



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



PER FAHLÉN
MARTIN KARLSSON
PETER KOVACS

Värmeåtervinning ur frånluft

R17: 1993

Långtidsfunktion för FIX-
system i småhus

V-HUSETS BIBLIOTEK, LTH



15000

400129258

 BYGGFORSKNINGSRÅDET

Plac: BFR

R17:1993

LUNDS TEKNISKA HÖGS
VÄG- OCH VATTENBYGGNAD
BIBLIOTEKET

VÄREMÅTERVINNING UR FRÅNLUFT

Långtidsfunktion för FIX-system i småhus

Per Fahlén
Martin Karlsson
Peter Kovacs

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
870533-6 från Byggeforskningsrådet till Statens
Provvningsanstalt, Borås.

REFERAT

Under 1983-1990 har SP undersökt tio småhus med mekanisk frånlufts/tilluftsventilation och värmeåtervinning med värmeväxlare (s.k. FTX-system). Syftet med undersökningen har varit att kartlägga funktionen hos värmeåtervinningsaggregat i ventilationsanläggningar med avseende på samverkan mellan värmeväxlare, ventilationssystem och byggnad över långa tidsperioder. Mätningarna har omfattat ljudtryck, tryckdifferenser i byggnaden, luftflöden samt läckage i kanaler och aggregat. Luftflödena har ändrats kraftigt. Frånluftsflödena har i medeltal ändrats med -38 % med individuella variationer i området -2 till -64 %. Tilluftsflödena har i sin tur ändrats med i medeltal ± 0 % med variationer mellan -4 till +7 %. En tilluftsfläkt, vilken hade stannat helt (egentligen -100 %) har räknats bort.

En ylig besiktning och samtal med de boende indikerade att nio av de tio anläggningarna var i relativt gott skick fränsett försmutsade frånluftskanaler. Rengöring av frånluftskanalerna i en anläggning medförde en höjning av frånluftsflödet med 32 %. Temperaturverkningsgraden ökade samtidigt med 7 procentheter. I en annan anläggning rengjordes värmeväxlarenheten, varvid tilluftsflödet ökade med 21 % och frånluftsflödet med 3 %.

Kanaliseringen verkar vara korrekt utförd på de sex anläggningar som har kanalerna dragna utanför klimatskärm. Även med isolering utan uppenbara defekter kan dock värmeförlusterna bli betydande.

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt paper.

R17:1993

**ISBN 91-540-5534-2
Byggforskningsrådet, Stockholm**

gotab 97662, Stockholm 1993

Innehåll		Sida
	Abstract	2
0	Terminologi	5
0.1	Definitioner	5
0.2	Beteckningar	10
	Sammanfattning	13
1	Inledning	14
1.1	Bakgrund	14
1.2	Projektets syfte	18
1.3	Projektbeskrivning	19
1.4	Anläggningsförteckning	19
2	Beskrivning av FTX-system	20
2.1	Rekuperativa värmeväxlare	22
2.2	Regenerativa värmeväxlare	23
2.3	Avfrostning	24
2.4	Isolering	28
2.5	Injustering av luftflöden	29
2.6	Filter	30
2.7	Fläktar	31
2.8	Täthet	32
2.9	Placering av värmeåtervinningsaggregatet	32
2.10	Energibesparing	34
3	Besiktning och mätning	35
3.1	Besiktning	35
3.2	Mätning	36
4	Resultat	42
4.1	Ljudmätningar	42
4.2	Balans mellan till- och frånluftsflöden	43
4.3	Rengöring	44
4.4	Don	47
4.5	Täthet	48
4.6	Isolering	50
4.7	Drift och underhåll	51
4.8	Värmeåtervinningsaggregatens konstruktion och placering	52
4.9	Anläggningarnas status	52
4.10	Energibesparing	53
4.11	Fukt i byggnadsdelar	55

5	Diskussion	57
5.1	Ljudmätningar	57
5.2	Balans mellan till- och frånluftsflöden	57
5.3	Rengöring av filter och kanaler	58
5.4	Don	59
5.5	Täthet	60
5.6	Isolering	61
5.7	Drift och underhåll	62
5.8	Värmeåtervinningsaggregatens konstruktion och placering	63
5.9	Anläggningarnas status	64
5.10	Energibesparing	64
5.11	Fukt i byggnadsdelar	65
6	Slutsatser	66
6.1	Erfarenheter	
6.1	Kritiska funktionsegenskaper	67
6.2	Funktionskriterier och krav	69
7	Referenser	77

Bilagor

1.	Beskrivning av anläggningar, nr 1 - 10	80
2.	Mall för drift och underhåll	112
3.	Indata vid beräkning av energibesparing	132

0 Terminologi

0.1 Definitioner

0.1.1 Ventilation

Följande ventilationstekniska termer baseras på referenserna 5, 11, 14 - 18 samt figur 0.1 nedan.

Avluft

Frånluft som avlämnas i det fria efter passage av luftbehandlingsaggregat.

Frånluft

Luft som bortförs från rum till luftbehandlingsaggregat.

Cirkulationsluft

Luft från rum, som under eventuell behandling passerar luftbehandlingsaggregatets cirkulationsdel och sedan tillförs rummet igen.

Luftbehandling

Uppvärmning, kylning, befuktning eller filtrering av ett styrt luftflöde.

Teoretisk nyttjandegrad

Andel av en period som behov av värmeåtervinning föreligger. Anges som förhållandet mellan teoretiskt möjlig utnyttjningstid och periodens längd.

Tillgänglighet

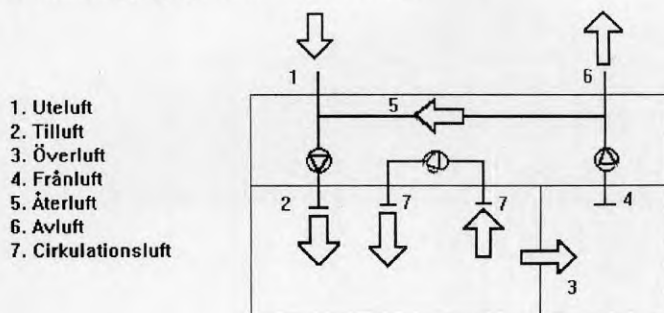
Förhållande mellan verklig utnyttjningstid och teoretiskt möjlig utnyttjningstid

Tilluft

Luft som tillförs rum efter passage av luftbehandlingsaggregat.

Uteluft

Luft i eller från det fria (obehandlad luft från det fria, som tillförs ett luftbehandlingsaggregat eller direkt till rum).



Figur 0.1. Ventilationstekniska beteckningar, SBN 80.

F-ventilation

Ventilationssystem där frånluftsflödet upprätthålls med hjälp av en fläkt. Tilluftsflödet tillförs genom öppningar och otätheter genom det undertryck frånluftsfläkten skapar i hela eller delar av byggnaden.

S-ventilation

Ventilationssystem där frånluftsflödet upprätthålls med hjälp av termiska stigkrafter. Tilluftsflödet tillförs genom öppningar och otätheter genom det undertryck som densitetsskillnaden mellan kall uteluft och varm inomhusluft skapar i hela eller delar av byggnaden.

FT-ventilation

Ventilationssystem där både frånluftsflödet och tilluftsflödet upprätthålls med hjälp av fläktar.

0.1.2 Värmeåtervinning**Entalpiverkningsgrad**

Kvot mellan uppnådd entalpiändring och teoretiskt maximal entalpiändring. Beräknas för tilluften.

Fuktverkningsgrad

Kvot mellan uppnådd fuktöverföring och teoretiskt maximal fuktöverföring. Beräknas för tilluften.

Temperaturverkningsgrad

Kvot mellan uppnådd temperaturändring och teoretiskt maximal temperaturändring. Beräknas för tilluften.

Värmeåtervinningsaggregat

Anordning för värmeöverföring mellan frånluft och tilluft i ett ventilationssystem. Ett värmeåtervinningsaggregat består av ett isolerat hölje och en eller flera värmeväxlare. Aggregatet kan vara utrustat med

- Frånluftsfläkt med motor
- Tilluftsfläkt med motor
- Filter för från- och/eller tilluft
- Värmare för uppvärmning av tilluft före och/eller efter värmeväxlare
- Anordning för avfrostning av frånluftsdel
- Styr- och säkerhetsutrustning
- Kondensvattenavlopp

Värmeåtervinningsaggregat kan indelas i följande kategorier med hänsyn till funktionsprincip.

Tabell 0.1. Klassificering av värmeåtervinnare.

Kategori	Funktionsprincip
<p>I Statiska värmeåtervinnare med skiljevägg</p> <p>a) Utan fuktöverföring (t.ex. plattvärmeväxlare)</p> <p>b) Med fuktöverföring</p>	<p>Värmeväxling sker medelst konvektion och ledning genom skiljeväggen mellan från- och tilluftssida. Vid vissa driftbetingelser är ytterligare värmeåtervinning möjlig genom avfuktning av frånluften. Med speciella (t.ex. porösa) skiljeväggar kan även fuktöverföring ske.</p>
<p>II Statiska värmeåtervinnare med mellanmedium</p> <p>a) Utan fasväxling (t.ex. batterivärmeväxlare)</p> <p>b) Med fasväxling (t.ex. värmerör, "heat pipe")</p>	<p>Värmeväxling sker medelst konvektion och ledning genom skiljeväggar via ett mellanliggande, värmebärande medium med eller utan fasväxling</p> <p>Vid värmeåtervinnare utan fasväxling är mellanmediet i regel vätska, vid fasväxling vätska - gas.</p>
<p>III Cykliska värmeåtervinnare med ackumulerande massa</p> <p>a) Icke hygroskopiska</p> <p>b) Hygroskopiska (t.ex. roterande värmeväxlare)</p>	<p>Värmeväxling sker genom att en värme- och eventuellt fuktackumulerande massa kontinuerligt eller intermittent upptar värme ur ena luftströmmen och avger det till den andra. Vid vissa driftbetingelser är fuktöverföring genom fasväxling möjlig. Med hygroskopiskt material i växlaren sker fuktöverföring även genom adsorption.</p>
IV Övriga	

0.1.3 Beständighet

Nedanstående termer är hämtade från Bankvall et al (ref. 1) och bygger till stor del på dokumentet RILEM 71-PSL/CIB W80 "Prediction of Service Life of Building Materials and Components" och ASTM E 632.

Användbarhet (serviceability)

Förmåga hos produkt, komponent, konstruktion etc. att uppfylla de funktioner för vilka den är avsedd och konstruerad.

Belastningsfaktor (stress factor)

Påverkan härrörande från yttre belastning - statisk eller periodisk.

Beständighet (durability)

Förmågan hos produkt, komponent eller material att bibehålla sin användbarhet. Beständighet är en relativ term.

Biologisk påväxt (biological growth)

Tillväxt av organismer, vanligtvis svampar (mögel) eller alger, på ett föremål.

Egenskapsprovning (property measurement test)

Provning (mätning) avseende en eller flera egenskaper, vanligtvis fysikaliska.

Funktionskrav (performance requirements)

En kvantitativ angivelse av krav och betingelser, som skall uppfyllas i någon viss tillämpning.

Funktionskriterium (performance criterion)

En kvantitativ angivelse av nivå för någon funktionsegenskap.

Försämring (deterioration)

Den process som orsakar att något minskar i kvalitet eller värde.

Kritisk funktionsegenskap (critical performance property)

En egenskap - hos produkt, komponent eller material - som måste bibehållas över en viss miniminivå för att funktionsförmågan inte skall förloras.

Anm. Vad som är kritisk nivå beror på tillämpningen i det enskilda fallet.

Livslängd (service life)

Den tidslängd - räknat från installationsögonblicket - under vilka alla egenskaper överskrider acceptabel miniminivå. Underhåll i på förhand angiven omfattning antas därvid utföras. Livslängd är en absolut term.

Nedbrytningsmekanism (degradation mechanism)

Det förlopp av kemiska och/eller fysikaliska förändringar, som lett fram till det stadium av nedbrytning som observeras i det enskilda fallet.

Anm. Definitionen är här inte trogen mot källan, som är ganska ospecifik.

Nedsmutsning (dirt and debris collection)

Process som innebär att främmande material, d.v.s. inte härrörande från biologisk påväxt eller underlaget självt, fastnar på eller bäddas in i ytskiktet på något föremål.

Provning för livslängdsbedömning (predictive service life test) eller provning för livslängdsprognos

Provning innefattande såväl egenskapsmätning som åldring syftande till att förutsäga (prognosticera) livslängd. Tidsåtgången är kort jämfört med förväntad livslängd.

Väderfaktor (weathering factor)

Påverkan härrörande från den naturliga miljön med alla dess komponenter: väderlek, årstids- och dygnsvariation, föroreningar, vind och snö etc.

Åldringsprovning (ageing test)

En provning i vilken ett provföremål utsätts för påverkan av faktorer, som tros orsaka nedbrytning.

0.2 Beteckningar

Nedanstående beteckningar härrör från SP-Metod 0029 (Fahlén, ref. 5).

0.2.1 Index

För beteckningarna används följande index.

A	Avluft
avfr	Avfrostning
C	Cirkulationsluft
d	Daggpunkt
e	Elektrisk
F	Frånluft
f	Fläkt
I	Inomhusluft
i	Inre (tryckdifferens)
in	Inloppssida
L	Luft
l	Läckage, luft
m	Mass (flöde)
max	Maximal
s	Standardiserad (driftpunkt)
s	Statiskt (tryck)
T	Tilluft
U	Uteluft
ut	Utloppssida
ute	Utomhustillstånd
v	Volym (flöde)
v	Våt (temperatur)
y	Ytre (tryckdifferens)

0.2.2 Specifik värmekapacitet, c_p

c_{pA}	Specifik värmekapacitet, avluft
c_{pC}	Specifik värmekapacitet, cirkulationsluft
c_{pF}	Specifik värmekapacitet, frånluft
c_{pT}	Specifik värmekapacitet, tilluft
c_{pU}	Specifik värmekapacitet, uteluft

0.2.3 Specifik entalpi, h

h_A	Specifik entalpi, avluft
h_C	Specifik entalpi, cirkulationsluft
h_F	Specifik entalpi, frånluft
h_T	Specifik entalpi, tilluft
h_U	Specifik entalpi, uteluft

0.2.4 Tryck, p

P_a	Statiskt tryck
Δp_C	Tryckdifferens, cirkulationsluft
Δp_F	Tryckdifferens, frånluftssidan
Δp_T	Tryckdifferens, tilluftssidan

För differenser gäller att "+" indikerar tryckökning och "-" indikerar tryckfall.

0.2.5 Effekt, P

P_{1C}	Avgiven värmeeffekt till cirkulationsluft
P_{2F}	Upptagen värmeeffekt i värmeväxlaren ur frånluften
P_{1T}	Avgiven värmeeffekt i värmeväxlaren till tilluften
P_{efC}	Elektrisk driveffekt, fläkt, cirkulationsluft
P_{eff}	Elektrisk driveffekt, fläkt, frånluft
P_{effT}	Elektrisk driveffekt, fläkt, tilluft
P_{avfr}	Tillförd effekt för avfrostning
P_{tva}	Tillsatseffekt

0.2.6 Värme, Q

Q_{1C}	Avgivet värme till cirkulationsluft
Q_{2F}	Upptaget värme i värmeväxlaren ur frånluften
Q_{1T}	Avgivet värme i värmeväxlaren till tilluften
Q_{avfr}	Tillförd värme för avfrostning
Q_{tva}	Tillsatsvärme

0.2.7 Flöde, q

q_v	Volymflöde
q_m	Massflöde
q_{vC}	Volymflöde, cirkulationsluft
q_{vF}	Volymflöde, frånluft
q_{vT}	Volymflöde, tilluft
q_n	Nominellt luftflöde
q_{et}	Volymflöde, externt läckage
q_{it}	Volymflöde, internt läckage

0.2.8 Temperatur, t (Celcius), T (absolut)

t_{Cin}	Temperatur, ingående cirkulationsluft till aggregat
t_{Cut}	Temperatur, utgående cirkulationsluft från aggregat
t_{Fin}	Temperatur, ingående frånluft till aggregat
t_{Fut}	Temperatur, utgående frånluft från aggregat
t_{Tin}	Temperatur, ingående tilluft till aggregat
t_{Tut}	Temperatur, utgående tilluft från aggregat
t_{dFin}	Daggpunktstemperatur, ingående frånluft till aggregat
t_{dFut}	Daggpunktstemperatur, utgående frånluft från aggregat
t_{vFin}	Våt temperatur, ingående frånluft till aggregat
t_{vFut}	Våt temperatur, utgående frånluft från aggregat
t_{ute}	Temperatur, utomhus

0.2.9 Arbete (mekanisk eller elektrisk energi), W

W_{efC}	Elektrisk drivenergi, fläkt, cirkulationsluft
W_{eff}	Elektrisk drivenergi, fläkt, frånluft
W_{effT}	Elektrisk drivenergi, fläkt, tilluft

0.2.10 Verkningsgrad, η

η_f	Verkningsgrad för fläktar
η_h	Entalpiverkningsgrad med avseende på tilluften
η_t	Temperaturverkningsgrad med avseende på tilluften
η_x	Fuktverkningsgrad med avseende på tilluften

0.2.11 Densitet, ρ

ρ_{Fin}	Densitet, ingående frånluft till aggregat
ρ_{Tin}	Densitet, ingående tilluft till aggregat

0.2.12 Fukt, φ

φ_F	Relativ luftfuktighet, frånluft
φ_U	Relativ luftfuktighet, uteluft
u	Fuktkvot

0.2.13 Tid, τ **0.2.14 Övrigt**

ATF	Air Transport Factor
BFR	Statens Råd för Byggnadsforskning
BUD	Beständighet, underhåll och drift
d	Analog skaldel
d_d	Digital skaldel
FTX	Frånluft/tilluftventilation med värmväxlare
N	Teoretisk nyttjandegrad
SP	Statens provningsanstalt

Sammanfattning

Under 1983-1990 har SP undersökt tio småhus med mekanisk frånluft/tilluftventilation och värmeåtervinning med värmeväxlare (s.k. FTX-system). Syftet med undersökningen har varit att kartlägga funktionen hos värmeåtervinningsaggregat i ventilationsanläggningar med avseende på samverkan mellan värmeväxlare, ventilations-system och byggnad över långa tidsperioder. Resultat från mätningar och besiktningar har analyserats med avseende på olika parametrars inverkan på systemets långsiktiga funktion. Med ledning av resultaten lämnas förslag till lämpliga intervall för regelbunden översyn och hur denna översyn bör utformas för att bibehålla anläggningens funktion.

Mätningarna har omfattat ljudtryck, tryckdifferenser i byggnaden, luftflöden samt läckage i kanaler och aggregat. Ljudmätningar i sovrum 1983 respektive 1989 visar att samtliga hus uppfyller kraven enligt Svensk Byggnorm 1980. Under den femårsperiod som varat mellan de båda mättillfällena har ljudtrycksnivån varit oförändrad eller ökat svagt. Luftflödena har däremot ändrats kraftigt. Frånluftsflödena har i medeltal ändrats med -38 % med individuella variationer i området -2 till -64 %. Tilluftsflödena har i sin tur ändrats med i medeltal ± 0 % med variationer mellan -4 % till +7 %. En tilluftsfläkt, vilken hade stannat helt (egentligen -100 %), har räknats bort.

En ytlig besiktning och samtal med de boende indikerade att nio av de tio anläggningarna var i relativt gott skick fränsett försmutsade frånluftskanaler. En av anläggningarna var emellertid i mycket dåligt skick. Tilluftsfläkten hade stannat helt, växlarpaketet var inte fixerat och drift- och underhållsinstruktioner saknades helt.

Rengöring av frånluftskanalerna i en anläggning medförde en höjning av frånluftsflödet med 32 %. Temperaturverkningsgraden ökade samtidigt med 7 procentenheter. I en annan anläggning rengjordes värmeväxlarenheten varvid tilluftsflödet ökade med 21 % och frånluftsflödet ökade med 3 %.

Kanalisoleringen verkar vara korrekt utförd på de sex anläggningar som har kanalerna dragna utanför klimatskärmen. Även med isolering utan uppenbara defekter kan dock värmeförlusterna bli betydande. Förlusterna har emellertid inte mätts i detta projekt.

Med ledning av erfarenheterna från detta och tidigare genomförda projekt har ett förslag till mall för drifts- och skötselinstruktioner tagits fram. Informativa instruktioner, som brukaren verkligen tar del av, är en förutsättning för att bibehålla en tillfredställande funktion på FTX-system. En ytterligare förutsättning är att installationerna är så utförda att föreskrivet underhåll och injustering verkligen kan utföras.

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Byggnader och deras installationer representerar mycket stora fasta värden. För en privatperson utgör köpet av en villa i de flesta fall den största investering som personen ifråga gör under sin livstid. Det är därmed naturligt att höga krav bör ställas på beständigheten för de material, komponenter och byggnadsdelar, vilka ingår i fastigheten.

1.1.1 BUD-problematiken

Beständighet är ett relativt begrepp (se definitionerna) men kan under givna driftsförutsättningar kvantifieras med begreppet *livslängd*. De preciserade krav, som måste ställas på livslängden, beror av en rad faktorer, exempelvis

- Ursprunglig investeringskostnad
- Konsekvens av bristande funktion (kritiska funktionsegenskaper)
- Kostnad och tidsåtgång för reparationer
- Kostnad för fortsatt drift och underhåll

För att säkerställa den förväntade livslängden och undvika oplanerade stopp krävs ett visst mått av planlagt *underhåll*. Vidare krävs i många fall insatser av energi och förbrukningsmateriel för installationers kontinuerliga *drift*. Den totala kostnaden för investeringskapital, underhåll och drift under den tekniska livslängden för en installation ger dess livscykelkostnad (LCC). Denna kostnad kan jämföras med det värde som sätts på en nytta som installationen tillhandahåller, t.ex. i form av minskad kostnad för uppvärmning, förbättrad komfort etc.

I samarbete mellan SP och Statens Råd för Byggnadsforskning (BFR) utarbetades under 1985 ett ramprogram för forskning inom områdena *beständighet*, *underhåll* och *drift* (BUD). I ramprogrammet identifieras ett antal områden där särskilda insatser behöver göras. Ett område, som berör byggnaders installationer och som visat sig särskilt krävande beträffande BUD-aspekter, är ventilationssystem. En speciellt intressant grupp bland ventilationssystemen utgör installationer med såväl mekanisk frånlufts- som tilluftsventilation kombinerat med värmeåtervinning, s.k. FTX-system. Fle- ra tidigare projekt har genomförts i framförallt småhus (se t.ex. ref. 2 och 7). Resultaten från dessa projekt pekar på att det finns vissa, för den långsiktiga funktionen kritiska, punkter.

1.1.2 Normkrav för FTX-system

Normkrav och andra typer av riktlinjer, vilka berör FTX-system, finns framförallt formulerade i följande handlingar,

- SBN 1980 Svensk Byggnorm (PFS 1980:1, ref. 11)
- Nybyggnadsregler (BFS 1988:18, ref. 12)
- Ombyggnad (tidigare SBN 80, nu PBL)
- PFS 1982:3 (tillägg p.g.a. ELAK-riktlinjerna)
- Låneregler, nybyggnad (tidigare Bostadsstyrelsen, nu Boverket)
- Låneregler, ombyggnad (tidigare Bostadsstyrelsen, nu Boverket)
- Interemistiska typgodkännanderegler (ref. 13)
- Indata vid energiberäkning i småhus (ref. 6)
- VVS AMA

Svensk Byggnorm SBN 1980 har reglerat utformningen av ventilationsanläggningar vid nybyggnation under perioden 1980 -1989. Under en övergångsperiod 1989 -1991 har denna norm gällt parallellt med Nybyggnadsreglerna. De kapitel i dessa båda normer som behandlar FTX-system ges av tabell 1.1.

Tabell 1.1. Kapitel som berör FTX-system i byggnormerna

Svensk Byggnorm SBN 1980		Nybyggnadsregler NR 1	
Kapitel	Rubrik	Kapitel	Rubrik
12	Tillsyn och provning	2	Rum
34	Ljudklimat	3	Värme
35	Termiskt inomhusklimat	4	Luft
36	Luftkvalitet	9	Tillsyn
39	Energihushållning		
45	Uppvärmningsanordningar		
52	Luftbehandlingsinstallationer		

Vid installationstillfället gällde SBN 80 för de flesta av anläggningarna. De nuvarande kraven enligt NR 1 är både färre och ofta på en lägre nivå. Därför sammanfattas endast kraven i Svensk Byggnorm i följande punkter.

Enligt kapitel 12 behöver byggsplatskontroll inte ske för tillverkningskontrollerade produkter (se även 1.1.3).

Kapitel 34 föreskriver att en byggnads installationer skall anordnas så att ljudnivån inte överstiger 30 dBA i sovrum och vardagsrum. I kök får ljudnivån inte överstiga 35 dBA. Enligt kapitel 35 måste den riktade operativa temperaturen vara lägst 18 °C under förutsättning att lufthastigheten understiger 0,2 m/s.

Krav på luftkvaliteten anges i kapitel 36. Överluft tillåts endast från ett mindre förorenat till ett mer förorenat rum och återluft endast med förbehållet att kraven på luftkvalitet kan uppfyllas. Lägsta tillåtna frånluftsflöde är 0,35 l/s per m² för bostadsrum samt 10 l/s för badrum med ett tillägg av 1 l/s för varje m² golvarea utöver 5 m². Detta resulterar i ett totalt frånluftsflöde av drygt 0,5 gånger byggnadens volym per timme (0,5 oms/h). För system med FT-ventilation anges att tilluftsflödet inte får överstiga frånluftsflödet.

Energihushållning behandlas i kapitel 39. Allmänt framhålls att värmeavgivning från apparater och kanaler skall begränsas så att den huvudsakliga avgivningen sker från värmare, radiatorer, tilluftsdon o.d. Speciellt framhålls isolering av kanaler i uppvärmda utrymmen vid förvärmad tilluft, återluft och frånluft till värmeåtervinningsaggregat. Kravet på isolering är emellertid ganska blygsamt (jämför resultaten i kapitel 4.6).

Vidare förutsätts att uppvärmningsanordningar och luftbehandlingsinstallationer utformas och anordnas så att de kan injusteras och de skall förses med för injustering erforderliga strypanordningar, mäuttug, mätsträckor o.d. Metod och börvärden för injustering skall anges och ett protokoll över utförd injustering skall upprättas. Kanaler förutsätts utförda i täthetsklass B eller bättre.

Värmeåtervinning ur frånluften utgör normalt inget krav för småhus enligt SBN 80. I tillägget PFS 1982:3, på grund av ELAK-bestämmelserna, ställs emellertid ett krav på återvinning om direktverkande elradiatorer skall svara för den huvudsakliga uppvärmningen. Vid användning av FTX-system har därvid krävts en bättre täthet för klimatskärmen (1 omsättning per timme vid 50 Pa istället för 3) samt en lägsta temperaturverkningsgrad av 60 % om statliga lån skulle utnyttjas. Vidare har det krävts drifts- och skötselinstruktioner med specificerat innehåll (se även förslag i bilaga 2). Vid ombyggnad av befintliga ventilationsanläggningar har särskilda regler gällt för att erhålla statliga lån.

