterberg 2005a och 2008). För att åstadkomma en större besparing via åtgärder i ventilationssystemet behövs någon form av värmeåtervinning.

Värmeåtervinning kan lösas på två sätt, värmeväxling från frånluft till tilluft (FTX-ventilation) eller med frånluftvärmepump. Beräkningar av energianvändning för ett standardflerbostadshus med olika installationsalternativ visas i tabell 1 (Bröms och Wahlström, 2008 samt Ruud, 2008).

Tabell 1.1 Beräknad årlig energianvändning av el och fjärrvärme i ett standardflerbostadshus med olika uppvärmningsalternativ

Energisystem	Värmeanvändning (kWh/m ² A _{temp})	Elanvändning (kWh/m ² A _{temp})	Totalt (kWh/m ² A _{temp})
Fjärrvärme och frånluftsventilation	130	5	135
Fjärrvärme och FTX-ventilation	90	8	98
Fjärrvärme och frånluftsvärmepump	72	21	93

Beräkningsexemplet visar att värmeåtervinning med FTX eller frånluftsvärmepump kan ge en energibesparing i samma storleksordning. FTX har dock fördelen att den använder en mindre andel el av den totala energianvändningen. En viktig konsekvens med installation av FTX är att fastighetens värmeeffektbehov sjunker. En massiv installation av FTX-system innebär att behovet av topplast för uppvärmning (främst fjärrvärme) borde minska.

Beräkningsexemplet visar att ca 30 – 40 kWh/m²A_{temp} teoretiskt kan besparas genom installation av värmeåtervinning i ett flerbostadshus med frånluft. Ungefär 29000 lägenheter byggs om årligen (Bostads- och byggnadsstatistisk årsbok, 2007), vilket ger en besparingspotential på ca 0,08 TWh årligen om energieffektiv värmeåtervinning installeras i samband med ombyggnationen.

Idag är installation av FTX-system mycket ovanligt som enskild energieffektiviseringsåtgärd eller vid ombyggnad av befintliga flerbostadshus.

Med hjälp av en teknikupphandling kan det vara möjligt att driva på branschen till att utveckla innovativa produktsystem för en enklare installation av energieffektiv värmeåtervinning till en lägre kostnad.

Exempel på tidigare genomförda teknikupphandlingar av ventilationssystem:

- Värmeåtervinningssystem för småhus, som avrapporterades 1999.
- Bostadsventilation för befintliga flerbostadshus, som avrapporterades 1999,
- Behovsstyrd ventilation i nybyggda flerbostadshus, som avrapporterades 2008.

Med bakgrund av detta initierade beställargruppen bostäder (BeBo) detta projekt för att dels sammanställa befintlig kunskap om värmeåtervinning och energieffektiv ventilation vid ombyggnad av flerbostadshus och dels undersöka om det finns ett behov av utveckling av bra system för värmeåtervinning vid ombyggnation och i så fall om ett sådant behov kan uppfyllas genom teknikupphandling.

2. SYFTE MED STUDIEN

Projektets syfte är att sammanställa befintlig kunskap om värmeåtervinning vid ombyggnad av flerbostadshus innehållande:

- några praktiska exempel som genomförts i byggnader,
- orsaker till varför installation av värmeåtervinning inte sker i större utsträckning,
- drifterfarenheter från minskad energianvändning vid installation av värmeåtervinning,
- utbud av komponenter och system,
- status av hur mycket installation av värmeåtervinning som sker idag vid ombyggnad,
- genomförda teknikupphandlingar för ventilation.

Utifrån resultat från sammanställning dra slutsatser om:

- behov av utveckling av komponenter och system,
- det finns ett behov av att driva på utvecklingen och i så fall beskriva hur detta skall genomföras.

3 GENOMFÖRANDE OCH LÄSANVISNING

Förstudien har presenterats för beställargruppen bostäder och dess styrelse som har varit aktiv och hjälpt till med förslag och synpunkter på upplägg, genomförande och beskrivning av resultat under projektet. Projektet har genomförts med följande delmoment:

- Sammanställa av befintlig kunskap av tekniklösningar och exempel på flerbostadshus där ventilation med värmeåtervinning installerats. Sammanställningen baseras främst på intervjuer med nyckelpersoner som genomfört installationen av värmeåtervinning men också genom litteraturstudier. Exempel på befintliga tekniklösningar beskrivs i kapitel 4.1.
- Sammanställning av teknikupphandlingar för ventilationssystem som genomförts. Genomförda teknikupphandlingar beskrivs i kapitel 4.2.
- Intervjuer med fastighetsägare och förvaltare för att belysa hur de ser på dagens utbud av värmeåtervinningssystem för befintliga flerbostadshus, vilket behov som finns för utveckling av system och komponenter och hur de arbetar med frågan idag. Syftet med intervjuerna var dels att få in synpunkter om behov av teknikupphandling och dels att informera om att en teknikupphandling eventuellt kan komma till stånd. Resultatet från intervjuerna redovisas i kapitel 5.
- Intervjuer med tillverkare och leverantörer av värmeåtervinningsaggregat och frånluftsvärmepumpar, installatörer och entreprenörer som erbjuder hela system (projektering, komponenter och installation) . Syftet med intervjuerna var att få en uppfattning av vilka system och komponenter som erbjuds idag, vad branschen ser för framtida teknikutveckling och vilka marknadsförutsättningar som branschen förväntar sig för värmeåtervinning vid ombyggnad av flerbostadshus. Syftet med intervjuerna var också att undersöka om det finns ett intresse för en teknikupphandling. Intervjuerna redovisas i kapitel 6.
- En översiktlig marknadsanalys har genomförts för att uppskatta marknadens efterfrågan på värmeåtervinningssystem. Hur många fastigheter är betjänta av att installera värmeåtervinningssystem? Vilka möjliga energivinster finns på nationell nivå med en ökad efterfrågan? Resultatet redovisas i kapitel 7.
- Utifrån intervjuer och tidigare teknikupphandlingar föreslås omfattning och nivåer på en kravspecifikation för värmeåtervinningssystem tillsammans med förutsättningar och upplägg för en teknikupphandling. Förslag på teknikupphandling med kravspecifikation beskrivs i kapitel 8.
- Slutligen diskuteras resultat från förstudien med slutsatser i kapitel 9.

4. SAMMANSTÄLLNING AV BEFINTLIG KUNSKAP

4.1 Befintliga tekniklösningar

System med både till- och frånluftssystem utfördes på ett antal bostadshus i slutet på 1970-talet. Det var dock först som en följd av oljekrisen och en ny svensk byggnorm (SBN80) som det slog igenom. Med FTX-system kunde normkraven på värmeåtervinning uppnås men negativa erfarenheter kom pga. av skötselproblem och höga driftkostnader av FTX-system på 1980-talet. I slutet av 1980-talet började en återgång mot F-ventilation i flerbostadshus eftersom uppvärmning med fjärrvärme, där mer än 50 % baseras på förnybar energi, ansågs uppfylla krav på återvinning. De flesta flerbostadshus som byggts de senaste 15 åren saknar värmeåtervinning.

Värmeåtervinning i frånluft kan ske på tre olika sätt:

- Till- och frånluftssystem med värmeåtervinning (FTX-aggregat) per lägenhet
- Centralt FTX-aggregat för stora delar av byggnaden
- Frånluftssystem med frånluftsvärmepump

Jämfört med ett rent frånluftssystem så innebär alltid värmeåtervinning mer underhåll. Värmeåterföring från frånluft sker med en värmeväxlare vars effektivitet på värmeöverförande ytor lätt försämras genom att damm, som finns i frånluften, lägger sig på ytorna. För att undvika detta krävs filter (två stycken i FTX-aggregat och ett till frånluftsvärmepumpen) som regelbundet måste bytas. Dessutom behöver värmeväxlaren göras ren med jämna mellanrum.

För lägenhetsvisa FTX-aggregat kan det bli problem med service och underhåll eftersom driftansvarig inte har direkt tillgång till installationen som sitter i hyresgästens lägenhet. En fördel med lägenhetsaggregat är att de ger möjlighet till att behovsstyra ventilationen. Det finns också begränsningar med att låta hyresgästen själv sköta underhåll. En jämförelse mellan FTX och frånluftsvärmepump är främst att:

- FTX-system kräver utrymme både för tillufts- och frånluftskanaler medan frånluftsvärmepumpen enbart behöver frånluftskanaler.
- FTX-system har en låg andel elanvändning jämfört med frånluftsvärmepump, för samma totala energibesparing.
- FTX-system är effektiva vid kall utomhustemperatur vilket gör att de bidrar till att minska effektbelastning på värme kalla vinterdagar.
- FTX-system kräver en något tätare klimatskärm.
- FTX-system bör styras genom by-pass koppling på sommarhalvåret medan frånluftsvärmepumpen kan användas till att tappvattenvärmning vilket kan göra att annat uppvärmningssystem (t.ex. fjärrvärme) kan stängas av under sommarhalvåret. .
- FTX-system har uppvärmd tilluft och får därmed mindre problem med drag.

Den stora utmaningen vid införandet av värmeåtervinning vid ombyggnation av flerbostadshus med tidigare självdrag eller frånluftsventilation är att hitta lämplig plats för kanaldragning och aggregat. Det är önskvärt att minimera area för kanaler och aggregat eftersom det ökar uthyrningsbar area. Dessutom är det viktigt att kanaldragningen är estetiskt tilltalande och att de inte ligger på ett sådant sätt att de samlar damm vilket kan ge sämre inomhusmiljö om de inte städas regelbundet. För FTX-system tillkommer problematiken med placering och utseende för tilluftskanaler.

För FTX med en roterande, korsströms-, plattvärmeväxlare tillkommer dessutom svårigheten att tilluftskanalerna ska möta frånluftskanalerna i en värmeväxlare oftast placerad på vinden. För frånluftsvärmepumpen ligger svårigheten främst i att installationen är så stor och dyr att endast en frånluftsvärmepump per byggnad är rimlig. Befintliga byggnader har sällan ett samlat flöde för frånluft utan har lösningar med flera separata frånluftsfläktar.

Det finns några exempel på system där de flesta av ovannämnda problem har lösts och värmeåtervinning ska eller har installerats i befintliga byggnader.

4.1.1 Brogården i Alingsås

Brogården är ett miljonprogramsområde från 1970 med 300 lägenheter. Alingsåshem renovera nu hela beståndet till ”passivhusstandard”. Detta åstadkoms huvudsakligen genom följande åtgärder:

- Kraftig tilläggsisolering
- Tätning av byggnadsskalet
- Byte till superisolerande fönster
- Installation av effektiva ventilationsvärmeväxlare.

Det tidigare uppvärmningssystemet i form av radiatorer ersätts av ett litet eftervärmningsbatteri i ventilationsaggregatets tilluft. Ett FTX-aggregat placeras centralt i varje lägenhet och ersätter ett centralt F-system utan värmeåtervinning. Uteluften tas in genom fasaden och dras via en ny kanal i vardagsrummets tak till aggregatet där den passerar filter, värmeväxlare, eftervärmare och fläkt innan den distribueras ut i sovrums och vardagsrum. Filterbyte är tänkt att skötas av hyresgästerna själva genom att fastighetsskötare delar ut nya filter till dem. Tydliga instruktioner om hur filterbyte går till finns och en demonstration sker i samband med att en ny hyresgäst flyttar in. Källa: Odegren, 2007.



Figur 4.1 Lägenhetsbaserat FTX-aggregat i Brogården med fläktar, filter och värmeväxlare.

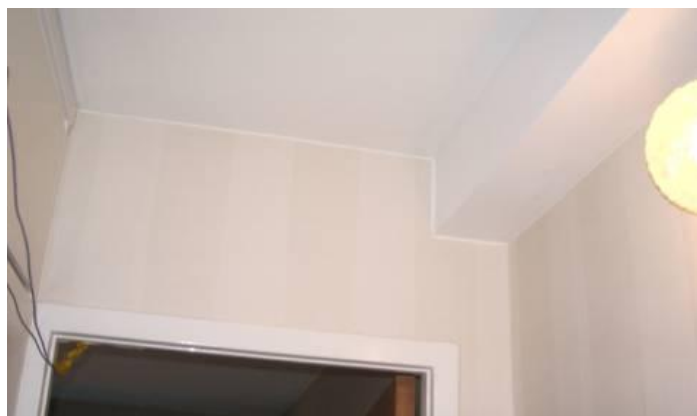
4.1.2 Bagartorpsprojektet i Solna

Solnas kommunala bostadsstiftelse Signalisten äger och förvaltar flerbostadshuset Bagartorp. Huset har 14 våningar och innehåller 87 lägenheter. Den ventilationsprincip som hittills har använts i fastigheten karakteriseras av att fläktar suger ut luften från lägenheterna genom frånluftsdon i kök och badrum och det undertryck som då bildas får utgöra drivkraft för insugning av uteluft genom springventiler eller andra öppningar i ytterväggen (klimatskalet).

Primärt behövs en förbättring av ventilationssystemet för att få ner *radonhalten* i inneluften eftersom byggnaden har gasbetongblock (blå lättbetong) i ytterväggar. Utan fläktstyrd tilluft kan uteluftstillförseln bli mycket ojämn och uteluft direkt utifrån kan saknas helt i flera rum om ett fönster eller en dörr står öppen i ett annat rum. En annan viktig anledning för att ändra ventilationsprincipen är den energibesparing som kan uppnås med värmeåtervinning ur frånluft för uppvärmning av tilluft.

Det nya ventilationssystemet kommer att bli ett balanserat system där det gamla frånluftssystemet kompletteras med ett nytt system för tilluft med fläktar som tillför lika mycket uppvärmd och renad uteluft som tidigare kommit in genom springventilerna. Med denna förändring blir det möjligt att både värma och rena tilluften. Av energibesparande skäl planeras roterande (regenerativa) värmeväxlare med temperaturverkningsgrad på 85 %. Den nya ventilationsprincipen gör det möjligt att fördela tilluften på ett ändamålsenligt och tillförlitligt sätt genom fördelningskanaler som är utförda som spirokanaler inbyggda i gips. Luften tillförs i alla sovrum och i tillräcklig mängd för att hålla en god luftkvalitet. Från sovrummen får luften passera genom springor i överkant eller underkant av dörrar till övriga rum för att slutligen sugas ut genom frånluftsdonen i kök och badrum.

För att prova funktionen med det nya systemet har en lägenhet ställts till förfogande och försetts med fördelningskanaler i lämpliga dimensioner. En provisorisk fläkt som tar luft ifrån trapphuset har anslutits till kanalsystemet. Den mest angelägna åtgärden ansågs vara att visa hur luftflödet kan fördelas till alla delar av lägenheten utan att installationen blir alltför omfattande och störande för hyresgästen. Några av lösningarna som togs fram visas i figur 4.2 och 4.3.



Figur 4.2 Exempel på gipsinklädd spirokanal för tilluft.



Figur 4.3 Exempel på inbyggd fördelningsbox och golvkanal i sovrum

Av de prov som genomförts har det kunnat konstateras att det blir en god spridning av tilluften i rummen och en tillfredsställande luftkvalitet i alla utrymmen av lägenheten. Radonhalten har kontrollerats både före och efter ombyggnaden och ligger i provlägenheten nu långt under det riktvärde på 200 Bq/m^3 som Socialstyrelsen meddelat i allmänna råd 2004:6. Som ett sammanfattande slutomdöme kan sägas att provlägenheten visar att hela ombyggnaden har alla förutsättningar att ge den önskade förbättring av komfort och hygien som varit avsikten med åtgärden.

Ombyggnationen uppges kosta ca 35 000 kr per lägenhet. Värmebesparingen per lägenhet beräknas bli ca 5720 kWh/år, vilket motsvarar ca $71,5 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år. Att besparingen blir så hög beror på högre luftflöden än normalt för att få ner radonhalten i inneluften. (Källa: VVS Tekniska Föreningens tidning *Energi och Miljö* nr 5 & nr 10 2008).

4.1.3 Bostadsrättsföreningen Bågen i Umeå

Bostadsrättsföreningen Bågen (HSB) i centrala Umeå är ett sexvåningshus från 1961 med 82 lägenheter i fyra trappuppgångar, se figur 4.4. Huset är beläget relativt nära järnvägen, som inom en nära framtid beräknas generera mer ljudbuller då Botniabanan tas i fullt bruk. Den framtida ljudbelastningen förväntas bli så stor att Banverket, i förebyggande syfte, finansierat nya ljudisolerande fönster i några byggnader i närheten av bostadsrättsföreningen Bågen.

Bostadsrättsföreningen Bågen hade tidigare frånluftssystem med spaltventiler för tilluft i fönstren, vilket var tvunget att åtgärdas med tanke på de nya omständigheterna beträffande ljudmiljön. Utbyte till ljudisolerade fönster krävde en ny lösning för byggnadens tilluft. Då nya ventiler i den putsade fasaden inte heller var något alternativ med tanke på den förestående bullerproblematiken beslutade föreningen att installera FTX-system.



Figur 4.4 Bostadsrättsföreningen Bågen i Umeå där centrala FTX-system installerats.