Kapitel 45 behandlar uppvärmningsanordningar och är aktuellt i första hand då FTX-systemet är kombinerat med ett luftvärmeaggregat. I Nybyggnadsreglerna har ett krav tillkommit beträffande utformning av vattenburna system till lågtemperatursystem (maximalt 55 °C framledningstemperatur vid dimensionerande utetemperatur). Detta innebär att luftvärmesystem i framtiden inte bör dimensioneras för högre lufttemperaturer än cirka 50 °C om en konvertering från el till vätskekopplat värmebatteri skall vara möjlig (kravet på lågtemperatursystem innebär att vattentemperaturen fram till luftvärmaren får vara högst 55 °C).

Slutligen berörs olika krav på luftbehandlingsinstallationer i kapitel 52. Där ställs bl.a. allmänt uttryckta krav på långsiktig funktion. Kraven är avpassade för en byggnads beräknade livslängd och installationens utbytbarhet. Kraven omfattar *beständighet* hos material, möjligheter till underhåll samt instruktioner för *underhåll* och *drift*.

Tygodkännande av FTX-system är frivilligt och utfärdas av Boverket (tidigare Statens planverk) på basis av "Interimistiska godkännanderegler för ventilationsvärmväxlare i enbostadshus o.d." (ref. 13). Ett viktigt syfte med tygodkännande är att underlätta den obligatoriska byggplatskontrollen. Tidigare har tygodkännande krävts i samband med att statliga lån beviljas. I den låneförordning som gäller i samband med Nybyggnadsreglerna (obligatorisk fr.o.m. 1991) är emellertid detta krav borttaget.

1.1.3 Provning och kontroll

All provning och kontroll av FTX-system sker på frivillig basis med undantag av den obligatoriska byggplatskontrollen och, i förekommande fall, elsäkerhetsprovning. Provning och kontroll av FTX-system kan exempelvis omfatta

- Laboratorieprovning (kan utföras av tillverkare eller, vid krav på 3:e parts-certifiering i samband med t.ex. typgodkännande, av SP eller motsvarande laboratorium)
- Egenkontroll vid tillverkning (hos tillverkare eller underleverantör)
- Övervakande tillverkningskontroll av oberoende kontrollorgan (t.ex. SP)
- Byggplatskontroll
- Slutbesiktning
- Periodiskt återkommande efterkontroll

Vid officiell provning, i första hand i samband med typgodkännande, tillämpas en serie nordiska provningsmetoder utgivna av Nordtest (ref. 14-18). Metoderna är baserade på tidigare SP-metoder och omfattar höljets täthet, överläckning mellan från- och tilluftssidorna, fläktkapacitet, temperaturverkningsgrad och funktion vid låg utetemperatur. För beräkning av årlig energibesparing är Nordtestmetoderna otillräckliga eftersom hänsyn inte tas till frånluftens fuktinnehåll och värmeåtervinnarens behov av avfrostning. Därför finns ett supplement för provning med avseende på verkningsgrad utarbetat av SP (se Fahlén, ref. 5 och 6).

Egenkontroll hos tillverkaren utförs för typgodkända aggregat enligt kontrollanvisningar, som utarbetas i samråd mellan SP och tillverkaren. Normalt omfattar denna typ av kontroll stickprovsmässig mottagningskontroll, kontroll under tillverkning samt en allkontroll av täthet, överläckning, styrning av avfrostning, elektriska manöverfunktioner, jordförbindningar och spänningstålighet.

Särskilda riktlinjer för periodisk efterkontroll av ventilationsanläggningar i småhus har utarbetats under 1991 och ett intensivt utbildningsprogram har genomförts under 1992 i samarbete mellan BFR, Boverket, och SP. Till någon del har den handbok för funktionskontroll av ventilationsanläggningar, som utarbetats i samråd mellan Arbetskyddsstyrelsen och SP (ref. 20), kunnat utnyttjas men huvudsakligen har ett helt nytt material utarbetats. För närvarande gäller den obligatoriska kontrollen beträffande småhus endast hus med balanserad ventilation (FT-system).

SP har i samarbete med småhustillverkare utvecklat ett eget kvalitetssäkringssystem för kompletta småhus, s.k. P-märkning. Inom ramen för denna verksamhet sker kontroll av både systemlösningar, dimensionerings- och projekteringsunderlag, materialhantering och utförande. Funktionskontroll genomförs stickprovsmässigt i en viss andel av de tillverkade husen (normalt 5 %).

1.2 Projektets syfte

Med anledning av det stora antal krav, som ställs på ventilationssystem med eller utan återvinning i byggnormerna enligt ovan, är det frestande att tro på en problemfri värld bland ventilationssystemen i småhus. Erfarenheter, bl.a. från tidigare BFR-projekt, har emellertid visat att ventilationssystem, med eller utan värmeåtervinning, många gånger uppvisat allvarliga brister. Klagomål på dålig luftkvalitet och störande ljud är inte ovanliga och trots krav på möjlighet till mätning och injustering är detta många gånger svårt eller omöjligt. Dessutom är den praktiska injusteringen av luftflöden ofta bristfälligt utförd. För system med värmeåtervinning gäller bristerna, förutom den ventilationstekniska delen, i hög grad även den faktiska energibesparingen. Det finns därför anledning att ytterligare undersöka dessa system med tanke på den ökade användningen av värmeåtervinning i kombination med luftvärme.

Målsättningen med föreliggande projekt har i första hand varit att kartlägga funktionen hos värmeåtervinningsaggregat i ventilationsanläggningar med avseende på samverkan mellan värmeväxlare-ventilationssystem-byggnad över långa tidsperioder. Resultat från mätningar och besiktningar har analyserats med avseende på inverkan på systemets långsiktiga funktion. Med ledning av resultaten har en bedömning gjorts av lämpliga intervall för regelbunden översyn och hur denna översyn bör utformas för att bibehålla anläggningens funktion. Viktiga delmoment i analysen har bl.a. varit att:

- Identifiera kritiska funktionsegenskaper
- Utarbeta en mall för utformning av instruktioner för drift- och underhåll
- Utarbeta en mall för redovisning av viktiga funktionsegenskaper (tekniskt datablad)
- Utvärdera långsiktig funktion för typiska FTX-system i småhus i relation till brukarens önskemål och förväntningar beträffande t.ex. energiekonomi, ventilation samt övriga normkrav.

De projekt som genomförs på olika typer av installationer omfattar oftast ett mycket begränsat antal anläggningar. För att kunna göra några som helst generella bedömningar om tillståndet bland det stora beståndet av småhus med ventilationsvärmeväxlare finns det därför anledning att upprepa redan tidigare genomförda projekt på flera olika platser och med olika projektgrupper. Detta projekt är avsett att ge ytterligare ett bidrag till denna kunskapsuppbyggnad. I ett avslutande kapitel utvärderas också om existerande regler för typgodkännande och laboratorieprovning utgör lämpliga bedömningskriterier för att er-hålla väl fungerande anläggningar i praktiska installationer.

1.3 Projektbeskrivning

Projektet har genomförts i fem steg. Det första steget har omfattat litteraturstudier och genomgång av erfarenheter från tidigare projekt. Steg två har inneburit ett val av lämpliga anläggningar. Vid detta urval har anläggningar, där noggranna mätningar utförts tidigare, särskilt beaktats. Ett allmänt problem i denna typ av projekt är den stora kostnaden för genomförande av mätningar. Detta innebär att man sällan kan få med så många anläggningar att generella, statistiskt belagda, slutsatser kan dras. Man blir hänvisad till att vid urvalet försöka hitta i någon mening "typiska" anläggningar. I detta sammanhang är erfarenheterna från tidigare genomförda projekt av stort värde. Ett annat problem vid val av anläggningar för att studera problem av BUD-karaktär är att anläggningarna måste vara tillräckligt gamla för att tidens tand skall ha börjat bita i dem. Samtidigt får anläggningarna inte vara så gamla att resultaten är irrelevanta för den teknik som tillämpas i dagens läge.

I steg tre har en ytlig besiktning av ett antal anläggningar ("walk through audit") utförts. Ändamålet med denna besiktning har varit att bedöma anläggningarnas lämplighet för projektets syften samt att planera de mätningar som utförts.

Mätutrustning installerades i steg fyra och momentanmätningar utfördes på tätheten i aggregatet, kanalsystemet och byggnaden samt på överläckningen mellan till- och frånluftssidorna. Vidare kontrollerades injustering av luftflöden, tryckförhållanden, temperatur- och fuktförhållanden, avfrostningsfunktion och ljudnivå. I avsnitt 3 presenteras mätprogrammet mer i detalj.

Slutligen har resultaten analyserats i projektets femte steg. Slutsatserna diskuteras i kapitel 5 och med ledning av detta finns ett förslag till mall för utformning av drift- och underhållsinstruktioner presenterat i bilaga 2.

1.4 Anläggningsförteckning

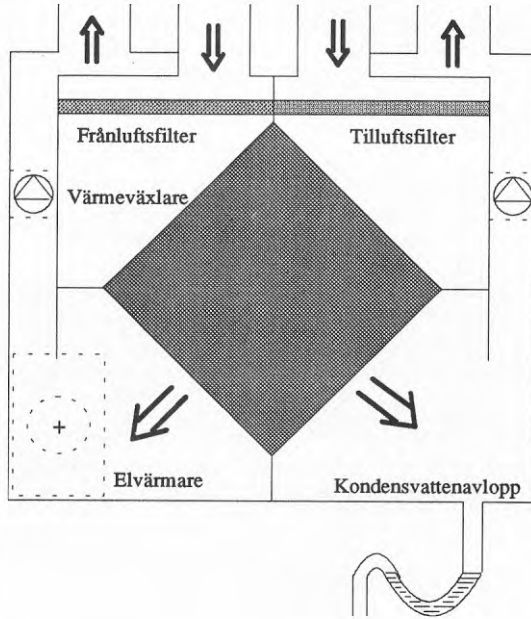
Anläggningarna, som ingått i projektet, ligger huvudsakligen i Boråstrakten. I tabell 1.2 förtecknas anläggningarna efter geografiskt läge och typ av aggregat.

Tabell 1.2. Förteckning över de anläggningar som ingått i projektet.

Anläggning		Aggregattyp
Nr	Ort	
1	Bredared	Rexovent RDAA
2	Viskafors	Bahco ACC
3	Brämhult	PM-luft VVVA
4	Veddige	Bahco ACC
5	Fristad	Temovex 480S
6	Varberg	Bahco ACF
7	Sandared	Husqvarna Reginair
8	Borgstena	SVAB Minvex
9	Varberg	Bahco ACC
10	Sandared	Rexovent RDAA

2 Beskrivning av FTX-systemen

Ett FTX-system består definitionsmässigt (se terminologin i 0.1.2) av ett ventilations-system där luft tillförs och bortförs med hjälp av fläktar och där värme överförs mellan från- och tilluft med hjälp av en värmeväxlare. Ofta är värmeväxlaren direktkopplad, vilket innebär att frånluftskanalen och frånluftskanalen måste dras samman i en punkt någonstans i huset.



Figur 2.1. FTX-systemets princip. De huvudsakliga komponenterna är fläktar, värmeväxlare, filter, kanalvärmare och kondensavlopp.

Undersökningen omfattar två olika huvudtyper av värmeväxlare. I den rekuperativa typen är de två luftflödena mekaniskt skilda och värme transporteras kontinuerligt genom kanalväggen som skiljer till- och frånluft (jämför 0.1.2, definitioner).

I den regenerativa växlaren kommer en plåt omväxlande i kontakt med den varma och den kalla luftströmmen och den värme, som därvid lagras i plåten, överförs på så sätt mellan från- och tilluft. De två typerna beskrivs i avsnitt 2.1 och 2.2.

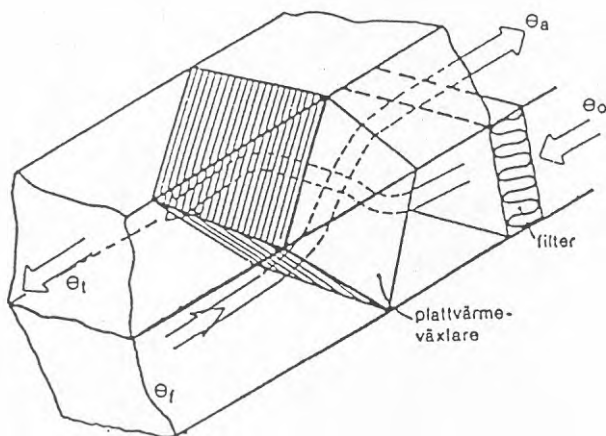
I undersökningen, som totalt omfattar tio stycken FTX-aggregat, är nio av den rekuperativa typen och ett är av regenerativ typ. Dessa aggregat finns förtecknade i tabell 2.1 nedan.

Tabell 2.1. Förteckning över ventilationsvärmväxlare, vilka ingått i undersökningen (rek=rekuperativ, reg=regenerativ).

Fabrikat	Modell	Typ	Typgodkännande nr	η_t (%)	
				$q_F = q_T = 70 \text{ l/s}$ *	$q_F = q_T = 35 \text{ l/s}$ *
Bahco	ACC	Rek	709/78	52	61
Bahco	ACF	Rek	1779/80	69	72
Husqvarna	Reginair	Rek	3511/81	69	71
PM Luft	VVVA	Reg	1097/80	77	79
SVAB	Minvex	Rek	3727/81	54	63
Svenska Fläktfabriken	Rexovent	Rek	487/77	63	70
Temovex	480 S	Rek	776/79	79	82

*70 l/s = 252 m³/h, 35 l/s = 126 m³/h

2.1 Rekuperativa värmeväxlare



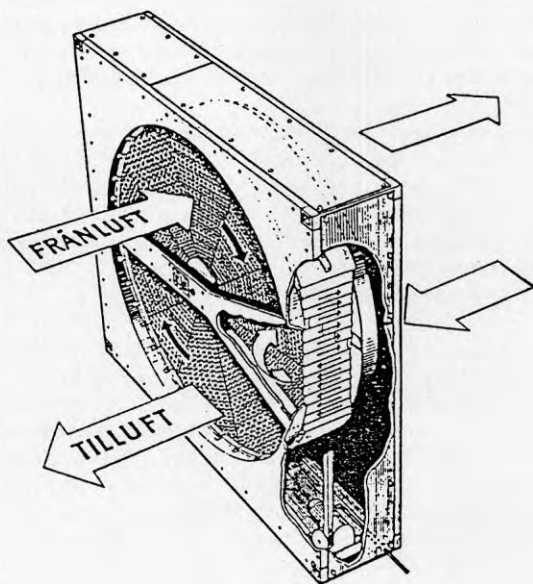
Figur 2.2. Rekuperativ, korsströmsvärmeväxlare (KTH 1989, figurref. 1).

De rekuperativa värmeväxlarna i FTX-systemet är vanligtvis utförda som korsströmsvärmeväxlare. Dessa ger en stor värmeöverförande yta på en liten volym. Växlaren är enkel i sin uppbyggnad och består av ett paket med växelvis korslagda aluminiumplåtar. Luften strömmar mellan plåtarna med frånluft i varannan kanal och friskluft i varannan. Temperaturverkningsgraden för dessa värmeväxlare ligger vanligen mellan 0,6 och 0,8 (jämför tabell 2.1).

Till den rekuperativa värmeväxlarens fördelar hör bl.a. att luftströmmarna är fysiskt åtskilda, vilket minskar risken för återföring av förorenad luft. Vidare ger principen ett kompakt aggregat, som i stort sett saknar rörliga delar. En fördel, som är mer teoretisk än praktiskt realiserbar, är möjligheten att återvinna vattenångans kondenserings- och isbildningsvärme (se även avsnitt 2.3 beträffande avfrostning).

Till nackdelarna hör främst behovet av avfrostning, vilket ökar aggregatets komplexitet och vanligtvis minskar dess värmeåtervinning. En annan nackdel är ett relativt stort tryckfall, som ökar både risken för buller och elbehovet till ventilationsfläktarna.

2.2 Regenerativa värmeväxlare



Figur 2.3. Regenerativ, roterande värmeväxlare (KTH 1989, figurref. 1).

I den regenerativa roterande värmeväxlaren överförs värmen genom ett paket av metallplåtar, vilket sakta roterar i ett plan vinkelrätt mot luftströmmen. Under den ena halvan av varvet värms paketet i frånluftsströmmen och under den andra halvan av varvet avges värmen från paketet till friskluften. Temperaturverkningsgraden ligger typiskt något högre än för de rekuperativa växlarna (jämför tabell 2.1).

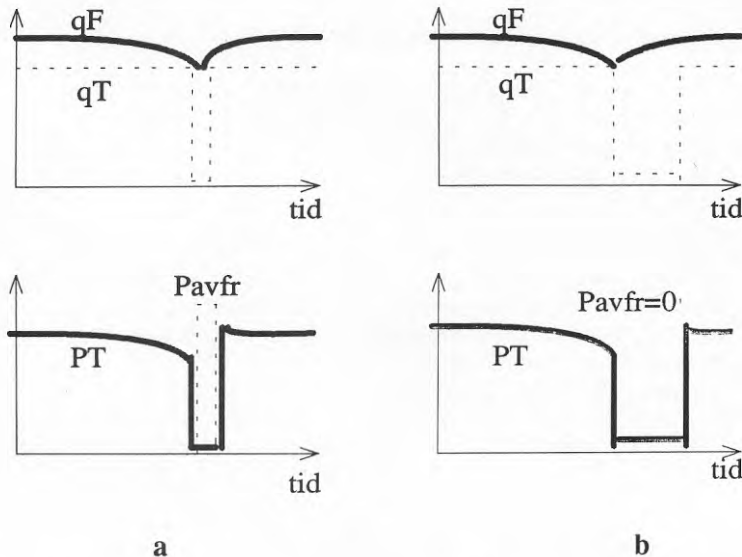
En fördel med dessa aggregat är att temperaturverkningsgraden kan styras via varvtalet på rotorn. Någon särskild avfrostningsutrustning behövs normalt inte på dessa aggregat. Till nackdelarna hör att växlaren kräver hjälpenergi, har rörliga delar samt att man alltid får en viss (ibland ganska stor) överföring mellan från- och tilluft i dessa system. I vissa fall är den återföring av fukt, som en roterande värmeväxlare åstadkommer, inte önskvärd. Fuktöverföring innebär att en motsvarande mindre andel av vattenångans kondenseringsvärme återvinns samt att risk för återföring av föroreningar föreligger. I hus med fuktproblem minskar också ventilationsluftens nettobortföring av fukt om denna fukt delvis återförs i värmeväxlaren.

2.3 Avfrostning

Avfrostning är i första hand aktuell för de rekuperativa värmeväxlarna. Detta beror av att de till viss del är kontinuerligt kyllda till låga temperaturer under vinterhalvåret. Genom att fukt i frånluften kondenserar på värmeväxlarytorna då daggpunkten underskrids, finns en risk för påfrysning då uttemperaturen sjunker under nollstrecket. Ju högre värmeväxlarens verkningsgrad är desto tidigare börjar påfrysningen.

Avfrostningen löses huvudsakligen på två principiellt olika sätt eller genom en kombination av dessa. I den ena metoden, s.k. *aktiv avfrostning*, sker avfrostning genom yttre tillförsel av värme till värmeväxlaren. Vanligtvis placerar man en elvärmare i friskluftskanalen före värmeväxlaren. Styrning kan ske i avsikt att förhindra påfrysning eller för att avlägsna frosten intermittent. I första fallet kopplas värmaren in kontinuerligt när uttemperaturen understiger ett visst värde. I det andra fallet kopplas värmaren in periodvis då behov för avfrostning föreligger.

Den andra metoden, s.k. *passiv avfrostning*, innebär att avfrostning sker med hjälp av värmen i frånluften. Om detta skall fungera måste det kalla uteluftflödet genom växlaren minskas. På samma sätt som för den aktiva avfrostningen kan styrning ske antingen i avsikt att förhindra påfrysning eller för att avlägsna frosten intermittent. I första fallet styrs en viss del av uteluften förbi värmeväxlaren med hjälp av ett spjäll, när uttemperaturen blir låg, medan man i det andra fallet stoppar eller stryper tilluftsflödet genom växlaren periodvis. På så sätt kommer växlaren att avfrostas med hjälp av den varma frånluften. Aktiv och passiv avfrostning illustreras i figur 2.4.



Figur 2.4. Aktiv (a) respektive passiv (b) avfrostning. I båda fallen illustreras system med intermittert drift. Vid aktiv avfrostning går avfrostningen snabbare och minskningen i värmeåtervinning p.g.a. stillestånd blir mindre.

Metoderna för avfrostning kan sammanfattas enligt tabell 2.2 nedan.

Tabell 2.2. Alternativa metoder för avfrostning av ventilationsvärmväxlare.

Typ av avfrostning	Tidsförlopp	
	Kontinuerligt	Intermittent
Aktiv	-Inkoppling av förvärmning då påfrysning börjar	- Tillfällig inkoppling av förvärmning plus ev. stopp av tilluftflödet.
		-Tillfällig inkoppling av förvärmning.
Passiv	- Kontinuerlig minskning av uteluftflödet genom växlaren (shuntning eller strypning)	- Tillfälligt stopp av uteluftflödet.

Oavsett metod är placeringen av den givare som styr avfrostningen avgörande för en optimalt fungerande avfrostning. De vanligaste metoderna för styrning av avfrostning är att mäta temperaturen antingen i uteluften in till värmväxlaren eller i frånluften efter värmväxlaren (d.v.s. avluften).

Den första metoden ger inte någon egentlig behovsstyrning av avfrostningen utan är en tidsstyrning med bivillkoret att utetemperaturen skall understiga ett visst värde (t.ex. $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$). Någon direkt koppling mellan utelufttemperaturen och hur mycket frost och is som bildats på värmväxlarens frånluftssida finns inte. Beroende på värmväxlarens verkningsgrad, flödesbalans och fukttinnehåll kommer det verkliga behovet för avfrostning att variera. Temperaturvillkoret måste sättas för ett tänkt värsta fall och i normalfallet kommer därvid avfrostning att initieras för ofta.

Med den andra metoden känner man indirekt det verkliga behovet för avfrostning genom att frånluftens temperatursänkning på grund av värmväxlaren ökar när värmväxlarens ytor blir kallare. Vid påfrysning kommer dessutom frånluftflödet att minska på grund av ökat tryckfall. Därmed kan temperatursänkningen i vissa fall öka ytterligare men i andra fall direkt börja minska. Vilket av förloppen som inträffar beror på växlarens konstruktiva utformning och dess belastning. Oavsett det inledande temperaturförloppet kommer värmeöverföringen att minska om påfrysningen går för långt och man får då ett förhållande där temperatursänkningen börjar minska igen. Det är därför väsentligt att man med denna typ av styrning inte låter påfrysningen gå för långt, eftersom detta kan medföra total igenfrysning utan att avfrostning initieras. Även i detta fall krävs därför en viss säkerhetsmarginal. Ett vanligen förekommande villkor är att avfrostning startas när avlufttemperaturen går under $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Bestämning av när avfrostningen skall avslutas kan ske antingen genom att använda en bestämd tid för avfrostning eller att använda något temperaturvillkor. Flera andra metoder för att styra avfrostning än de ovan nämnda kan också förekomma. Några av de vanligaste sammanfattas i tabell 2.3 nedan.

Tabell 2.3. Alternativa metoder för att styra avfrostning av ventilationsvärmväxlare.

Typ av styrning	Givarplacering
Temperatur	Tilluft, före värmväxlaren (t_{Tin})
	Tilluft, efter värmväxlaren (t_{Tut})
	Frånluft, efter värmväxlaren, (t_{Fut})
	Värmväxlarpaketet
Temperaturdifferens	Tilluft, före och efter värmväxlaren (t_{Tin} och t_{Tut})
Tryckdifferens	Frånluft, före och efter värmväxlaren (ΔP_F)
Flöde	Frånluft (q_F)

Problemet med avfrostningsmetod och givarplacering har tidigare dryftats av bland annat Carlsson et al (ref. 4) och slutsatsen blir att avfrostning med givaren placerad i luften efter växlaren ofta är den energimässigt bästa styrningen.

Det sätt att genomföra och styra en avfrostning, som används i de aggregat som ingått i projektet, framgår av tabell 2.4 nedan. För rekuperativa värmväxlare ligger ofta de svåraste påfrysingsproblemen vid förhållandevis låg fuktighet i frånluften (ca. 30 %).

En sak som noterats i granskningen av tillverkarnas underlag är att avfrostningsmetodiken sällan finns beskriven. Detta är en brist om man som brukare vill bedöma rimligheten i frekvensen för avfrostning och under vilka förhållanden avfrostning inträffar. Någon form av indikering på aggregatet av att avfrostning pågår skulle också underlätta en sådan bedömning.

Tabell 2.4. Förteckning över avfrostningsmetoder för de ventilationsvärmväxlare, vilka ingått i undersökningen.

Anläggning nr	Fabrikat	Metod för avfrostning	Metod för styrning
2, 4, 9	Bahco ACC	Passiv, intermittent. Stopp av tilluftsfläkten ca. 5 min per halvtimme.	Temperatur, uteluft $t_{Tin} < -5 \text{ } ^\circ\text{C}$.
6	Bahco ACF	Passiv + aktiv, intermittent. Stopp av tilluftsfläkten ca. 5 min per halvtimme. Cirku- lation av eftervärmad tilluft genom VVX.	Temperatur, uteluft $t_{Tin} < -5 \text{ } ^\circ\text{C}$.
7	Husqvarna Reginair	Aktiv, intermittent. Förvärmning av uteluft.	Temperatur, frånluft ut $t_{Fut} < +4 \text{ } ^\circ\text{C}$ (motsvarar $t_{Tin} < \text{ca. } -7 \text{ } ^\circ\text{C}$).
3	Plåtmekano VVVA	Saknas i normalutförande. (Kan utrustas med termo- statisk strypning för tilluften).	Saknas i normalutförande. ($t_{Tut} < 17 \text{ } ^\circ\text{C}$ initierar stryp- ning, max strypning vid $t_{Tin} =$ $-20 \text{ } ^\circ\text{C}$).
1, 10	Svenska Fläktfabriken Rexovent RDAA	Aktiv, kontinuerlig. Förvärmning av uteluft.	Temperatur, tilluft ut. $t_{Tut} < 11 \text{ } ^\circ\text{C}$.
8	SVAB Minvex	Aktiv, intermittent. Förvärmning av uteluft.	Temperatur, frånluft ut. $t_{Fut} < +3$ till $+4 \text{ } ^\circ\text{C}$ (motsvarar $t_{ute} \approx -5$ till $-8 \text{ } ^\circ\text{C}$).
5	Temovex 480S	Passiv, intermittent. Förvärmning av uteluft.	Temperatur, frånluft ut. $t_{Fut} < +3 \text{ } ^\circ\text{C}$.

2.4 Isolering

För att uppfylla kravet på god energihushållning, kräver både SBN 80 och NR1 att varma luftkanaler utanför klimatskärmen isoleras. Enligt SBN 80 skall isoleringstjockleken vara minst 50 mm (cirkulär kanal 0-100 mm) respektive 60 mm (cirkulär kanal 100-315 mm) och enligt NR1 minst 80 mm (cirkulär kanal 63-100 mm) respektive 80 mm (cirkulär kanal 100-315 mm). Beträffande isolering med lösull saknas anvisningar i normerna. För att förhindra kondens skall även kalla kanaler innanför klimatskärmen isoleras. Rekommenderad isolering, enligt installationsanvisningarna för de olika aggregaten, anges i tabell 2.5 nedan (vid installationstillfället gällde SBN 75 eller SBN 80).

Tabell 2.5. Rekommenderad isolering.

Anläggning nr	Fabrikat	Rekommenderad isolering i ouppvärmda utrymmen	
		Enligt tillverkare*	Enligt SBN 80, NR1
2, 4, 9	Bahco ACC	Kanal DN<160 mm. Tilluft efter, frånluft före: >50 mm mineralull Imkanal: >30 mm	Kanal DN (100) - 315 mm. Tilluft efter, frånluft före, mineralull: • SBN 80 >50 mm • NR 1 >80 mm (längd <10 m), >120 mm (längd <30 m)
6	Bahco ACF	Kanal DN<160 mm. Tilluft efter, frånluft före: >60 mm mineralull Imkanal: >50 mm (i kallt utrymme)	
	Husqvarna Reginair	Kanal DN<160 mm. Tilluft efter, frånluft före: >60 mm byggmatta	
3	Plåtmekano VVVA	Kanal DN<160 mm. Tilluft efter, frånluft före: >60 mm mineralull Imkanal: >30 mm	
1, 10	Svenska Fläktfabriken Rexovent RDAA	Kanal DN<160 mm. Tilluft efter, frånluft före: >50 mm mineralull	
8	SVAB Minvex	Kanal DN80-160 mm. Tilluft efter, frånluft före: >50 mm mineralull, dock rekommenderas >100 mm (zon I), >70 mm (zon II, III, IV)	
5	Temovex 480S	Kanal DN160 mm. Tilluft efter, frånluft före: >70 mm mineralull	

*Till viss del beror uppgifterna på hur gammal dokumentationen är.

2.5 Injustering av luftflöden

För att få en väl fungerande ventilationsanläggning är det viktigt att varje enskilt system justeras in noggrant. Vanligtvis projekteras till- och frånluftsflöden så att ett visst undertryck skapas i huset. Detta innebär att det styrda tilluftsflödet blir något mindre än det styrda frånluftsflödet (se även 1.1.2 och 5.2). I tabell 2.6 nedan anges projekteringsvärden för de olika aggregat som ingått i detta projekt.

Tabell 2.6. Dimensionering av luftflöden enligt FTX-aggregatens projekteringsanvisningar. Normkraven ges i kapitel 1.1.2. Enligt SBN 80 måste $q_T \leq q_F$.

Anläggning nr	Fabrikat	Ventilationsflöde	Förhållande mellan tillufts- och frånluftsflöde
2, 4, 9	Bahco ACC	Detaljerad projekteringsanvisning. q_F enligt SBN 75 (0,35 l/s/m ² plus tillägg för hygienutrymmen och kök)	$q_T = 0,9q_F$
6	Bahco ACF	Detaljerad projekteringsanvisning. q_F enligt SBN 80 (0,35 l/s/m ² plus tillägg för hygienutrymmen och kök)	$q_T = 0,9q_F$
7	Husqvarna Reginair	q_F enligt SBN 80 (0,35 l/s/m ² plus tillägg för hygienutrymmen och kök)	$q_T \leq q_F$
3	Plåtmekano VVVA	q_F enligt SBN 80 (0,35 l/s/m ² plus tillägg för hygienutrymmen och kök)	$q_T = q_F$ (muntligt; skriftlig information saknades)
1, 10	Svenska Fläktfabriken Rexovent RDAA	Enligt byggnorm (0,5 oms/h)	$q_T = 0,9q_F$ (muntligen, skriftlig information saknades)
8	SVAB Minvex	Information saknades (aggregatet tillverkas inte längre)	$q_T = 0,85-0,9q_F$ (muntligen, skriftlig information saknades)
5	Temovex 480S	q_F enligt SBN 80 (0,35 l/s/m ² plus tillägg för hygienutrymmen och kök)	$q_T = q_F$

2.6 Filter

Filtertypen varierar från aggregat till aggregat i de undersökta installationerna. De flesta är dock av ett utförande som kräver rengöring med jämna mellanrum. Några aggregat hade endast ett filter i antingen till- eller frånluftskanalen medan andra aggregat var försedda med filter i båda kanalerna.

Filtren är normalt placerade i FTX-aggregatet. I de fall där spiskåpan är ansluten till aggregatet finns i regel ett extra filter i denna. Filtertyp och filterklass, där sådan finns specificerad, framgår av tabell 2.7. Tabellen visar att flera aggregat normalt saknar filter i frånluften för allmänventilationen. Resultatet av detta kan t.ex. ses i figurerna 4.1 och 4.2.

Tabell 2.7. Filtertyp och rekommenderade rengöringsintervall för de undersökta aggregaten.

Anläggning nr	Fabrikat	Tilluftsfilter	Frånluftsfilter
2, 4, 9	Bahco ACC	Typ: Syntet, klass G55 Rengör: Vid behov	Typ: Stickad aluminium (fettfilter i spiskåpan) Rengör: 1-2 gånger/månad
6	Bahco ACF	Typ: Syntet, klass G60 Rengör: Vid behov	Typ: Stickad aluminium (fettfilter i spiskåpan) Rengör: 1-2 gånger/månad
7	Husqvarna Reginair	Typ: Syntet Rengör: 2 gånger/år	Typ: Syntet (frånluft) Rengör: 2 gånger/år Typ: Stickad aluminium (fettfilter i spiskåpan) Rengör: 1 gång/månad
3	Plåtmekano VVVA	Typ: Syntet, klass G85 Rengör: Minst 2 gånger/år	Typ: Stickad aluminium (fettfilter i spiskåpan) Rengör: Diskas vid behov
1, 10	Svenska Fläktfabriken Rexovent RDAA	Typ: Syntet Rengör: 2-3 gånger/år	Typ: Syntet Rengör: 2-3 gånger/år
8	SVAB Minvex	Typ: Uppgift saknas Rengör: 3-4 gånger/år	Typ: Syntet (frånluft) Rengör: 3-4 gånger/år Typ: Stickad aluminium (fettfilter i spiskåpan) Rengör: Var 3:e vecka
5	Temovex 480S	Typ: Syntet Rengör: 3-4 gånger/år	Typ: Syntet Rengör: 3-4 gånger/år

2.7 Fläktar

Fläktarna är uteslutande av s.k. radialtyp. I fläktarna sitter en termosäkring som löser ut vid överström eller överhettning. Fläktarna går i samtliga aggregat att plocka ur för rengöring. Att behov av rengöring finns framgår av figur 4.3.

Fläktarnas placering i aggregatet har inverkan på konsekvenserna av det interna läckaget. Detta medför att kravet på största tillåtna överläckning för typgodkännande varierar med fläktplaceringen. Det interna läckaget får inte överstiga 8% av nominellt luftflöde enligt Boverkets regler för typgodkännande (ref. 13) vid en viss tryckdifferens mellan till- och frånluftssidorna. Tryckdifferensen beror av fläktplaceringen. SP anger nominellt värde på luftflödet till 150 m³/h för småhusapplikationer. Därmed blir det största tillåtna inre läckaget 12 m³/h. Den vanligaste placeringen, vilket framgår av tabell 2.8 nedan, är sådan att båda fläktarna suger luften genom värmeväxlaren.

Tabell 2.8. Fläktplacering och krav på trycknivå vid kontroll av internt läckage.

Anläggning nr	Fabrikat	Fläktplacering	Tryckdifferens vid största tillåtna interna läckage (Pa)
2, 4, 9	Bahco ACC	Tilluft: Suger Frånluft: Suger	±150
6	Bahco ACF	Tilluft: Suger Frånluft: Suger	±150
7	Husqvarna Reginair	Tilluft: Suger Frånluft: Suger	±150
3	Plåtmekano VVVA	Tilluft: Trycker Frånluft: Suger	±50
1, 10	Svenska Fläktfabriken Rexovent	Tilluft: Suger Frånluft: Suger	±150
8	SVAB Minvex	Tilluft: Trycker Frånluft: Suger	±50
5	Temovex 480S	Tilluft: Suger Frånluft: Trycker	±200

2.8 Täthet

Otättheter i aggregat och kanalsystem förorsakar dels läckage till omgivningen och dels, som antytts tidigare, internt läckage i aggregatet. Tätheten i kanalsystemet skall kontrolleras vid varje nyinstallation. Krav på kanalernas täthet anges i SBN 80 och NR1. Vid system med värmeåtervinning krävdes utförande i lägst täthetsklass B enligt SBN 80 medan NR1 endast kräver klass A (frånsett imkanaler). Det externa läckaget för FTX-aggregatet får högst vara 4 % av nominellt luftflöde för typgodkännande. Det externa läckaget anges vid 250 Pa tryckdifferens mellan aggregatets in- och utsida. Enligt SP sätts nominellt luftflöde till 150 m³/h vilket ger ett tillåtet läckflöde av högst 6 m³/h.

2.9 Placering av värmeåtervinningsaggregatet

Placering av FTX-aggregaten kan ske både utanför och innanför husets klimatskärm. Vid placering utanför klimatskärmen sker detta vanligtvis på en oisolerad vind. För inomhusplacerade aggregat är det vanligt att aggregatet placeras ovanför spisen.

FTX-aggregaten är utrustade med kondensvattenledning för att dränera det vatten som kondenserar på värmeväxlarens kalla ytor. Ledningen måste vara tillräckligt grov för att undvika igensättning. Enligt kraven för typgodkännande skall $D_1 > 12$ mm. Trots uppfyllande av typgodkännandekravet inträffar ändock fall med igensatta kondensvattenavlopp.

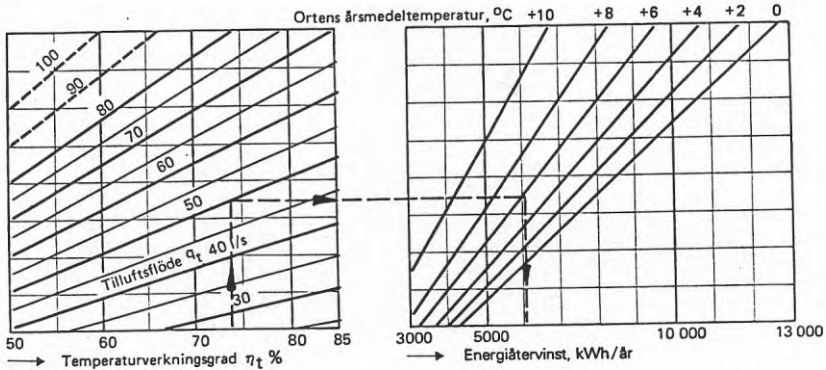
I tabell 2.9 nedan redovisas placering samt rekommenderad isolering och diameter för kondensvattenledningen. Som framgår av tabellen har ingen leverantör påpekat behovet av isolering av aggregatet vid placering i kallt utrymme. Aggregatets isolering är i detta sammanhang lika viktig som kanalisoleringen. Aggregathöljet isoleras endast med tunna skivor vid tillverkningen.

Tabell 2.9. Placering av de undersökta FTX-aggregaten samt rekommenderad kondensvattenledning och dess isolering.

Anläggning nr	Fabrikat	Placering och aggregatets isolering	Kondensvattenledning (diameter och isolering)
2, 4, 9	Bahco ACC	Uppvärt utrymme. Rek: Uppgift saknas. Verklig: Ingen.	22 mm vp-rör. Ingen uppgift (innanför klimatskärm).
6	Bahco ACF	Uppvärt utrymme. Rek: Uppgift saknas. Verklig: Ingen isolering.	28 mm vp-rör. Ingen uppgift (innanför klimatskärm).
7	Husqvarna Reginair	Ouppvärmt utrymme. Rek: Uppgift saknas. Verklig: Ingen isolering.	15 mm kopparrör. >50 mm mineralull i ouppvärt utrymme.
3	Plåtmekano VVVA	Ouppvärmt utrymme. Rek: Uppgift saknas. Verklig: Ingen isolering.	Saknas.
1, 10	Svenska Fläktfabriken, Rexovent RDAA	Ouppvärmt utrymme. Rek: Uppgift saknas. Verklig: Ingen isolering	1/2" (ca. 12 mm). >50 mm mineralull i ouppvärt utrymme.
8	SVAB Minvex	Ouppvärmt utrymme. Rek: Uppgift saknas. Verklig: Ingen isolering.	1/2" (ca. 12 mm) armerat plaströr. Ingen uppgift (innanför klimatskärm).
5	Temovex 480S	Ouppvärmt utrymme. Rek: Uppgift saknas. Verklig: Tilläggsisolerad av brukaren (100 mm).	1/2" (ca. 12 mm) plastslang. > 70 mm mineralull i ouppvärt utrymme.

2.10 Energibesparing

Energibesparingen beräknas för samtliga aggregat med ledning av den torra temperaturverkningsgraden. I regel finns diagram uppritade över energibesparingen som funktion av ventilationsflöde och temperaturverkningsgrad med flödesbalansen som parameter (se figur 2.5). Typiska värden för uppgiven besparing ligger i intervallet 6000 - 7000 kWh/år för orter med en årsmedeltemperatur av +6 °C (motsvarar t.ex. Stockholm med 6,6 °C eller Borås med 6,3 °C) och ett ventilationsflöde av 180 m³/h (en ventilerad boyta av ca 140 m²). Antagandet med avseende på flödesbalansen q_T/q_F varierar mellan 0,8-1,0. Någon hänsyn till värmeförluster från kanaler eller ökat effektbehov till fläktar tas inte i projekteringsanvisningarnas beräkningar (se även 5.10). Energibesparing kan på ett bättre sätt beräknas med hjälp av tillförda och avgivna effekter (se bilaga 2) och ett varaktighetsdiagram eller något energiberäkningsprogram (se bilaga 3).



Figur 2.5. Exempel på diagram för beräkning av energibesparing (Svenska Fläktfabriken, Rexovent).

3 Besiktning och mätning

Programmet för besiktning och mätning omfattar i första hand iakttagelser och momentana mätvärden i samband med besök i de undersökta husen. I vissa av anläggningarna har kontinuerliga mätningar gjorts i anslutning till ett tidigare SP-projekt (Carlsson, Lagerkvist, ref. 4).

3.1 Besiktning

Besiktningensprogrammet omfattade följande punkter:

- Val och dokumentation av anläggningar
- Intervjuer med husägarna
- Inspektion av kanaler och deras isolering
- Aggregatens placering och utförande av installation
- Inspektion av byggnaden med avseende på eventuella fuktskador

3.1.1 Dokumentation av anläggningar

Dokumentation av anläggningarna gjordes i första hand genom besök på plats och granskning av tillgängliga handlingar för byggnad och ventilationssystem. Hustyp, boyta, ventilerad yta och värmesystem noterades. Vidare dokumenterades FTX-aggregatet och dess instruktioner.

3.1.2 Intervjuer med husägarna

Husägarna har utfrågats beträffande deras erfarenheter av FTX-systemet. Viktiga punkter har därvid varit tillgången till instruktioner, eget underhåll, service och reparationer, upplevelse av inneklimat och ljudklimat samt förväntad och uppnådd energibesparing.

3.1.3 Inspektion av kanaler och deras isolering

Kanalerna inspekterades med avseende på förläggning, dimensioner, total längd och isolering. Dessutom gjordes en besiktning av försmutsningen i kanaler, fläktar, don och värmeväxlare.

3.1.4 Aggregatens placering och utförande av installation

En bedömning gjordes av aggregatens infästning och isolering. Förläggning av kondensvattenledningen och dess eventuella isolering noterades också.

3.1.5 Inspektion av byggnaden med avseende på fuktskador

SP's laboratorium för byggnadsfysik anlätades för att göra en besiktning av vissa hus med avseende på eventuella fuktskador. I första hand gjordes besiktningen i hus, vilka misstänktes ha varit utsatta för långa perioder med internt övertryck.

3.2 Mätning

Mätprogrammet omfattade följande mätningar:

- Ljudtryck
- Till- och frånluftsflöden
- Täthet i kanalsystemet
- Täthet i FTX-aggregatet
- Temperaturverkningsgraden
- Differenstryck över byggnadsskalet

I ett tidigare sammanhang (ref. 4) har även mätningar utförts med avseende på:

- Energibesparing
- Avfrostningsfunktion

3.2.1 Ljudmätningar

Ljudmätningar utfördes i första hand i sovrum och vardagsrum. Mätningarna utfördes med ett handinstrument vid tillfällen då störande yttre ljud kunde minimeras. Kalibrering gjordes i samband med varje mätuppdrag.

Mätutrustning

Fabrikat:	Bruel & Kjaer
Typ:	2203
Mätområde(n):	10-140 dB
Upplösning:	1 dB

Kalibrering

Laboratorium:	SP, Energiteknik
Metod:	Kalibrator, Bruel & Kjaer typ 4230

Osäkerhet

Instrument:	± 1 dB
Totalt:	± 1 dB

3.2.2 Till- och frånluftsflöden

Luftflödesmätningar utfördes dels i samlingskanalerna för till- och frånluft och dels över enskilda don. Vid mätning i kanalerna tillämpades metod A11 enligt NVG T32, d.v.s. traversering med Prandtlrör.

Vid mätning över tilluftsdon användes påsmetoden enligt NVG 7.2 (ref. 19, metod C5).

Mätutrustning

Fabrikat: HB-konsult AB
 Typ: Påse, 353 l
 Mätområde(n): 10-120 m³/h
 Upplösning: "steglöst"

Kalibrering

Laboratorium: SP, Energiteknik
 Metod: Jämförelse mot spårgas, Prandtlrör och mätfläns

Osäkerhet

Instrument: Manometer, Furness ± 1 Pa, kronometer $\pm 0,1$ s
 Totalt: ± 9 %

Vid mätning över frånluftsdon används metoden med stofsörsedd anemometer enligt NVG 6.4 (ref. 19, metod B3).

Mätutrustning

Fabrikat: SWEMA
 Typ: AMF 66
 Mätområde(n): 0-30, 30-200 m³/h
 Upplösning: 0-30: $d = 5$ m³/h, 30-200: $d = 10$ m³/h

Kalibrering

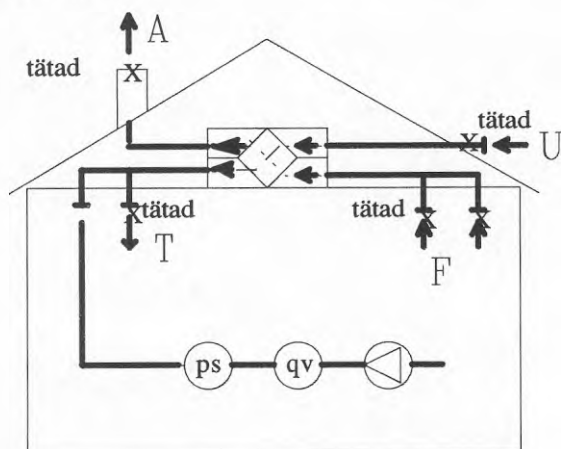
Laboratorium: SP, Energiteknik
 Metod: Öppen vindtunnel

Osäkerhet

Instrument: ± 5 %
 Totalt: ± 8 %

3.2.3 Tätthet i kanalsystem

Tättheten i ett kanalsystem bestäms genom att täta ändpunkterna på kanalsystemet med ventilationstejp och uppblåsbara gummiblåsor. I en punkt ansluts en fläkt via ett mät-rör med strypfläns. Det statiska trycket på fläktens utloppssida mäts samtidigt med luftflödet (se figur 3.1).



ps = mätställe för statiskt tryck

qv = mätställe för volymflöde

Figur 3.1. Täthetsmätning av kanalsystem.

Mätutrustning	Mätrör
Fabrikat:	VEAB Elmicro AB
Typ:	C-074 Φ 25 mm B-128 Φ 50 mm
Mätområde(n):	7-50 m ³ /h 20-200 m ³ /h
Upplösning:	0,1 Pa (Furness differenstrycksgivare)
Kalibrering	
Laboratorium:	SP, Energiteknik
Metod:	Jämförelse mot dysa (VEAB-rör) Kalibreringsinstruktion ETu 009 (Furness)
Osäkerhet	
Instrument:	± 1 % (Furness)
Totalt:	± 5 %

3.2.4 Täthet i FTX-aggregatet

Överläckning och täthet för FTX-aggregatet bestämdes med fläkt och flödesmät rör på liknande sätt som för kanalsystemet. Avtätning mot kanalsystemet gjordes med gum-miblåsor vid aggregatets anslutningspunkter.

Mätutrustning	Mät rör
Fabrikat:	VEAB Elmicro AB
Typ:	C-074 Φ 25 mm B-128 Φ 50 mm
Mätområde(n):	7-50 m ³ /h 20-200 m ³ /h
Upplösning:	0,1 Pa (Furness differenströcksgivare)
Kalibrering	
Laboratorium:	SP, Energiteknik
Metod:	Jämförelse mot dysa (VEAB-rör) Kalibreringsinstruktion ETu 010 (Furness)
Osäkerhet	
Instrument:	± 1 % (Furness)
Totalt:	± 5 %

3.2.5 Temperaturverkningsgrad

Temperaturverkningsgraden bestämdes genom att mäta tre temperaturer. Verkningsgraden beräknas enligt

$$\eta_t = \frac{(t_{T_{in}} - t_{T_{ut}})}{(t_{F_{in}} - t_{T_{in}})}$$

Vid bestämning av temperaturverkningsgrad är det väsentligt att samtidigt mäta till- och frånluftsflödena. Ju mindre förhållandet mellan till- och frånluftsflödet är desto högre blir temperaturverkningsgraden för en given värmeväxlare.

Mätutrustning	
Fabrikat:	Epson PX4 datalogger, Data Taker 100, termoelement
Typ:	Typ T (koppar-konstantan)
Mätområde(n):	-100 till +200 °C
Upplösning:	0,1 K
Kalibrering	
Laboratorium:	SP, Energiteknik
Metod:	Termostatbad med kalibrerad referensgivare Kalibreringsinstruktion ETu 007
Osäkerhet	
Instrument:	$\pm 0,2$ K
Totalt:	$\pm 0,5$ K

3.2.6 Differenstryck över byggnadsskal

Differenstrycket över byggnadsskalet mättes med hjälp av en differenstrycksmanometer.

Mätutrustning

Fabrikat:	Furness	
Typ:	CPFM nr. 8903291	
Mätområde(n):	0-200 Pa,	0-2000 Pa
Upplösning:	0,1 Pa,	1 Pa

Kalibrering

Laboratorium:	SP, Energiteknik
Metod:	Kalibreringsinstruktion ETu 010

Osäkerhet

Instrument:	$\pm 0,2$ Pa
Totalt:	$\pm 0,3$ Pa

3.2.7 Energibesparing

Energibesparingen har skattats genom mätning och beräkning i ett tidigare projekt för några av anläggningarna. Genom att mäta temperaturhöjningen på tilluften, tilluftsflödet och den tillförda eleffekten till FTX-aggregatet kunde netto avgiven effekt från aggregatet bestämmas. Mätningar av temperaturfallet i kanalerna till inblåsningsstället gav en uppfattning om värmeförlusterna från tilluftskanalerna. Därmed kunde den totalt sparade nettoeffekten/energin beräknas.

Mätutrustning	Temperatur	Eleffekt/energi
Fabrikat:	Mitec	Landis&Gyr
Typ:	GTM 11	CL160f6
Mätområde(n):	-30 till +30 °C	
Upplösning:	$d_d = 0,1$ °C	$d = 0,1$ kWh
Kalibrering		
Laboratorium:	SP, Energiteknik	SP, Energiteknik
Metod:	ETu 007	ETu 006
Osäkerhet		
Instrument:	$\pm 0,2$ °C	± 2 % (klass 2)
Totalt:	$\pm 0,5$ °C	± 3 %

3.2.8 Avfrostningsfunktion

Avfrostningsfunktionen har bestämts i ett tidigare projekt genom att mäta drifttiden för avfrostning och tillförd avfrostningsenergi.

Mätutrustning	Driftid	Eleffekt/energi
Fabrikat:	Mitec	Landis&Gyr
Typ:	GTM 11	CL160f6
Mätområde(n):	-30 till +30 °C	
Upplösning:	$d_d = 0,1$ °C	$d = 0,1$ kWh
Kalibrering		
Laboratorium:	SP, Energiteknik	SP, Energiteknik
Metod:	ETu 007	ETu 006
Osäkerhet		
Instrument:	$\pm 0,2$ °C	± 2 %
Totalt:	$\pm 0,5$ °C	± 3 %

4 Resultat

4.1 Ljudmätningar

Vid det första mättillfället (1983) uppmättes ljudtrycksnivån i fem av de anläggningar som ingår i denna undersökning. Mätningarna har gjorts i sovrummen, där ljudtrycksnivån är maximerad till 30 dBA enligt kapitel 34:23 i SBN 80.

Nedan redovisas resultaten av mätningarna i tabellform (se även bilaga 1 beträffande enskilda anläggningar).

Tabell 4.1. Den uppmätta ljudtrycksnivån uttryckt i dBA.

Anläggning nr	1983/1984	1989
1	< 20	22
2	--	< 20
3	< 20	21
4	--	< 20
5	< 20	28
6	--	20-23
7	< 20	24
8	< 20	--
9	--	< 20
10	--	< 20*

*Trots låga mätvärden finns klagomål beträffande ljudnivån.

Ljudtrycksnivån tenderar att stiga mellan mättillfällena på de aggregat som uppmätts både 1983 och 1989. Detta kan t.ex. bero på att frånluftskanaler och don har blivit igensatta, vilket gör att lufthastigheten ökar på dessa ställen. Ytterligare orsaker kan vara att lager i fläktar och tätningar i aggregat har slitits under åren. Med hänsyn till mätosäkerheten på grund av instrument och bakgrundsljud kan dock ingen säkerställd ökning noteras. I samtliga fall understiger dessutom ljudnivån det aktuella normkravet.

4.2 Balans mellan till- och frånluftsflöden

Fem av anläggningarna, som ingår i föreliggande undersökning, uppmättes även 1983. Resultaten redovisas i tabell 4.2 nedan (se även bilaga 1 beträffande enskilda anläggningar).

Tabell 4.2. Projekterade och uppmätta till- och frånluftsflöden för de undersökta FTX-aggregaten.

Anläggning nr	Luftflöden i m ³ /h					
	Projekterade värden		Uppmätt 1983		Uppmätt 1989	
	Tilluft	Frånluft	Tilluft	Frånluft	Tilluft	Frånluft
1	145	175	74	126	89	84
2	131	144	-	-	137	122
3	191	212	305	212	294	126
4	178	196	-	-	169	137
5	149	180	124	127	133	90
6	86	96	-	-	83	112
7	185	223	185	280	176	133
8	176	209	145	212	20*	98
9	148	166	-	-	94	119
10	240	240	-	-	263	364
10	240	240	-	-	317**	374**

* Tilluftsfläkten ur funktion.
**Efter rengöring.

En vanligt förekommande tumregel vid projektering och justering av till- och frånluftsflöden är att tilluftsflödet skall vara cirka 10 % lägre än frånluftsflödet (jämför tabell 2.6). Regeln tillämpas för att säkerställa att huset har ett undertryck gentemot omgivningen. Om det inte råder undertryck i huset kan på sikt fukt och mögelproblem uppstå på grund av att varm och fuktig luft trycks ut i kalla byggnadsdelar.