Figur 4.5 Centralt FTX-aggregat i apparatrum på vind. Foto: GEA Exhausto



Figur 4.6 Ventilationskanaler i trapphus. Foto: GEA Exhausto



Figur 4.7 Ventilationskanaler i halltak efter ombyggnad med FTX-system.
Foto: ERA Bomäklarna

Installationen av FTX-system påbörjades i slutet av 2007 och färdigställdes i början av 2008. För tilluftskanaler kunde gamla sopnedkast användas. I anslutning till tre av husets fyra trappuppgångar fanns oanvänt utrymme på vinden där de nya FTX-aggregaten (med nöd och näppe) fick rum, se figur 4.5. För den fjärde trappuppgången fick ett nytt rum byggas på vinden och taket fick höjas för att FTX-aggregatet skulle få plats.

Eftersom stambyte av vattenrör hade utförts relativt nyligen fick nyinstallationen av FTX-system göras separat. Det var naturligtvis fördelaktigt att kunna använda befintliga sopnedkast som kanaldragning, men det krävdes ändå håltagning in till lägenheterna, montering och inklädning av kanalerna i lägenheterna samt brandskydd, se figur 4.6 och 4.7. Totalt uppges hela FTX-systemet med installation ha kostat ca 50 000 kr per lägenhet. Källa: GEA Exhausto i Falun.

4.1.4 Bostadsrättsföreningen Ankarstjerna i Karlskrona

På Trossö i södra delarna av Karlskrona ligger bostadsrättsföreningen Ankarstjerna byggd 1963. Ankarstjerna består av fem huskroppar, varav fyra är sammankopplade, är fem våningar högt med 149 lägenheter i sju trapphus. Den totala tempererade arean är 10 500 m². Byggnaden värms sedan 1990 med fjärrvärme via ett konventionellt vattenburet radiatorsystem.



Figur 4.8 Bostadsrättsföreningen Ankarstjerna i Karlskrona, Foto: Warners Ingenjörbyrå

I föreningen finns ett antal eldsjälar som drev igenom att byggnadens energiprestanda skulle förbättras genom att installera:

- nya uteluftsdon (dysdon) och frånluftsdon i WC/Bad (fuktstyrt och minflöde),
- nya spisfläktar (motorkåpa) med överskåp, injustering ventilation,
- bergvärmepump med inkoppling till befintligt värmesystem
- nya tryckstyrda frånluftsfläktar i 9 stycken sugkammare på vinden med återvinningsbatteri som återvinner värmeenergi i frånluften,
- brine-ledningar (vätskekretsar) anslutna mellan bergvärmepumpen i källaren och återvinningsbatterierna på vinden.

Bergvärmepumpen, som försörjer alla fem huskroppar, värmer en ackumulatortank, som förvärmer tappvarmvatten och radiatorvatten som eftervärms av fjärrvärme.

Styruitrustningen prioriterar värme eller tappvarmvatten utifrån vad som ger högst värmefaktor

Värmepumpen är placerad i källaren där den gamla oljepannan tidigare stod. För att reducera bullerspridning ställdes värmepumpen på vibrationsdämpare och anslutningarna är av slang. Enligt uppgift är bullernivån idag inte högre än den var tidigare med oljepannan.

Följande ingrepp gjordes i samband med konvertering till värmepump:

- Dragning av brine-slangar från källare till vind via befintlig rökkanal från tidigare pannrum. Även sopnedkast användes för dragning av brine-slangar.
- Diverse håltagning på vinden till sugkammare samt mellan brandavskilda vindar.
- Brine-slangarna lades i frigolite-kulvert (urfrästa lådor) undernocken på vinden med manuella luftare på lämpliga ställen. Mellan huskropparna drogs vätskekretsarna i befintliga värmekulvertar.

Då brine-systemet baseras på cirkulerande vätska blev kostnaderna för installationsarbetet kraftigt reducerat jämfört med om luftkanaler skulle ha använts. Bergvärmepumpens värmefaktor av tillverkaren vara ca 4,5 för byggnadens rådande förhållanden.

Åtgärderna har tillsammans resulterat i att Ankarstjernas köp av värmeenergi har reducerats med ca 50 kWh/m². Totalt beräknas kostnaderna uppgå till ca 680 000 kr (exkl. moms), dvs. kostnad för apparat, material, installation, driftsättning, mm. Omräknat per lägenhet blir detta ca 4600 kr (exkl. moms). Här bör nämnas att en inte oansenlig mängd ideellt arbete lagts ned. Källa: Warner Ingenjörbyrå samt Carlskrona Installation och Företagstjänst.

4.1.5 Kvarteret Magistern och Myran i Växjö

Växjöhem förvaltar totalt 6635 lägenheter i Växjö. Ett antal av deras flerbostadshus utgörs av i kvarteret Magistern och kvarteret Myran i norra Växjö. Byggnaderna i dessa kvarter är alla likartade 3-våningshus, byggda 1961-1963 med självdragsventilation. Sammanlagt rymmer de aktuella byggnaderna 296 lägenheter, totalt 21 640 m² varav ca 7 % är lokaler. Magistern (byggår 1961-1963) består av 10 byggnader. Myran (byggår 1961) består av två byggnader. I kvarteret Magisterns tre trevåningshus har Växjöhem just konverterat självdragsystem till lägenhetsvisa FTX-system (mekanisk till- och frånluft med värmeåtervinning). Ventilationssystemen i kvarteret Myran konverteras troligtvis under våren 2009.

Anledningen till varför Växjöhem valde att konvertera byggnadernas ventilationssystem till FTX-system är att energideklarationer visat på stor värmebesparingspotential. Växjöhem valde lägenhetsvisa aggregaten av en ny modell, se figur 4.9. Att valet föll just på denna modell berodde, enligt Växjöhem, bl.a. på att aggregatet uppfattades som tyst och vibrationsfritt, sannolikt en konsekvens av att själva fläktarna är relativt stora.



Figur 4.9 Lägenhetsaggregat som placeras ovanför spis.
Foto: Produktinformation - Delivent AB

Uteluften tas från intagsdon i fasaderna via inklädda kanaler till lägenhetsaggregaten, som placerats ovanför spisarna. Frånluften från lägenheterna tas från badrum och kök. Efter att frånluften värmt tilluften i aggregatets roterande värmeväxlare bortförs avluften i gemensamma vertikala kanaler som går genom köken. Den värmda tilluften tillförs

sovrum och vardagsrum med inklädda kanaler och tilluftsdon i taknivå. Växjöhem övervägde alternativet att använda sopnedkassen för kanaldragning, men det visade sig att kanaldragningen blivit för omfattande med en sådan lösning eftersom köken ligger för långt ifrån sopnedkassen.

Enligt Växjöhem kostade konverteringen, inklusive alla omkostnader (el, håltagning, kanaldragning, inkläddning, injustering, mm), ca 67 000 kr/lägenhet (inkl. moms). Av detta utgjordes ca 20-25 % av investeringskostnad för själva aggregaten.

Den energiutredning som ledde fram till investeringsbeslutet visade att konverteringen borde leda till en besparing på ca 35 kWh/m². Den genomsnittliga lägenheten i de aktuella flerbostadshusen är ca 72,5 m² enligt Växjöhem, det innebär att respektive lägenhet enligt beräkningarna kan komma att spara ca 2500 kWh/år. Förutom energibesparing räknar Växjöhem med ett förbättrat termiskt klimat inomhus.

Ombyggnationen tog ca 4 veckor per hus, vilket innebär 6 lägenheter per vecka. I detta ingick dock mer arbete än bara installation av lägenhetsvisa FTX-system. Hyresgästerna uppges vara mycket nöjda med aggregaten, systemen och det termiska klimatet.

4.2 Tidigare genomförda teknikupphandlingar

4.2.1 Bostadsventilation för befintliga flerbostadshus

Teknikupphandlingen avslutades år 2000. Syftet var att initiera en utveckling av bättre system och komponenter för bostadsventilation vid upprustning av flerbostadshus byggda 1940 – 1975. Fem system installerades i provhus. Alla systemen innebar en uppgradering av ventilationsfunktionen. Fyra av systemen var frånluftssystem med spiskåpa alternativt spisfläkt. Det femte systemet, som utgick ifrån ett befintligt självdragssystem, innebar kökskåpor och takplacerade hjälpfläktar. Alla system klarade skallkravet på specifikt elbehov för ventilation, 0,5 kW/(m³s) och fyra även börkravet på 0,35 kW/(m³s). I de tre provhusen, där nya frånluftssystem installerades minskade elanvändningen för ventilation med 100 – 260 kWh/(lgh/år). Tre av systemen klarade inte kravet på osuppfångningsförmåga vid spisen. Enligt en enkätundersökning var de boende nöjdare eller lika nöjda med ventilation efter upprustningen. En jämförelse gjordes med en tidigare genomförd enkätundersökning i Stockholms bestånd av flerbostadshus. Andelen missnöjda med ventilation var lägre i provhusen. Däremot var besvärsfrekvensen för drag högre.

Uppenbarligen var intresset lågt bland ventilationsföretagen vad beträffar utveckling av ventilationssystem för ROT-sektorn. Företag utanför entreprenörsledet verkade ha svårt att utveckla kompletta systemlösningar för ventilation. Tävlingsförslagen kännetecknades mer av senaste nytt än helt nya och oprövade lösningar.

4.2.2 Behovsstyrd ventilation för nybyggda flerbostadshus

Teknikupphandlingen avslutades 2007. Syftet var att initiera en utveckling av nya system för behovsstyrd ventilation för flerbostadshus. Teknikupphandlingen avsåg ett komplett ventilationssystem. Ingen vinnare kunde utses, eftersom bedömningen gjordes

att några krav enligt kravspecifikationen inte helt skulle kunna uppfyllas i en verklig byggnad.

De tre förslagen som kvalificerade sig har ett antal gemensamma utmärkande drag:

- Frånluftsventilation, med utsug från våtrum och kök. Frånluftsfläkten monteras antingen i varje lägenhet eller centralt i byggnaden.
- SFP-värde för fläkt på 0,5 – 1,0 kW/m³/s
- Behovsstyrning av våtrumsventilationen, som innebär automatisk fuktforcering av frånluftsflödet genom ökning av donets öppningsarea. En fuktgivare sitter antingen i våtrummet eller i frånluftkanalen från våtrummet.
- Behovsstyrning av grundventilationen, som innebär att ventilationen sänks från 0,35 l/sm² till 0,10 l/sm², när ingen är hemma. Styrningen sker genom att låsa eller låsa upp inbrottslåset från trapphuset. Om fuktnivån är för hög i våtrummen, så sänks inte ventilationen.
- Behovsstyrning av ventilationen genom spiskåpan, som sker med timerstyrd forcering av luftflödet.
- Uteluften förvärms i en tilluftskonvektor eller radiator.

Två av förslagen byggde på en central fläkt med frånluftsvärmepump, medan det tredje förslaget bygger på en fläkt per lägenhet och saknar värmeåtervinning. Systemen visade sig ha vissa brister i robusthet och estetik. Ett av systemen utvärderades i ett provhus. Dessvärre fungerade behovsstyrningen endast under kortare perioder tillfredställande samtidigt i samtliga lägenheter. Detta berodde på att ventilationssystemet inte gick att justera in tillfredställande, samt att styrningen av bortaventilationen och fuktstyrningen inte var tillräckligt robust. Detta berodde på brister i utformningen av ventilationssystemet i provhuset, som förorsakades av svårigheter att utveckla ett helt system och inte bara en enskild komponent. Dessutom har anpassningen av tävlingsförslaget till normal byggproduktion och de boendes önskemål inte helt lyckats. Någon egentlig utvärdering av behovsstyrd ventilation i fullskala har därför inte kunnat genomföras.

Att så få deltog i tävlingen torde bero på en mycket ambitiös kravspecifikation och att därmed en insats av olika kompetenser krävts, vilket de tävlande inte ställt upp med. Inga av de större ventilationsföretagen deltog.

Övriga slutsatser från teknikupphandlingen är att den ambitiösa kravspecifikationen borde ha utformats bättre på några punkter, nämligen med avseende på utvärdering med enkätundersökning, direkta krav på termisk komfort borde ha ställts, samt direkta krav på utseendet på komponenter synliga i lägenheten. Viktiga parametrar för behovsstyrning av ventilation i bostäder är relativ luftfuktighet, CO₂, närvaro-frånvaro och matos. Behovsstyrningen av den relativa luftfuktigheten i våtrum bör ske med viss automatik, medan brukaren till viss del kan ansvara för övriga parametrar. Värmeenergibesparingen tack vare behovsstyrning av ventilationen blir med stor sannolikhet inte lika stor som för effektiv värmeåtervinningen på ventilationen. Elanvändningen för drift av fläktar kan bli lägre med behovsstyrning.

4.2.3 EU-projektet behovsstyrd hybridventilation för bostäder

Inom EU-projektet (Resyvent = Residential demand controlled hybrid ventilation), som avslutades 2005, genomfördes en teknikutveckling/tävling. Ett svenskt koncept

utvecklades, baserat på en separat frånluftsfläkt för varje lägenhet. Detta gör flödena i lägenheterna oberoende av eventuella störningar från omkringliggande lägenheter under förutsättning att lägenhetsskiljande ytor har god lufttäthet. Fläkten har en inbyggd reglering som håller ett konstant frånluftsflöde 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. Tack vare låga tryckfall, en likströmsfläkt av EC-typ och att fläkten inte alltid behövs blir elanvändningen för ventilation mycket låg. Fläkten används inte när självdraget räcker till för att ventilerat lägenheten. Minskning av energiförlusterna via frånluften är av samma storleksordning, som före ett traditionellt ventilationssystem med traditionell värmeåtervinning.

Inom EU-projektet genomfördes i Sverige även en probleminventering med hjälp av fokusgrupper kring nya lösningar på ventilationssystem i bostäder. Fokusgruppen som bestod av beställare prioriterade i första hand ventilationens funktion, därefter dess utformning och valet av system. Fokusgruppen som bestod av drifttekniker prioriterade utformningen men också ansvarsfrågan.

5. INTERVJUSVAR FRÅN FASTIGHETSÄGARE OCH FÖRVALTARE

För att få en uppfattning av erfarenheter av värmeåtervinningssystem och branschens behov av utveckling av system och komponenter för värmeåtervinningssystem och hur branschen arbetar med frågan idag har ett antal intervjuer genomförts med förvaltare. Syftet med intervjuerna var utöver att få en bild av erfarenheterna av värmeåtervinningssystem även få in synpunkter om behov av teknikupphandling och att informera om att en teknikupphandling eventuellt kan komma till stånd.

Intervjuer har genomförts med följande personer:

- HSB, Lennart Jagemar, Underhållsansvarig i bostadsrättsföreningens styrelse
- Svenska Bostäder, Yngve Gren, Tillförordnad energi- och miljöchef
- Dilligentia Lars Pellmark, Installations- och energiteknikansvarig
- Poseidon, Mattias Wester, Energistrateg
- Gårdstensbostäder, Mikael Pirrosante, Förvaltnings- och fastighetschef
- Bostadsbolaget, Tomas Lepik, Energiexpert
- AP fastigheter, Ulf Näslund, Chef teknik och service
- Familjebostäder, Thomas Wettergren, Energistrateg
- MKB, Egon Lange, Energisamordnare
- HSB, Marcus Johansson, Teknisk förvaltare
- Familjebostäder, Ingvar Andreasson, Teknisk direktör

Intervjuerna har genomförts via telefon och har utgått från frågor enligt bilaga A men har genomförts mer som en bred diskussion.

5.1 Sammanfattning av intervjusvar

Renovering av ventilationssystem genomförs oftast som löpande underhåll pga. uttjänta don, fläktar, kanaler m.m. Ventilationssystemen görs enligt flera av de intervjuade för det mesta mer energieffektiva i samband med renoveringen och ofta övervägs någon form av värmeåtervinning, vilken dock sällan installeras. Främst beror det på en tveksamhet när det gäller lönsamhet pga. av dyra system med dyra service- och underhållskostnader. Underhållet kräver dessutom särskild kompetens hos driftpersonal. Därutöver är värmeåtervinning utrymmeskrävande för både kanaldragning och placering av aggregat. Det är enklare med kanaldragning för lägenhetsvisa aggregat men där tillkommer istället svårigheter med tillgänglighet för service- och underhåll. För system med frånluftsvärmepump anges också argumentet att systemen minskar användning av fjärrvärme på bekostnad av en ökad elanvändning.

De intervjuade har liten erfarenhet från värmeåtervinning i drift och därmed har intervjustudien inte gett något svar på driftserfarenheter.

Det råder stora osäkerheter om funktion, kvalitet och hållbarhet på FTX-system och komponenter. Service- och underhållskostnader är svårbedömda samt att driftpersonalen behöver utbildning för att lära sig att sköta systemen. Fördelar som nämns för FTX-system är att dagens fläktar är mycket energieffektiva.

Begränsningar för system med frånluftsvärmepumpar på marknaden idag är att de har svårt att konkurrera med fjärrvärme samt att det är svårt att samla hela frånluftsfloppet. Begränsningar är främst att det är svårt att utvärdera kvalitet och funktion, vilken lösning som passar samt tveksamhet om utlovad energibesparing verkligen stämmer.

När det gäller prioriteringsordning av energisparåtgärder så kommer installation av värmeåtervinning långt ned på listan.