Av mätresultaten framgår att endast fyra anläggningar av tio har ett frånluftsflöde som är högre än tilluftsflödet. Sex anläggningar har ett tilluftsflöde som är högre än frånluftsflödet. Detta är inte tillåtet enligt projekteringsföresättningarna i SBN 80. Man kan också se att i fyra av de fem anläggningar som undersöktes 1983 har frånluftsflödet sjunkit kraftigt fram till 1989 (mellan 29 och 53 %, tabell 4.3). Detta beror nästan uteslutande på försmutsade frånluftskanaler och frånluftsfläktar. I samtliga anläggningar var frånluftskanalerna smutsiga och tilluftskanalerna relativt rena (se t.ex. figur 4.1). Samma problem har påvisats även i tidigare undersökningar av Svensson et al, 1985 (ref. 9).

Tabell 4.3. Relativ avvikelse mellan uppmätta och projekterade värden för till- och frånluftsflödena samt deras relativa förändring mellan mätningar 1983 och 1989.

Anläggning nr	Avvikelse (%)			
	Uppmätt i förhållande till projekterat		Uppmätt 1989 i förhållande till 1983	
	Tilluft	Frånluft	Tilluft	Frånluft
1	-39	-28	0	-2
2	+5	-15	--	--
3	+60	0	-4	-41
4	-5	-30	--	--
5	-17	-29	+7	-29
6	-10	+11	--	--
7	0	+26	-4	-53
8	-19	+30	*	-64
9	-36	-28	--	--
10	+9	+52	--	--
Medelvärde (%)	-5	-1	-0	-38

*Tillluftsfläkten ur funktion.

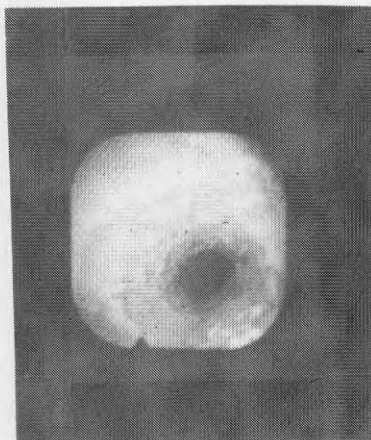
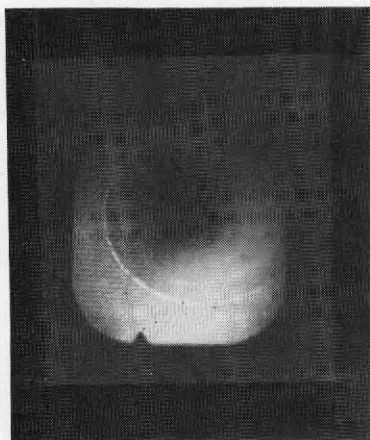
4.3 Rengöring

Vid den aktuella undersökningen kunde konstateras, som tidigare nämnts i avsnitt 4.2, att frånluftskanalerna ofta blir igensatta. Med anledning av detta lät SP göra rent frånluftskanalerna i anläggning nr 4. Syftet med rengöringen var i första hand att undersöka vilka skillnader i flöden, tryckbalanser och temperaturverkningsgrad detta skulle medföra.

Tabell 4.4. Resultat före och efter rengöring av frånluftskanalerna i anläggning 4.

Storhet	Före rengöring	Efter rengöring
Temperaturverkningsgrad (%)	62	69 (relativ ändring +10%)
Luftflöden (m ³ /h) Tilluft/Frånluft	169/137	169/180 (relativ ändring +1 % / +32 %)
Tryckbalans (Pa) Skillnad inne-ute	+ 2	- 1

Aggregatet saknar filter för allmänventilationen på frånluftssidan men är utrustat med ett fettfilter för spiskåpan. Efter rengöringen ökade frånluftsfördet med 25 %, vilket medför att övertrycket i huset ändrades till ett undertryck. Genom flödesökningen ökade även temperaturverkningsgraden, vilket leder till att den förbättrade ventilationen inte medför en högre energiförbrukning. Förändringen medförde samtidigt ett bättre utnyttjande av aggregatet.



Tilluftskanal

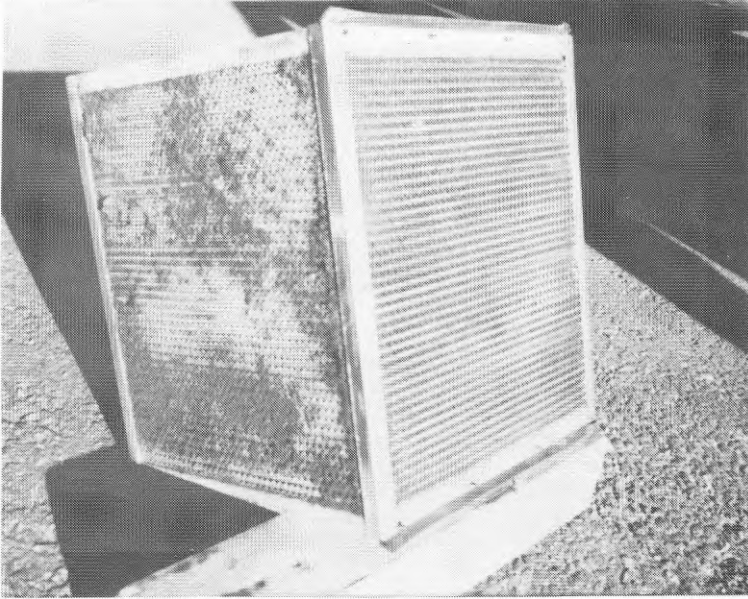
Frånluftskanal

Figur 4.1. Fotografier som visar skillnaden i försmutsning mellan tilluftskanalen och frånluftskanalen i anläggning nr 4 (fotograferat med hjälp av fiberoptik).

I anläggning 10 rengjordes endast filtret och växlarpaketet. Varken filter, fläkt, växlarpaket eller kanaler hade rengjorts någon gång under de 10 år anläggningen varit i drift. Anläggningen var visserligen utrustad med filter på tilluftssidan men hade på frånluftssidan enbart ett fettfilter i spiskåpan.

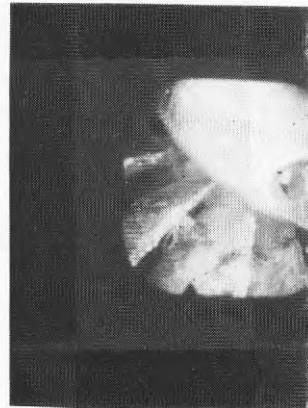
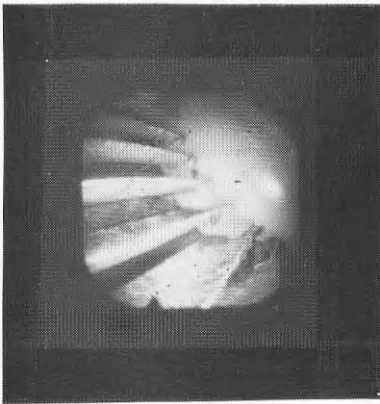
Tabell 4.5. Resultat före och efter rengöring av värmeväxlaren i anläggning 10.

Storhet	Före rengöring	Efter rengöring
Temperaturverkningsgrad (%)	67	73 (relativ förändring +6 %)
Luftflöden (m ³ /h) Tilluft/Frånluft	263 / 364	317 / 374 (relativ förändring +21 % / +3 %)



Figur 4.2. Värmeväxlarpaketet före rengöring (anläggning nr 10)..

Efter rengöringen kan man se att både tilluftsflödet och temperaturverkningsgraden ökar. Detta medför en högre värmeåtervinning.

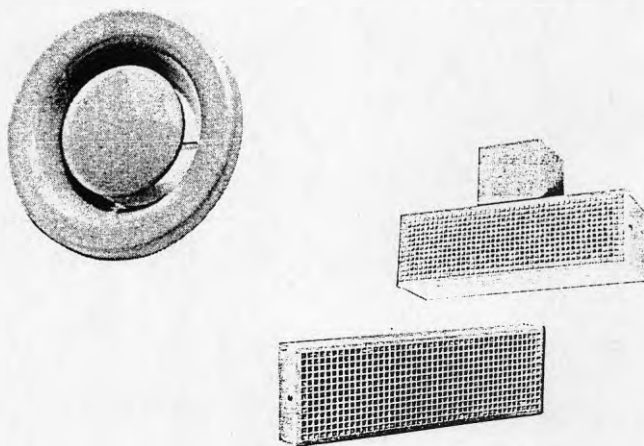


Figur 4.3. Två fläkthjul på frånluftsfläktar i FTX-aggregat (fotograferade med hjälp av fiberoptik).

4.4 Don

De till- och frånluftsdon, som finns i de undersökta anläggningarna, är i de flesta fall av tallrikstyp. Några anläggningar har dock tilluftsdon av rektangulär typ. Tallriksdonen har en rund förträngningskropp ("tallrik") med vilken man kan ställa in öppningspalten och därmed luftflödet. När man justerat in rätt luftflöde kan inställningen låsas med en mutter eller ett skruvförband på baksidan. På samtliga anläggningar med "tallriksdon" var förträngningskropparnas låsning osäkrad, vilket gör att brukarna omedvetet ställer om luftflödet var gång donen demonteras för rengöring. Detta kan inte förklaras med annat än slarv från de personer som svarat för injusteringen av systemen.

De rektangulära donen är konstruerade på så vis att injusteringen sker med olika perforerade brickor. Detta system medför att man inte riskerar att ändra luftflödet omedvetet, t.ex. när donen tas ner för rengöring.



Figur 4.4. Tallriksdon respektive rektangulärt don.

4.5 Täthet

Tätheten har bestämts för kanalsystemet och FTX-aggregatet i några anläggningar. I tabell 4.6 ges resultaten för tätheten på kanalsystemen inklusive FTX-aggregatet. Mätmetoden gör det inte möjligt att separera värdet för aggregatet från värdet för kanalerna. Normalt bör aggregatets läckage dominera med hänsyn till relationen mellan respektive normkrav.

Tabell 4.6. Läckflöde från kanalsystem inklusive FTX-aggregat vid 250 Pa övertryck. Läckaget avser det totala kanalsystemet inklusive aggregatet. Mätning har utförts genom att antingen trycksätta på frånluftsidan eller tilluftsidan.

Anläggning nr	Läckflöde, m ³ /h (F-kanal + T-kanal + aggregat)					
	Projekterat värde*		Uppmätt värde 1983		Uppmätt värde 1989	
	Tilluft	Frånluft	Tilluft	Frånluft	Tilluft	Frånluft
1	29	29	18	20	--	--
2	--	--	--	--	--	--
3	33	33	20	6	--	--
4	--	--	--	--	--	--
5	34	34	24	50	--	58
6	--	--	--	--	--	18
7	30	30	17	22	--	--
8	27	27	22	75	--	--
9	--	--	--	--	--	--
10	--	--	--	--	--	--

* Projekterat värde hänförs till kravet på täthetsklass B (max 1,2 m³/h/m² vid 250 Pa övertryck).

Som jämförelse till resultaten i tabell 4.6 kan nämnas att motsvarande mätningar i hus underkastade P-märkningskontroll gett vid handen att cirka 35 % av kanalsystemen haft för stora läckage. Av 20 hus hade 7 hus ett läckage som översteg kravet för täthetsklass B, 0,44 l/s/m² (1,58 m³/h/m²) vid trycket 400 Pa. Medelvärdet låg på 0,42 l/s/m² (1,51 m³/h/m²) med en standardavvikelse av 0,29 l/s/m² (1,05 m³/h/m²). Det största läckaget låg på 1,22 l/s/m² (4,39 m³/h/m²), d.v.s. nästan tre gånger det tillåtna värdet. För ett system med 40 m DN125 mm kanal motsvarar detta ett läckageflöde av cirka 8,3 l/s, d.v.s. cirka 30 m³/h.

Bestämning av det interna läckaget i FTX-aggregaten redovisas i tabell 4.7. De uppmätta värdena inkluderar även externt läckage. Installationer som har haft aggregaten placerade tillsammans med spiskåpan har inte varit möjliga att täthetsmäta på ett rimligt enkelt sätt.

Tabell 4.7. Internt läckage i FTX-aggregat vid 250 Pa övertryck. Mätning har utförts genom att antingen trycksätta på frånluftsidan eller tilluftsidan.

Anläggning nr	Internt läckage, m ³ /h (tilluft- respektive frånluftssida trycksatt)					
	Projekterat värde		Uppmätt värde 1983		Uppmätt värde 1989	
	Tilluft	Frånluft	Tilluft	Frånluft	Tilluft	Frånluft
1	25	25	19	18	--	--
2	--	--	--	--	--	--
3	24	20	50*	62	--	--
4	--	--	--	--	--	--
5	28	20	21	42	--	45
6	--	--	--	--	--	--
7	28	20	19	28	15	12
8	25	22	**	**	18	22
9	--	--	--	--	--	--
10	--	--	--	--	--	--

*I ett nytt aggregat uppmättes 30 m³/h.

** Läckaget i kanalerna var för stort för att överläckningen skulle kunna detekteras.

4.6 Isolering

4.6.1 Kanalernas isolering

Kanaler som ligger utanför klimatskärmen skall isoleras. Sex av anläggningarna har kanalerna dragna utanför klimatskärmen och isoleringen på dessa var korrekt utförd. Som regel har man isolerat med 50 mm isoleringsmatta av mineral- eller glasull.

Vid tidigare undersökningar av FTX-aggregat (ref. 4) kunde konstateras att brister i utförandet av isoleringen var relativt vanliga. Uppmätta energiförluster för frånluftskanaler på vindsbjälklag redovisas i tabell 4.8. Energiförlusten omräknas till en ekvivalent förlustfaktor uttryckt i W per m kanal och K temperaturdifferens mellan frånluften och omgivande luft på vinden.

Tabell 4.8. Energiförlust och ekvivalent förlustfaktor för frånluftskanaler på vindsbjälklag. Jämför även med tillverkarnas rekommenderade värden och normkraven (tabell 2.5). Den beräknade förlustfaktorn avser aktuella kanaler med isolering enligt SBN 80.

Anläggning nr	Isolering	Energiförlust (kWh)*	Förlustfaktor (W/m/K)	
			Uppmätt	Beräknad**
1	> 50 mm mineralull	470	0,27	0,40
2	- ***	--	--	--
3	ca 50 mm mineralull	285	0,15	0,36
4	- ***	--	--	--
5	50 mm glasull+asfaltm.	700	0,36	0,37
6	50 mm mineralull	--	--	--
7	50 mm mineralull	630	0,40	0,38
8	- (i takisoleringen)	560	0,36	0,36
9	- ***	--	--	--
10	50 mm mineralull	--	--	--

*Avser uppvärmnings/mättningsperioden, d.v.s. 8 månader.
 **Beräknad förlustfaktor med isolering enligt kravet i SBN 80, vilket ungefär motsvarar isoleringsnivån i flertalet anläggningar (blandat 100 och 125 mm kanaler).
 ***Kanalerna förlagda innanför klimatskärmen.

4.6.2 FTX-aggregatets isolering

De termiska förlusterna från FTX-aggregaten bestäms normalt inte vid provning för typgodkännande. I samband med en provning av FTX-aggregat vid SP för Konsumentverkets räkning har några värden bestämts. De uppmätta förlustfaktorerna för ett av aggregaten var 4 W/K på aggregatets tilluftssida och 5 W/K på aggregatets frånluftssida. Den totala förlustfaktorn, 9 W/K, motsvarar ungefär $9/0,3=30$ m kanal isolerad i enlighet med NR1 (jämför med förlustfaktorerna i tabell 5.1). Detta pekar på att värmeförlusterna från själva aggregatet inte är försumbara.

4.7 Drift och underhåll

Anläggningarna har ur driftsynpunkt fungerat utan några större problem (med undantag av anläggning 8). Drift- och underhållsinstruktioner har dock inte kommit brukarna tillhanda i fyra av anläggningarna. Detta måste anses som allvarligt med tanke på att inneklimat, energibesparing och avfrostningsfunktion är beroende av att installationen får rätt skötsel. De kraftiga flödesändringar, som uppstått i flera av anläggningarna, pekar också på vikten av att instruktioner överlämnas och gås igenom muntligen i samband med systemets idrifttagning.

I tabell 4.9 finns en sammanställning över ägarnas uppgifter beträffande utförd underhåll. Under cirka 10 år har ingen av ägarna låtit kontrollera luftflödena. Inte heller har man rengjort fläktar eller kanaler. Resultaten av det bristande underhållet visar sig också i form av kraftigt minskade frånluftsflöden (se tabellerna 4.2, 4.4, och 4.5) på grund av smutsiga kanaler, värmeväxlare och fläktar (se figurerna 4.1 och 4.2)

Tabell 4.9. Den tid som förflutit mellan vissa underhållsåtgärder på de undersökta FTX-systemen.

Anläggning nr (installerad år)	Tid mellan åtgärd av visst underhåll (kontroll och rengöring), år					
	Flöde	Don	Filter	Fläktar	Värmeväxlare	Kanaler
1 (1979)	*	0,2	1	*	1	*
2 (1979)	*	10	2	*	1	*
3 (1983)	*	2	0,2-0,3	*	1	*
4 (1979)	*	1	0,5	*	0,5	*
5 (1983)	*	1	0,5 (T) 0,25 (F)	*	*	*
6 (1987)	*	*	0,2	*	0,5	*
7 (1983)	*	*	0,3-0,5	*	*	*
8 (1982)	*	*	*	*	*	*
9 (1980)	*	1	0,5	*	0,5	*
10 (1981)	*	*	*	*	*	*

*Något underhåll utförs aldrig eller ytterst sporadiskt.

Ägarna till hus 2, 7 och 10 har aldrig fått några drifts- och skötselavvisningar. Detta avspeglar sig i uppgifterna om utförd underhåll. Det avspeglar sig i viss mån också i utfallet beträffande uppmätta flöden. I hus 7 har tilluftsflödet minskat något och frånluftsflödet mer än halverats.

Ett förslag till mall för vad drift- och underhållsinstruktioner bör innehålla finns presenterat i bilaga 2. Förslaget är baserat på de erfarenheter som vunnits i detta och tidigare projekt samt på den mall som SP tidigare utarbetat för villavärmepumpar.

4.8 Värmeåtervinningsaggregatens konstruktion och placering

Aggregaten är kompakt konstruerade med fläktar, termostater, värmeslingor och värmeväxlare monterade i en gemensam enhet. Aggregaten placeras sedan innanför eller utanför klimatskärmen, beroende på konstruktion. Med tanke på att de flesta som kommer att använda denna typ av aggregat är lekmän inom området måste aggregaten vara enkla att sköta och lätta att komma åt.

Hälften av anläggningarna är placerade innanför klimatskärmen och resterande aggregat är placerade på oisolerade vindar. De vindsplacerade aggregaten är något svårare att komma åt för underhåll och skötsel än de som är inomhusplacerade. Två av aggregaten, placerade ovanför spisen, är konstruerade på så vis att växlarpaketet är fastsatt med en kil. När man skall ta ut växlarpaketet, t.ex. för rengöring, är det mycket svårt att få ut kilen, vilket gör att underhållet ofta blir eftersatt. I kapitel 2 finns ytterligare information beträffande aggregatens konstruktion och placering.

4.9 Anläggningarnas status

Anläggning nr 8 var i dåligt skick. Vid mättillfället hade tilluftsfläkten gått sönder. Dessutom var kilarna, som håller värmeväxlarpaketet på plats, inte isatta då dessa ansågs för svåra att montera. I anläggning nr 10 hade aldrig någon drift- och underhållsinstruktion delats ut. Detta har medfört att brukarna inte rengjort vare sig tilluftsfilter, fläktar eller växlarpaket någon gång under 10 år.

Övriga anläggningar var överlag i gott skick. Korrosionsangrepp saknas nästan helt och tätningar och lister har befunnits vara utan anmärkning. Dock har samtliga anläggningar haft smutsiga frånluftskanaler (se även bilaga 1 beträffande enskilda anläggningar).

4.10 Energibesparing

Den verkliga energibesparing som FTX-aggregatet presterar utgörs av den ur frånluften återvunna energin korrigerad för värmeförluster från de delar av installationen som befinner sig utanför klimatskärmen (t.ex. kanaler, vindsplacerat aggregat m.m.). Dessutom måste korrigering göras för luftläckage samt förhöjd fläkteffekt p.g.a. ökat tryckfall i system med värmeväxlare. De mätningar som gjorts med avseende på energibesparing har skett genom bestämning av luftflöde och temperaturer på tillufts- sidan. Därigenom undviks problem med kondensering av fukt, vilket gör att man vid mätning på frånluftssidan måste räkna med entalpidifferenser istället för temperatur- differenser. Uppmätt effekt måste korrigeras för den effekt som tillförs via tilluftsfläk- ten (P_{eff}) och eventuell tillsatsvärme (P_{tva}). Därmed ges effektbesparingen (brutto) av

$$P_{1T} = q_{vT} \cdot \rho_T \cdot c_{pT} \cdot (t_{\text{Tut}} - t_{\text{Tin}}) - P_{\text{eff}} - P_{\text{tva}}$$

och den återvunna energin (brutto) av

$$Q_{1T} = P_{1T} \cdot \tau$$

där τ är drifttiden för aggregatet.

Med bruttobesparing avses här bruttobesparingen för huset, d.v.s. aggregatets netto- besparing men utan hänsyn till kanalförluster eller andra förluster utanför aggregatet. Resultatet kommer i en verklig installation att bero både på installationen och byggnad- en. Driftparametrar som påverkar resultatet är exempelvis:

- Luftflöde (stort luftflöde ger möjlighet till större besparing)
- Luftens fuktinnehåll (stort fuktinnehåll ger möjlighet till större besparing)
- Frånluftstemperatur (hög temperatur ger möjlighet till större besparing)
- Utetemperatur (låg utetemperatur ger möjlighet till större besparing)
- Temperaturverkningsgrad (hög verkningsgrad ger möjlighet till större besparing men temperaturverkningsgraden är flödesberoende)

För att jämföra de olika systemens förutsättningar görs korrigeringar för ovanstående parametrar. Dessa mätningar finns tidigare presenterade av Carlsson och Lagerkvist (ref. 4).

4.10.1 Korrekationer

4.10.1.1 Korrektion för luftflöden

Samtliga anläggningar omräknas till ett luftflöde av 180 m³/h. Omräkningen sker med hjälp av en korrektionsfaktor enligt

$$k_q = 180 / (\text{uppmätt flöde i m}^3/\text{h})$$

4.10.1.2 Korrektion för luftens fukttinnehåll

Den relativa luftfuktigheten inomhus mättes i samtliga anläggningar under hela mätperioden. Skillnaderna mellan de olika anläggningarna var små, varför någon korrektion inte bedömts vara nödvändig.

4.10.1.3 Korrektion för olikheter i frånlufts- och utetemperatur

Eftersom fuktförhållandena varit tämligen likartade behöver ingen hänsyn tas till temperaturernas absolutvärden utan endast till differensen mellan frånluft och uteluft. Anläggningarna har korrigerats till ett medelvärde för temperaturdifferensen under mätperioden av 16 K. Detta motsvarar skillnaden mellan en innetemperatur av +20 °C och en utetemperatur av +4 °C (mätning under uppvärmningssäsongen). Beräkning sker enligt

$$k_t = 16 / (\text{uppmätt differens i K})$$

4.10.1.4 Korrektion för temperaturverkningsgradens flödesberoende

Temperaturverkningsgraden för värmeväxlarna har räknats om till ett luftflöde av 180 m³/h. Korrektionsfaktorn beräknas enligt

$$k_{\eta_t} = (\eta_t \text{ vid } 180 \text{ m}^3/\text{h}) / (\eta_t \text{ vid uppmätt flöde i m}^3/\text{h})$$

4.10.1.5 Beräkningsexempel

En anläggning har haft följande driftsförutsättningar,

- Luftflöde, $q_T = 270 \text{ m}^3/\text{h}$
- Temperaturdifferens (korrigerad för P_{ef} och P_{tva}), $t_{Tut} - t_{Tin} = 18 \text{ K}$
- Uppmätt temperaturverkningsgrad vid 270 m³/h, $\eta_t = 62 \%$

Enligt mätresultaten uppgår den återvunna energin till 6500 kWh. Vid 180 m³/h är temperaturverkningsgraden 69 %. Då blir den korrigerade besparingen

$$Q_{T\text{kor}} = Q_{T\text{mät}} \cdot k_q \cdot k_t \cdot k_{\eta_t} = 6500 \cdot (180/270) \cdot (16/18) \cdot (69/62) = 4300 \text{ kWh}$$

Korrektionerna enligt ovan blir naturligtvis approximativa. Effekter av ändrade förhållanden för avfrostning eller obalanser i luftflödena kommer t.ex. inte med, men mätosäkerheten har bedömts vara större än korrektioner för dessa termer.

4.10.2 Återvunnen energi

I tabell 4.10 nedan ges brutto återvunnen energi enligt mätresultaten samt brutto återvunnen energi efter korrigering för olika driftförutsättningar enligt ovan. Observera att den sparade energin är betydligt mindre än den återvunna energin. Avdrag måste göras för kanalförluster och fläkteffekter, vilka tillsammans kan röra sig om 500-2000 kWh/år.

Tabell 4.10. Uppmätt och korrigerad återvunnen energi för några av de anläggningar som ingått i projektet.

Anläggning nr	Återvunnen energi (MWh/år)	
	Uppmätt	Normerad
1	2,0	3,3
2	-	-
3	7,7	4,4
4	-	-
5	2,9	4,5
6	-	-
7	5,0	3,7
8	2,1	1,5
9	-	-
10	-	-

4.11 Fukt i byggnadsdelar

Två av de undersökta anläggningarna, nr 3 och 5, har undersökts med avseende på eventuella fuktproblem (ref. 10). Vissa erfarenheter och teoretiska bedömningar gör att man bör vara observant på hus, som är utsatta för långvariga övertryck. Det finns en uppenbar risk att varm och fuktig rumsluft trycks ut igenom otätheter i klimatskärmen och att vattenångan kondenserar i dessa byggnadsdelar i samband med kall väderlek. På sikt kan detta leda till fuktskador, mögelpåväxt och röta i trädetaljer. Två hus, som undersökts i detta sammanhang, har båda haft ett kraftigt underskott av frånluft under lång tid. Detta resulterar i ett övertryck i respektive hus gentemot omgivningen (se även 4.2).

Fukttillståndet kontrollerades i takbjälklaget och resultaten redovisas i tabell 4.11 nedan. Resultaten enligt tabell 4.11 visar att det fortfarande råder ett svagt övertryck men att fukthalterna är tämligen normala. Det bör dock noteras att dokumenterade fall med fuktskador på grund av övertryck är relativt sällsynta. Detta torde bero på att följande kriterier samtidigt måste vara uppfyllda för att en skada skall inträffa:

- övertryck i huset,
- överskott av fukt i inneluften,
- otätheter i klimatskärmen,
- låg temperatur i byggnadsdelar med fuktkänsligt material (underskridande av lokal daggpunkt ger utfällning av vatten)

I praktiken inträffar sällan ovanstående förutsättningar samtidigt. Även om olyckan är framme hinner vattnet många gånger torka upp innan en bestående skada inträffar.

Tabell 4.11 visar resultaten från hus nr. 3 och 5. Trots mycket stora obalanser, med frånluftsflöden som är mindre än hälften av tilluftsflödet i anläggning 3, finns inga synbara skador.