5.1.1 *Genomförda åtgärder av ventilationssystem*

De stora förvaltarna som intervjuats har genomfört renoveringar av ventilationssystem i ca 20 % av beståndet. Renoveringarna är i huvudsak av löpande underhåll men några har varit i form av större ombyggnad av ventilationssystem. Den huvudsakliga orsaken till renovering är att installationerna är uttjänta och behöver renoveras/bytas ut. Vid utbyte prioriteras ofta energieffektiva komponenter och avsikter finns att renoveringen skall leda till en energibesparing. Även förbättrad inomhusmiljö är en prioriterad fråga vid renovering vilket kan leda till att energianvändningen istället ökar pga. av att översynen har konstaterat att luftflöden måste ökas. De åtgärder som genomfördes på ventilationssystemen var bl.a.:

- Självdrag byts till frånluftsventilation.
- Självdrag uppgraderas till behovsstyrd hybridventilation (fläktförstärkt självdrag).
- Byte av frånluftsfläktar och spiskåpor.
- Byte till varvtalstyrning och eleffektiva motorer.
- Rensning av kanaler och renoverade uteluftsdon.
- Injustering av ventilationsflöden.
- Tryckstyrd ventilation.
- Årstidsanpassning genom att ventilationsflöde sänks vid låga utomhustemperaturer för att kompensera för ökad infiltration.
- Några har bytt frånluftsvärmepumpar.

5.1.2 *Värmeåtervinning övervägs*

Ofta övervägs någon form av värmeåtervinning vid renovering av ventilationssystem, åtminstone vid större renoveringar. De främsta orsakerna till att värmeåtervinning inte var aktuell är att de intervjuade är tveksamma till systemens lönsamhet, speciellt i jämförelse med fjärrvärmesaxor och att det kan leda till en annan fjärrvärmetariff. Apparater, system och installation måste bli billigare för att det skall vara ett reellt alternativ. Värmeåtervinning är dessutom utrymmeskrävande för både kanaldragning och placering av aggregat, vilka därmed kan innebära stora ingrepp i byggnaderna om det överhuvudtaget finns utrymme. Även service och underhållskostnader anses vara höga och kräver ny kompetens hos driftpersonal. En av de intervjuade nämner att de har demonterat befintliga frånluftsvärmepumpar pga. av att de krävde för mycket underhåll. En annan nämner att de kommer att börja installera FTX-system i de byggnader som idag har från- och tilluftssystem och att i en frånluftsventilerad byggnad installeras nu en frånluftsvärmepump.

5.1.3 *Driftserfarenheter och uppföljning*

De intervjuade har i de flesta fall en uppföljning av resultatet från renovering av ventilationssystem som visar på energibesparing. De har dock svårt att säga exakt hur mycket som besparades främst pga. av att även andra faktorer påverkar energianvändningen. Uppföljning under längre tid saknas och det är därför svårt att avgöra om installationernas effektivitet håller över tiden.

De intervjuade har liten erfarenhet från installation av värmeåtervinning. Därmed har intervjustudien inte gett något svar på hur mycket energianvändningen minskat efter installation av värmeåtervinning och heller inget svar på om systemets effektivitet eventuellt minskar med tiden.

5.1.4 Lägenhetsvisa FTX-system

De flesta av de intervjuade har provat på lägenhetsvisa FTX-system i nya byggnader men tycker att det ofta brister i service och underhåll. De boende klarar inte riktigt av att sköta underhållet och centralt är det svårt att sköta pga. att aggregaten är monterade i lägenheter dit tillgängligheten för driftpersonalen är låg.

En av de intervjuade har provat lägenhetsaggregat i några enstaka fastigheter med positivt resultat.

5.1.5 Centrala FTX-system

I befintliga flerbostadshus finns begränsningar främst när det gäller utrymme, lönsamhet, drift, underhåll och tillgänglighet för installation av FTX-system. Ett annat problem som nämns är att det inte är aktuellt att byta fjärrvärmeanvändning mot elanvändning, även om antalet kWh blir lägre. När det gäller utrymmen påpekar de intervjuade att det krävs kreativitet för att hitta lösningar t.ex. genom att använda oanvända barnvagnsrum, installationskupor på tak eller vätskekoppling mellan från- och tilluftsaggregat som då kan placeras på olika platser. Idag finns inte vindar att använda till installationer på samma sätt som det fanns förr och all yta behöver användas för uthyrning. Andra begränsningar är krav på täthet i klimatskal samt ljud- och flödesproblem och att hyresgäster tejpar igen don mm.

Byggtekniska och estetiska begränsningar finns för att på ett enkelt sätt dra kanaler, speciellt genom våningsplan. Även för kanaldragnin g är det viktigt att inte minska uthyrningsbar yta. Här ges förslag på att använda gamla sopschakt och piskbalkonger. Att dra tilluftskanaler utvändigt bedömer de flesta intervjuade som otänkbart ur ett arkitektoniskt perspektiv och mycket svårt att få tillstånd till. Några tror att det möjligtvis går att få igenom i ytterområdena eller om stadsarkitekten får vara med under hela processen.

5.1.6 Utbud av FTX-system och komponenter

De intervjuade ser flera begränsningar med de befintliga lösningar som marknaden erbjuder för FTX-system vid ombyggnation av flerbostadshus. En svårighet är att det finns många olika produkter av aggregat, kanaler, don m.m. men de är inte anpassade för ombyggnad av flerbostadshus, vilket gör det svårt att utvärdera kvalitet och funktion samt avgöra vilken produkt som passar. Här ges mycket onyanserad information från tillverkare och installatörer. Uppgifter om kostnader för reservkomponenter, service och underhållskostnader är knapphändiga vilket gör det svårt att beräkna livscykelkostnader.

De intervjuade anser att tekniken inte är tillräckligt robust och att det råder osäkerhet om komponenters hållbarhet samt att de måste bli enklare för driftpersonalen att lära sig hur systemen skall skötas.

Den främsta nackdelen som nämns för aggregaten är att de är utrymmeskrävande. Om mindre aggregat väljs så blir verkningsgraden för låg. För aggregat som är avsedda att användas i frånluft från kök rekommenderas att de redan från början kompletteras med by-pass för att spara tryckfall då uppvärmning inte behövs.

Väljs lägenhetsaggregat så medför det mycket horisontell kanaldragning som också är utrymmeskrävande. Här blir underhållsfrågan central. Antingen sköter hyresgästen anläggningen eller också driftpersonalen. Båda alternativen innebär problem med att antingen se till att den kunskap som krävs för löpande underhåll finns hos hyresgästen eller att driftpersonal har tillgång till aggregaten för underhåll.

Fördelar som nämns är att dagens fläktar är mycket energieffektiva. För att beställarna skall kunna säkerställa att driftpersonal är utbildad på installationerna föreslås att leverantörer har en genomgång till exempel i samband med garantibesiktning.

Förslag på vad en bra investering för ventilationssystem får kosta är 300-500 kr/m² och ge 5 % avkastning på insatt kapital.

5.1.7 Frånluftsvärmepumpar

Det totala systemet med befintligt uppvärmningssystem anses som en begränsning om frånluftsvärmepump skall installeras. De intervjuade tror inte att frånluftsvärmepumpen har någon framtid i områden med fjärrvärme. De är tveksamma till att byta ut fjärrvärmeanvändning mot elanvändning. Fjärrvärmebolagen börjar införa säsongsberoende taxor vilket gör att fjärrvärme på sommarhalvåret är så billigt att frånluftsvärmepumpen inte blir kostnadseffektiv. Tekniska begränsningar är främst att befintliga flerbostadshus har många frånluftsfläktar vilket innebär stora kanaldragningar för att centralisera frånluftsflödet. I självdragsbyggnader blir det mycket komplicerat. Andra begränsningar är att ackumulatortanken är utrymmeskrävande och att de befintliga radiatorsystemen är dimensionerade för en hög framledningstemperatur.

5.1.8 Utbud av frånluftsvärmepumpsystem

De intervjuade ser ungefär samma begränsningar med marknadens utbud av frånluftsvärmepumpsystem och komponenter som för FTX-system och komponenter. Det är svårt att utvärdera kvalitet och funktion samt att avgöra vilken lösning som passar i vilken typ av byggnad. Tveksamhet råder om de verkligen levererar den energibesparing som utlovas och att underhåll kommer att bli både dyrt och kräva speciell kompetens.

De intervjuade verkar dock ha en större tilltro till dagens teknik av frånluftsvärmepumpar än till FTX-aggregat och de kan tänka sig att använda dem i befintliga flerbostadshus som ligger utanför fjärrvärmeområdet och där det finns möjlighet att centralisera frånluftsflödet.

5.1.9 Prioritetsordning av energisparåtgärder

När det gäller prioritetsordning av olika energisparåtgärder så svarar de intervjuade att de i första hand fokuserar på injustering av värmesystemet. Därefter sker ventilationsåtgärder (som inte innebär någon kanaldragning) eftersom de ofta är

kostnadseffektiva och är viktiga för hyresgästens komfort. Även byggnadstekniska lösningar har prioritet till exempel tilläggsisolering och byte av fönster. Först därefter kommer större åtgärder på ventilationssystemet som kan inkludera värmeåtervinning.

Exempel på åtgärder som redan genomförts i ett antal fastigheter är tilläggsisolering av fasader, byte av eller energiuppgradering av fönster, värme- och ventilationsinjusteringar, datorisering av övervakningssystem och införande av fler mätpunkter, nya maskiner i tvättstuga, nya armaturer och närvarostyrning för belysning, inglasning av balkonger. I många fastigheter har inga egentliga energieffektiviseringsåtgärder genomförts.

6. INTERVJUSVAR FRÅN TILLVERKARE, INSTALLATÖRER OCH ENTREPRENÖRER

För att få en uppfattning av vilka system och komponenter som erbjuds idag och vad branschen ser för framtida teknikutveckling och marknadsförutsättningar för värmeåtervinning vid ombyggnad av flerbostadshus har ett antal intervjuer genomförts. Intervjuerna har dels genomförts med tillverkare och leverantörer av värmeåtervinningsaggregat och frånluftsvärmepumpar, dels med installatörer och entreprenörer som erbjuder ett helt system (projektering, komponenter och installation). Syftet med intervjuerna var också att undersöka om det finns ett intresse för en teknikupphandling.

Följande tillverkare och leverantörer har intervjuats:

- Per Billeros, Kundsupport för större anläggningar, IVT - Tranås
- Per A Gustavsson, Marknadschef, GEA EXOS - Enköping
- Lars-Åke Johansson, Säljare inom region syd, Exhausto - Malmö
- Robert Johansson, Produktchef värmeåtervinning småhus, samt erfarenhet av kompaktaggregat, Systemair - Skinnskatteberg
- Fredrik Karlsson, avd. chef och Ulf Olsson, säljare, Thermia Värme - Arvika
- Fredrik Ljungkvist, Ansvarig för bostadsventilation, Swegon - Kvänum
- Helge Sjöberg, Säljare, Fläkt Woods - Jönköping
- Lars Tylen, Säljare, Rec-Indovent - Mölndal

Följande installatörer och entreprenörer har intervjuats:

- Lars Håkansson och Yngve Berglund, utvecklingsgruppen, YIT - Stockholm
- Jonas Linde, Energiansvarig, Sydtotal - Malmö
- Patrik Nyman, Filialchef, Bravida - Helsingborg
- Andreas Frigård, VD, Energi och miljöteknik - Mölnlycke
- Patrik Broddheimer, VD, Teambuilder - Göteborg
- Sonny Myrefelt, Ordförande i energigruppen inom Skanska Sverige, Skanska Teknik - Solna

Intervjuerna har genomförts via telefon och har utgått från frågor enligt bilaga B och C men har genomförts mer som en bred diskussion.

6.1 Sammanfattning av intervjusvar

De värmeåtervinningsaggregat som finns idag är roterande värmeväxlare (centrala och lägenhetsvisa), korsströmsvärmeväxlare, plattvärmeväxlare och batteriväxlare.

Åsikterna varierar för vilken typ som är lämpligast i flerbostadshus.

Värmepumpstillverkarna säljer fler bergvärmepumpar i kombination med värmeåtervinning i frånluft än frånluftsvärmepumpar.

Idag säljs komponenter för sig och systemlösningen görs av projektör eller installatör i varje byggnad. I några fall har tillverkarna av komponenter nära samarbete med projektörer/installatörer.

Just för kategorin ombyggnad av flerbostadshus är idag marknaden minimal för värmeåtervinning och de intervjuade ser att det här finns en potential för marknadsutveckling. Det är kostnadsaspekter för investering och installation som avgör

vilken ventilationslösning som väljs för varje byggnad medan andra skäl som miljöpåverkan har mindre betydelse. Tillverkare och installatörer anser inte att temperaturverkningsgraden minskar i tiden om ventilationssystemet underhålls på avsett vis med regelbundna byte av filter och rengöring av värmeöverförande ytor och kanaler.

För förbättringar av de produkter som erbjuds ser tillverkarna främst ett behov av att styr- och reglerdelen skall bli enklare att hantera för fastighetsägaren och att det skall vara lättare att koppla installationen till styr- och övervakningssystemet. Dessutom behövs en breddning av sortimentet med flera olika effekter på produkter.

Installatörerna efterfrågar utveckling med högre grad av prefabricering och integrering av styrsystem så att själva ombyggnaden kan snabbas upp, detta för att minska störningsmomentet för hyresgästerna. Installatörerna anser att hitta schakt för tilluft (till exempel gamla sopnedkast) förvisso är svårt, men ändå i många fall inte det största problemet, vilket är att hitta bra, snygg och snabb kanaldragning inne i lägenheterna.

De intervjuade ser att användandet av lägenhetsvisa FTX-system ökar hos vissa fastighetsbolag, andra är mer skeptiska. Tillgängligheten för driftpersonalen kan med den lösningen bli begränsad vilket flyttar över underhåll och serviceansvar på hyresgästen. Här behövs en utveckling på enklare och tydligare underhållsinstruktioner.

Alla intervjuade tycker att det behövs mer värmeåtervinning i befintliga flerbostadshus och är positiva till en teknikupphandling. En teknikupphandling utförs med fördel i någon form av samarbete mellan: tillverkare/installatör/projektör/brandingenjör.

6.2 Intervjusvar från tillverkare och leverantörer

6.2.1 *Dagens komponenter och system*

De produkter som finns för värmeåtervinning idag är aggregat med roterande värmeväxlare, korsströmsvärmeväxlare, plattvärmeväxlare och batteriväxlare. För just flerbostadshus säljer flera tillverkare roterande värmeväxlare men då i kombination med kolfilter eller annan rening så som ozongenerering, medan andra tillverkare rekommenderar batteriväxlare. Värmepumpstillverkarna erbjuder främst bergvärmepumpar i kombination med värmeåtervinning i frånluft till ombyggnation av flerbostadshus. En av de tillfrågade tillverkarna erbjuder både FTX-aggregat och frånluftsvärmepump.

I princip säljs komponenter var för sig och systemet sätts ihop av projektör eller installatör i varje byggnad. I några fall har tillverkarna nära samarbete med projektörer/installatörer. Tillverkarna har oftast komponenter till ventilationssystemet men säljer dem oftast styckevis. Det är projektörens eller installatörens arbete att sätta ihop dem till ett system. System där frånluftfläktar på vind och tak kopplas med vätskebatteri till värmeväxling med tilluft eller värmepump har börjat erbjudas. D.v.s. ett paket med vätskebatteri, styrenhet och brandspjäll för lätt installation med frånluftfläkt.

6.2.2 *Förbättringspotential för systemeffektivitet*

De intervjuade anser att det finns flera förbättringspotentialer och följande nämns:

- Styr- och reglerdelen kan effektiviseras genom förbättring av givare och deras placering. Den kan dessutom bli mer självinstruerande vilket kan minska klagomål på komplexitet och minska underhållet.
- Produkterna skulle behöva göras mindre för att bli lättare att placera. Mindre aggregat betyder dock högre tryckfall och högre driftkostnader vilket samtidigt måste beaktas.
- För de delar som skall placeras i apparatrum och lägenhet kan produkterna göras mer prefabricerade för en lättare och framförallt snabbare installation. På samma vis kan lösningar i lägenheterna göras mer snabbmonterade och standardiserade än idag. Problemet är nog distributionen däremellan och tilluftkanalerna, svårt att standardisera sådant.
- Förbättringspotential finns ofta men brandspekter måste beaktas vilket ibland gör det svårt att hitta bra lösningar.

6.2.3 Återvinningsgradens robusthet

Vid förfrågan om effektiviteten för värmeåtervinning minskar med tiden så svarar tillverkarna att den inte gör det om installationerna underhålls på avsett vis. För värmeöverförande ytor beläggningar av fett eller damm så påverkas effektiviteten. De intervjuade hävdar att aggregaten är väl utprovade och de håller men däremot kan givare för styrning försämrats med tiden vilket kan försämra systemeffektiviteten. De intervjuade har inga specifika exempel på uppföljningar gjorda i befintliga installationer.

6.2.4 Förväntad marknadsutveckling och möjlig utveckling

De intervjuade tror att ombyggnation av flerbostadshus är en marknad som kommer att växa för ventilationslösningar och därmed även värmeåtervinning. Det finns flera möjliga utvecklingsvägar och nedan är några som nämns:

- Enklare styr och regler. Koppling till uppföljning via datoriserade styr- och övervakningssystem.
- Snyggare design på produkterna.
- Breddning av sortimentet med fler storlekar.
- Prefabricering för fläktrum och system för lägenhet.
- Tillverkare och säljare ser att lägenhetsvisa FTX-system ökar. En stor nackdel är underhåll och tillgänglighet. En drivande faktor för god skötsel är att driftel för värmeåtervinningen kan kopplas till att debiteras på hushållsel. Om hyresgästen informeras om vilka konsekvenser det får och hur enkelt det är att själv serva systemet, finns förutsättningar för att den lösningen skall kunna lyckas. Lägenhetsvisa FTX-system kan sannolikt göras enklare att sköta än idag, men det är också en informationsfråga.

6.2.5 *Intresse av teknikupphandling*

Samtliga intervjuade är intresserade av att delta i en teknikupphandlingstävling för system av värmeåtervinning i befintliga flerbostadshus. De har inget emot att samarbeta med installatörer eller projektörer. I processen bör även någon med brandkompetens involveras.

En av de intervjuade påpekar att det kan vara lättare för en installatör att gå in i en tävling genom att samarbeta med en tillverkare än tvärt om. Ofta vill tillverkaren inte förknippas med en installatör eftersom installatörerna ofta är lokala medan tillverkarna säljer produkter i hela landet.

6.3 Intervjusvar från installatörer och entreprenörer

6.3.1 *Installation av värmeåtervinning*

Vid frågan om installation av värmeåtervinning så svarar de intervjuade att de sällan får i uppdrag att installera värmeåtervinning för denna kategori av byggnader. De tror dock att efterfrågan kan komma att öka pga. av energideklarationer och ökade energipriser. Vissa kunder ber om att få en kostnadsberäkning, men tyvärr brukar sådana beräkningar resultera i att fastighetsägaren väljer att inte installera värmeåtervinning, det blir helt enkelt för dyrt.

För att det överhuvudtaget skall finnas en möjlighet att räkna hem en sådan installation krävs det att det genomförs i samband med en större renovering, exempelvis stambyte. Särskilt med tanke på att hyresgästen skall kompenseras med exempelvis en gratis månadshyra så är det viktigt att göra flera saker samtidigt.

I de få uppdrag som de ändå haft finns exempel på frånluftvärmepumpar i befintliga F-system eller FTX-system i byggnader som behöver höga ventilationsflöden t.ex. pga. av radon.

6.3.2 *Rekommendationer av värmeåtervinning*

På frågan om vilket system entreprenörerna själva rekommenderar så rekommenderas centrala FTX-system. Utredningar har visat att FTX-system många gånger bara kan vara aktuella i lite lägre byggnader, byggnader med 3-4 våningar. Varje aggregat kan då försörja två eller tre trappuppgångar. I högre byggnader blir system och schakt för skrymmande, dessutom fås problem med brandfrågan. I högre hus är därför ofta frånluftvärmepump ett bättre alternativ.

Vilket system som de själva rekommenderar beror på vad som blir billigast och bäst för kunden och de har svårt att rekommendera något generellt. Finns endast frånluft så rekommenderas dock främst frånluftsvärmepumpar.

6.3.3 *Vanliga komponenter och system för värmeåtervinning*

Vilket system som är vanligast i de få uppdrag de ändå haft varierar mellan installatörerna med följande svar:

- Vätskekopplade batterier, inte roterande värmeväxlare.
- I den mån det görs är det värmepumpar om det finns frånluftssystem.

- I de fall det finns från- och tilluftssystem installeras roterande värmeväxlare.
- De roterande värmeväxlarna har kommit stark på senare tid eftersom verkningsgraden för dem förbättrats.
- I några fall har värmepumpar installerats.
- Kostnaden avgör vilket system fastighetsägaren väljer.

6.3.4 Utvecklingsmöjligheter för system

Installatörer och entreprenörerna anser att det finns stor potential för att utveckla system med värmeåtervinning i befintliga flerbostadshus. Det är viktigt att utveckla lösningar för att minska störningsmomentet för hyresgästen vid installation. När det gäller schakt för tilluft kan det ofta lösas genom att till exempel använda sopnedkast för kanaldragning (dessa räcker dock inte till i större byggnader). Installatörerna påpekar dock att den stora problematiken är att tillföra luften till respektive rum i lägenheterna. Kanaler måste kläs in och dras genom lägenheter vilket är tidskrävande och det är svårt att få tillgång till lägenheter för den tid som krävs. Installatörerna efterfrågar därför en utveckling med högre grad av prefabricering och integrering av styrsystem så att själva ombyggnaden kan snabbas upp.

När det gäller driften tror installatörerna att fastighetsägarna skulle uppskatta om styr- och reglerdelen kan göras enklare men att det redan idag är relativt enkelt att byta filter.

Installatörerna påpekar att utrymmesfrågan är mycket viktig för fastighetsägarna eftersom installationerna upptar stor uthyrbar area. Det kan tänkas att frånluftvärmepumparna kommer att sälja bra i framtiden eftersom de ofta är mindre skrymmande. En av installatörerna ansåg att dagens system redan är utrymmeseffektiva.

En utveckling mot lägenhetsaggregat med värmeåtervinning har noterats av flera intervjuade när det gäller nybyggnation. En av installatörerna påpekar att de också haft några beställningar på lägenhetsaggregat för ombyggnation, och tom vid nybyggnation. Några menar att den utvecklingen möjligen kommer att bli mer populär framöver i befintliga flerbostadshus.

En av entreprenörerna arbetar med att ta fram ett koncept för miljonprogramsbyggnaderna. I konceptet tar de ett helhetsgrepp som bl.a. inkluderar övervägning av tätning av klimatskal, vilket är en förutsättning för FTX-system. Helhetslösningen kan bl.a. innebära att taken måste höjas för att ge plats för installationer. De förväntar sig att stadsarkitekterna godkänner takhöjning. Från tillverkarna önskar de mer prefabricerade system för just miljonprogramsbyggnaderna.

6.3.5 Återvinningsgradens robusthet

Vid förfrågan om effektiviteten för värmeåtervinning avtar med tiden svarar installatörerna att den temperaturverkningsgraden påverkas negativt av dålig skötsel.

Det är däremot relativt enkelt att hålla värmeåtervinningen konstant genom att regelbundet byta filter och göra rent värmeväxlarna.

6.3.6 *Intresse av teknikupphandling*

Samtliga intervjuade är intresserade av att delta i en teknikupphandlingstävling för system med värmeåtervinning i befintliga flerbostadshus. De har inget emot att samarbeta med tillverkare för att få till bra system.

En entreprenör påpekar att en kunskapsbas där fastighetsägarna informeras om kostnader och besparingspotential skulle behövas för att driva på utvecklingen.

7. MARKNADSANALYS

En översiktlig marknadsanalys har genomförts för att bestämma marknadens storlek dvs. en uppskattning av efterfrågan på värmeåtervinningssystem som uppfyller kraven enligt föreslagen teknikupphandling. Efterfrågan gäller dels uppgradering av befintliga värmeåtervinningssystem dels installation av nya. Hur stor är den totala marknaden dvs. hur många fastigheter är betjänta av ett moderniserat värmeåtervinningssystem? Vilka möjliga energibesparingar finns med bra värmeåtervinningssystem på nationell nivå?

7.1 Sammanfattning

De två största grupperna av flerbostadshus är modernismens (ca 1940 – 1960) med ca 650 000 lägenheter och rekordårens (ca 1960 – 1975) med ca 1 miljon lägenheter. Dessa flerbostadshus är någorlunda enhetliga och ofta i behov av renovering och energieffektivisering. Utgångsläget är en hög energianvändning pga av en värmeisoleringsnivå, som är låg jämfört med dagens flerbostadshus, samt mycket sällan förekommande värmeåtervinning. De flesta husen är anslutna till fjärrvärme. Datoriserade styr- och övervakningssystem är ovanliga. Många fasader och fönster behöver renoveras. Flerbostadshusen byggda 1941-1960 har huvudsakligen självdragsystem och ibland frånluftsventilation. För rekordårens flerbostadshus är situationen den omvända dvs. de har ofta frånluftsventilation. Gemensamt för de två grupperna är ett behov av stambyten som grovt kan indelas i fyra kategorier:

- Stambyten kombinerade med förnyelse av badrummens utrustning och ytskikt.
- Stambyten kombinerade med förnyelse av badrum och annat inre underhåll, främst i köken.
- Stambyten med badrumsförnyelse, annat inre underhåll i lägenheterna och upprustning av t.ex. trapphus, balkonger, fönster och/eller portar.
- Stambyten med följdåtgärder kombinerat med standardhöjande ombyggnadsåtgärder t.ex. installation av hiss.

Lönsamheten förbättras ofta för energieffektivisering om åtgärder genomförs i åtgärds paket i samband med det planerade underhållet .

På 10 års sikt finns en potential på energibesparing av ca 1,6 TWh årligen för installation av värmeåtervinning i samband med renovering (se avsnitt 7.3.5). Men för att realisera denna potential krävs en betydelsefull utveckling av systemlösningar och en kraftig sänkt total kostnad för värmeåtervinningssystem.

7.2 Utmärkande drag för kunder och marknad

Antalet ägare/förvaltare är ca 8 000 och antalet bostadsrättsföreningar är ca 22 000 dvs. totala antalet möjliga kunder är ca 30 000.

Nedanstående avsnitt baseras på en tidigare genomförd studie (Blomsterberg 2005b), där med hjälp av på ett fokusgruppsmöte med fem större ägare/förvaltare av flerbostadshus krav och förväntningar hos kunderna identifierades. Krav och förväntningar är framförallt relaterade till ventilationens funktion och att reducera antalet klagomål på ljud och drag, vilka de vanliga orsakerna till klagomål enligt inneklimatenkätundersökningar bland boende. Ägarna/förvaltarna anser att ventilationssystem skall ha följande utmärkande drag:

- Kontrollerbar ventilation.

- Byggt av kompetent entreprenör.
- Effektiv driftövervakning.
- Flexibelt (anpassbart till individuella behov).
- Tillförlitligt med avseende på luftflöde.
- Ventilationsdon och –kanaler skall vara robusta, estetiska och lätta att underhålla och rengöra.
- Fläktrummen skall vara lättillgängliga och lätta att underhålla
- Kostnaden är viktig, inte minst investeringskostnaden.

Kunderna kan inte delas in i små/stora eller låg/hög kostnadskunder, men olika behov torde skilja kunderna åt t.ex. högre krav på hygieniska funktioner eller högre krav på kontrollerbarhet hos systemen.

Priskänsligheten hos kunderna är ganska stor. Ofta köps det system, som har den lägsta investeringskostnaden, såtillvida det inte finns några värdefulla mervärden t.ex. behovsstyrning, hög energieffektivitet, mycket tyst system. Högkostnadskunderna (slutkunder som är ägare eller bostadsrättsföreningar) är mindre priskänsliga, men nedprioriterar ändå ofta bättre och mer energieffektiva ventilationssystem framför andra krav. Enligt en studie av vad slutkunder är beredda att betala för när det gäller smarta lösningar/funktioner i en ny bostad, så är de beredda att betala för utökat/förbättrat badrum, städvänlighet och avancerat larmsystem (Friedman 2001).

Det finns flera intressenter vad beträffar ventilation, allt från hyresgäster till entreprenörer och beställare. Den mest inflytelserika när det gäller val av ventilationssystem är ofta ventilationsentreprenören, men det kan också vara kunder (ägare/förvaltare). Entreprenören är ofta huvudsakligen intresserad av systemets kostnad. Byggherren är framförallt intresserad av ventilationssystemets funktion/prestanda dvs. få klagomål på ljud och drag. Kostnaden (vanligen investeringskostnaden) är givetvis alltid viktig för byggherren.

Ansvarig för inköp av ett ventilationssystem är vanligen projektgruppen, projektledaren eller i några fall inköpschefen hos byggherren/förvaltaren.

Den viktigaste marknadskanalen för att nå kunderna är under upphandlingsskedet. Utskick av information, annonsering i specialtidsskrifter, evenemang och sponsoravtal är andra kanaler.

Inköpsprocessen innebär ofta att upphandlingen resulterar i upphandling av en entreprenör utan ett tydligt förmedlat funktionskrav på ventilationssystemet dvs. inte upphandling av ett ventilationssystem. Systemet väljs ofta av entreprenören och baseras därför på deras kunskap om olika system. Funktionskrav begränsar entreprenörens val i en totalentreprenad (funktionsentreprenad). I en utförandeentreprenad får entreprenören ofta ett föreskrivet system eller, i sällsynta fall, ett specifikt fabrikat.

7.3 Nuvarande och framtida marknad

I Sverige finns totalt ca 2,4 miljoner lägenheter i flerbostadshus, vilket innebär 176 miljoner m² uppvärmd area. Därutöver finns ca 4 miljoner m² BOA bostadsarea som ingår i lokalbyggnader. Detaljerade uppgifter till detta avsnitt finns i bilaga H.

De två största grupperna av flerbostadshus är modernismens (ca 1940 – 1960) med ca 650 000 lägenheter och rekordårens (ca 1960 – 1975) med ca 1 miljon lägenheter, vars byggnadsteknik och ventilationsteknik beskrivs nedan. Flerbostadshus från denna tidsperiod är någorlunda enhetliga och ofta i behov av renovering.

7.3.1 *Modernismens flerbostadshus*

Modernismens flerbostadshus är framförallt s.k. lamellhus, dvs. friliggande huslängor i flera våningar. Smalhusen (en variant av lamellhusen) dominerade under modernismen. Deras höjd och djup varierades. Djupmålet i Stockholm var 10 – 11 m, i Göteborg 8 – 9 m och i Malmö ca 12 m. Husen kan vara tegel- eller gasbetonghus. Fortfarande under 1940- och 50-talet hade den storskaliga byggnadsindustrins förenklade lösningar ännu inte slagit igenom på bred front. Byggnadstekniken bedrevs fortfarande i hög grad som ett platsbygge med individuella, regionala tillämpningar.

De flesta husen ventileras med självdrag, ca 90 % (ELIB 1993). En del av dessa flerbostadshus har renoverats och därmed fått en uppgradering av ventilationssystemet till s.k. förstärkt självdrag. Byggnormskravet på självdrag var att utsugskanalerna från olika våningsplan eller olika lägenheter inte fick förenas utan skulle var för sig dras upp över byggnadens yttertak. I sovrum i flerbostadshus skulle reglerbart friskluftsintag finnas. Skafferi eller matskåp skulle förses med friskluftsintag. Kök eller kokvrå skulle förses med imkanal för att leda bort fett och ånga. Bad-, toalett- eller duschrum försågs med utsugningskanal.

Användningen av mekanisk frånluftsventilation ökade under perioden (Orestål, 1996). Anledningen var att korta dragningar av ventilationskanaler och inga separata ventilationskanaler från varje lägenhet eftersträvades. Snabbt och rationellt byggande önskades. Vid mekanisk frånluftsventilation krävs att vissa luftmängder kan bortföras från bostadsrum, kök eller kokvrå, badrum, toaletterum, duschrum. Kraven på friskluftsintag är desamma som för självdrag.

7.3.2 *Rekordårens flerbostadshus*

När produktionen under 1950-talets slut och 60-talets början stimulerades reducerades arkitektens variation genom en byggnadsteknik med ökad användning av prefabricerade element. Under denna tidsperiod (ca 1960 – 1975) byggdes också många lamellhus, men med andra produktionsmetoder är tidigare. Taken är plana eller svagt sluttande. Husen är i två eller tre våningar. På 1970-talet byggdes också loftgångshus. Mot slutet av 70-talet återkom sadeltaket, som kan vara ganska brant och ha inredd vind.

Lamellhus under denna tidsperiod (1960 – 1975) har ofta betongstomme. Taken är ofta platta, med invändig avvattning. Tvärgående mellanväggar och gavlar är bärande av betong. Fasaderna är lätta och icke bärande.

Slutligen under 70-talet kom också elementbyggda lamellhus. Fasaderna kunde bestå av bärande sandwichelement. Tvärgående mellanväggselement är också bärande.

Under 60-talet byggdes inte bara lamellhus, utan också skivhus och punkthus. Skivhusen byggdes ofta i en höjd av 8 – 9 våningar. Takkonstruktionen byggdes med ett svagt fall. Mellanväggarna är bärande av 15 cm betong. Punkthusen kan variera i höjd upp till 16 våningar. De har byggnadstekniskt och formmässigt ofta individuella lösningar. Bärande ytterväggar kan vara av platsgjuten betong med utvändig isolering av lättbetong eller murad av lättbetongblock. Bärande mellanväggar är ofta av 20 cm betong i de nedre våningarna och 1-stens tegel i de övre våningarna. Taken är ofta platta.

Dessa flerbostadshus ventileras framförallt med mekanisk frånluft, ca 60 % enligt en undersökning avrapporterad 1993 (ELIB 1993). Omräknat till uppvärmd area motsvarar detta ca 20 miljoner m² eller 280 000 lägenheter. En del av dessa flerbostadshus har renoverats och därmed fått en uppgradering av fläktarna. En del av flerbostadshusen med självdrag har också renoverats och därmed fått en uppgradering av ventilationssystemet till s.k. förstärkt självdrag.