Tabell 4.11. Fuktkvoten i takbjälklaget i hus nr 3 och 5 (anges i kg vatten per kg torrt material).

Storhet	Resultat	
	Hus nr 3	Hus nr 5
Klimat ute	$t_U = +2,5 \text{ }^\circ\text{C}$ $\varphi_U = 87 \%$ (ånghalt = $0,005 \text{ kg/m}^3$)	$t_U = +2,1 \text{ }^\circ\text{C}$ $\varphi_U = 72 \%$ (ånghalt = $0,004 \text{ kg/m}^3$)
Klimat inne	$t_I = +20,2 \text{ }^\circ\text{C}$ $\varphi_I = 41 \%$ (ånghalt = $0,007 \text{ kg/m}^3$)	$t_I = +18,8 \text{ }^\circ\text{C}$ $\varphi_I = 38 \%$ (ånghalt = $0,006 \text{ kg/m}^3$)
Tryckskillnad över vägg (plustecken innebär invändigt övertryck)	$\Delta p = 0 \text{ Pa}$	$\Delta p = -2 \text{ Pa}$ (läsida) $\Delta p = -5 \text{ Pa}$ (lovartsida)
Tryckskillnad över takbjälklag (plustecken innebär invändigt övertryck)	$\Delta p = +2 \text{ Pa}$ (normal ventilation)	$\Delta p = 0 \text{ Pa}$ (normal ventilation) $\Delta p = -2 \text{ Pa}$ (forcerad ventilation)
Ram vid uppstigningslucka	$u = 0,08 - 0,10 \text{ kg/kg}$	$u = 0,08 - 0,10 \text{ kg/kg}$
Takstol vid genomföring för ventilation i kök	$u = 0,08 - 0,10 \text{ kg/kg}$	$u = 0,08 - 0,10 \text{ kg/kg}$
Takstol vid anslutning yttervägg/tak	$u = 0,08 - 0,10 \text{ kg/kg}$	--
Takstol vid yttertak	$u = 0,12 - 0,14 \text{ kg/kg}$	$u = 0,12 - 0,14 \text{ kg/kg}$
Råspont vid yttertak	$u = 0,13 - 0,15 \text{ kg/kg}$	$u = 0,13 - 0,15 \text{ kg/kg}$

5 Diskussion

I detta avsnitt ges korta kommentarer till resultaten som redovisats i kapitel 4. Denna diskussion ger även underlag för de slutsatser beträffande kritiska funktionsegenskaper, som presenteras i kapitel 6. Det bör även noteras i detta sammanhang att de krav som ställs på FTX-system i flera avseenden har sänkts i samband med introduktionen av Nybyggnadsreglerna NR1 och de därmed sammanhängande länreglerna. Kravet på typgodkännande för att erhålla statliga lån är numera borttaget. Likaså har täthetskraven för klimatskärm och kanaler mildrats. Det har redan förekommit att icke typgodkända FTX-aggregat orsakat stora problem i nybyggda småhusområden. Erfarenheterna pekar entydigt på att systemkraven snarare behöver skärpas än mildras.

5.1 Ljudmätningar

Resultaten från de mätningar, som redovisats i 4.1, indikerar att ljudtrycksnivån tenderar att stiga. Skillnaden mellan mättillfällena 1983 och 1989 är dock mycket liten och med hänsyn till mätosäkerheten på grund av instrument och bakgrundsljud kan ingen säkerställd ökning noteras.

Den lilla ökning, som iakttagits, kan t.ex. bero på att frånluftskanaler och don har blivit igensatta. Detta kan medföra att lufthastigheten lokalt ökar. Andra orsaker kan vara att lager i fläktar och tätningar i aggregat har slitits under åren.

Även andra undersökningar, som SP utfört beträffande ljudklimatet i hus med FTX-system eller frånluftsvärmepumpar, pekar på att byggnormernas krav på största ljudtrycksnivå vanligtvis kan innehållas. Trots detta förekommer ändå klagomål i vissa fall.

5.2 Balans mellan till- och frånluftsflöden

För att få en väl fungerande ventilation är det viktigt att varje enskilt system justeras in noggrant efter avslutad installation och att denna injustering följs upp med periodiskt återkommande kontroller. Injusteringen gäller såväl flöden till enskilda rum som totala flöden (jämför med normkraven enligt 1.1.2). Flödestater och/eller flödesvakter kan därvidlag vara till god hjälp.

Idealt gäller att de totala till- och frånluftsflödena skall vara lika stora. För att säkerställa att inte övertryck uppkommer i husen väljs i praktiken frånluftsfördelningen något större än tilluftsflödet (jämför med tabell 2.6). Hur mycket större beror bland annat på hur täta intervall man har för rengöring av filter och kanaler samt huskonstruktionens säkerhet mot fuktskador. Med ett rengöringsintervall av en månad för filtren rekommenderas ett förhållande på 0,7 till 0,9 mellan till- och frånluft. Med längre intervall kan, beroende på förutsättningarna i det enskilda fallet, ett ännu lägre förhållande krävas för att säkerställa undertryck i huset. Så stora obalanser i luftflödena kan dock leda till andra problem.

I nya installationer bör man även beakta att frånluftskanalerna blir mer igensatta än tilluftskanalerna, vilket även detta projekt har visat. Detta medför att skillnaden mellan till- och frånluftsflöde kan behöva vara större än 30 %. Vid lägre differenser bör filter rengöras varje månad och kanalerna rengöras minst vartannat år. Filter i samtliga frånluftsdon skulle kunna förhindra den snabba försmutsningen av frånluftskanalerna (jämför med fotografierna i figurerna 4.1 och 4.2).

I samband med projektering och injustering uppstår även andra praktiska frågeställningar och problem. Man kan t.ex. behöva ta hänsyn till luftdensitetens temperaturberoende med avseende på om fläktarna sitter före eller efter värmeväxlaren. Olika temperaturförhållanden i systemet vid injusteringstillfället och det "sämsta driftsfallet" kan annars leda till att ett injusterat undertryck förändras till ett övertryck. Projekterade värden bör därför anges tillsammans med en temperatur i de fall där detta kan påverka resultatet.

Man kan även fråga sig om projekterade värden skall justeras in med helt rena, helt försmutsade filter eller med en försmutsning motsvarande t.ex. halva rengöringsintervallet. Även detta bör anges tillsammans med projekterade luftflöden. Som regel bör man alltid kontrollera att kanaler m.m. är rena innan en injustering görs.

Ett mycket konkret problem, som man ofta stöter på vid praktiska luftflödesmätningar, är att donplaceringarna omöjliggör en korrekt uppmätning av flödet. Det borde vara en självklarhet att välja don eller deras förläggning så att mätning är möjlig. I de flesta anläggningar är detta uppenbarligen inte fallet. Möjligheten till mätning var desutom ett krav enligt SBN 80 kap. 39:41, men detta krav har tyvärr försvunnit i NR 1.

Undersökningen visar entydigt att i första hand frånluftsflödena minskar kraftigt efter flera års drift. Avvikelser mellan injusterade värden och projekterade värden har vid det första mättillfället legat i intervallet -39% till +60 % för tilluften och -30 % till +52 % för frånluften. Den relativa förändringen efter sex års drift har varierat mellan -4 % och +7 % för tilluften (medelvärde ± 0 %) och -2 % till -64 % för frånluften (medelvärde -38 %). Anledningen är i de flesta fall att filterrengöring och växlarengöring försummas, antingen på grund av bristande information eller på grund av att systemets utförande gör rengöringen besvärlig.

Svensson et al (ref. 9) rapporterar en flödesminskning av 20 - 30 % för frånluftsflödet i en grupp F-ventilerade hus under en 2-årsperiod. I samma undersökning har frånluftsflödena i FTX-ventilerade hus minskat med mellan 20 - 70 % medan tilluftsflödena varit nära nog konstanta.

5.3 Rengöring av filter och kanaler

Ett filter i vardera kanalen borde vara ett minimikrav för att skydda värmeväxlare och kanaler från försmutsning. Som tidigare nämnts kan det trots allt samlas mycket smuts i luftkanalerna och därför bör dessa utformas på ett sådant sätt att de är lätta att rengöra. Möjlighet till rengöring är också ett krav enligt kapitel 52 i SBN 80 samt enligt kapitel 4:33 i NR 1. De resultat, som redovisats i avsnitt 4.3, visar med önskvärd tydlighet vikten av rengöring. Vid rensning av en frånluftskanal ökade flödet från 137 till 180 m³/h (ca. 32 %). På samma sätt ökade flödet på tilluftssidan från 263 till 317 m³/h (ca. 21 %) efter rengöring av värmeväxlaren i en annan anläggning.

Vikten av att filtren rengörs eller byts med föreskrivna intervall kan inte nog poängteras. Tätare intervall medger en mindre marginal på kvoten mellan tilluftsflöde och frånluftsflöde, vilket ökar besparingspotentialen. Frågan är dock var "smärtgränsen" går beträffande filterrengöring. Enligt 5.2 bör frånluftsfilter rengöras en gång i månaden. Enkel rengöring är därför ett mycket tungt vägande skäl för att placera FTX-aggregatet inne i huset. Motståndet till att byta eller rengöra filter borde därigenom kunna minskas betydligt.

Fläktarna går i samtliga aggregat att plocka ut för rengöring. Skovlarna torkas av med en fuktad trasa eller dylikt. Om rengöringen försummas får detta till följd att luftflödet minskar och eventuellt att missljud från fläkten kan uppkomma (jämför med figur 4.3).

5.4 Don

Utformningen av don och donens placering är avgörande för ventilationsanläggningens funktion. Fyra punkter kan särskilt betonas i detta sammanhang,

- Injustering
- Mätbarhet
- Spridningsbild
- Rensbarhet

Beträffande möjligheterna till *mätning* i samband med *injustering* är dessa ofta mycket dåliga. Don med inbyggda mätbarheter eller fasta mätdon i kanalerna underlättar naturligtvis ett injusteringsförfarande i högsta grad. Med tanke på att möjlighet till mätning har varit obligatorisk borde större krav ställas på mätdonens utformning i samband med slutbesiktning. I hus med FTX-system bör kontroll av ventilationsflöden återkomma med regelbundna intervall (ett krav från och med 1992). Både tid och pengar skulle sparas vid dessa kontroller om lättillgängliga mätbarheter förekom i större utsträckning än vad fallet är idag.

I FTX-system kombinerade med luftvärme ställs särskilda krav på tilluftdonens *spridningsbild*. Donen och deras placering måste i dessa system prestera bra resultat både beträffande ventilation och värmefördelning. Därvid kommer donen att arbeta både med över- och undertemperatur på luften. För närvarande sker provning av don huvudsakligen isotermt och inom detta område föreligger behov för omfattande forskning och utveckling av provningsmetoder.

Slutligen kommer både injustering och spridningsbild att påverkas av eventuell försmutsning i donen. Det är därför väsentligt att don utformas så att de är lätt *rensbara* utan att den ursprungliga injusteringen påverkas.

5.5 Täthet

Ett stort problem med värmeåtervinningsaggregaten och deras kanalsystem är tätheten. Otätheter förorsakar dels läckage till omgivningen och dels, som antytts tidigare, internt läckage i aggregatet. Tätheten i kanalsystemet skall kontrolleras vid varje nyinstallation. Ett otätt kanalsystem kan förorsaka att kondens utfälls, vilket i sin tur kan medföra fuktskador och mögelproblem. Vidare kan läckage ge upphov till en försämrad energibesparing. Detta orsakas dels av direkta förluster och dels genom att totalflödena måste ökas för att få rätt flöden i enskilda rum.

Överläckning i aggregaten kan ge upphov till att dålig luft sprids i huset och att energibesparingen försämras. Problemet med överläckning är speciellt allvarligt i hus med radonproblem. Trots att ventilationen är injusterad till rätt antal omsättningar per timme riskerar man att inte få tillräcklig tillförsel av friskluft i bostaden om överläckning förekommer. Återföring kan också förekomma genom kortslutningseffekter mellan till- och frånluftsdon på grund av felaktig installation. Någon ökning av överläckningen i aggregatet har inte kunnat konstateras på de värmeväxlare som mätts upp med fem års mellanrum.

Otätheter i aggregat och kanalsystem förorsakar dels läckage till omgivningen och dels, som antytts tidigare, internt läckage i aggregatet. Tätheten i kanalsystemet skall kontrolleras vid varje nyinstallation. Krav på kanalernas täthet anges i SBN 80 och NR1. Vid system med värmeåtervinning har tidigare krävts utförande i lägst täthetsklass B. Det externa läckaget för FTX-aggregatet får högst vara 4 % av nominellt luftflöde för typgodkännande. Det externa läckaget anges vid 250 Pa tryckdifferens mellan aggregatets in- och utsida. Enligt SP sätts nominellt luftflöde till 150 m³/h vilket ger ett tillåtet läckflöde av högst 6 m³/h. Vid 250 Pa motsvarar täthetsklass B ett tillåtet läckageflöde i kanalerna av 0,49 m³/h per m luftkanal vid en kanaldiameter av 125 mm (läckningskoefficient cirka 0,35 l/s/m² för klass B och 1,0 l/s/m² för klass A). Med exempelvis 20 m kanallängd blir det tillåtna läckaget från kanaler av klass B högst 9,6 m³/h, vilket är av samma storleksordning som det läckage som tillåts från aggregatet. Jämför även med resultaten från P-märkningskontroll av kanalsystemens täthet (4.6).

Till läckaget från kanalerna får man addera eventuellt läckage vid skarvar. Således utgör luftläckaget i aggregatet normalt en betydande del av läckaget för den totala installationen. Här råder dessutom de största tryckdifferenserna mot omgivningen. I NR1 har man emellertid sänkt täthetskravet på kanalerna och accepterar klass A (bortsett från imkanalen). Därmed tolererar NR1 nästan tre gånger så stort läckage från kanalerna som SBN 80.

Ytterligare ett problem avseende lufkläckning är klimatskärmens täthet. Täthetskravet på huset vid installation av värmeåtervinningsaggregat är enligt SBN 80 maximalt 3 oms/h vid 50 Pa övertryck i huset. Flera undersökningar tyder dock på att detta krav behöver skärpas till maximalt 1 oms/h för hus med FTX-system (jämför med normkraven enligt 1.1.2). Om klimatskärmen är otät kommer den totala luftväxlingen att påverkas mer via in- och exfiltration för hus med FT-ventilation än för hus med ren F-ventilation. Värmeåtervinning kan dessutom aldrig ske med luft som inte passerar värmeväxlaren. Även i detta fall har man förändrat kravformuleringen i NR 1 gentemot SBN 80.

För många typer av hus innebär den nya formuleringen en sänkning av kravet (framförallt för hus med kryppgrund). Därmed kan NR1 tillåta läckage genom klimatskärmen som i vissa fall är mer än tre gånger så stora som det erfarenhetsmässigt acceptabla värdet av cirka 1 oms/h för FTX-system.

5.6 Isolering

Värmeförlusterna från luftkanaler anges lämpligen som en förlustfaktor i form av effektförlusten per längdenhet luftkanal vid en given temperaturdifferens mellan luften i kanalen och luften utanför kanalen. Förlustfaktorn uttrycks i W/m/K (Fahlén, ref.6). Enligt SBN 1980 accepteras för kanaler med en diameter större än 100 mm en 60 mm tjock isolering med en värmekonduktivitet som är högst 0,05 W/m/K. Med en kanaldiameter av 125 mm blir därmed den tillåtna effektförlusten 0,40 W/m/K. I ett tänkt system med en total kanallängd av 10 m för frånluften och 20 m för tilluften samt med frånluftstemperaturen 20°C, tilluftstemperaturen 17°C och med utetemperaturen -20°C blir förlusteffekten av storleksordningen 0,46 kW. Ökad tilluftstemperatur, t.ex. i samband med luftvärmesystem, medför naturligtvis ökade värmeförluster. Förlusteffekten kan jämföras med en typisk återvunnen medeleffekt av cirka 1,2 kW vid ovanstående temperaturförhållanden. Detta innebär att den "tillåtna" förlusten i det tänkta systemet kan uppgå till 30-40 % av den återvunna effekten. Samtidigt förutsätter dessa värden ett perfekt arbetsutförande utan springor i isoleringen och med helt lufttäta kanaler.

I tabell 5.1 visas en sammanställning över tillåtna förlustfaktorer uttryckta i W/m/K enligt SBN 80 respektive NR 1. I NR 1 finns inget uttalat krav men tabellens värden baseras på de värden som anges i normens rådtext. Jämförelsen grundar sig på den "normenliga" värmekonduktiviten 0,05 W/m/K, en värmeövergångskoefficient på kanalens insida av 30 W/m²/K och på isoleringens utsida av 5 W/m²/K (dessa värden är inte särskilt kritiska för resultatet om isoleringen är någorlunda tjock).

Tabell 5.1. Sammanställning över beräknade förlustfaktorer för isolerade kanaler enligt SBN 80 och NR 1 uttryckta i W/m/K.

Norm	Förlustfaktor (W/m/K)		
	Kanaldiameter 100 (mm)	Kanaldiameter 125 (mm)	Kanaldiameter 160 (mm)
SBN 80	0,34	0,40	0,48
NR 1, kanallängd <10 m	0,29	0,34	0,40
NR 1, kanallängd <30 m	0,24	0,27	0,32

De värden som redovisas i tabell 5.1 kan jämföras med de föreslagna schablonvärdena vid energiberäkningar enligt bilaga 3. För normenlig isolering med matta antas i schablonmetoden förlustfaktorn vara 0,3 W/m/K och vid isolering med lösull av minst 240 mm över den högst belägna kanalen antas faktorn vara 0,052 W/m/K.

Beträffande isolering med lösull finns kraftigt divergerande uppgifter om hur stor faktor bör vara. Förlusterna torde dock normalt bli betydligt mindre vid förläggning i lösull än vid normenlig isolering med matta. Forskning pågår inom detta område. Enligt Fahlén (ref. 7) torde den totala förlustfaktorn för lösull ligga i området 0,10 - 0,25 W/m/K beroende på lösullens typ och tjocklek samt rådande temperaturförhållanden. Det måste i detta sammanhang framhållas att den förlustfaktor som anges av Fahlén är den totala förlustfaktorn, vilken kan bestämmas genom direkt mätning. Beroende på isolering, kanalgeometri och temperaturförhållanden kan värme motsvarande cirka 0-40 % av totalförlusten återgå till huset. Därmed blir det antagna värdet i Enorm-programmet ganska rimligt under förutsättning att man verkligen har 24 cm isolering över kanalens högsta punkt.

Energiförlusterna från tilluftskanaler kan bli ännu större än de från kanaler med frånluft i de fall tilluften eftervärms i aggregatet. Speciellt i kombination med luftvärmesystem förekommer höga tilluftstemperaturer (ofta över 50 °C). I NR 1 finns inga särskilda krav på isolering formulerade för luftvärmesystem.

Erfarenheter visar att isoleringens utförande ofta kan vara bristfällig. En enkätundersökning utförd av SP visade att endast 45 % av VVS-inspektörerna alltid kontrollerade utförandet på kanalisolering på vindsbjälklag. Bland de installationer som hade kontrollerats bedömdes hela 41 % ha ett dåligt utförande. Lösullsisoleringar underkänns i genomsnitt i cirka 20 % av de kontrollerade installationerna.

5.7 Drift och underhåll

De erfarenheter som redovisats i kapitel 4 har utnyttjats vid framtagningen av rekommendationer för drift- och underhållsinstruktioner (se bilaga 2). Allmänt kan sägas att situationen beträffande dessa handlingar förbättrats på senare år, både beträffande utförande och överlåtande. Vid en enkätundersökning, utförd av SP i samband med framtagning av regler för P-märkning av småhus, framkom att 78 % av VVS-inspektörerna alltid kontrollerade att ägaren fått del av instruktionerna för underhåll och skötsel av ventilationsanläggningen. Endast 10 % kontrollerade aldrig detta viktiga moment.

De viktigaste aspekterna beträffande drift och underhåll handlar om rengöring av filter, värmeväxlare, don och kanaler samt kontroll och injustering av flöden. I viss mån behöver även termostatfunktioner för avfrostning och eftervärmning samt kondensvattenavloppet kontrolleras. Resultaten från detta och tidigare projekt pekar entydigt på en direkt koppling mellan drifts- och skötselinstruktionernas utformning och ventilationsanläggningens funktion. Ännu viktigare tycks dock den muntliga informationen vid överlämnandet av anläggningen vara. Aldrig så bra instruktioner är verkninglösa om de förblir olästa.

Vid den konstruktiva utformningen av anläggningar måste man inse att de flesta brukare inte går och funderar över sin anläggning för jämnas. Enkel utformning av skötseln, samt automatik för påminnelse och larm när det är dags att göra någonting, förbättrar förutsättningarna för den långsiktiga funktionen.

5.8 Värmeåtervinningsaggregatens konstruktion och placering

5.8.1 Konstruktion

Fläktarnas placering i aggregatet inverkar på det interna läckaget. Olämpligt valda placeringar kan ge återföring av gammal luft till friskluften. Beroende av hur fläktarna placeras sker överföringen antingen från tilluftssidan till frånluftssidan eller tvärtom. Den absolut vanligaste placeringen, där båda fläktarna suger luften genom växlaren, ger dock i första hand en överläckning från tilluftssidan till frånluftssidan, i den mån någon överläckning förekommer. Vid denna placering går man miste om möjligheten att återvinna en del av frånluftsfläktens värmeavgivning, men man får å andra sidan ofta en bättre strömning genom växlaren och minskar som tidigare nämnts risken för återföring av dålig luft till huset.

Man bör emellertid i detta sammanhang notera att överföring inte enbart sker genom luftläckning utan kan ske med flera olika mekanismer, t.ex.

- Luftläckning
- Ångtrycksskillnader
- Adsorption, desorption (för regenerativa värmeväxlare)

Detta innebär att överföring kan ske tvärs mot luftläckagets riktning eftersom skillnader mellan ångors partialtryck i frånlufts- respektive tilluftskanalerna ofta är större än de totaltryckskillnader som uppstår på grund av fläktarna. Därför bör t.ex. en spiskåpa aldrig anslutas till ett FTX-aggregat även om fläktplaceringen medför att ett eventuellt läckage förväntas gå från friskluftssidan till frånluftssidan. Viktiga aspekter på avfrostning och värmeåtervinning finns tidigare behandlade i kapitel 2.

5.8.2 Aggregatplacering

Värmeåtervinningsaggregaten kan placeras antingen utanför eller innanför husets klimatskärm. Det är vanligt att aggregatet placeras ovanför spisen. Fördelen med denna placering är att aggregatet är lätt åtkomligt för rengöring och skötsel. Dessutom minskar antalet genombrytningar i klimatskärmen för till- och frånluftskanaler. En negativ aspekt är det ljudproblem, som aggregatet eventuellt kan förorsaka. Ur denna synpunkt kan en placering i tvättstuga/grovkök vara att föredra.

Som nämnts tidigare, kommer kondens att utfällas i aggregatet under vissa årstider. För att bli av med kondensvattnet i aggregaten förses dessa med kondensavlopp. Om inte avloppet är korrekt isolerat och aggregatet är placerat utanför klimatskärmen finns det risk för att avloppet fryser sönder. Ett sönderfrost kondensavlopp kan då ge fukt-skador i huset. Kondensvattenledningen måste vara tillräckligt grov för att undvika igensättning ($D_i > 12$ mm enligt ref. 13). Dessutom måste den förses med ett ordentligt vattenlås så att okontrollerad luftväxling inte förekommer.

När aggregatet placeras utanför klimatskärmen, placeras det oftast på vinden. Vindar är normalt svåråtkomliga och därmed är det vanligt att skötseln i dessa fall blir eftersatt. Eftersom aggregatets skötsel är A och O för dessa anläggningar bör en placering innanför husets klimatskärm eftersträvas så långt detta är möjligt.

5.9 Anläggningarnas status

FTX-aggregat i bostäder verkar i allmänhet klara sig från korrosion och andra nedbrytningsmekanismer. Det stora, generella problemet för dessa system är försmutsning av både kanaler och aggregat i olika omfattning. Försmutsningen orsakar också kraftiga flödesändringar.

5.10 Energibesparing

Vid bedömning av energibesparingar med hjälp av ventilationsvärmeväxlare är det viktigt att göra en distinktion mellan återvunnen och sparad energi. Den *återvunna energimängden* utgörs av entalpiskillnaden mellan frånluften in till värmeväxlaren och frånluften ut från värmeväxlaren. Denna entalpiändring ger en motsvarande entalpihöjning på tilluftssidan (se 4.10). Återvunnen värme, minskad med det ökade behovet av fläktenergi på grund av ökat tryckfall, motsvarar sparad energi jämfört med ett likadant hus med samma ventilationssystem men utan värmeväxlarenheten.

Vid bedömning av *energibesparing* bör däremot jämförelsen göras mot ett likadant hus men med enbart mekanisk frånluftsventilation. Återvunnen värme skall i detta fall minskas med ökningen av energi till fläktar på grund av ökat tryckfall genom värmeväxlare och de längre kanaler som behövs. Dessutom måste termiska förluster via varma installationsdelar utanför klimatskärmen och kalla delar innanför klimatskärmen beaktas.

5.10.1 Beräkning

Vid energiberäkningar för hus med luftvärme och/eller ventilationsvärmeväxlare är det viktigt att hänsyn tas till värmeförluster från kanaler. Dessutom måste behovet av driveffekt till fläktar för att överkomma tryckfall i aggregat och kanaler beaktas. Som tidigare nämnts (2.10) anges besparingar av storleksordningen 6000 - 7000 kWh per år i tillverkarnas instruktioner. Detta avser teoretiskt återvunnen värme utan hänsyn till behov för avfrostning, energibehov till fläktar och termiska förluster från t.ex. kanaler.

I bilaga 3 redovisas ett utdrag ur ett förslag till utformning av indata vid energiberäkningar. Principerna är relevanta vare sig beräkningen görs för hand eller med hjälp av datorprogram (t.ex. Nya Enorm). Förslaget är framtaget under 1989 av en branschrådsgrupp under ledning av SP (ref. 6). Med ledning av dessa förutsättningar kan besparingen beräknas med hjälp av beräkningsprogrammet Nya Enorm och kanallängder enligt förutsättningarna för respektive hus. Luftflödet har i de här redovisade beräkningarna antagits vara 180 m³/h. Resultaten ges i tabell 5.2 och visar vikten av att data för värmeväxlaren tar hänsyn till de totala driftsförutsättningarna och inte bara till temperaturverkningsgraden. Vidare måste alltid hänsyn tas till kanalförluster och fläkteffekter.

Beräkningar med ovanstående förutsättningar ger energibesparingar av storleksordningen 2000 - 4000 kWh, vilket stämmer ganska väl med praktiska mätningar. Denna besparing är dock avsevärt mycket lägre än den besparing som många datablad från tillverkare anger.

5.10.2 Mätning

Resultaten enligt 4.10 ger vid handen att den årliga energibesparingen ofta ligger ganska långt från den besparing som kalkylerats med utgångspunkt från FTX-aggregatets torra temperaturverkningsgrad. Enligt mätresultaten har den normerade återvunna energimängden varierat mellan 1,5 - 4,5 MWh under den redovisade uppvärmnings-säsongen. Energibesparingen, efter avräkning av förluster, kan däremot vara avsevärt mycket mindre. I en av anläggningarna utgjorde nettobesparingen endast cirka 0,85 MWh jämfört med om ett enkelt frånluftssystem hade använts. Resultaten har sammanställts i tabell 5.2 och visar att systemfunktionen i hög grad beror av andra faktorer än den torra temperaturverkningsgraden.