Eftersom många av husen hade i det närmaste platta tak dvs. inget vindutrymme att tala om, så placerades ofta frånluftsfläktarna ute på taket i takhuvar med direktdrift av fläkthjulet (Orestål, 1996). Uteluftsdon saknades ofta och var ersatta av vädringsfönster och vädringsluckor. Under 60-talet kom många ventilationsinnovationer t.ex. nya apparater, nya standarder för kanaler och filter och krav på mätningar av ventilationsflöde med större noggrannhet än tidigare. Kanalernas mått skulle helst minskas jämfört med 50-talet för att utöka uthyrningsbar yta. De olika våningsplanen kopplades samman, vilket innebar att alla kanaler från kök drogs samman till en kanal och på samma sätt drogs alla kanaler från badrum samman. Runda spiralfalsade kanaler började tillverkas. I början av 60-talet läckte kanalerna i genomsnitt ca 30 % av luftflödet. Med bättre packningsmaterial och noggrannare montage har läckaget i nyare kanaler reducerats till dagens läckflöde på 2 – 10 %.

En period under 60-talet premierades FT-system även i bostäder. Dessa system hade ofta något slag av fläktrum på taket. Värmebatteri för förvärmning av luften ingick. Ventilationsanläggningarna på 60-talet möjliggjorde sällan mätningar av luftflöden trots kravet på detta.

7.3.3 *Energianvändning*

Den vanligaste värmekällan för uppvärmning av flerbostadshus är fjärrvärme. 76 % av den totala uppvärmda arean eller 54 % av det totala antalet lägenheter värmdes år 2006 med fjärrvärme (SCB, 2007a). Totalt används 27,9 TWh för uppvärmning av flerbostadshus, varav 24,2 TWh är fjärrvärme.

Den genomsnittliga fjärrvärmeanvändningen år 2006 för alla flerbostadshus med fjärrvärme är 156 kWh/m² och år (ej normalårskorrigerat) eller 163 kWh/m² och år (normalårskorrigerat). Fjärrvärmeanvändning år 2006 är 169 kWh/m² och år (ej normalårskorrigerat) för flerbostadshus byggda under tidsperioden 1941 – 1960, 159 kWh/m² och år (ej normalårskorrigerat) för flerbostadshus byggda under 1961 – 1970, 155 kWh/m² och år (ej normalårskorrigerat) för flerbostadshus byggda under

1971 – 1980. Flerbostadshus byggda efter 2001 har en energianvändning för uppvärmning på ca 125 kWh/ m² och år oavsett uppvärmningssätt.

Därutöver tillkommer fastighets- och hushållselanvändning. Fastighetselanvändning är i genomsnitt 23 kWh/m² enligt Boverket, 2006. Hushållselanvändning är 25 kWh per m²BOA och år enligt Boverket, 2005. Fastighetselanvändning påverkas av huruvida huset har mekanisk ventilation eller inte m.m. Elanvändningen för ventilation kan uppskattas till 20 % av fastighetselanvändningen (Boverket, 2006).

Beräkningar visar att teoretiskt kan 30 – 40 kWh per m²A_{temp} och år minskas genom installation av värmeåtervinning i ett flerbostadshus med frånluft (Bröms och Wahlström, 2008). Detta gäller för flerbostadshus med ventilationsflöden enligt byggregler. För flerbostadshus med högre ventilationsflöden, t.ex. för utvädring av radon, kan besparingspotentialen vara betydligt högre.

Vår nationella målsättning att minska energianvändningen med 50 % till år 2050 innebär att alla befintliga flerbostadshus från modernismen och rekordåren skall minska sin energianvändning med ca 70 -80 kWh per m² och år. För att lyckas med det kan värmeåtervinning vara en viktig åtgärd.

7.3.4 Genomförda renoveringar

Sedan 1995 har 308 000 lägenheter i flerbostadshus byggts om med statligt stöd dvs. i medeltal 24 000 per år (SCB, 2008a). Därutöver torde det finnas ett okänt antal ombyggnader utan statligt stöd. Ca 29 000 lägenheter per år får byggnadslov för renovering (Bostads- och byggnadsstatistisk årsbok, 2007). Ombyggnadsåtgärderna har kategoriserats i olika grupper. De vanligaste ombyggnadsåtgärderna är utbyte av vattenledningar, avloppsledningar, elledningar och hygienutrustning (SCB 2005, SCB 2006, SCB 2007b, SCB 2008b). De flesta av dessa åtgärder är ofta nödvändiga underhållsåtgärder. Det är ingen större skillnad i typ av genomförda åtgärder mellan modernismens (ungefär år 1945 – 1960) och rekordårens (ungefär år 1961 – 1975) flerbostadshus. I ca hälften av flerbostadshusen har ventilationssystemet byts ut. En högre andel av modernismens flerbostadshus har renoverats.

Några av åtgärderna påverkar energianvändningen och om de görs på rätt sätt, så kan de minska energianvändningen. Detta gäller framförallt utbyte av värmesystem, utbyte av värmerör, utbyte av elledningar, utbyte av ventilationssystem och utbyte av köksutrustning. Exempel på ofta lönsamma åtgärder är:

- vidareutbilda den personal som sköter byggnaden,
- tilläggsisolering av vindsbjälklag,
- tätning av otätheter kring fönster,
- modernisering av värmedistributionssystemet,
- se över drifttider för belysning, cirkulationspumpar etc.,
- eleffektivisering av ventilation,
- installation av snålspolande vattenarmatur,
- injustering av värme- och ventilationssystem,
- återvinna värme ur frånluft med installation av värmeåtervinningsaggregat om från- och tilluftskanaler finns eller går att dra kostnadseffektivt.

Exempel på åtgärder som kan vara/är lönsamma i samband med renovering/underhåll:

- tilläggsisolering av fasad,
- byta energislag, t.ex. installera värmepump, byta oljepanna till fjärrvärme,
- byte till lågenergifönster,
- installera från- och tilluftsventilationssystem med värmeåtervinning i kombination med lufttätning,
- återvinna värme ur frånluft med frånluftsvärmepump,
- individuell mätning av varmvatten,
- eleffektivisering av tvättstuga,
- eleffektivisering av hushållselutrustning (framförallt byte av kyl/frys),
- installation av datoriserat styr- och driftövervakningssystem.

7.3.5 *Besparingspotential med installation av värmeåtervinning*

Det har ovan konstaterats att värmeåtervinning i frånluft kan vara en viktig energiåtgärd för befintliga flerbostadshus. För att få kostnadseffektivitet vid installation av värmeåtervinning krävs att den görs i samband med en större renovering. Ungefär 29 000 lägenheter byggs om årligen (Bostads- och byggnadsstatistisk årsbok, 2007). Endast ett fåtal har redan värmeåtervinning. Om värmeåtervinning installerades i alla dessa lägenheter i samband med renovering så ger det en potential för minskning av energianvändning med 0,08 TWh årligen. Om detta återupprepas årligen kommer efter 10 år den årliga energianvändningen för flerbostadshus att vara 0,8 TWh lägre och den totala energibesparingen att vara över 4 TWh för hela tioårsperioden. Fortsätter samma trend i ytterligare 10 år kommer den årliga energianvändningen för flerbostadshus att minska med 1,6 TWh och den totala energibesparingen att vara över 16 TWh för hela tjugofemårsperioden. Med antagen renoveringstakt kommer 24 % av alla befintliga lägenheter att ha renoverats inom en 20 års period.

För att denna potential ska realiseras krävs framförallt att ett antal tekniska hinder kan överkommas samt att den totala kostnadsnivån för installation, drift och underhåll av värmeåtervinningssystemen sänks kraftigt. En teknikupphandling kan ur detta perspektiv vara ett lämpligt nästa steg.

8. UPPLÄGG OCH KRAVSPECIFIKATION FÖR TEKNIKUPPHANDLING

Nedan föreslås omfattning och nivåer på en kravspecifikation på värmeåtervinningssystem för en teknikupphandling. Kravspecifikationen baseras på de kunskaper som erhållits under förstudiens genomförande.

8.1 Allmänt

Målsättningen med en teknikupphandling skulle vara att få branschen att utveckla och erbjuda system med installation av värmeåtervinning i befintliga flerbostadshus som sedan används i en omfattande utsträckning i samband med ombyggnad. Därmed skulle en betydande reduktion av det totala värmebehovet för befintliga flerbostadshus möjliggöras. Teknikupphandlingen bör eftersträva system med en låg elanvändning för ventilation och värmeåtervinning, förbättrad eller bibehållen innemiljö och låg livscykelkostnad.

De krav och önskemål som här föreslås uttrycks i form av ”skall”- resp. ”bör”-krav. Målsättningen är att ange generella ”randvillkor” för inneklimatparametrar och energianvändning med inriktning mot totalfunktionen. ”Skall”-kraven är minimikrav som alltid skall uppfyllas. ”Bör”-kraven behöver ej uppfyllas men kommer att tillgodoräknas vid utvärderingen.

8.1.1 Förutsättningar

Teknikupphandlingen omfattar de system som behövs för värmeåtervinning av ventilationsluft i ett befintligt flerbostadshus. Ombyggnad av befintligt ventilationssystem (självdraags-, F- eller FT-ventilation) för värmeåtervinning ingår.

Utöver kraven i teknikupphandlingen förutsätts att ett fullständigt tävlingsbidrag även omfattar ett i övrigt komplett och väl fungerande värme- och ventilationssystem som uppfyller normkrav vid ändring av byggnad t.ex. varsamhetskrav, tillgänglighet, brandkrav, m.m.

8.1.2 Upplägg

Intervjuer med fastighetsägare och förvaltare har visat att de anser det svårt att avgöra vilket system med värmeåtervinning som är bäst för deras byggnad. Dessutom råder osäkerhet om kvalitet och funktion och om utlovad energibesparing verkligen stämmer samt kostnader. En teknikupphandling bör därför rikta sig mot aktörer som kan erbjuda ett komplett system med projektering, komponenter och installation.

De system som tas fram i teknikupphandlingen bör vara generella för vanligt förekommande hustyper inom den grupp av byggnader som snart kommer att behöva renovering. Intressanta flerbostadshus att rikta teknikupphandlingen mot är smalhus, skivhus och punkthus med självdrags- eller frånluftsventilation byggda 1940 -1960 eller 1960- 1975 (se tabell 8.1).

Tabell 8.1 Vanligt förekommande typer av flerbostadshus 1940 -1975.

Byggår	Hustyp	Ventilationssystem
1940-1960	Smalhus	Självdraagsventilation
	Smalhus	Frånluftsventilation
1960-1975	Smalhus	Självdraagsventilation
	Smalhus	Frånluftsventilation
	Skivhus	Frånluftsventilation
	Punkthus	Frånluftsventilation

En teknikupphandling bör innehålla följande moment:

1. Tävling med utvärdering av koncept för system med hjälp av bedömningar, beräkningar och eventuellt laboratiemätning.
2. De bästa alternativen installeras i provhus (befintligt flerbostadshus) som väljs ut utgående från tabell 8.1.
3. Uppföljning och utvärdering i provhus, vilket förväntas ge bra demonstrationsexempel.
4. Vinnare utses.

För att lyckas med teknikupphandlingen krävs omfattande informationsinsatser:

- Utskick till tänkbara tävlingsdeltagare
- Seminarium riktade till tänkbara tävlingsdeltagare
- Marknadsföring av tekniktävlingen i facktidningar
- Delrapporter dvs. lägesrapporter
- Internetnyhetsbrev till projektdeltagare
- Löpande avrapportering i t.ex. energi & miljö, VVS-Forum
- Seminarier riktade till förvaltare.
- Riktad information till förvaltare.
- Slutrapport för dokumentation av hela projektet

Uppföljningen och utvärderingen i provhus skall ge svar på:

- Brukarnas och förvaltarnas upplevelse av systemets användarvänlighet
- Uppfyllelse i verkligheten av utlovad funktion enligt valda nivåer i kravspecifikationen
- Behov av eventuella förbättringar

8.2 Krav på värmeåtervinningssystem

Föreslagen kravspecifikation innehåller dels överordnande krav och dels specifika funktionskrav.

8.2.1 *Överordnande krav*

Följande överordnande krav **skall** uppfyllas av värmeåtervinningssystemet:

- De tekniska lösningarna skall utformas så att värme återvinns från det ventilerande luftflödet och tillgodogörs byggnaden, när värmebehov (tappvarmvatten och/eller rumsuppvärmning) föreligger.
- Ventilationsanläggningen skall konstrueras så att luftkvalitetskrav enligt BBR inte underskrids.
- Styr- och reglersystem skall utformas med öppen lösning, så att det kan integreras med andra system och komponenter av olika fabrikat och som tillåter anpassningar i efterhand .
- Värmeåtervinningssystemets effektivitet skall gå att mäta kontinuerligt till exempel genom integration med fastighetens styr- och övervakningssystem.
- Systemet skall inte ge upphov till drag från ventilationen och även i övrigt bidra till god termisk komfort.
- Komponenter som är synliga i lägenhet eller trapphus, skall ha en design som kan accepteras av de flesta boende.
- Ombyggnad skall inte förorsaka allvarliga störningar av de boende.
- Komponenterna som ingår i den tekniska lösningen skall vara robusta dvs. fungerar tillfredställande under 10 års drift med normal skötsel och underhåll.
- Drift- och skötselinstruktioner skall ingå. Systemet skall vara utformat så att det är lätt att sköta och underhålla.

8.2.2 *Inneklimatparametrar*

Nedan angivna krav avser vistelsezonen enligt BBR 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
	Halten CO ₂ i inomhusluften får inte överskrida 1000 ppm (max. medelvärde över 12 timmar)	
Luftfuktighet i badrum vid duschning och samtidig torkning av tvätt	Inom max 8 timmar skall relativa fuktigheten understiga 70 % i rummets mest fuktbelastade del (t ex under badkaret)	Inom max 6 timmar skall relativa fuktigheten understiga 70 % i rummets mest fuktbelastade del (t ex under badkaret)
Luft hastighet i vistelsezonen	Vinterfall, max 0,15 m/s Sommarfall, max 0,25 m/s	
Tilluftstemperatur	Min 16 °C	
Luftväxling i lägenheter Uteluftsflöde	Driftsfall: - Normalt 0,35 l/(sm ²) - Forcering, som säkerställer att kraven på uppfångningsförmåga för köksfläkt/spiskåpa och luftfuktighet i badrum uppfylls - Tom lägenhet ≥ 0,10 l/(sm ²) - Sovrum 4 l/(s sovplats)	
Frånluftsflöde	Enligt BBR Råd vid uteluftsflöde 0,35 l/(sm ²) I övrigt anpassat till respektive driftsfall ovan Forcering gäller kök och badrum	Enligt BBR Råd vid uteluftsflöde 0,35 l/(sm ²) I övrigt anpassat till respektive driftsfall ovan
Luftväxling i husets övriga utrymmen	Enligt BBR	

PARAMETER	KRAV	
	Skall uppfyllas	Bör uppfyllas
Luftutbyteseffektivitet	Vardagsrum, sovrum ≥ 40 % Badrum/WC ≥ 49 %	Vardagsrum, sovrum ≥ 49 %
Spridning av lukt till angränsande rum t ex matos skall begränsas.	Enligt BBR Avsiktlig luftförling får endast anordnas från rum med högre krav på luftkvalitet (t ex vardagsrum, sovrum) till rum med lägre krav (t ex kök och hygienrum)	
Uppfångningsförmåga för köksfläkt/spiskåpa	> 75 %	> 90 %
Tryckdifferens inne – ute, Se objektbeskrivning för randvillkor, bilaga .	≤ 15 Pa	≤ 10 Pa
Högsta tillåtna värden på ljudnivå i lägenheten från ventilation (enl. SS 025267)	Klass B	Klass A
Ljuddämpningen mot ute	Samma nivå som före ombyggnad	Lägre nivå än före ombyggnad
Termisk komfort <ul style="list-style-type: none"> • Min operativ temperatur • Max operativ temperatur (Socialstyrelsen Temperatur inomhus, SOSFS 2005:15)	18 °C 24 °C	

8.2.3 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: 0,60 kW/ (m ³ /s) F-system med återvinning: 1,00 kW/ (m ³ /s) FT-system: 1,5 kW/(m ³ /s) FTX-system: 2,0 kW/(m ³ /s)	
Täthet <ul style="list-style-type: none"> Kanaler skall ha erforderlig täthet med hänsyn till ventilation och energikrav För fläktsystem gäller: (täthetsklass enligt VVS AMA) 	X Täthetsklass B Alla kanaler	Täthetsklass C 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 för uppvärmning (rums- och tappvattenvärmning) minskas vid uteluftsflödet 0,35 l/(sm ²) med minst,	30 kWh/m ² A _{temp} , år	
Effektiv elanvändning: Byggnadens behov av fastighetsel ökar inte mer än,	15 kWh/ m ² A _{temp} , år	