Tabell 5.2. Uppmätt och beräknad energibesparing (normerat till 180 m³/h).

Anläggning nr	η_t (%)	Beräknad besparing (MWh/år)		Uppmätt återvunnen energi (MWh/år)
		Tillverkare	Enorm	
1	67	6,5	2,8	3,3
2*	57	4,5	4,1	--
3	78	6,5	3,9	4,4
4*	57	4,5	4,1	--
5	80	6,4	3,3	4,5
6	71	5,6	3,2	--
7	70	5,6	3,1	3,7
8*	59	6,3	2,2	1,5
9*	57	4,5	4,1	--
10	67	6,5	2,8	--

*Kanalerna förlagda innanför klimatskärmen.

Mätningar som redovisas av Svensson et al (ref. 9) gav som medelvärde en årlig besparing av 2400 kWh för 15 hus med FTX-system jämfört med en kontrollgrupp av hus med enbart mekanisk frånluftsventilation. Samtliga hus i denna undersökning hade dessutom ovanligt täta byggnadsskal (luftläckning 0,5 - 0,6 oms/h vid 50 Pa).

5.11 Fukt i byggnadsdelar

De fuktkvoter som uppmätts i takkonstruktionerna i två av husen är normala för årstiden trots att båda dessa hus varit utsatta för inre övertryck under lång tid. Ingenting pekar på att detta övertryck orsakat någon onormal tillförsel av fukt till de byggnadsdelar som undersökts. En anledning kan vara de osedvanligt milda vintrar som rått både under projektåret 1990 och det föregående året.

Dessa resultat ger ingen grund för att påstå att fuktskador skulle vara ett generellt problem för hus med obalanserade luftflöden med underskott av frånluftsföde. Samtidigt ger resultaten inte något underlag för att påstå motsatsen heller, eftersom de yttre väderförhållandena varit sällsamt gynnsamma. Erfarenheter från andra undersökningar och teoretiska bedömningar gör dock att övertryck i kombination med kall väderlek måste betraktas som en potentiell risk. Teoretiskt borde fuktproblem i byggnader egentligen förekomma i större utsträckning än vad som kan påvisas i verkligheten. Troligtvis inträffar den nödvändiga *samtidiga* kombinationen av hög luftfuktighet, stor luftläckning och låg utetemperatur ganska sällan.

6 Slutsatser

Med utgångspunkt från erfarenheterna från detta och tidigare projekt rörande ventilationssystem med värmeåtervinning kan vissa slutsatser dras beträffande systemens *användbarhet* ("serviceability", se 0.1.3). Systemens användbarhet bestäms av deras *funktion, livslängd* och *kostnad*. För att kunna bedöma förutsättningarna för olika typer av system behöver man därför identifiera *kritiska funktionsegenskaper* och ställa upp *funktionskriterier* för dessa egenskaper. Funktionskriterierna måste på något sätt kunna verifieras, vilket medför behov av metoder för *egenskapsprovning* och *åldringsprovning (provning för livslängdsbedömning)*. Egenskaper och kriterier finns uppställda i Boverkets krav för typgodkännande (ref. 13) och metoder för verifiering av kraven finns utgivna av t.ex. SP, Nordtest och CEN.

6.1 Erfarenheter

Erfarenheterna från detta och tidigare projekt kan sammanfattas i följande punkter:

- Netto återvunnen energi i värmeväxlaren blir mindre än vad som beräknas med hjälp av temperaturverkningsgraden (p.g.a. felaktiga flöden, effekt till fläktar, avfrostning, luft- och värmeläckage från *aggregatet* etc.).
- Netto *sparad* energi kan bli avsevärt mycket mindre än netto *återvunnen* energi när *aggregatet* monteras utanför klimatskärmen. Normkraven för isolering av *kanaler* är otillräckliga.
- Det finns ett tydligt samband mellan utfört underhåll och DU-instruktionernas utformning. Framförallt påverkas resultatet av hur instruktionerna överlämnas till kunden.
- Ventilationsritningar och injusteringsprotokoll saknas påfallande ofta.
- Tilluftskanaler är normalt ganska rena.
- Frånluftskanaler är ofta kraftigt försmutsade. Detta kan medföra mycket stora flödesminskningar (upp till 50 %) med åtföljande kraftiga obalanser mellan till- och frånluftflöden. Även smutsiga don ger minskade flöden på frånluftssidan.
- Övertryck i byggnaden förekommer ofta, främst p.g.a. nedsatta frånluftflöden. Dokumenterade fall av fukt- och mögelskador, som orsakats av övertryck, är dock förhållandevis sällsynta.
- *Aggregaten* är i fysiskt gott skick (försumbara korrosionsangrepp, lister och skarvar i bra kondition, överlag rena värmeväxlarytor).
- Få klagomål på drag eller buller. Dock förekommer vissa klagomål på ljudnivån i kök i samband med köksplacerade *aggregat*.
- Förhållandevis vanligt med klagomål på spridning av matos till andra rum (ca. 30 % av anläggningarna).

6.2 Kritiska funktionsegenskaper

Ventilationssystem med värmeåtervinning har uppenbarligen tre huvudfunktioner, att förse en byggnad med tillräckligt mycket ren ventilationsluft, att transportera bort den använda luften och att utföra dessa funktioner med minsta möjliga energianvändning. Med ledning av dessa överordnade funktionskrav och erfarenheterna från projektarbetet kan ett antal kritiska funktionsegenskaper identifieras.

En kritisk funktionsegenskap (critical performance property, se 0.1.3) är en egenskap hos produkt, komponent eller material - som måste bibehållas över en viss miniminivå för att funktionsförmågan inte skall förloras. För ventilationssystem med värmeåtervinning har nedanstående funktionsegenskaper bedömts vara kritiska.

6.2.1 Aggregat

Funktion med avseende på energi och luftväxling (kvantifierbara egenskaper)

- Verkningsgrad
- Avfrostning
- Tryckfall
- Täthet till omgivningen
- Täthet mellan till- och frånluftssidan i relation till fläktplacering
- Fläktarnas verkningsgrad, kapacitet och möjlighet till reglering
- Värmeförluster genom transmission
- Tillsatsvärme

Funktion med avseende på drift och underhåll (huvudsakligen kvalitativa egenskaper)

- Utförande
- Manövreringsätt
- Rensbarhet
- Funktion vid låg utetemperatur
- Dränering av kondensvatten
- Möjligheter till mätning, statusindikering och larm

Funktion med avseende på beständighet (huvudsakligen kvalitativa egenskaper)

- Korrosion
- Polymera materials beständighet mot åldring
- Biologisk påväxt

Funktion med avseende på personlig säkerhet och hälsa (både kvalitativa och kvantitativa egenskaper)

- Ljudalstring
- Brandskydd
- Elektrisk säkerhet
- Säkerhet mot spridning av mikroorganismer, damm, m.m.
- Filterkvalitet

6.2.2 Övrig installation

Funktion med avseende på energi och luftväxling (kvantifierbara egenskaper)

- Tryckfall
- Täthet till omgivningen
- Värmeförluster genom transmission
- Placering och egenskaper för don

Funktion med avseende på drift och underhåll (huvudsakligen kvalitativa egenskaper)

- Utförande
- Manövrering av don
- Rensbarhet och andra underhållsaspekter
- Dränering av kondensvatten
- Möjligheter till mätning, statusindikering och larm

Funktion med avseende på beständighet (huvudsakligen kvalitativa egenskaper)

- Korrosion
- Polymera materials beständighet mot åldring
- Biologisk påväxt

Funktion med avseende på personlig säkerhet och hälsa (både kvalitativa och kvantitativa egenskaper)

- Ljudalstring
- Brandskydd
- Elektrisk säkerhet
- Säkerhet mot spridning av mikroorganismer, damm, m.m.

6.3 Funktionskriterier och krav

Med hänvisning till de i 6.1 identifierade kritiska funktionsegenskaperna måste *funktionskriterier* (se 0.1.3) verbaliseras. I anslutning till dessa funktionskriterier måste också *funktionskrav* uppställas för att en bedömning skall kunna göras om ett kriterium är uppfyllt eller inte. Nedan ges korta kommentarer till de kritiska funktionsegenskaperna med avseende på lämpliga kravnivåer och metoder för egenskapsprovning och åldringsprovning.

Generellt är det svårt att översätta allmänt uttryckta krav på beständighet (en relativ term) till krav på en viss livslängd (en absolut term). En rimlig nivå torde vara att eftersträva en teknisk livslängd av minst 20 år på *aggregat* och en teknisk livslängd av minst 50 år på *övriga fasta installationer*.

6.3.1 Aggregat

Funktion med avseende på energi och luftväxling (kvantifierbara egenskaper)

Verkningsgrad

Både praktiska erfarenheter och teoretiska bedömningar ger vid handen att den torra temperaturverkningsgraden är ett otillräckligt mått för bedömning av den energibesparing som kan erhållas med hjälp av ett FTX-aggregat. Temperaturverkningsgraden kan t.ex. höjas genom att öka lufthastigheten genom värmeväxlaren, vilket i sin tur leder till ökat tryckfall med åtföljande ökning av effektbehov till fläktarna. Det är inte säkert att nettoresultatet av den höjda verkningsgraden leder till en ökad besparing.

Avfrostning, fläktplacering m.m. (se nedan) påverkar också systemets verkningsgrad utan att detta avspeglas i värdet på den torra temperaturverkningsgraden. Därför bör existerande provningsmetoder, SP A3 619 och NT VVS 024, kompletteras med prov vid olika utetemperaturer och motsvarande fuktinnehåll i frånluften samtidigt som tillförd eleffekt mäts (se Fahlén, ref.6).

FTX-systemets verkningsgrad är bara den ena av dess två viktigaste funktionsegenskaper. Med tanke på detta och att ekonomin för den totala installationen bör avgöra valet av aggregat bör kravet på att uppnå en viss temperaturverkningsgrad slopas vid typgodkännande. Däremot bör redovisningen av aggregatens egenskaper kompletteras enligt förslag till "Tekniska data för värmeåtervinnare" i bilaga 2.

Avfrostning

Enligt resonemanget i punkten "verkningsgrad" ovan bör avfrostning inkluderas i den ordinarie bestämningen av verkningsgrad. En särskild provning av avfrostningssystemets funktion finns redan i dagens läge (se "funktion vid låg utetemperatur" nedan) enligt metod SP A3 621 och NT VVS 025.

Tryckfall

Aggregatets tryckfall, eller egentligen den fläkteffekt som åtgår för att skapa noll tryckdifferens mellan in- och utlopp på aggregatet, är en energimässigt viktig parameter. Denna redovisas i dagens läge sällan eller aldrig. Visserligen mäts trycken i kanalerna enligt existerande metoder men resultaten syns inte i den redovisning som sker. Något explicit funktionskrav bör inte ställas utan kravet bör enbart gälla en redovisning. Aggregatet bör därvid belastas med en tillförd effekt som motsvarar fläktarnas effektbehov för att överkomma det interna tryckfallet. (se förslag till "Tekniska data för värmeåtervinnare" i bilaga 2.3 samt ref.6). Förslagsvis beräknas denna effekt på samma sätt som för värmepumpar enligt kommande europastandard EN 255 (metoden tenderar emellertid att gynna aggregat som inte har fläktarna inbyggda).

Täthet till omgivningen

Med hänsyn till diskussionen kring täthet i kapitel 5.6 kan det nuvarande funktionskravet 4 % av nominellt flöde (cirka 6 m³/h) vid 250 Pa synas högt i jämförelse med det läckage som tillåts för kanalsystemet. Emellertid motsvarar 6 m³/h endast 4,2 m kanal av diameter DN125 mm för täthetsklass A respektive 12,2 m kanal av täthetsklass B. I relation till möjligheterna att justera in ventilationsflöden och den energiförlust läckaget kan tänkas orsaka är dock kravet relativt rimligt. Många tillverkare har vissa bekymmer att uppfylla redan detta krav. Nuvarande provningsmetoder för denna egenskap (SP A3 615 och NT VVS 021) bedöms vara tillräckliga.

Ett speciellt problem kan orsakas av läckage av varm, fuktig frånluft, vilket kan medföra fuktproblem vid aggregat placerade i kalla utrymmen (om fläkten på frånluftssidan trycker genom aggregatet). I viss mån kan även läckning av kall luft orsaka problem inom uppvärmda utrymmen.

Täthet mellan till- och frånluftssidan i relation till fläktplacering

Kravet beträffande överläckning ligger för närvarande på högst 8 % av nominellt flöde (cirka 12 m³/h). Detta läckage, tillsammans med det externa läckaget, gör att upp till 10-12 % av flödet kan transporteras i onödan. Man får därmed en merförbrukning av fläkteffekt. Det kan finnas anledning att sänka kravnivån beträffande överläckning till samma nivå som för det inre läckaget (se även punkten 5.8.1 samt text under rubriken "säkerhet mot spridning ... " nedan).

De provningsmetoder, som används i dag (SP A3 616 och NT VVS 022), är tillräckliga för vanliga rekuperativa värmeväxlare. För regenerativa växlare och andra speciella typer, behöver en komplettering ske med metoder för spargas.

Fläktarnas verkningsgrad, kapacitet och möjlighet till reglering

Fläktarnas storlek och verkningsgrad, möjligheter till kapacitetsreglering, värmväxlarens tryckfall samt höljets utformning och komponenternas placering påverkar fläktarnas energiförbrukning. Någon särskild kravnivå beträffande fläkteffekten behöver inte ställas men redovisning bör göras enligt förslag till "Tekniska data för värmeåtervinnare" i bilaga 2.3. En möjlighet vore annars att relatera fläkteffekten vid ett visst flöde och temperatur till luftens värmekapacitetsflöde eller entalpitransport. Ett allmänt förslag finns att maximera fläkteffekten till 1 kW/m³/s (så kallat ATF-värde, d.v.s. Air Transport Factor).

Nuvarande provningsmetoder för denna egenskap (SP A3 618 och NT VVS 023) behöver kompletteras. För närvarande är provning endast föreskriven vid maximalt varvtal i punkterna noll tryckdifferens och noll flöde. Minst fem punkter bör provas vid respektive varvtal på fläkten.

Värmeförluster genom transmission

Vissa undersökningar vid SP tyder på att ett funktionskrav bör införas beträffande FTX-aggregatens förlustfaktor uttryckt i W/K (jämför 4.6.2). Ett sådant krav ingår inte i de regler för typgodkännande som för närvarande tillämpas. En möjlig utformning av kravet är att tillåta en förlusteffekt genom värmetransmission, som högst uppgår till 5 % av den värmeeffekt som tillförs (tillluftsidan) respektive bortförs (frånluftsidan) i aggregatet. Även bestämning av yttemperaturer kan vara intressant med hänsyn till risken för kondensbildning.

Provningsmetoder behöver utvecklas för att kunna verifiera funktionskravet.

Tillsatsvärme

Funktionskrav saknas för tillsatsvärme i FTX-aggregat. Ofta används element som tillsatsvärmeanordningar. Nuvarande regler för utformning av uppvärmningssystem förutsätter att konvertering till vattenburet system av lågtemperaturtyp skall vara möjlig. Med tanke på detta bör någon typ av krav införas beträffande dimensionerande temperaturnivå om tillsatsen avser huvudparten av husets värmebehov. Krav bör ställas på styrning och dimensionering så att lufttemperaturen aldrig behöver gå över 50 °C vid dimensionerande förhållanden.

Någon särskild provningsmetod finns för närvarande inget behov av.

Funktion med avseende på drift och underhåll (huvudsakligen kvalitativa egenskaper)

Utförande

Krav beträffande utförande finns allmänt formulerade i SBN 80 och NR 1 (se kapitel 1.1.2). En särskild utvärderingsmetod finns planerad (SP A3 622) men denna metod existerar i dagens läge endast i sinnevärlden. Det är svårt att kvantifiera denna typ av krav annat än på några specifika punkter. Punkter som kan omfattas är t.ex.

- Manövreringssätt
- Rensbarhet
- Dränering av kondensvatten
- Materialval

Ett behov finns av att konkretisera dessa aspekter, åtminstone i form av en checklista för kritiska konstruktionsdetaljer. Eventuella krav bör utformas som funktionskrav, inte som konstruktionskrav. I vissa fall kan det emellertid vara svårt att formulera funktionskrav, t.ex. när det gäller risken för igensättning av kondensvattenavlopp. Det nuvarande kravet på minst 12 mm innerdiameter är i lägsta laget.

Funktion vid låg utetemperatur

Ett FTX-aggregat måste kunna fungera kontinuerligt vid låga utetemperaturer utan problem med för låga tillufttemperaturer, igenfrysning eller dränering av kondensvatten. Lägsta kontinuerliga utetemperatur skall anges av tillverkaren (se bilaga 2.3). För typgodkännande bör lägsta funktionstemperatur kunna understiga -20 °C.

Provningsmetoderna för funktion vid låg utetemperatur, SP A3 621 och NT VVS 025, behöver revideras. Vissa prov, som nu utförs vid -10 °C, kan utelämnas eftersom verkningsgradsprovning föreslås bli utförd vid -7 och -15 °C. Däremot behöver en komplettering göras av de prov som utförs vid -20 °C. Med tanke på de stora flödesobalanser, som uppträder i verkliga anläggningar på grund av felaktig injustering och/eller försumtsning, bör prov utföras med flödesförhållanden av 0,5, 1,0 och 1,5. Obalanser mellan till- och frånluftsflödena påverkar avfrostningsfunktionen i större eller mindre grad beroende på typ av avfrostning, givarplacering m.m. De fuktnivåer, som anges i metoderna (30 och 60 %), verkar fortfarande vara lämpliga. Observera att den låga fukthalten vanligtvis innebär den största risken för påfrysning i rekuperativa värmeväxlare.

Funktion med avseende på beständighet (huvudsakligen kvalitativa egenskaper)

Korrosion

Korrosion förekommer i första hand på delar som är utsatta för fukt (värmeväxlarens frånluftssida, kondensvattentråg etc.). Erfarenheterna pekar på att detta normalt inte är något stort problem. I vissa fall har dock korrosion förekommit på t.ex. växlarpaket av aluminium i västkustklimat. Något stort behov av specificerade krav kan inte ses för närvarande. Däremot kan hänvisningar till allmänna metoder (t.ex. ASTM) göras i SP's "ofullbordade" metod beträffande utförande (SP A3 622).

Polymera materials beständighet mot åldring

Polymera material förekommer i första hand i tätninglistor, fuktspärrar och filter. Det finns dock även FTX-aggregat, som i stort sett är tillverkade uteslutande av plast. I övrigt kan samma kommentarer göras som avsåg korrosion.

Biologisk påväxt

Biologisk påväxt är ett problem som uppmärksammas alltmer i debatten om inneklimat och "sjuka hus". Här finns anledning att vara uppmärksam både beträffande materialval och utförande. Högklassiga filter på båda sidor om aggregatet, släta ytor (helst av metall) och goda möjligheter till rensning är absoluta krav.

Problem med direkt nedbrytning av förekommande konstruktionsmaterial, t.ex. genom biologisk påväxt, bedöms vara små.

Funktion med avseende på personlig säkerhet och hälsa (både kvalitativa och kvantitativa egenskaper)

Ljudalstring

Krav på bestämning av ljudeffekt från FTX-aggregat saknas i gällande typgodkännanderegler. I detta avseende skiljer sig förhållandena gentemot de som råder för frånluftsvärmepumpar. I båda fallen utgörs problemet av fläktljud, som tillförs luftkanalerna, tillsammans med luftljud som alstras i don. Det finns därmed anledning att kräva redovisning av den ljudeffekt, som avges från aggregat och don, på samma sätt som sker för värmepumpar. Visserligen indikerar ljudmätningar ute i hus att nivåerna normalt ligger under normkraven men undersökningar av ljudklimatet i hus med denna typ av installationer pekar på att fläktljud kan upplevas som störande utan att normkraven överskrids. Sannolikt är frekvensinnehållet av stor betydelse varvid system med variabelt fläktvarvtal bör behandlas särskilt. I detta sammanhang kan påpekas att problem med infrabuller torde vara ytterst osannolikt i bostadssammanhang men att det vanligtvis användna dB_A -värdet underskattar lågfrekvent buller inom det hörbara området (t.ex. 50-60 Hz).

Brandskydd

Krav beträffande brandskydd är ganska måttliga för aggregat avsedda för enbostadshus (endast en brandzon). Det räcker i princip med att de material, som används i aggregatet, är svårantändliga. Metoder för utvärdering finns angivna i SP A4 106. I de fall spiskåpan är ansluten till aggregatet (vilket emellertid bör undvikas) kan särskilt brandspjäll krävas.

Det är inte känt att brandspridning någonsin varit ett problem med FTX-aggregat och det finns heller ingen anledning att revidera existerande metoder och krav.

Elektrisk säkerhet

Beträffande elektrisk säkerhet gäller i första hand föreskrifterna i STEV FS 1988:1 ("starkströmsföreskrifterna") med kompletterande ändringsmeddelanden. Krav på oparisk verifiering av att kraven är uppfyllda saknas i reglerna för typgodkännande. Provningsplikt (numera kallad registreringsplikt) föreligger endast för aggregat med maximalt 25 kW elektrisk anslutningseffekt. Provningsmetoder för utvärdering av elektrisk säkerhet finns utarbetade av SEMKO. Den elektriska säkerheten bedöms inte utgöra något generellt problem för FTX-aggregat.

Säkerhet mot spridning av mikroorganismer, damm, m.m.

Erfarenheter från ett stort antal undersökningar pekar på att skärpta krav bör ställas på filter i ventilationsanläggningar. Filter skall ingå både på till- och frånluftssidan och vara placerade på sådant sätt att de blir lätta att byta. Filter på tillluftssidan bör väljas av lägst klass F65 men gärna av av klass F85. Dessutom måste filtertygorna väljas så stora att onödigt tryckfall och alltför frekventa byten undviks. Filter klassas numera även enligt skalan EU1-EU9 (Eurovent 4/5). Metoder för filterprovning beskrivs i ASHRAE-standard 52-76.

För att undvika spridning av matos och fettbeläggningar i kanaler och värmeväxlare bör spiskåpan aldrig anslutas till FTX-aggregatet. I system där frånluftslakten trycker och tilluftslakten suger genom aggregatet bör anslutning av spiskåpan till systemet var direkt förbjuden. Överhuvudtaget är en sådan fläktplacering olämplig med hänsyn till risken för spridning av luktämnen m.m. till känsliga rum (sovrum, vardagsrum etc.). Beträffande regenerativa värmeväxlare tillkommer andra överföringsmekanismer utöver ren luftläckning. Vid korrekt tryckbild över en regenerativ växlare torde överföringen av partiklar eller partikelbundna föroreningar vara försumbar. Gasformiga föroreningar kan dock överföras i varierande grad (0-90 % beroende på typ av gas och driftsförutsättningar). Normalt sett är koncentrationen av toxiska gaser låg i boendemiljön men överföringen minskar den reella ventilationen med avseende på den specifika gasen. I samband med sanering av hus med radonproblem bör detta uppmärksammas speciellt.

Vid materialval och val av utförande måste risken för biologisk påväxt, spridning av mikroorganismer och damm beaktas särskilt. Detta är ett mycket komplext problemområde där ytterligare forskning behövs innan vare sig funktionskriterier, funktionskrav eller metoder för egenskapsprovning kan utarbetas.

6.3.2 Övrig installation

Funktion med avseende på energi och luftväxling (kvantifierbara egenskaper)

Tryckfall

Kanalsystem bör utformas så att lägsta möjliga tryckfall orsakas. Detta innebär att ett funktionskrav skulle kunna ställas på den andel av fläktarbetet, som orsakas av kanaltryckfallet, i förhållande till luftens värmekapacitetsflöde (se motsvarande punkt under "aggregat" ovan). Kravet kan uppfyllas t.ex. genom val av kanaldimension, systemutformning (korta kanaler, få krökar) eller fläkt (verkningsgrad).

Behov finns för att utforma lämpliga funktionskrav. För stora anläggningar finns ett förslag till godhetstal för fläktarbetet, ATF, vilket man eftersträvar att få ner till cirka $1 \text{ kW/m}^3/\text{s}$ (ATF = Air Transport Factor).

Täthet till omgivningen

För närvarande gäller att kanaler skall uppfylla kraven enligt täthetsklass A. Detta innebär en sänkning av tidigare krav, vilket är mycket olyckligt. Tidigare krävdes enligt SBN 80 täthetsklass B för system med återvinning och detta krav bör återinföras. Erfarenheterna visar att klass B är tillfyllest om systemen monteras på rätt sätt så att ofrivilliga läckage i skarvar undviks (typgodkända kanaldetaljer skall alltid användas). Klass B ger också en rimlig balans mellan kanalläckage och tillåtet läckage från aggregat. Vid val av andra material än plåt måste särskild utvärdering göras. En lång rad erfarenheter visar att byggnadsmaterial av typ spånskivor eller gipsskivor inte bör tillåtas i kanalsystem. Kanaler av plåt eller polymera material kan vara både beständiga och lätt rensbara. För polymera material måste man emellertid vara observant på brandbeständighet (se t.ex. ASTM) och emissioner från själva materialet.

Metoder för egenskapsprovning finns angivna i bl.a. Eurovent 2/2 och SIS 82 72 08.

Klimatskärmens täthet bör motsvara ett läckage som är mindre än 1 oms/h . NR 1 har i många fall sänkt kravet gentemot SBN 80. Här behöver en skärpning göras. Metoder för provning finns beskrivna i SS 02 15 51.

Värmeförluster genom transmission

Kanalsystem bör utformas så att värmeförlusterna blir så låga som möjligt. Detta innebär att ett funktionskrav skulle kunna ställas på förlusternas storlek i förhållande till luftens värmekapacitetsflöde (se motsvarande punkt under "aggregat" ovan). Kravet kan uppfyllas t.ex. genom val av kanaldimension, systemutformning (kanalernas längd, förläggning inom eller utom klimatskärmen) eller isolering (typ och tjocklek).

Erfarenheter från olika projekt indikerar att de krav, som anges i byggnormerna SBN 80 respektive NR 1, är otillräckliga. Rekommendationer bör utarbetas för olika typer av isolering. Beträffande lösull finns ytterligare behov av forskning. För denna typ av isolering råder starkt divergerande uppfattningar om förlusternas storlek. Erfarenheterna pekar dock på att kanaler i lösull klarar sig betydligt bättre än kanaler isolerade med matta av normenlig tjocklek.

Behov finns för att utforma lämpliga funktions- och dimensioneringskrav.

Placering och egenskaper för don, spjäll m.m.

För närvarande saknas funktionskrav för don bortsett från krav på högsta tillåtna lufthastighet i vistelsezonen. Beträffande luftflöde finns metoder för verifiering av funktionskravet angivna i NVG T32:1982 (ref. 19) eller ISO/DIS 5221.

Erfarenheter från olika utvärderingar pekar på vissa problem med inblåsningstemperatur och luftspridning. I detta sammanhang är även donens placering av avgörande betydelse. Här finns ett tydligt behov av både funktionskrav och metoder för egenskapsredovisning. I synnerhet gäller detta icke-isoterm inblåsning (över- eller under-temperatur). Låghastighetsdon kan utvärderas enligt SP-VVS 17 (1973) eller ISO/DP 5219.