8.2.4 Systemstabilitet

PARAMETER	KRAV	
	Skall uppfyllas	Bör uppfyllas
Ventilationssystemet skall tåla störningar t ex öppna fönster	X	
Samverkan värme- och ventilationssystem	Ventilationssystemet med värmeåtervinning får ej förorsaka varaktiga ändringar av rumsluftens temperatur i lägenheterna	

8.2.5 Systemflexibilitet

PARAMETER	KRAV Skall uppfyllas	Bör uppfyllas
Öppen lösning på styr- och reglersystem, som kan integreras med andra system och komponenter av olika fabrikat	X	<input type="checkbox"/>

8.2.6 Drift och underhåll

PARAMETER	KRAV Skall uppfyllas	Bör uppfyllas
Ventilationssystemet skall förses med lättillgängliga nödstopp för de boende	X	<input type="checkbox"/>
Ventilationssystemet inkl. värmeåtervinning skall vara lättillgängligt för injustering, flödeskontroll, rensning och övriga serviceåtgärder med avseende på placering av servicekrävande komponenter samt ergonomiska krav.	X	<input type="checkbox"/>
Mätuttag för flödesmätningar (mätfel $\pm 5\%$) skall installeras i kanaler för varje lägenhet	X	<input type="checkbox"/>
Elektrisk utrustning skall uppfylla EMC-direktivets krav beträffande störningsskydd. (SS-EN 55014, SS-EN 61000-3-3)	X	<input type="checkbox"/>
Drift- och underhållsinstruktioner skall levereras till driftpersonalen innan anläggningen tagits i bruk.	X	<input type="checkbox"/>
Ventilationssystemet skall vara användarvänligt för de boende.	X	<input type="checkbox"/>
Lättförståeliga användarbeskrivningar för de boende skall levereras.	X	<input type="checkbox"/>
Ventilationssystemet skall CE-märkas enligt ASS regler (maskindirektivet)	X	<input type="checkbox"/>

8.2.7 Uppföljning av temperaturer och energianvändning

PARAMETER	KRAV	
	Skall uppfyllas	Bör uppfyllas
Tillufts-, frånlufts-, avlufts- och uteluftstemperaturer i ventilationssystemet	Temperaturgivare, som kan anslutas till SÖ-systemet	<input type="checkbox"/>
Elanvändning för ventilations- och värmeåtervinningssystemet	Elmätare, som kan anslutas till SÖ-systemet	<input type="checkbox"/>

8.2.8 Kostnader

PARAMETER	KRAV	
	Skall uppfyllas	Bör uppfyllas
Redovisa kostnader enligt bilaga	X	<input type="checkbox"/>

9. DISKUSSION OCH SLUTSATS

Beräkningar har visat att installation av värmeåtervinning kan ge besparingar på energianvändning i storleksordningen 30 kWh per m²A_{temp} och år. Marknadsanalysen av installation av värmeåtervinning i samband med traditionell ombyggnad/renovering av flerbostadshus visar att en installation vid alla ombyggnader ger ett betydande bidrag till att uppnå de nationella målen satta till 2050.

Intervjuerna visar att det idag är ovanligt med installation av värmeåtervinning i befintliga flerbostadshus. Det finns ett stort utbud av komponenter på marknaden, som kan behöva en viss teknikutveckling, men framförallt saknas kunskap och utbud av enkla och bra system (projektering, komponenter, installation och förvaltning). Det finns endast ett fåtal exempel på byggnader som har system för värmeåtervinning. De få exempel som finns fungerar hittills bra och är kostnadseffektiva på lite längre sikt eftersom de har genomförts i samband med andra förbättringar på byggnaderna.

I Sverige har vi en kultur inom bygg- och fastighetssektorn som innebär att man ofta vill se goda exempel och höra om positiva erfarenheter innan man själv är mogen att ta steget till nya lösningar. Erfarenheter från installation av värmeåtervinningssystem i befintliga flerbostadshus och dess drift efter några år är liten. Det skulle därför vara önskvärt med demonstrationsexempel som har en fullständig utvärdering på reduktion av energianvändning, kostnadseffektivitet, mätt och av de boende upplevt inneklimat och förvaltarnas och brukarnas tillfredsställelse med lösningen.

Många av modernismens och rekordårens flerbostadshus skall renoveras inom de närmaste åren. Det är då viktigt att betydande energieffektiviseringsåtgärder genomförs eftersom det är i samband med en annan renoveringsåtgärd som dessa kan göras kostnadseffektiva. Installation av värmeåtervinning är en åtgärd med stor potential om byggnadens energianvändning skall kunna sänkas med 50 %, vilket är den nationella målsättningen. Om inte betydande energieffektiviseringsåtgärder genomförs i samband med ombyggnationen så kan det i många fall dröja 40 år innan det är dags för en ny renovering av byggnaden och en ny chans att genomföra kostnadseffektiva energieffektiviseringsåtgärder.

För att få fart på marknaden krävs någon form av påtryckning eller stimulering från myndigheter. En teknikupphandling med syfte att få fler konkurrenskraftiga värmeåtervinningssystem på marknaden för de mest vanliga typer av hus som snart skall renoveras torde därför kunna ge mycket stor effekt. Tidigare resultat från teknikupphandlingar är att den kravspecifikation som tas fram kan användas av fastighetsägare vid beställning. Genom ett lämpligt upplägg på teknikupphandling där utvalda tävlingsbidrag testas i representativa pilotbyggnader kan samtidigt goda demonstrationsexempel med tillhörande utvärdering och driftserfarenheter tas fram.

En teknikupphandling bör rikta sig mot aktörer som kan erbjuda ett komplett system med projektering, komponenter och installation antingen inom den egna organisationen (ventilationsentreprenörer) eller genom samarbete mellan olika aktörer (installatörer, tillverkare, projektörer etc.).

10. REFERENSER

- Blomsterberg, Å., 2005a. Reshyvent – utveckling av behovsstyrd hybridventilation för flerbostadshus. Energimyndigheten.
- Blomsterberg, Å., et al, 2005b. Market survey for demand controlled hybrid ventilation in residential buildings. RESHYVENT, Contract No: ENK6-CT2001-00533.
- Blomsterberg, Å., 2008. Behovsstyrd ventilation i nybyggda flerbostadshus, teknisk funktion och brukarsynpunkter – Resultat från en teknikupphandling. Energimyndigheten.
- Björk, C., Kallstenius, P. och Reppen, L., 2002. Så byggdes husen 1880 ~ 2000 - Arkitektur, konstruktion och material i våra flerbostadshus under 120 år. Formas, T1:1984, Stockholm.
- Bostads- och byggnadsstatistisk årsbok 2007, BO01SA0701, ISSN 1654-0921, ISBN 978-91-618-1361-2, Statistiska Centralbyrån.
- Boverket, 2005. Piska och Morot – Boverkets utredning för energieffektivisering i byggnader. Boverket, Karlskrona.
- Boverket, 2006. Samlingsdokument för referensvärden – Underlagsrapporter för att ta fram referensvärden för energianvändning i befintliga småhus, flerbostadshus och lokaler. Boverket, Karlskrona.
- Bröms, G. Wahlström, Å. 2008, "Energianvändning i flerbostadshus och lokaler - idag och i nära framtid", Elforsk rapport nr: 2008:32.
- ELIB, 1993. Bostadsbeståndets tekniska egenskaper. ELIB-rapport nr 6, Statens institut för byggnadsforskning, Gävle.
- Energi & Miljö, Nr 5, maj 2008 resp. Nr 10 oktober 2008, s. 24-25. Kretz, M. VVS Tekniska föreningen.
- Engvall, K. 2003. A Sociological Approach to Indoor Environment in Dwellings. Department of Medical Sciences, Occupational and Environmental Medicine, Uppsala Universitet
- Friedman, T., Malmberg, A., 2001. Smarta hus - En studie av kundvärde för olika lösningar/funktioner. Examensarbete KTH, Stockholm.
- Lindgren, S., 2000. Bostadsventilation för befintliga flerbostadshus – Slutrapport från teknikupphandlingsprojekt. Energimyndigheten.
- Löfgren, P., 2005. Entreprenörens energiarbete. Sveriges Byggindustrier, oktober 2005.
- Månsson, L.-G., 1998. Obligatorisk ventilationskontroll – Tekniska brister och andel godkända ventilationssystem i bostäder och lokaler. Boverket, Karlskrona, Sweden.
- Orestål, U., 1996. Ventilation förr och nu – En handbok och regelsamling för ventilationskontroll. Svensk Byggtjänst.
- Ruud Svein, 2008, "Beräkningshjälpmedel för energianvändning i nybyggda småhus", TMF-program för energianvändning, version 1-3.xls, Trä och Möbelindustriförbundet
- SCB, 2005. Bygget – ombyggnad och rivning av flerbostadshus 2004. Sveriges officiella statistik statistiska meddelanden BO 21 SM 0501, Statistiska centralbyrån.
- SCB, 2006. Bygget – ombyggnad och rivning av flerbostadshus 2005. Sveriges officiella statistik statistiska meddelanden BO 21 SM 0601, Statistiska centralbyrån.

- SCB, 2007a. Energistatistik för flerbostadshus 2006. Sveriges officiella statistik statistiska meddelanden EN16 SM 0702, Statistiska centralbyrån.
- SCB, 2007b. Byggandet – ombyggnad och rivning av flerbostadshus 2006. Sveriges officiella statistik statistiska meddelanden BO 21 SM 0701, Statistiska centralbyrån.
- SCB, 2008a. Var femte lägenhet i flerbostadshus tillkom genom ombyggnad. Pressmeddelande från SCB, nr 2008:095.
- SCB, 2008b. Byggandet – ombyggnad och rivning av flerbostadshus 2007. Sveriges officiella statistik statistiska meddelanden BO 21 SM 0801, Statistiska centralbyrån..
- Sandberg, Eje. Isaksson, Hans, 1994. ”Effektiv ventilation spar el”. Byggnadsrådet, T11:1994
- SIS, 2008. SS-EN 55014. Elektriska hushållsapparater, elverktyg och liknande bruksföremål - Elektromagnetisk kompatibilitet (EMC)..
- SIS, 1995. SS-EN 61000-3-3. Elektromagnetisk kompatibilitet (EMC) - Del 3: Gränsvärden - Begränsning av spänningsfluktuationer och flimmer i lågspänningsdistributionssystem förorsakade av apparater med märkström högst 16A.
- SIS, 2004. SS 025267:2004. Byggakustik – Ljudklassning av utrymmen i byggnader – Bostäder, Utgåva 3, 2004
- Socialstyrelsen, 2005. Temperatur inomhus. SOSFS 2005:15. ISSN 0346-6000.

Bilaga A: Intervjufrågor fastighetsägare och förvaltare

1. Vad är ditt huvudsakliga arbetsområde?
2. Har ni genomfört renoveringar av ventilationssystemen i bostadsbeståndet?
3. Hur stor andel av beståndet?
4. Vad var orsaken till renoveringarna?
 - a. Bättre inomhusmiljö, energibesparing, utjämnta installationer, annat
5. Vilka åtgärder genomfördes på ventilationssystemet?
 - a. Övervägde ni värmeåtervinning
 - i. FTX eller Frånluftsvärmepump
 - b. Varför var värmeåtervinning aktuellt/inte aktuellt?
 - i. Övervägdes lägenhetsvisa FTX-system?
6. Har uppföljning gjorts? Vad blev i så fall resultatet?
 - a. Hur mycket värmeenergi sparades?
 - b. Håller verkningsgraden för FTX över tiden?
7. Vilket behov av renovering av ventilationssystem finns?
 - a. Är orsaken till behov energibesparing, förbättrad inomhusmiljö, utjämnta installationer, annat?
8. Vilka begränsningar finns för totala system av FTX-system i befintliga flerbostadshus?
 - a. Tekniska, estetiska, utrymme, ekonomiska, service/underhåll
 - b. Vad får en bra investering kosta?
9. Vilka för/nackdelar finns hos marknadens befintliga FTX-system och komponenter vid ombyggnation av flerbostadshus?
 - a. Hur kan de förbättras?
10. Vilka problem finns för totala system av frånluftsvärmepumpar i befintliga flerbostadshus?
 - a. Tekniska, estetiska, utrymme, ekonomiska, buller, service/underhåll
11. Vilka för/nackdelar finns på marknadens befintliga system för frånluftsvärmepumpar?
 - a. Hur kan de förbättras?
12. Hur prioriteras bättre ventilationssystem med värmeåtervinning i förhållande till andra energisparåtgärder?

Bilaga B: Intervjufrågor tillverkare

1. Vad är ditt huvudsakliga arbetsområde?
2. Vilka komponenter och system har ni för ombyggnad eller tillbyggnad av ventilationssystem för att installera värmeåtervinning?
3. Vilka system (paketlösningar) erbjuder/rekommenderar ni?
4. Vilken förbättringspotential finns för systemeffektivitet? (Mindre? Billigare? Enklare UH?)
5. Påverkas återvinningsgraden med tiden?
6. Vilka är de möjliga utvecklingsvägarna?
7. Vad tror ni om den framtida marknaden för paketlösningar i flerbostadshus?
8. Skulle ni vara intresserade av att delta i en teknikupphandling för VÅV i befintliga flerbostadshus?

Bilaga C: Intervjufrågor installatörer och entreprenörer

1. Vad är ditt huvudsakliga arbetsområde?
2. Vilka komponenter och system för värmeåtervinning brukar ni installera i befintliga flerbostadshus?
3. Vilka system (paketlösningar) rekommenderar ni?
4. Tror du system för värmeåtervinning kan bli bättre i framtiden? (billigare, enklare)
5. Påverkas återvinningsgraden med tiden?
6. Ställer ni er positiva till att engagera er i en eventuell framtida teknikupphandling i ärendet?

Bilaga D: Teknikupphandling av bostadsventilation för befintliga flerbostadshus

Bakgrund

Många av de flerbostadshus som uppfördes under senare delen av 1940-talet samt under 1950-talet har nu akut behov av upprustning (Lindgren 2000). Detta är med anledning dels av att husen åldrats, vilket föranleder tekniska upprustningsåtgärder, dels av de övergripande förändringar som successivt skett i samhället med bl.a. ändrade boendevanor och ändrad struktur på hushållen, krav på minskning av energianvändningen och ökade krav på inneklimatet m.m. Bl.a. kan man konstatera att ventilationssystemen ej fungerar tillfredställande, vilket även gäller för miljonprogrammets byggnader. Totalt rör det sig om ca 1,5 miljon lägenheter i flerbostadshusen från perioden 1941-1975, varav endast en mindre del hittills hunnits åtgärdas.

Projektets syfte

Avsikten med projektet har varit att genom teknikupphandling initiera en utveckling av bättre system och komponenter för bostadsventilation vid upprustning av flerbostadshus byggda 1940-75. Projektet avser att utmynna i fem demonstrationsanläggningar i befintliga flerbostadshus.

Genomförande

Teknikupphandlingen har genomförts i tre steg med tekniktävling, entreprenadgenomförande och provning/utvärdering.

Tekniktävlingen startade i april 1997 och deltagande företag fick utarbeta förslag till upprustningsåtgärder för fem utvalda flerbostadshus. Utifrån tävlingsförslagen valdes fyra "finalister" hösten 1997 som fick gå vidare med installation av föreslagna tekniska lösningar i de fem testobjekten under 1998. I fyra av testobjekten installerades härvid frånluftssystem med spiskåpa alternativt spisfläkt. Det femte som hade självdragssystem före upprustningen, förseddes med takplacerad hjälpfläktar och kökskåpor. För att få underlag för bedömning av hur väl de ställda kraven uppfyllts genomfördes energi- och inneklimatmätningar samt enkätundersökningar vintern 1998 och hösten – vintern 1998/99.

Uppföljning av driftdata avseende energianvändningen genomfördes i tre av testobjekten under perioden vintern 1997 t.o.m. vintern 1999. Parallellt utfördes korttidsmätningar av energianvändningen i övriga två testobjekt.

Resultat från inneklimatmätningar

Mätresultaten visar att ett av tävlingsförslagen klarar samtliga skallkrav och de flesta börkraven. Av skallkraven har kravet på osuppfångningsförmåga inte klarats i tre testobjekt. Alla fem tävlingsförslag klarade däremot skallkravet på specifikt eleffektbehov (SFP) 0,50 kW/(m³/s) och fyra testobjekt även börkravet 0,35 kW/(m³/s). För två av testobjekten innebär detta en minskning på ca 65 %.

Enkät svar

I tre av de undersökta husen blev hyresgästerna nöjdare med ventilationen efter upprustningen och i två av husen är andelen i stort sett oförändrad. Andelen missnöjda med ventilationen är också lägre jämfört med referenstal för flerbostadshus i Stockholm.

Det är framförallt besvär av eget matos som minskat. Hyresgäster som fått volymkåpa är generellt mindre nöjda än de som fått spisfläkt installerad.

När det gäller värmen är situationen annorlunda. I tre av husen upplever de boende att värmen i lägenheten på det hela taget försämrats efter upprustningen och i två av husen är den i stort sett oförändrad. Högre besvärnivåer noteras från olika dragkällor. Det gäller framförallt kalla golv och drag från fönster. Värdena efter upprustningen ligger också väsentligt över genomsnittet för Stockholms flerbostadshus.