Provning av spjäll finns behandlad i ISO/DIS 7244 medan en- och tvåkanalapparater för konstant eller variabelt flöde behandlas i SS-ISO 5220.

Funktion med avseende på drift och underhåll (huvudsakligen kvalitativa egenskaper)

Utförande

Se kommentarerna till motsvarande punkt under "aggregat".

Funktion med avseende på beständighet (huvudsakligen kvalitativa egenskaper)

Korrosion

Se kommentarerna till motsvarande punkt under "aggregat".

Polymera materials beständighet mot åldring

Polymera material förekommer i första hand i tätningslister, fuktspärrar och filter. Det finns dock även kanalsystem och don, som i stort sett är tillverkade uteslutande av plast. Metoder för bestämning av materialegenskaper finns utgivna av ASTM.

Biologisk påväxt

Se kommentarerna till motsvarande punkt under "aggregat".

Funktion med avseende på personlig säkerhet och hälsa (både kvalitativa och kvantitativa egenskaper)**Ljudalstring**

Ljud i installationen utanför FTX-aggregatet uppstår i kanaldetaljer och don på ställen där lufthastigheten blir stor. Några särskilda funktionskrav bedöms inte vara nödvändiga. Metoder för provning finns och man bör införa ett krav på redovisning av den ljudeffekt som tillförs ett rum via kanaler och don.

Brandskydd

Se kommentarerna till motsvarande punkt under "aggregat".

Säkerhet mot spridning av mikroorganismer, damm, m.m.

Se kommentarerna till motsvarande punkt under "aggregat". För spiskåpor kan provning och egenskapsredovisning utföras enligt SS 43 30 501.

7 Referenser

1. Bankvall, C, et al, 1986. Beständighet inom bygg- och installationsområdet. (Statens Råd för Byggnadsforskning.) Rapport G4:1986. Stockholm.
2. Brännström, H, Sandström, N-Å, 1991. Instruktioner för drift och underhåll av VVS-komponenter i fastigheter. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport R58:1991. Stockholm.
3. Statens Energiverk, 1985. Idéhandbok - Driftinstruktioner, underhållsinstruktioner. (Telub Teknikinformation.) Växjö.
4. Carlsson, T, Lagerkvist, K O, 1988. Värmeåtervinning ur frånluft - Erfarenheter från en undersökning av tio småhus med FTX-system. (Statens provningsanstalt.) SP-Rapport 1988:62. Borås. (Träteknikcentrum.) Rapport P 8812078. Stockholm.
5. Fahlén, P, 1989. Frånluftsvärmepumpar för småhus - Systemprovning i laboratorium. (Statens provningsanstalt.) SP-Arbetsrapport 1989:50. Borås.
6. Fahlén, P, et al, 1989. Indata vid energiberäkning i småhus. (Statens provningsanstalt.) SP-Arbetsrapport 1991:08. Borås.
7. Fahlén, P, 1992. Värmeförluster från luftkanaler. (Statens provningsanstalt.) SP-rapport 1992:21. Borås.
8. Lagerkvist, K O, Larsson, R, 1989. Drift- och underhållsinstruktioner för villavärmepumpar. (Statens Råd för Byggnadsforskning.) Rapport T7:1989. Stockholm.
9. Svensson, A, Blomqvist, C, Mellin, A, 1985. Värmeåtervinning ur ventilationsluft - Kvarteret Malstenen, Bomhus, Gävle. (Statens Institut för Byggnadsforskning.) Meddelande M85:10. Gävle.
10. Tornevall, M, 1990. Kontroll av fuktillstånd i takbjälklag. (Statens provningsanstalt.) Protokoll 87E3 6008. Borås.
11. PFS 1980:1, 1980. Svensk byggnorm, SBN 1980. (Statens planverk.) Stockholm.
12. BFS 1988:18, 1989. Nybyggnadsregler, NR 1. (Boverket.) Stockholm.
13. Dnr 3837/82, 1983. Interimistiska godkännanderegler för ventilationsvärmväxlare i enbostadshus o d. (Statens Planverk.) Stockholm.

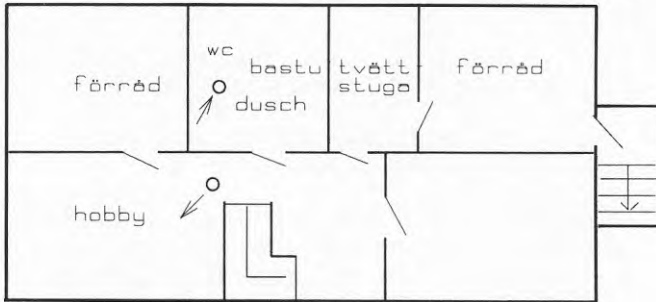
14. NT VVS 021 (SP A3 615). Heat recovery units - External leakage. (Nordtest.) Helsingfors.
15. NT VVS 022 (SP A3 616). Heat recovery units - Internal leakage. (Nordtest.) Helsingfors.
16. NT VVS 023 (SP A3 618). Heat recovery units - Air flow capacity. (Nordtest.) Helsingfors.
17. NT VVS 024 (SP A3 619). Heat recovery units - Temperature efficiency. (Nordtest.) Helsingfors.
18. NT VVS 025 (SP A3 621). Heat recovery units - Functioning at low outdoor temperatures. (Nordtest.) Helsingfors.
19. NVG, 1982. Metoder för mätning av luftflöden i ventilationsinstallationer. (NVG/Statens Råd för Byggnadsforskning.) Rapport T32:1982. Stockholm.
20. ASS, 1988. Funktionskontroll av ventilationsinstallationer. (Arbetarskyddsstyrelsen.) Rapport H23. Solna.
21. SIS, 1990. SS-ENV 247 E, Heat exchangers - Terminology. (Standardiseringskommisionen i Sverige.) SMS reg 594.012. Stockholm.
22. SIS, 1990. SS-ENV 305 E, Heat exchangers - Definitions of performance of heat exchangers and the general test procedure for establishing performance of all heat exchangers. (Standardiseringskommisionen i Sverige.) SMS reg 594.212. Stockholm.
23. SIS, 1990. SS-ENV 306 E, Heat exchangers - Methods of measuring the parameters necessary for establishing the performance. (Standardiseringskommisionen i Sverige.) SMS reg 594.412. Stockholm.
24. SIS, 1991. SS-ENV 308 E, Heat exchangers - Test procedures for establishing performance of air to air and flue gases heat recovery devices. (Standardiseringskommisionen i Sverige.) SMS. Stockholm.

Figurreferenser

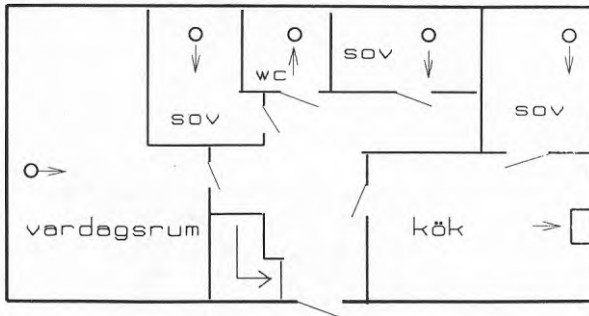
1. KTH, 1989. Installationsteknik GK, Ventilation VT1990 (figur 2.3, 2.4).
2. Bahco, 1979. Bahco system Minimaster, Instruktion för drift och skötsel (figurer i bilaga 2).

Anläggning 1

Hustyp:	1 plan med källare
Boyta:	150 m ²
Ventilerad yta:	150 m ²
Värmesystem:	Vedpanna, vattenburet system
Energiförbrukning:	-
Installationsår:	1979 i samband med nybygge



Figur B1.1. Ritning över anläggning nr 1, källare.



Figur B1.2. Ritning över anläggning nr 1, markplan.

FTX-aggregat

I aggregatet, som är placerat på vinden, finns en korsströmsvärmväxlare samt till- och frånluftsfläktarna placerade. Båda inloppskanalerna är anslutna på samma sida av aggregatet. Kanalerna ligger isolerade på vinden och går oisolerade innanför klimatskärmen ner till källaren. Aggregatet var bristfälligt isolerat (monterat i kallt utrymme och behöver därmed tilläggsisoleras).

I systemet ingår ett tillufts- och ett frånluftsfilter av syntetmaterial. Dessutom ingår en kökskåpa i FTX-anläggningen. Uteluften och avluften släpps in respektive ut i skilda don på taket.

Avfrostningen sköts av ett elbatteri på tilluftssidan, vilket termostatstyrs så att tilluftstemperaturen inte underskrider +11 °C. Termostaten känner av den inkommande uteluftstemperaturen till aggregatet. Anläggningen saknar emellertid någon anordning, som gör att man kan kontrollera termostatsens funktion. Vid en särskild kontroll, som gjordes i samband med ett projekt 1984, konstaterades att avfrostningsfunktionen kopplades in redan vid en temperatur av -3 °C trots att behov inte förelåg förrän vid -11 °C.

Drift och skötsel

Ägaren har rengjort samtliga filter en gång per år, donen har rengjorts varannan månad och värmväxlarpaketet har rengjorts en gång per år. Under driftperioden har en fläkt havererat men i övrigt har inga driftstörningar förekommit.

Uppmätta parametrar

Storhet (avser huset)	Projekterat värde	Uppmätt värde 1984	Uppmätt värde 1989
<i>Flöde (m³/h)</i>			
Tilluft	145 (0,40 oms/h)	74 (0,20 oms/h)	89 (0,25 oms/h)
Frånluft	175 (0,49 oms/h)	126 (0,35 oms/h)	84 (0,23 oms/h)
<i>Läckflöde i kanal- system (m³/h)</i>			
Tilluft	13	18	--
Frånluft	11	20	--
Totalt	<24	38	--
<i>Överläckning i aggre- gat inkl. kanalsystem (m³/h)</i>	$\Delta p = 250 \text{ Pa}$	$\Delta p = 250 \text{ Pa}$	$\Delta p = 250 \text{ Pa}$
Tilluft \Rightarrow frånluft	<25	19	--
Frånluft \Rightarrow tilluft	<25	18	--
<i>Husets lufttäthet (oms/h)</i>	$\Delta p = 50 \text{ Pa}$ <3,0	$\Delta p = 50 \text{ Pa}$ 1,7	$\Delta p = 50 \text{ Pa}$ --
<i>Ljudtryck (dBA)</i>			
Arbetsrum	<30	--	22
Sovrum	<30	<30	22
Kök	<35	<30	--

Den specifika effektförbrukningen för tilluftsfläkten uppmättes 1984 till ATF = 5,6 kW/m³/s. Man strävar numera efter ATF < 1 kW/m³/s.

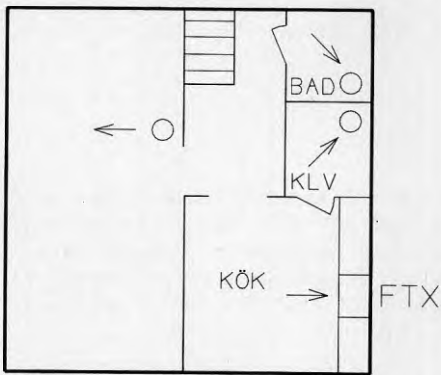
Frånluftskanalens värmeförluster uppgick till cirka 470 kWh på 8 månader. Med 21,7 m kanal (DN125 mm) på frånluftssidan motsvarar detta en förlustfaktor på cirka 0,24 W/m/K. På tilluftsidan finns dessutom 27 m kanal (DN125 mm).

Kommentarer

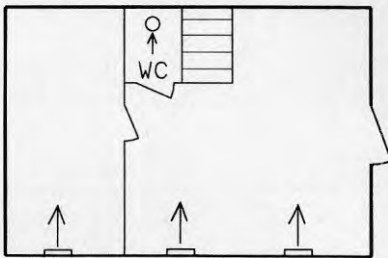
Vid besiktningstillfället kunde konstateras att anläggningen var i gott skick. Frånlufts-kanalerna var något smutsiga, vilket avspeglar sig i det minskade frånluftsflödet. Tilluftskanalerna var emellertid rena och lister och tätningar var utan några påtagliga brister. Däremot kunde vissa korrosionsangrepp i aggregatet konstateras. Rengöring av fläktar, filter och värmväxelpaketet kan vara problematiskt med tanke på aggregatets placering.

Anläggning 2

Hustyp:	1 ½-plan
Boyta:	117 m ²
Ventilerad yta:	117 m ²
Värmesystem:	Elvärme, vattenburet system
Energiförbrukning:	23 MWh/år
Installationsår:	1979 i samband med nybygge



Figur B1.3. Ritning över anläggning nr 2, bottenvåning.



Figur B1.4. Ritning över anläggning nr 2, övertvåning.

FTX-aggregat

Aggregatet innehåller en värmväxlare av korsströmstyp samt till- och frånluftsfläktar. Hela enheten är placerad innanför klimatskärmen ovanför spiskåpan. Kanalerna ligger innanför klimatskärmen och behöver därmed inte isoleras särskilt noggrant.

Avfrostning utförs med hjälp av s.k. stoppavfrostning. Detta innebär att när utelufts-temperaturen underskrider -5°C stängs tilluftsfläkten cirka 5 minuter varje halvtimme. Anläggningen saknar anordning för att enkelt kunna kontrollera om termostaten fungerar tillfredsställande.

Systemet omfattar även en kökskåpa. I kåpan finns ett metallfilter som samlar upp stekos o.d. från köket. Vid uteluftsens inlopp till aggregatet finns också ett tilluftsfilter av syntetmaterial. Ute luften tas in i huset strax under "takutsprånget" och avluften släpps ut på taket.

Drift och skötsel

Enligt ägaren har filtren sköljts vartannat år. Donen har emellertid bara rengjorts en gång under hela drifttiden medan värmväxlarpaketet har rengjorts en gång per år. Någon drift- och skötselinstruktion har ägaren inte fått. Under den första tiden förekom problem med matos i hela huset. Detta avhjälptes genom att man flyttade avluftskanalen från ett s.k. kombidon till ett takutblås. Kondensavloppet blivit tilltäppt vid ett tillfälle.

Uppmätta parametrar

Storhet (avser huset)	Projekterat värde	Uppmätt värde 1984	Uppmätt värde 1989
<i>Flöde (m³/h)</i>			
Tilluft	131 (0,45 oms/h)	--	137 (0,49 oms/h)
Frånluft	144 (0,50 oms/h)	--	122 (0,43 oms/h)
<i>Ljudtryck (dBA)</i>			
Sovrum	<30	--	<20*
<i>Tryckbalans** (Pa)</i>			
Skillnad inne-ute	--	--	+ 1,6
<p>*Den ljudtrycksnivå som förorsakas av FTX-aggregatet är för låg för att kunna mätas, d.v.s. under 20 dB(A).</p> <p>**Mätt på övervåningen vid $(t_{\text{ute}} - t_{\text{inne}}) = 2\text{K}$. Det råder därmed ett litet övertryck i huset.</p>			

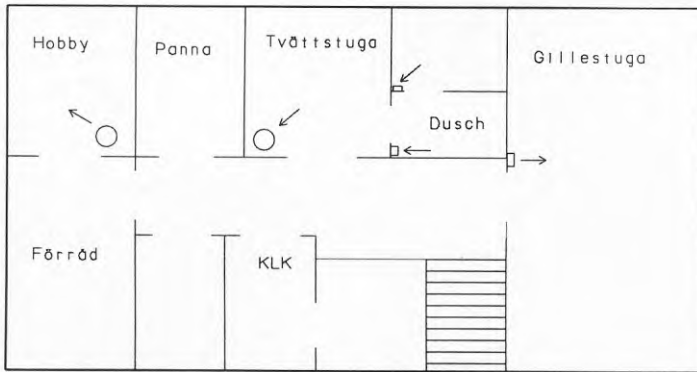
Kommentarer

Vid besiktningstillfället kunde konstateras att anläggningen var i relativt gott skick. Frånluftskanalerna var emellertid smutsiga medan tilluftskanalerna var rena. Lister och tätningar var utan anmärkning. Det konstaterades att fläktarna var svåra att få ut för rengöring. Man måste för detta syfte plocka ner en del av inklädnaden (köksinredningen). Växlarpaketet och friskluftsfiltret var däremot mycket lätta att demontera och rengöra.

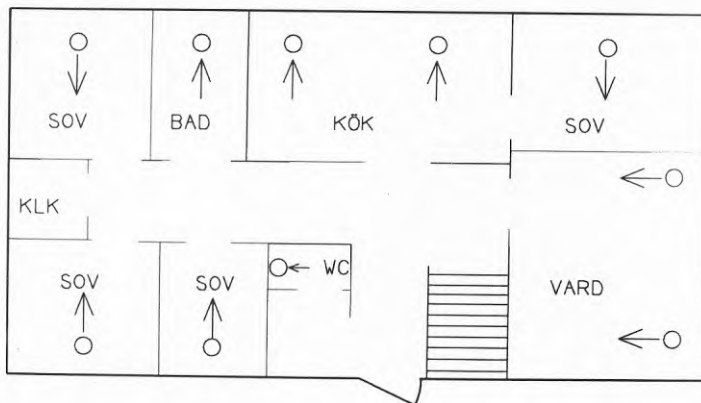
Anmärkningsvärt i sammanhanget är att ägaren inte fått ta del av någon drift- och skötselansvisning. Något inusteringsprotokoll har heller aldrig kommit ägaren till handa.

Anläggning 3

Hustyp:	1 plan med källare
Boyta:	112 m ²
Ventilerad yta:	224 m ²
Värmesystem:	Oljepanna, vattenburet system
Energiförbrukning:	cirka 35 MWh/år (3,5 m ³ eldningsolja/år)
Installationsår:	1983



Figur B1.5. Ritning över anläggning nr 3, källare.



Figur B1.6. Ritning över anläggning nr 3, markplan.

FTX-aggregatet

Aggregatet är placerat utanför klimatskärmen på vinden. Värmeväxlaren är av regenerativ typ med en roterande värmeväxlare. Därmed behövs normalt inte någon avfrostning.

Kanalerna ligger isolerade på vinden och tillufts- respektive frånluftsfläktarna sitter placerade i aggregatet. Någon kökskåpa ingår inte i systemet. Anläggningen har till- och frånluftsfilter av syntetmaterial placerade i aggregatet.

Drift och skötsel

Skötseln har huvudsakligen bestått av att rengöra filtren 3-4 gånger per år, donen vartannat år och värmeväxlarpaketet en gång per år. Inga haverier har rapporterats.

Uppmätta parametrar

Storhet (avser huset)	Projekterat värde	Uppmätt värde 1984	Uppmätt värde 1989
<i>Flöde (m³/h)</i>			
Tilluft	191 (0,36 oms/h)	305 (0,57 oms/h)	294 (0,55 oms/h)
Frånluft	212 (0,39 oms/h)	212 (0,39 oms/h)	126 (0,23 oms/h)
<i>Läckflöde i kanal- system (m³/h)</i>	$\Delta p = 250 \text{ Pa}$	$\Delta p = 250 \text{ Pa}$	$\Delta p = 250 \text{ Pa}$
Tilluft	19	20	--
Frånluft	10	6	--
Totalt	<29	26	--
<i>Överläckning i aggre- gat inkl. kanalsystem (m³/h)</i>	$\Delta p = 250 \text{ Pa}$	$\Delta p = 250 \text{ Pa}$ (nytt aggre- gat: 30)	$\Delta p = 250 \text{ Pa}$
Tilluft \Rightarrow frånluft	<24	50	--
Frånluft \Rightarrow tilluft	<20	62	--
<i>Husets lufttäthet (oms/h)</i>	$\Delta p = 50 \text{ Pa}$ <3,0	$\Delta p = 50 \text{ Pa}$ 3,5	$\Delta p = 50 \text{ Pa}$ --
<i>Ljudtryck (dBA)</i>			
Sovrum	<30	<30	21
Kök	<35	<32	--
<i>Tryckbalans** (Pa)</i>			
Skillnad inne-ute	--	--	+2 (tak) ± 0 (vägg)

Bilaga 1:3 3 (3)

Den specifika effektförbrukningen för tilluftsfläkten uppmättes 1984 till $ATF = 0,9 \text{ kW/m}^3/\text{s}$. Man strävar numera efter $ATF < 1 \text{ kW/m}^3/\text{s}$.

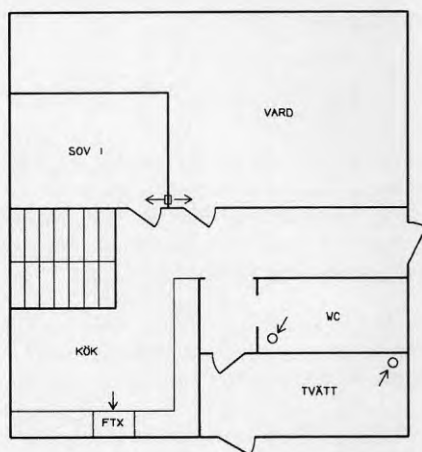
Frånluftskanalens värmeförluster uppgick till cirka 285 kWh på 8 månader. Med 14,3 m kanal (DN100 mm) respektive 8,9 m kanal (DN125 mm) på frånluftssidan motsvarar detta en förlustfaktor på cirka 0,15 W/m/K. På tilluftsidan finns dessutom 21,3 m kanal (DN100 mm), 21,4 m kanal (DN125) respektive 0,6 m kanal (DN160 mm).

Kommentarer

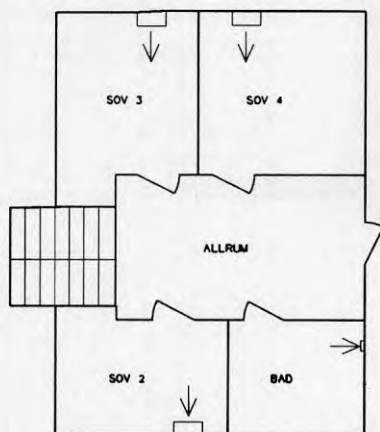
Vid besiktningstillfället kunde konstateras att det råder en kraftig obalans mellan till- och frånluftsflöde. Frånluftskanalerna är smutsiga och tilluftskanalerna rena. Ur skötselsynpunkt är anläggningen något svår att hantera där den är placerad. Man slipper däremot bekymra sig för avfrostningsproblem.

Anläggning 4

Hustyp:	1 ½-plan
Boyta:	156 m ²
Ventilerad yta:	145 m ²
Värmesystem:	Elpatron, vattenburet system
Energiförbrukning:	20 MWh/år
Installationsår:	1979



Figur B1.7. Ritning över anläggning nr 4, bottenvåning.



Figur B1.8. Ritning över anläggning nr 4, övervåning.

FTX-aggregat

Aggregatet innehåller en värmeväxlare av korsströmstyp samt till- och frånluftsfälktar. Det är placerat innanför klimatskärmen ovanför spiskåpan i köket. Kökskåpan ingår i systemet och samtliga kanaler ligger innanför klimatskärmen. Friskluft och avluft kommer in respektive ut i ett s.k. kombidon.

Avfrostningen sköts med hjälp av s.k. stoppavfrostning. Detta innebär att när uteluftstemperaturen underskrider - 5 °C stängs tilluftsfälkten under 5 - 6 minuter varje halvtimme. Anläggningen saknar anordning som gör att man kan kontrollera om avfrostningstermostaten fungerar tillfredsställande.

Drift och skötsel

Skötseln har gått till på så vis att utluftsfiltret har dammsugits två gånger per år, donen har rengjorts en gång per år och värmeväxlarpaketet två gånger per år. Under sommarmånaderna, då huset inte har något uppvärmningsbehov, tas växlarpaketet ut och ersätts med en styrplåt. Detta gör att värmeväxlingen uteblir och att anläggningen fungerar som ett FT-system. Därmed slipper man övertemperaturer i huset.

En gång har frånluftsfälkten gått sönder och en gång har kondensavloppet satts igen. Vidare kan man vid ogynnsamma vindförhållanden uppleva matos även i andra rum. Detta beror på att det blir kortslutning mellan frånluft och tilluft i det använda kombidonet.

Uppmätta parametrar

Storhet	Projekterat värde	Uppmätt värde (före rengöring)	Uppmätt värde (efter rengöring)
Hus: <i>Flöde (m³/h)</i>			
Tilluft	178 (0,51 oms/h)	169 (0,49 oms/h)	169 (0,49 oms/h)
Frånluft	196 (0,56 oms/h)	137 (0,39 oms/h) (173)*	180 (0,52 oms/h)
Hus: <i>Ljudtryck (dBA)</i>			
Arbetsrum	<30	<20**	--
Finrum	<30	<20**	--
Sovrum 1, 2 och 3	<30	<20**	--
Hus: <i>Tryckbalans (Pa)</i>			
Skillnad inne-ute	--	+2	-1
FTX-aggregat: <i>Temperaturverkningsgrad (%)</i>	(enligt typgodkännande) 58	62	69
* Efter justering av don.			
**Ljudtrycksnivån, som förorsakas av FTX-aggregatet, är för låg för att kunna mätas (under 20 dBA).			

Kommentarer

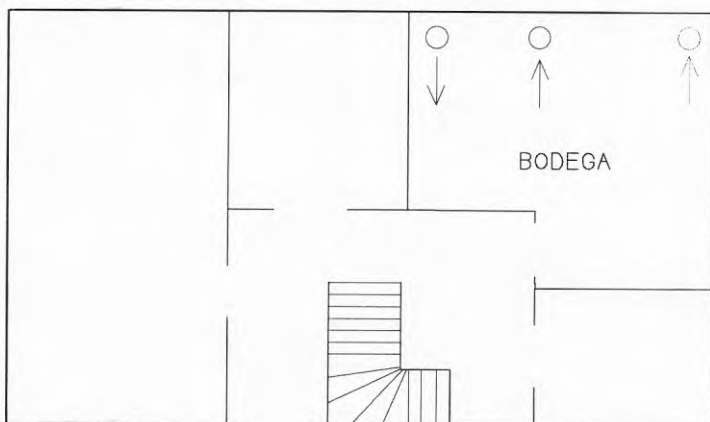
Vid besiktningstillfället kunde konstateras att frånluftskanalerna var igensatta med damm och att ett övertryck rådde. Detta justerades genom att öppna något på frånluftsdonen. Sedan mättes luftflöden och temperaturverkningsgrad med anläggningen i befintligt skick. Frånluftskanler, fläktar och don rensades efter detta och en ny mätning genomfördes. Fläktarna visade sig vara svåra att få ut för rengöring. Man måste plocka ner en bit av inklädnaden för att kunna utföra detta underhållsmoment. Växlarpaketet och friskluftsfiltret är däremot mycket lätta att demontera och rengöra.

Man kunde vid ett av mättillfällena konstatera att aggregatets avfrostningsfunktion var inkopplad redan vid +5 °C utetemperatur. Detta innebär en minskad energiåtervinning jämfört med en korrekt fungerande avfrostning. Enligt tillverkaren skall termostaten slå till först vid -5 °C. Vidare påpekade ägaren att köksfläkten är i klenaste laget i samband med matlagning.