De boende är alltså i princip nöjda med den nya ventilationen. Däremot har värmekomforten försämrats. Andelen boende med hälsobesvär har i stort inte förändrats mellan undersökningstillfällena och är i allmänhet lägre jämfört med genomsnittet för Stockholms flerbostadshusbestånd.

Besparingar

I tre av testobjekten installerades nya frånluftsfläktar, vilka medförde att elanvändningen minskade med 100-260 kWh/(lgh,år).

Beroende på de otillräckliga luftflödena före upprustningen i tre objekt har energianvändningen för uppvärmning av ventilationsluften ökat. När det gäller de andra testobjekten har energibehovet för ventilation minskat i ett testobjekt och är oförändrat i ett testobjekt.

Livskostnaden för upprustningen av ventilationssystemen uppgår för vinnande tävlingsförslag till 42 000 kr/lgh. Investeringskostnaden utgör ca 40 %, energianvändningen för uppvärmningen av ventilationsluften ca 50 %, fläktel ca 2 % och underhållskostnaden ca 8 %. Investeringskostnaden bedöms vara acceptabel av förvaltaren, vilket innebär samma kostnadsnivå som för konventionella lösningar. Vid större testobjekt bör kostnaderna kunna sänkas.

Slutsatser

Uppenbarligen är intresset lågt bland ventilationsföretagen när det gäller utveckling inom ROT-sektorn, åtminstone var det så år 2000, när rapporten skrevs. Ventilationsföretagen ser ännu inte upprustningen av det befintliga flerbostadsbeståndet som en tillräckligt intressant marknad. Därför krävs stora informationsinsatser vid start av nya teknikupphandlingsprojekt inom området. Företag utanför entreprenörsledet verkar ha svårt för att driva kompletta totaluppdrag, vilket sannolikt har bidragit till det begränsade antalet tävlingsdeltagare. Ett intressant alternativ vore därför att starta med en separat idétävling och sen gå vidare i olika entreprenadprojekt.

Utveckling av nya tekniska komponenter och system är en process, som kräver längre tid än ett teknikupphandlingsprojekt. Detta är anledningen till att tävlingsförslagen kännetecknas mer av senaste nytt än helt nya och oprövade lösningar. Ett flertal bra lösningar bland de olika tävlingsförslagen har dock framkommit, som är till nytta för installationsbranschen och de boende.

En slutsats, som kan dras från projektet, är att med den låga elanvändningen som moderna frånluftsfläktar möjliggör, finns det inte någon anledning från energisynpunkt, att satsa på självdragssystem med hjälpfläktar.

Erfarenheten är låg inom installationsbranschen vad gäller beräkningar av livscykelkostnader.

Bilaga E: Teknikupphandling av behovsstyrd ventilation i nybyggda flerbostadshus.

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 något specifikt system, 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.

Projektets syfte

Avsikten med teknikupphandlingen var att initiera en utveckling av nya system 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, prövas och utvärderas i testobjekt.

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

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, på varken 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 golvyta 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.

Genomförande

Projektet har drivits av WSP (Blomsterberg 2008), 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 laboratorieprovningar 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:

1. Tekniktävling under 1998-2000
2. Provning i provlägenhet under 2000-2001
3. Installation i provhus under 2001-2003
4. 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.

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. Detaljer skiljer sig mellan de olika systemen men principen är att lägsta luftflödet kan erhållas då lägenheten är helt tom. 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
Behovsstyrning ventilation (0,35 till 0,10 l/sm ²), bortaventilation	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

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. Förslag 1 och 7 ger avsevärt lägre energianvändning 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 (ett traditionellt F-luftssystem med spaltventiler och radiatorer) till knappt dubbla kostnaden.

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 och bortaläget, skulle kunna fungera på ett tillfredställande sätt, med reservation för robusthet och estetik.

Resultat från fullskaleförsök i provhus

Förslag 1 installerades i ett provhus. Vid installationen gjordes några avvikelser i verklig installation jämfört med tävlingsförslaget, vilka kan vara av betydelse för funktion och robusthet hos ventilationssystemet:

- inga ventilkonvektorer i sovrum
- ej volymkåpa
- utökat antal spjäll
- avsaknad av drift- och skötselinstruktioner för de boende
- byte av fuktstyrt frånluftsdon

Försökshus och referenshus är i princip identiska, förutom behovsstyrningen i försökshuset. Detta innebär bl.a. i detta fall att hemmaventilationen för referenshuset är större, 35 %, än för försökshuset. 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 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 i provhuset. Detta har resulterat i att behovsstyrningen av ventilationen endast under kortare perioder fungerat tillfredställande samtidigt i alla lägenheterna. Någon egentlig utvärdering av behovsstyrd ventilation i fullskala har därför inte kunnat genomföras.

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.

Slutsatser från teknikupphandlingen

Endast 7 stycken 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 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. 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 anbuden, 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.

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 behovsstyrd ventilation har därför inte kunnat genomföras.

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.

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 mm är tillräckligt låga, så att ventilationens huvudsyfte är att ventilera 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 och robusta komponenter. Dessutom krävs en noggrann injustering och uppföljning av funktionen hos värme- och ventilationssystemet. Vid injusteringen måste hänsyn tas till de boendes önskemål. För att med större säkerhet få ett fungerande ventilationssystem med behovsstyrning i varje enskild lägenhet behövs 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 fläkt för varje lägenhet, vilket gör flödena i lägenheterna oberoende av eventuella störningar från omkringliggande lägenheter under förutsättning att lägenhetsskiljande ytor har god lufttäthet. 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 värmebesparingen tack vare effektiv värmeåtervinning på ventilationsluften. Elanvändningen för drift av fläktar kan bli lägre med behovsstyrning.

Bilaga F: Reshyvent – utveckling av behovsstyrd hybridventilation för flerbostadshus.

Syftet med projektet är att studera, utveckla, bygga och utvärdera ett energieffektivt behovsstyrt hybridventilationssystem för bostäder i norra Europa. Hybridventilation i ett nordeuropeiskt klimat innebär ett ventilationssystem med låga tryckfall och därmed en reduktion av fläktarbetet. Därigenom kan de naturliga drivkrafterna stå för en del av ventilationsarbetet. Behovsstyrd hybridventilation är en lovande princip för framtidens ventilationssystem, där stränga krav på energieffektivitet och luftkvalitet skall uppfyllas.

Projektet ingick i ett EU-forskningsprojekt med 8 deltagande länder; Reshyvent "Cluster Project on Demand Controlled Hybrid Ventilation in Residential Buildings with specific emphasis on the Integration of Renewables". Projektet har genomförts av en svensk industrigrupp med WSP som coach. Utvecklingsarbetet har fått vetenskapligt stöd av olika expertgrupper som studerat inverkan av marknadsförutsättningar (med WSP som projektledare), normer och standarder, designparametrar, beräkningar och funktionsprognoser, kontrollstrategier, möjlighet till integration av förnybar energi, framtagande av specifikationer och referensbestämmelser samt inverkan av stadsmiljö.

Det svenska ventilationskonceptet 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 under förutsättning att lägenhetsskiljande ytor har god lufttäthet (Blomsterberg 2005). 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 förväms 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.

Systemet förväntas minska energiförlusterna via frånluften nästan lika mycket som ett traditionellt ventilationssystem med värmeåtervinning, men med möjlighet att lättare uppnå låg elanvändning (tack vare låga tryckfall och en DC-EC-fläkt), bra användarvänlighet och låg ljudnivå från ventilationssystemet. Ytterligare minskning kan uppnås med ovannämnda värmeväxlare.

En prototyp för behovsstyrd hybridventilation har konstruerats. Laboratieprovningar och beräkningar av komponenter, samt årssimuleringar av en byggnad med prototypsystemet visar att uppställda funktionskrav kan uppfyllas, krav som är relevanta för alla ventilationssystem. Den kalkylerade besparingen är beroende av de boendes beteende och måste testas i fullskaledrift. Marknaden är främst nybyggnad av lägenheter, men kan också vara renovering av befintliga bostäder. Den uppskattade investeringskostnaden för ventilationssystemet (exkl. värmeväxlare) är lägre än för traditionell balanserad ventilation med värmeåtervinning, men högre än för mekanisk frånluftsventilation utan värmeåtervinning.

Bilaga G: Probleminventering med hjälp av fokusgrupper kring nya lösningar på ventilationssystem i bostäder

Syftet har varit att på ett strukturerat sätt få en uppfattning av de problembilder och grundläggande krav som finns för ventilationssystem i bostäder (Engvall 2003). För att uppnå detta syfte har PDS-metoden använts. Denna har inneburit att en referensgrupp av sakkunniga i ämnet har diskuterat fram de problem som dagens ventilationssystem har sett utifrån deras egna perspektiv. Därefter har en intervjuguide sammanställts. Intervjuguiden har sedan använts som utgångspunkt för diskussioner med två fokusgrupper, en med beställare och en med driftstekniker. Resultaten från fokusgrupperna har sedan diskuterats med fokusgrupperna. Det sista steget borde sedan ha varit att utforma en enkät baserad på de sålunda fastställda problempåståenden. Detta för att få ett säkrare underlag. Av kostnadsskäl har dock detta sista steg inte genomförts. Arbetet startade med att en s.k. "sakkunniggrupp" med representanter från myndighets direktiv, beställaren, fastighetsägaren, arkitekten, VVS-konsulten, driftteknikern till brukaren och myndighetskontroll samt VVS-branschen diskuterade fram vilka problemområden som borde diskuteras när det gäller ett framtida system för bostadsventilation. Resultatet blev en intervjuguide där angelägenhetsgraden för varje problemområde fick en sammanlagd vikt utifrån gruppdeltagarnas enskilda vikter (från 1= låg vikt till 5= hög vikt).

Intervjuguiden användes sedan under två fokusgruppsmöten - ett med representanter för beställare (HSB, Riksbyggen, Familjebostäder, SABO) och ett möte med representanter från driftskedet. Efter avslutad diskussion ombads respektive gruppdeltagare värdera hur angeläget det är att respektive problemområde beaktas vid framtagning av ett nytt ventilationssystem samt därefter hur pass väl olika lösningar inom problemområdet fungerar idag.

"Sakkunniggruppen" betonar framför allt vikten att beakta ventilationens betydelse under byggprocessen, därefter själva utformningen och funktionens betydelse men också informationens betydelse. *"Beställargruppen"* satte ventilationens funktion främst, därefter dess utformning och själva valet av system. Ett problemområde som *"beställargruppen"* tog fram och som inte tydliggjordes i intervjuguiden var den s.k. *"marknadens"* betydelse för val av ventilationssystem. *"Driftteknikergruppen"* lyfte fram utformning men också ansvarsfrågan som de mest angelägna att ta tag i. Självklart kan man diskutera såväl överlappning mellan olika begrepp som de hårfina skillnaderna mellan de olika grupperna, men de ger dock en vink om var nyansskillnaderna i åsikterna om vad som anses angelägnast att förbättra i dagens ventilationssystem. Att beställargruppen låg prioriterar informationsproblematiken tvärt emot sakkunniggruppens olika representanter och driftteknikerna är också värt att notera.

Tabell 1 De olika gruppernas värdering av vilken *angelägenhetsgrad* respektive problem område har, redovisad i rangordning (rangordning 1 = högst angelägenhetspoäng) samt genomsnittsvärde för gruppen ifråga (1 = låg angelägenhetsgrad till 5 = hög angelägenhetsgrad).

Problemområde:	Sakkunniga		Beställare		Drifttekniker	
	Rang	Poäng	Rang	Poäng	Rang	Poäng
Utformning	4	3,3	2	4,5	1	4,4
Funktion	2	3,8	1	4,8	3	4,0
Ansvar	5	3,0	3	4,3	1	4,4
Byggprocessen	1	4,0	3	4,3	5	3,6
Ekonomi	5	3,0	4	4,0	6	3,4
Information	3	3,7	5	2,5	4	3,8
Normer och krav	5	3,0	4	4,0	4	3,8
System val	6	2,7	2	4,5	2	4,2
Målkonflikter	5	3,0	4	4,0	2	4,2

Tabell 2 Betygsättning av hur pass väl olika lösningar inom respektive problemområde fungerar idag (1=lågt betyg till 5= högt betyg). Fet stil innebär låga betyg.

Problemområde	Beställare	Drifttekniker
Utformning:		
- don	3,0	3,4
- kanal/schakt/fläktrum	3,8	3,4
Funktion:		
- ljud	-	2,8
- drag	3,2	2,8
- kontrollmöjlighet	3,0	3,6
- kompetens	3,5	2,8
- tillförlitlighet	3,3	3,2
- system	3,3	4,0
Ansvar:		
- myndighet	3,0	3,4
- arkitekt/konstruktör	3,0	3,4
- hantverkare	3,0	3,4
- överlämnandefasen	3,0	2,8
Byggprocessen:		
- samordning	2,8	2,8
- kvalitetsstyrning	2,5	3,2
- kvalitetssäkring	2,5	3,2
- kunskap	2,5	3,0
- entreprenadform	-	3,0
Ekonomi:		
- investeringskostnad	3,3	3,2
- driftkostnad (LCC)	2,5	2,6
Information:		
- brukarna	2,5	2,2
- driftskedet	2,5	2,4
- projekteringskedet	2,5	3,2
Normer och krav:		
- allmänt	4,0	3,2
- luftflöden	2,3	3,4
- energiförbrukning	-	2,8
System val:		
- enkla system	4,5	3,4
- komplexa system	1,3	3,4
- energikrav	3,5	3,0
Målkonflikter:		
- hållbar utveckling	2,0	3,2
- energi och hälsa	2,0	3,4

Bilaga H: Underlag för marknadsanalys

Beskrivning av befintliga flerbostadshus

I Sverige finns totalt ca 2,4 miljoner lägenheter i flerbostadshus, vilket innebär 176 miljoner m² uppvärmd area (SCB 2007a). Därutöver finns ca 4 miljoner m²BOA bostadsarea som ingår i lokalbyggnader.

Tabell 1 Antal lägenheter efter byggår (SCB 2007a).

Byggår	Antal lägenheter
-1940	382 000
1941-1960	646 000
1961-1970	591 000
1971-1980	296 000
1981-1990	210 000
1991-2000	140 000
2001-	45 000
Uppgift saknas	121 000
Totalt	2 431 000

De två största grupperna av flerbostadshus är modernismens (ca 1945 – 1960) och rekordårens (ca 1960 – 1975), vars byggnadsteknik och ventilationsteknik beskrivs nedan. Flerbostadshus från denna tidsperiod är någorlunda enhetliga och ofta i behov av renovering.

Modernismens flerbostadshus

Flertalet av husen byggda under perioden 1941-1960 är s.k. lamellhus (Björck 2002). Det finns två typer av lamellhus dels s.k. tjockhus och dels s.k. smalhus. Smalhusen dominerade under modernismen. Deras höjd och djup varierades. På 1940-talet stabiliserades djupmättet i Stockholm till 10 – 11 m, i Göteborg till 8 – 9 m och i Malmö till ca 12 m. I Malmö och Göteborg accepterades fyra våningar utan hiss, i mellansverige tre. Husen har ofta sopnedkast. Fasaderna är i tegel eller putsade i ljusa kulörer. Sadeltak med tegel täcker ofta husen.

Lamellhusen från 50-talet omgärdar större gårdar och är ofta sammanbyggda över hörn. Lägenheterna kan vara genomgående, men inte alltid utan ofta är det en blandning. Lamellhusen kan vara tegel- eller gasbetonghus. I tegelhusen är ofta vindsbjälklaget av 16 cm armerad betong varpå ligger en fyllning av koksaska och ett lager överbetong. Fönstren har ofta två lufter med kopplade inåtgående bågar. Fasaderna kan bestå av 1-stens modifierat tegel (lättegel eller högporöst tegel) ev. med 5 cm träullsplatta på insidan. Lägenhetsskiljande väggar och ytterväggar är bärande. Våningsbjälklag består av armerad betong ca 16 cm tjock. Källarmuren är av armerad betong ca 25 cm putsad på utsidan ovan mark. Källargolvet består av 10 cm slipad betong gjuten direkt på en uppfyllnad av grus.

Gasbetonghusen har lite annorlunda byggnadstekniska lösningar. Vindsbjälklaget av 14 cm armerad betong varpå ligger en fyllning av 15 cm kutterspån, pappmellanlägg och 10 cm koksaska. Vinden är ofta pga. av takkonstruktionen inte inredd. Fönstren har ofta två lufter med kopplade inåtgående bågar. Fasaderna kan bestå av murade

lättbetongblock 25 x 25 x 50 cm. Lägenhetsskiljande väggar och ytterväggar är bärande. Våningsbjälklag består av armerad betong ca 16 cm tjock. Källarmuren är av armerad betong ca 23 cm.

Dessa flerbostadshus ventileras framförallt med självdrag, ca 90 % enligt en undersökning avrapporterad 1993 (se tabell 2 och 3). Omräknat till uppvärmd area motsvarar detta ca 37 miljoner m² eller 568 000 lägenheter (se tabell 4 och 5). En del av dessa flerbostadshus har förmodligen renoverats och därmed fått en uppgradering av ventilationssystemet till s.k. förstärkt självdrag. Användningen av mekanisk frånluftsventilation ökade under perioden 1945 – 1960 (Orestål 1996). Anledningen var att korta dragningar av ventilationskanaler och inga separat ventilationskanaler från varje eftersträvades. Snabbare och rationellare byggande önskades. Detta resulterade i ökad användning av frånluftsventilation. Byggnormskravet på självdrag var att utsugskanalerna från olika våningar eller olika lägenheter inte får förenas utan skall var för sig dras upp över byggnadens yttertak. I sovrum i flerbostadshus skall friskluftsintag finnas. Intaget skall vara reglerbart. Skafferier eller matskåp skall förses med friskluftsintag. Kök eller kokvrå skall förses med imkanal. Bad-, toalett- eller duschrumb skall förses med utsugningskanal.

Vid mekanisk frånluftsventilation krävs att vissa luftmängder kan bortföras från bostadsrum, kök eller kokvrå, badrum, toaletterum, duschrumb. Kraven på friskluftsintag är desamma som för självdrag.

Rekordårens flerbostadshus

Under denna tidsperiod (ca 1960 – 1975) byggdes många lamellhus, men med andra produktionsmetoder är tidigare. De ofta byggda på plan eller plangjord mark. Husen är parallellställda eller står i rät vinkel mot varandra kring öppna gårdar. Taken är plana eller svagt sluttande och saknar taksprång. Husen är i två eller tre våningar. På 1970-talet byggdes också loftgångshus. Mot slutet av 70-talet återkom sadeltaket, som kan vara ganska brant och ha inredd vind.

Lamellhus under denna tidsperiod (1960 – 1975) har ofta betongstomme. Taken är ofta platta, med invändig avvattning. Tvärgående mellanväggar och gavlar är bärande av betong. Fasaderna är lätta och icke bärande. Dessa lätta utfackningsväggar består av en isolerande regelstomme med gipsskivor på insidan. Fasaden kan på utsidan ha 1/2-stens fasadtegel.

Under tidsperioden producerades ca 300 000 lägenheter i 3-vånings lamellhus. I slutet av perioden byggdes husen ofta källarlösa med platta direkt på mark. Ett typiskt vindsbjälklag består av 12 cm betong med 12 cm mineralull. Fönsterpartierna kan ha separat ventilationsbåge på sidan (vädringslucka). Ytterväggar är vanligen uppbyggda med 4,5 x 9,5 cm regler med mellanliggande värmeisolering av mineralull. Bärande mellanväggar består av 16 cm betong. Rumshöjden är 2,5 m. Våningsbjälklagen består av 16 cm betong.

Loftgångshusen har en annan uppbyggnad. Den stora skillnaden är att baseras på pelare. Pelarna står i fasadliven och i mitten av husen. Utfackningsväggen består av limmade lättbetongblock.

Slutligen under 70-talet kom också elementbyggda lamellhus. Fasaderna består av bärande sandwichelement. Tvärgående mellanväggselement är också bärande. Fasaden är isolerad med 14 cm cellplast. Fönster kan vara av treglastyp.

Under 60-talet byggdes inte bara lamellhus, utan skivhus och punkthus. Skivhusen byggdes ofta i en höjd av 8 – 9 våningar. Takkonstruktionen är med ett svagt fall. Ytterväggar är utförda av 15 cm lättbetong som motgjutits med 15 cm betong. Våningsbjälklagen av 15 cm betong täckt med 3 cm mineralull, 5 cm sand, 5 cm överbetong och linoleum. Mellanväggarna är bärande av 15 cm betong. Skivhusen kan även ha förtillverkade fasadelement. Hela skivhuset kan också vara ett elementbygge. Dessa flerbostadshus ventileras framförallt med mekanisk frånluft, ca 60 % enligt en undersökning avrapporterad 1993 (se tabell 2 och 3). Omräknat till uppvärmd area motsvarar detta ca 20 miljoner m² eller 280 000 lägenheter (se tabell 4 och 5). En del av dessa flerbostadshus har förmodligen renoverats och därmed fått en uppgradering av fläktarna. En del av flerbostadshusen med självdrag har förmodligen renoverats och därmed fått en uppgradering av ventilationssystemet till s.k. förstärkt självdrag. Eftersom många av husen hade i det närmaste platta tak dvs. inget vindutrymme att tala om, så placerades ofta frånluftsfläktarna ute på taket i takhuvar med direktdrift av fläkthjulet (Orestål 1996). Springventiler, som uteluftsdon, ansågs vara ”urmodiga” framförallt ur designsynpunkt. De ersattes därför ofta av vädringsfönster och vädringsluckor.

Under 60-talet kom många ventilationsinnovationer t.ex. nya apparater, nya standarder för kanaler och filter, krav på mätningar med större noggrannhet än tidigare. Kanalernas mått skulle helst minskas jämfört med 50-talet för att utöka uthyrningsbar yta. De olika våningsplanen kopplades samman, vilket innebar att alla kanaler från kök drogs samman till en kanal och på samma sätt för alla kanaler från badrum. Runda spiralfalsade kanaler började tillverkas. I början av 60-talet läckte kanalerna i genomsnitt ca 30 % av luftflödet. Med bättre packningsmaterial och noggrannare montage har läckaget i nyare kanaler reducerats till dagens läckflöde på 2 – 10 %. Vädringsluckorna försågs ofta med filterduk av polyamid.

En period under 60-talet premierades FT-system även i bostäder. Dessa system hade ofta något slag av fläktrum på taket. Värmebatteri för förvärmning av luften ingick. Tilluftsdonen placerades vanligen under radiatorer och den inblåsta temperaturen var låg och hastigheten hög. Kreativa hyresgäster tätade ofta på olika sätt tilluftsdonen. Ventilationsanläggningarna på 60-talet möjliggjorde sällan mätningar av luftflöden. Donen saknade mätuttag, satt ofta direkt på en kanaldel. Det finns därför anledning att förmoda att injusteringarna sällan var exakta, åtminstone före mitten av 70-talet då nordiska injusteringsrapporter om ventilationsmätning kom.

Både vid självdragsventilation och fläktventilation tas luften ut från kök och våtrum. Till sovrum krävs friskluftsintag med en genomskärningsyta på minst 30 cm², som är lätt reglerbar och i stängt läge är tätt enligt BABS 1960.

Tabell 2 Ventilationssystem i flerbostadshus i Sverige, % av uppvärmd area (ELIB 1993). Värdena för perioden efter 1989 är en kvalificerad gissning.

% av area enl. ELIB1993	Självdrag	F	FT
0-1940	76	22	2
1941-1960	88	10	2
1961-1975	38	58	4
1976-1989	6	54	40
1990-2000	0	80	20
2001-2006	0	70	30
0-2006	49	41	11

Tabell 3 Ventilationssystem i flerbostadshus i Stockholm, % (Engvall 2003)

% av	Självdrag	F	FT	Hybridsystem
0-1930	74	20	3	3
1931-1960	61	38	1	0
1961-1975	7	71	20	2
1976-1984	0	36	64	0
1985-1990	0	76	21	3
0-1990	49	41	7	2

Tabell 4 Ventilationssystem i flerbostadshus i Sverige, miljoner m² (ELIB 1993 och SCB 2007a). Värdena för perioden efter 1989 är en kvalificerad gissning.

milj. m ²	Självdrag	F	FT
0-1940	23,0	6,7	0,6
1941-1960	37,6	4,3	0,9
1961-1975	20,5	31,3	2,2
1976-1989	1,7	15,2	11,3
1990-2000	0,0	9,1	2,3
2001-2006	0,0	2,4	1,0
0-2006	82,8	69,0	18,2

Tabell 5 Ventilationssystem i flerbostadshus i Sverige, antal lägenheter (ELIB 1993 och SCB 2007a). Värdena för perioden efter 1989 är en kvalificerad gissning.

Antal lgh, tusental	Självdrag	F	FT
0-1940	290,3	84,0	7,6
1941-1960	568,5	64,6	12,9
1961-1975	280,8	428,6	29,6
1976-1989	21,5	193,3	143,2
1990-2000	0,0	112,0	28,0
2001-2006	0,0	31,5	13,5
0-2006	1161,1	914,1	234,8

Sammanfattningsvis, så har flerbostadshus byggda 1941-1975 en värmeisoleringsnivå, som är låg jämfört med dagens flerbostadshus. Många fasader behöver renoveras, framförallt de som är putsade. Ibland behöver fönster renoveras eller bytas. Flerbostadshusen byggda 1941-1960 har ofta självdragssystem, men ibland mekanisk frånluft. För rekordårens flerbostadshus är situationen den omvända. Värmeåtervinning på ventilationen förekommer sällan. De flesta husen är anslutna till fjärrvärme. Datoriserade styr- och övervakningssystem är ovanliga.

Energianvändning

Den vanligaste värmekällan för uppvärmning av flerbostadshus är fjärrvärme. 76 % av den totala uppvärmda arean eller 54 % av det totala antalet lägenheter värmdes år 2006 med fjärrvärme (SCB 2007a). Totalt används 27,9 TWh för uppvärmning av flerbostadshus, varav 24,2 TWh är fjärrvärme. Den genomsnittliga fjärrvärmeanvändningen för alla flerbostadshus med fjärrvärme är 156 kWh/m²år (år 2006, ej normalårskorrigerat) eller 163 (normalårskorrigerat) kWh/m²år. För flerbostadshus byggda under tidsperioden 1941 – 1960 är motsvarande värde 169 kWh/m²år (år 2006, ej normalårskorrigerat), för tidsperioden 1961 – 1970 159 kWh/m²år (år 2006, ej normalårskorrigerat) och för tidsperioden 1971 – 1980 155 kWh/m²år (år 2006, ej normalårskorrigerat). Flerbostadshusen byggda efter 2001 har en energianvändning för uppvärmning på ca 125 kWh/m²år, oavsett uppvärmningssätt. Därutöver tillkommer fastighets- och hushållselanvändning.

Fastighetselanvändning kan i genomsnitt antas vara 23 kWh/m² (Boverket 2006) och hushållselanvändning 25 kWh/(m²BOA,år) (medel alla flerbostadshus, Boverket 2005). Fastighetselanvändning påverkas av huruvida huset har mekanisk ventilation eller inte m.m. Elanvändningen för ventilation kan utgöra 20 % av fastighetselanvändning.

Genomförda renoveringar

Sedan 1995 har 308 000 lägenheter i flerbostadshus byggts om med statligt stöd dvs. i medeltal 24 000 per år (SCB 2008a). Därutöver torde det finnas ett okänt antal ombyggnader utan statligt stöd.

Ombyggnadsåtgärderna har kategoriserats i olika grupper. De vanligaste ombyggnadsåtgärderna är utbyte av vattenledningar, avloppsledningar, elledningar och hygienutrustning (se tabell 6, tabell 7 och tabell 8 nedan). De flesta av dessa åtgärderna är ofta nödvändiga underhållsåtgärder. Det är ingen större skillnad i typ av genomförda åtgärder mellan modernismens (ungefär år 1945 – 1960) och rekordårens (ungefär år 1961 – 1975) flerbostadshus. I ca hälften av flerbostadshusen har ventilationssystemet byts ut. En högre andel av modernismens flerbostadshus har renoverats.

Tabell 6 Ombyggnadsåtgärder i färdigställda lägenheter, %, i ombyggda flerbostadshus med statligt stöd (2004, 2005, 2006, 2007) under byggnadsperioden 1941 – 1960 (SCB 2005, SCB 2006, SCB 2007b, SCB 2008b).

Obyggnadsåtgärder	2004	2005	2006	2007	Medelvärde
Alla lägenheter	13691	13513	11489	14649	13336
Hissinstallation	11	5	4	6	7
Grundförstärkning	0	0	0	0	0
Stomförstärkning	1	3	4	2	2
Utbyte av värmesystem	10	14	10	18	13
Utbyte av värmerör	24	22	34	28	27
Utbyte av vattenledningar	99	100	100	100	100
Utbyte av avloppsledningar	100	100	100	100	100
Utbyte av elledningar	82	73	80	90	82
Utbyte av ventilationssystem	63	45	59	34	50
Utbyte av hygienutrustning	86	93	89	83	88
Utbyte av köksutrustning	12	11	22	18	15

Tabell 7 Ombyggnadsåtgärder i färdigställda lägenheter, %, i ombyggda flerbostadshus med statligt stöd (2004, 2005, 2006, 2007) under byggnadsperioden 1961 – 1980 (SCB 2005, SCB 2006, SCB 2007b, SCB 2008b).

Obyggnadsåtgärder	2004	2005	2006	2007	Medelvärde
Alla lägenheter	9323	11412	10647	8360	9936
Hissinstallation	7	5	4	8	6
Grundförstärkning	0	0	1	0	0
Stomförstärkning	9	2	7	5	6
Utbyte av värmesystem	16	6	11	18	12
Utbyte av värmerör	24	25	30	34	28
Utbyte av vattenledningar	92	100	100	100	98
Utbyte av avloppsledningar	99	100	98	100	99
Utbyte av elledningar	57	56	76	87	68
Utbyte av ventilationssystem	45	54	47	44	48
Utbyte av hygienutrustning	78	91	90	85	87
Utbyte av köksutrustning	7	13	11	15	11

Några av åtgärderna påverkar energianvändningen och om de görs på rätt sätt, så kan de minska energianvändningen. Detta gäller framförallt utbyte av värmesystem, utbyte av värmerör, utbyte av elledningar, utbyte av ventilationssystem och utbyte av köksutrustning.

Tabell 8 Exempel på åtgärder och dess betydelse för energianvändningen

Ombyggnadsåtgärder	Energibetydelse
Hissinstallation	Innebär ofta en ökning av elanvändningen
Grundförstärkning	
Stomförstärkning	
Utbyte av värmesystem	Kan innebära en sänkning av energianvändningen
Utbyte av värmerör	Kan innebära en sänkning av energianvändningen
Utbyte av vattenledningar	Kan innebära sänkt energianvändning för tappvarmvatten pga. minskad förbrukning av varmvatten
Utbyte av avloppsledningar	
Utbyte av elledningar	Kan innebära byte till eleffektiva belysningsarmaturer
Utbyte av ventilationssystem	Kan innebära en sänkning av energianvändningen
Utbyte av hygienutrustning	
Utbyte av köksutrustning	Innebära en sänkning av energianvändningen, om byte till eleffektiv kyl/ frys sker

Kostnader

Alla energieffektiviseringsåtgärder är inte lönsamma för fastighetsägaren.

Exempel på ofta lönsamma åtgärder, lönsamma för fastighetsägaren, är:

- Tilläggsisolering av vindsbjälklag
- Tätning av fönster
- Modernisering av värmedistributionssystemet
- Stopp av cirkulationspump
- Eleffektivisering av ventilation
- Installation av snålspolande toaletter och vattenarmaturer
- Driftoptimering – injustering av värme- och ventilationssystem

Exempel på åtgärder som kan vara/är lönsamma i samband med renovering/underhåll:

- Tilläggsisolering av fasad
- Installation av värmepump
- Byte till lågenergifönster
- Individuell mätning av varmvatten
- Eleffektivisering av tvättstuga
- Eleffektivisering av hushållselutrustning (framförallt byte av kyl/frys)
- Installation av datoriserat styr- och driftövervakningssystem

Det finns många åtgärder, som har en återbetalningstid på några år (se tabell 9 nedan). Andra åtgärder har en återbetalningstid på flera år, upp till 30 år.

Tabell 9 Exempel på energisparåtgärder med möjlig besparing och återbetalningstid (Löfgren 2005).

	Möjlig besparing relaterad till total energianvändning, %	Ungefärlig återbetalningstid, år	Långsiktig lönsamhet (LCC)
Klimatskal			
Lufttätning fönster, mellan båge och karm	1 - 5	< 2	Mycket lönsamt
Vid byte av fönster väljs U-värde ca 1 W/m ² K	1 - 5	2 – 5	Mycket lönsamt
Dreva fönster, karm-smyg	< 1	< 4	Lönsamt
Tilläggsisolera ytterväggar, färre köldbryggor, mindre värmesystem	1 - 5	7 – 19	Lönsamt
Tilläggsisolera dåligt isolerat vindsbjälklag upp till 500 mm isolering	1 - 5	10 – 30	Lönsamt
Tilläggsisolera befintliga tvåglasfönster till U-värde ca 1 W/m ² K	5 - 10	10 – 30	Lönsamt
Installationstekniska åtgärder			
Byte av glödlampor till lågenergilampor	1 - 5	< 1	Mycket lönsamt
Vid utbyte av uttjänta belysningsarmaturer välj energieffektiva	1 - 5	< 2	Mycket lönsamt
Införa behovsstyrd ventilation framförallt där värmeåtervinning inte finns	5 - 10	< 3	Mycket lönsamt
Byt ut äldre tvågreppsblandare mot vattensnål engreppsblandare	5 - 10	< 3	Mycket lönsamt
Byt ut befintliga äldre frånluftsfälktar till eleffektiva med utetemperaturstyrd tryckreglering	5 - 10	< 4	Mycket lönsamt
Isolera fjärrvärmeväxlare	< 1	< 4	Lönsamt
Injustering av värmesystemet	1 - 5	< 5	Mycket lönsamt
Utförande			
Utbildning av driftpersonal	10 - 15	< 1	Mycket lönsamt

Installation av värmeåtervinning nämns överhuvudtaget inte.