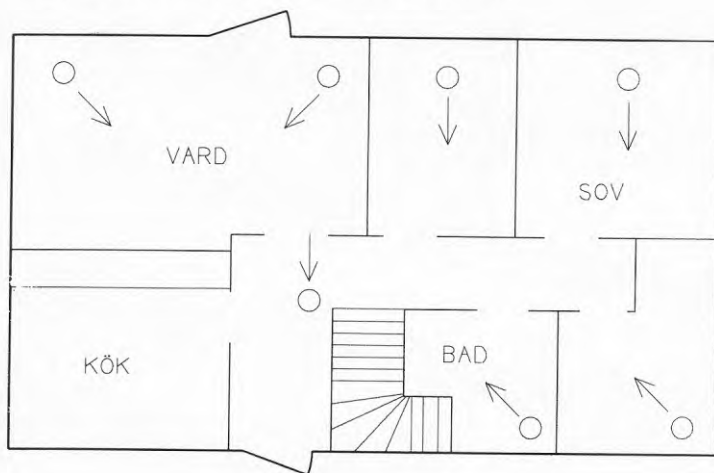
Täthetsmätning av kanalerna genomfördes ej på denna anläggning.

Anläggning 5

Hustyp:	1 plan med källare
Boyta:	107 m ²
Ventilerad yta:	148 m ²
Värmesystem:	Elvärme, vattenburet system
Energiförbrukning:	-
Installationsår:	1983 i samband med radonbesiktning



Figur B1.9. Ritning över anläggning nr 5, källare.



Figur B1.10. Ritning över anläggning nr 1, markplan.

FTX-aggregat

Aggregatet är placerat utanför klimatskärmen på vinden och innehåller en plattvärmeväxlare av motströmstyp. Påfrysning i värmeväxlaren förhindras genom att uteluften förvärms till en viss lägsta temperatur. Det finns ingen anordning för att se om termostaten fungerar tillfredsställande.

Anläggningen har till- och frånluftsfiler av syntetmaterial samt ett metallfilter i kökskåpan, vilken ingår i systemet. Kanalerna ligger isolerade på vinden och tillufts- respektive frånluftsfläktarna sitter placerade i aggregatet.

Drift och skötsel

Skötseln har utförts av ägaren i form av byte av frånluftsfiler fyra gånger per år och byte av tilluftsfiler två gånger per år. Dessutom har donen rengjorts en gång per år medan värmeväxlarpaketet aldrig har rengjorts.

Anläggningen har till och från haft vissa problem med avfrosthingstermostaten. Värmeväxlaren har därvid delvis frusit igen. I övrigt har systemet fungerat utan anmärkningar.

Uppmätta parametrar

Den specifika effektförbrukningen för tilluftsfläkten uppmättes 1984 till $ATF = 2,9 \text{ kW/m}^3/\text{s}$. Man strävar numera efter $ATF < 1 \text{ kW/m}^3/\text{s}$.

Vid en laboratorieprovning bestämdes värmeförlusterna från denna typ av aggregat. Resultatet blev en förlustfaktor av 4 W/K på tilluftsidan och 5 W/K på frånluftsidan. Dessa värmeförluster motsvarar en medeleffekt av cirka 75 W över året i Borås klimat (runt 430 kWh/år, ref. 4).

Frånluftskanalens värmeförluster uppgick till cirka 700 kWh på 8 månader. Med 10,4 m kanal (DN100 mm) respektive 13,5 m kanal (DN125 mm) på frånluftssidan motsvarar detta en förlustfaktor på cirka 0,36 W/m/K. På tilluftsidan finns dessutom 19,9 m kanal (DN100 mm), 6,1 m kanal (DN100) respektive 5,3 m kanal (DN160 mm).

Tilluftsfläkten drar cirka 900 kWh/år. Den återvunna energin uppgår till 2900 kWh/år. Den faktiska besparingen i uppvärmningsenergi blir dock betydligt mindre, eftersom hänsyn måste tas till både kanalförluster och fläktarbete.

Bilaga 1:5 3 (4)

Storhet	Projekterat värde	Uppmätt värde 1984	Uppmätt värde 1989
Hus: <i>Flöde (m³/h)</i>			
Tilluft	149 (0,42 oms/h)	124 (0,35 oms/h)	133 (0,37 oms/h)
Frånluft	180 (0,51 oms/h)	127 (0,36 oms/h)	90 (0,25 oms/h)
Hus: <i>Läckflöde i kanalsystem (m³/h)</i>	$\Delta p = 250 \text{ Pa}$	$\Delta p = 250 \text{ Pa}$	$\Delta p = 250 \text{ Pa}$
Tilluft	< 14	24	--
Frånluft	< 11	50	--
Totalt	< 25	74	--
Hus: <i>Överläckning i aggregat inkl. kanalsystem (m³/h)</i>	$\Delta p = 250 \text{ Pa}$	$\Delta p = 250 \text{ Pa}$	$\Delta p = 250 \text{ Pa}$
Tilluft \Rightarrow frånluft	<28	21	--
Frånluft \Rightarrow tilluft	<20	42	58
Hus: <i>Husets lufttäthet (oms/h)</i>	$\Delta p = 50 \text{ Pa}$ <3,0	$\Delta p = 50 \text{ Pa}$ 3,0	$\Delta p = 50 \text{ Pa}$ --
Hus: <i>Ljudtryck (dBA)</i>			
Kök	<35	23	28
Finrum	<30	--	25
Sovrum	<30	19	28
Allrum	<30	--	28
Kontor	<30	--	30
Bodega	--	--	25
FTX-aggregat: <i>Extern läckage(m³/h)*</i>	< 7	50	27
<i>Internt läckage(m³/h)*</i>	<14	42	38
FTX-aggregat: <i>Temperaturverkningsgrad (%)</i>	(enligt typgodkännande) 83	79	(tveksam mätning) 96
*Se kommentarer nedan.			

Kommentarer

Vid besiktningstillfället kunde konstateras att anläggningen var i gott skick. Frånluftskanalerna var något smutsiga medan tilluftskanalerna däremot var rena. Det finns gott om plats på vinden och anläggningen är lätt att sköta.

Frånluftsflödet har minskat med cirka 30 % under perioden 1984-1989. Detta beror troligen på igensatta don och kanaler.

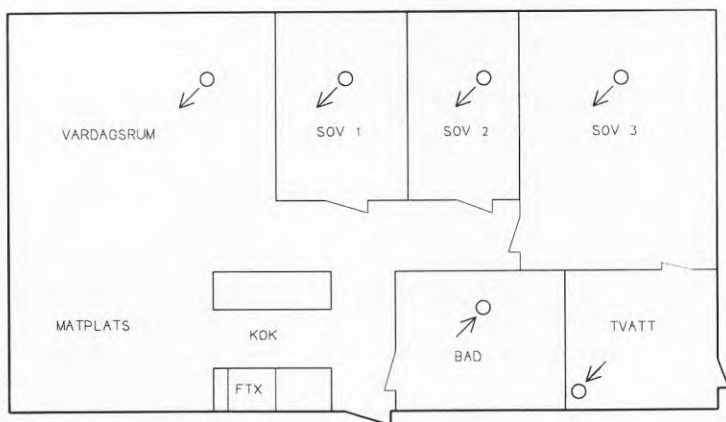
Läckagemätningarna omfattade externt läckage mellan FTX-aggrgatet och den omgivande luften samt mätning av den interna överläckningen mellan till- och frånluftssidorna. Mätningarna utfördes vid 250 Pa övertryck.

Det externa läckaget skall vara mindre än 4% av nominellt flöde vid 250 Pa tryckdifferens för typgodkända aggregat. Kravet uppfylldes vid kontrollen 1989.

Enligt gällande typgodkännanderegler skall det interna läckaget vara mindre än 8% av nominellt flöde vid 200 Pa med den aktuella fläktplaceringen. Detta krav klaras inte vid något av provtillfällena.

Anläggning 6

Hustyp:	1-plans utan källare
Boyta:	80 m ²
Ventilerad yta:	80 m ²
Värmesystem:	Elvärme, vattenburet system
Energiförbrukning:	12 MWh
Installationsår:	1987



Figur B1.11. Ritning över anläggning nr 6.

FTX-aggregat

Aggregatet är placerat innanför klimatskärmen ovanför spiskåpan. Värmeväxlarpaketet består av en plattvärmeväxlare av s.k. dubbelpasstyp. I denna typ passerar luften genom ena halvan av värmeväxlarpaketet och vänder sedan tillbaka genom den andra halvan. Därmed blir funktionen i viss mån som två seriekopplade värmeväxlare.

Avfrostningen sker intermittert genom en kombination av passiv och aktiv avfrostning. När utetemperaturen understiger $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ blockeras uteluften 5 minuter varje halvtimme. Tilluftsfläkten cirkulerar luften internt i värmeväxlaren varvid luften samtidigt värms av en elvärmare. Den varma frånluften fortsätter hela tiden att strömma genom växlarpaketets frånluftssida. Därmed värms växlaren från två håll samtidigt varvid is och rimfrost avlägsnas. I tilluftskanalen sitter även ett eftervärmningsbatteri. Detta skall stödvärma tilluften under perioder som är så kalla att återvinningen inte räcker till. Eftervärmaren styrs, med hjälp av en temperaturgivare i tilluften ut från aggregatet, så att en viss minimitemperatur kan upprätthållas.

Bilaga 1:6 2 (3)

Fläktar och eftervärmningsbatteri har manuellt återställningsbara övertemperaturskydd. Anläggningen saknar däremot helt någon form av anordning, som gör att man kan kontrollera termostaternas funktion.

Kanalerna ligger isolerade på vinden och tilluftsfläkt samt frånluftsfläkt är placerade i aggregatet. Även kökskåpan ingår i systemet. Ett filter av syntetmaterial renar inkommande uteluft före växlarpaketet och ett metallfilter renar den del av frånluften som går igenom spiskåpan. Man kan under sommarmånaderna på ett enkelt sätt bygga om anläggningen så att värmeväxlingen uteblir. Därmed fungerar anläggningen som ett FT-system.

Drift och skötsel

Tilluftsfilteret och frånluftsfilteret har rengjorts ungefär varannan månad och växlarpaketet cirka två gånger per år. Vid ett tillfälle spreds matos i hela huset. Detta berodde på att linan till ett spjäll, som stänger frånluftskanalerna vid forceringsflöde i kökskåpan, hade gått av.

Uppmätta parametrar

Storhet	Projekterat värde	Uppmätt värde (KOV-prov)*	Uppmätt värde 1989
Hus: <i>Flöde (m³/h)</i>			
Tilluft	86 (0,45 oms/h)	--	83 (0,43 oms/h)
Frånluft	96 (0,50 oms/h)	--	112 (0,58 oms/h)
Hus: <i>Ljudtryck (dBA)</i>			
Sovrum 1	<30	--	20
Sovrum 2	<30	--	23
Hus: <i>Tryckbalans** (Pa)</i>			
Skillnad inne-ute	--	--	- 3
FTX-aggregat: <i>Externt läckage(m³/h)*</i>	< 6	15	--
<i>Internt läckage(m³/h)*</i>	<12	?	--
FTX-aggregat: <i>Temperaturverkningsgrad (%)</i>	(enligt typgodkännande) 71	68	--
*Värden från en laboratorieprovning åt konsumentverket			

Kommentarer

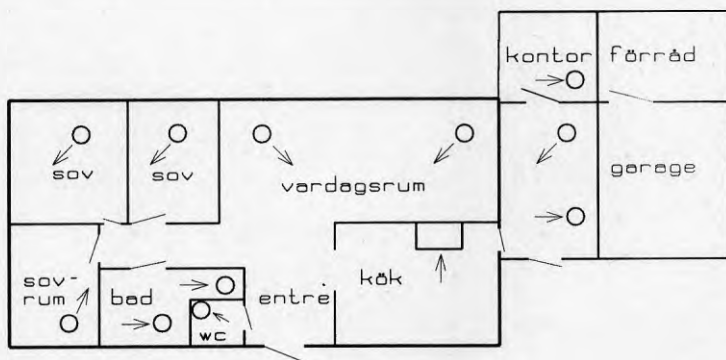
Vid besiktningstillfället konstaterades att till- och frånluftskanalerna inte var nämnvärt smutsiga och att ett undertryck rådde i huset. Värmeväxlarpaketet var rent. Lister och tätningar var intakta och inga korrosionsangrepp kunde detekteras.

Luckan in till aggregatet var svår att få upp och dessutom var kilen, som håller växlarpaketet på plats, svår att få grepp om. Däremot var fläktar och filter lätta att demontera och rengöra när luckan väl är öppnad. Ägaren påpekade att köksfläkten inte räcker till vid matlagning.

Anläggningen var tämligen nyinstallerad och hade vid besökstillfället endast varit i drift under två år. De totala ventilationsflödena stämde väl med projekterade värden (krav enligt SBN 80).

Anläggning 7

Hustyp:	1-plans utan källare
Boyta:	145 m ²
Ventilerad yta:	145 m ²
Värmesystem:	Elpanna, vattenburet system
Energiförbrukning:	--
Installationsår:	1983 i samband med nybygge



Figur B1.12. Ritning över anläggning nr 7.

FTX-aggregat

Aggregatet har två plattvärmeväxlare kopplade i serie, genom vilka luften går motströms. När avfrostning behövs sker detta genom en kontinuerlig, aktiv metod. Ett element förvärmer tilluften i 2-minutersperioder när avluftstemperaturen går under +4 °C. Funktionen på den termostat, som styr förvärmningen, går dock inte att kontrollera på något enkelt sätt.

Aggregatet är placerat på vinden utanför klimatskärmen och samtliga kanaler ligger isolerade på vinden. Till- och frånluftsfläktarna är placerade i aggregatet. Uteluften kommer in till aggregatet via ett don placerat på en gavelvägg. Avluften går ut via ett takdon. I anläggningen ingår ett tilluftsfilter och ett frånluftsfilter samt ett fettfilter i kökskåpan. Även spiskåpan ingår i systemet.

Drift och skötsel

Filtren har tvättats 2-3 gånger per år. Fläktar och växlarpaket har aldrig blivit rengjorda någon gång. Någon drift- och skötselinstruktion har inte kommit ägarna tillhanda.

Uppmätta parametrar

Storhet (avser hus)	Projekterat värde	Uppmätt värde 1984	Uppmätt värde 1989
<i>Flöde (m³/h)</i>			
Tilluft	185 (0,53 oms/h)	185 (0,53 oms/h)	176 (0,51 oms/h)
Frånluft	223 (0,64 oms/h)	280 (0,80 oms/h)	133*(0,38 oms/h)
<i>Läckflöde i kanal-system (m³/h)</i>	$\Delta p = 250 \text{ Pa}$	$\Delta p = 250 \text{ Pa}$	$\Delta p = 250 \text{ Pa}$
Tilluft	< 13	17**	--
Frånluft	< 9	22**	6
Totalt	< 22	ca. 20**	--
<i>Överläckning i aggregat inkl. kanalsystem (m³/h)</i>	$\Delta p = 250 \text{ Pa}$	$\Delta p = 250 \text{ Pa}$	$\Delta p = 250 \text{ Pa}$
Tilluft \Rightarrow frånluft	<28	19	--
Frånluft \Rightarrow tilluft	<20	28	--
<i>Husets lufttäthet (oms/h)</i>	$\Delta p = 50 \text{ Pa}$ <3,0	$\Delta p = 50 \text{ Pa}$ 4,5	$\Delta p = 50 \text{ Pa}$ --
<i>Tryckbalans (Pa)</i>			
Skillnad inne-ute	--	+1	--
<i>Ljudtryck (dBA)</i>			
Kök	<35	32	
Kontor	--	--	26
Sovrum F	<30	--	24
Övriga sovrum	<30	<20	24
*Se kommentarer nedan.			
**Hela systemet mätt antingen från tillufs- eller frånluftssidan.			

Bilaga 1:7 3 (3)

Den specifika effektförbrukningen för tilluftsfläkten uppmättes 1984 till ATF = 1,6 kW/m³/s. Man strävar numera efter ATF < 1 kW/m³/s.

Frånluftskanalens värmeförluster uppgick till cirka 630 kWh på 8 månader. Med 22,7 m kanal (DN100 mm) respektive 8,2 m kanal (DN125 mm) på frånluftssidan motsvarar detta en förlustfaktor på cirka 0,40 W/m/K. På tilluftsidan finns dessutom 22,7 m kanal (DN100 mm) respektive 8,2 m kanal (DN125 mm).

Tilluftsfläkten drar cirka 700 kWh/år. Den återvunna energin uppgår till 5000 kWh/år. Den faktiska besparingen i uppvärmningsenergi blir dock betydligt mindre, eftersom hänsyn måste tas till både kanalförluster och fläktarbete.

Kommentarer

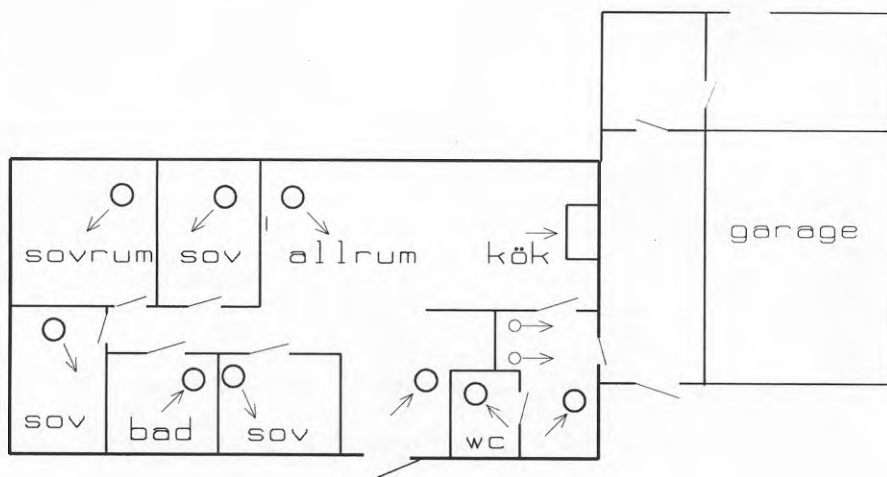
Vid besiktningstillfället kunde konstateras att anläggningen var i relativt gott skick. Frånluftskanalerna var dock smutsiga medan tilluftskanalerna var rena. Lister och tätningar var utan anmärkning. Inga haverier har förekommit under drifttiden.

I övrigt finns det gott om plats på vinden och anläggningen får, med rätt drift- och underhållsinstruktion, klassas som lättstörd. Frånluftsflödet har emellertid minskat på grund av igensatta kanaler.

Avfrostningstermostatens börvärde är enligt tillverkaren +4 °C. Vid en kontroll visade sig att den faktiska tillslagstemperaturen var +11 °C. Därmed kommer den elektriska förvärmningen att vara inkopplad i onödan, vilket ger en försämrad energibesparing.

Anläggning 8

Hustyp:	1-plans utan källare
Boyta:	112 m ²
Ventilerad yta:	112 m ²
Värmesystem:	Vedpanna, vattenburet system
Energiförbrukning:	Okänd (vedeldning)
Installationsår:	1982



Figur B1.13. Ritning över anläggning nr 8.

FTX-aggregat

Aggregatet har en korsströmsvärmväxlare och är placerat innanför klimatskärmen ovanför kökskåpan. Kanalerna ligger i takisoleringen. Till- och frånluftsfläktarna sitter utanför aggregatet. Påfrostning av värmväxlaren förhindras genom att man förvärmer friskluften med hjälp av en kanalvärmare (1200 W). Även kökskåpan ingår i FTX-systemet.

Drift och skötsel

Drift- och skötselanvisningarna har inte följts av husägarna. Vid besiktningen kunde konstateras att tilluftsfläkten inte fungerade och att tätninglisterna till värlarpaketet inte var isatta. Tilluftskanalerna var rena men frånluftskanalerna belagda med ett ordentligt dammlager.

Uppmätta parametrar

Storhet	Projekterat värde	Uppmätt värde 1983/1984	Uppmätt värde 1989
Hus: <i>Flöde (m³/h)</i>			
Tilluft	176 (0,65 oms/h)	145 (0,54 oms/h)	20 (0,07 oms/h)
Frånluft	209 (0,78 oms/h)	172 (1,01 oms/h)	98 (0,36 oms/h)
Hus: <i>Läckflöde i kanal-system (m³/h)</i>	$\Delta p = 250 \text{ Pa}$	$\Delta p = 250 \text{ Pa}$	$\Delta p = 250 \text{ Pa}$
Tilluft	<12	22*	16*
Frånluft	< 8	25*	19*
Totalt	<20	ca. 23	ca. 18
Hus: <i>Husets lufttätethet (oms/h)</i>	$\Delta p = 50 \text{ Pa}$ <3,0	$\Delta p = 50 \text{ Pa}$ 3,1	$\Delta p = 50 \text{ Pa}$ --
Hus: <i>Tryckbalans (Pa)</i> Skillnad inne - ute	--	--	(Tilluftfläkten trasig) -4
Hus: <i>Ljudtryck (dBA)</i>			
Sovrum	<30	<20	--**
Kök	<35	31	--**
FTX-aggregat: <i>Internt läckage (m³/h)</i>			
Tilluftssida	<25	--***	18****
Frånluftssida	<22	--***	22****
FTX-aggregat: <i>Temperaturverkningsgrad (%)</i>	(enligt typgodkännande) 66	(underbalanserat tilluftsflöde) 70	(fläkten står stilla, värdet är meningslöst) 75
<p>*Hela systemet mätt antingen från tillufts- eller frånluftssidan.</p> <p>**Någon ljudmätning kunde inte göras vid besiktningstillfället (hög bakgrundsnivå).</p> <p>***För stort kanalläckage för att kunna mäta aggregatets överläckning.</p> <p>****Vid mätning av överläckningen i aggregatet var frånluftskanalen från spiskåpan tätad.</p>			

Bilaga 1:8 3 (3)

Den specifika effektförbrukningen för tilluftsfläkten uppmättes 1984 till $ATF = 4,2 \text{ kW/m}^3/\text{s}$. Man strävar numera efter $ATF < 1 \text{ kW/m}^3/\text{s}$.

Frånluftskanalens värmeförluster uppgick till cirka 560 kWh på 8 månader. Med 8,6 m kanal (DN100 mm) respektive 10,4 m kanal (DN125 mm) på frånluftssidan motsvarar detta en förlustfaktor på cirka 0,36 W/m/K. På tilluftsidan finns dessutom 14,4 m kanal (DN100 mm) respektive 13 m kanal (DN125 mm).

Tilluftsfläkten drar cirka 961 kWh/år när den går. Den återvunna energin uppgår då till 2100 kWh/år. Den faktiska besparingen i uppvärmningsenergi blir dock betydligt mindre, eftersom hänsyn måste tas till både kanalförluster och fläktarbete.

Kommentarer

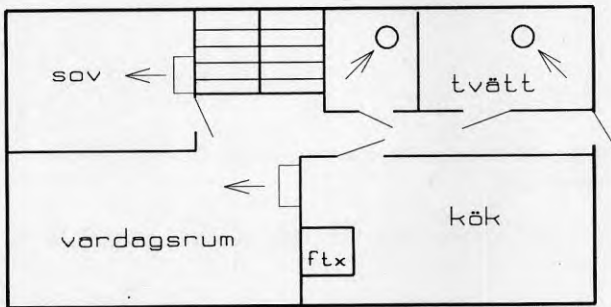
Eftersom tilluftsfläkten var ur funktion fungerar huset som ett vanligt frånluftsventilerat hus och besparingen uteblir helt och hållet. Med ett frånluftsflöde på $98 \text{ m}^3/\text{h}$ uppfyller man inte kravet på 0,5 luftväxlingar per timme. I detta speciella fall kan det vara svårt att upptäcka att tilluftsfläkten stannat. Den köpta elenergin ökar nämligen inte eftersom huset är vedeldat.

Avfrostningstermostaten gick till redan vid $+8 \text{ }^\circ\text{C}$. Enligt tillverkaren skall avfrostning inte behövas förrän vid $-7 \text{ }^\circ\text{C}$. Den stora avvikelserna kan medföra en minskad besparing av cirka 500-600 kWh/år.

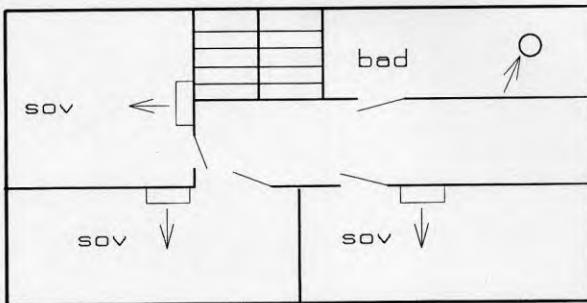
Det kunde också konstateras vid besiktningen att en skarv i friskluftskanalen glipade. Husägaren påpekade också att köksfläkten inte räcker till alla gånger. Slutligen konstaterades att aggregatet har många vassa kanter och att växlarpaketet är svårt att sätta in.

Anläggning 9

Hustyp:	2-plans radhus
Boyta:	118 m ²
Ventilerad yta:	118 m ²
Värmesystem:	Fjärrvärme, vattenburet system
Energiförbrukning:	Okänd
Installationsår:	1980 i samband med nybygge.



Figur B1.14. Ritning över anläggning nr 9, bottenvåning.



Figur B1.15. Ritning över anläggning nr 9, övertvåning.

FTX-aggregat

Värmeväxlaren är av korsströmstyp och aggregatet är placerat innanför klimatskärmen ovanför spiskåpan. Kanalerna ligger innanför klimatskärmen och till- och frånluftsfläktarna är placerade i aggregatet.

Avfrostningen utförs genom s.k. stoppavfrostning. Detta innebär att när uteluftstemperaturen underskrider $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ stängs tilluftsfläkten av under 5 - 6 minuter varje halvtimme. Anläggningen saknar en anordning med vilken man kan kontrollera om avfrostningstermostaten fungerar tillfredsställande.

I systemet ingår även en kökskåpa. Kåpan innehåller ett metallfilter, som samlar upp fett och dylikt från matlagning. Dessutom finns ett tilluftsfilter av syntetmaterial för uteluften. Friskluft och avluft kommer in respektive lämnar huset via ett s.k. kombidon.

Drift och skötsel

Uteluftsfilteret har dammsugits två gånger per år, donen har rengjorts en gång per år och växlarpaketet två gånger per pår.

Inget haveri har förekommit under drifttiden. Man kan ibland konstatera kalldrag från tilluftsdonen på bottenvåningen.

Uppmätta parametrar

Storhet	Projekterat värde	Uppmätt värde (enl. injustering)	Uppmätt värde 1989
Hus: <i>Flöde (m³/h)</i>			
Tilluft	148 (0,52 oms/h)	148 (0,52 oms/h)*	94 (0,33 oms/h)
Frånluft	166 (0,58 oms/h)	166 (0,58 oms/h)*	119 (0,42 oms/h)
Hus: <i>Läckflöde i kanal-system (m³/h)</i>			
Tilluft	--	--	--
Frånluft	--	--	--
Hus: <i>Ljudtryck (dBA)</i>			
Sovrum	<30	--	<20**
Hus: <i>Tryckbalans (Pa)</i>			
Skillnad inne - ute	--	--	-1,3***
FTX-aggregat: <i>Internt läckage (m³/h)</i>			
Tilluftssida	<13	--	--
Frånluftssida	<13	--	--
<p>*Det är vanligt förekommande att projekterade värden och injusteringsprotokollet stämmer exakt. I praktiken är det nästan omöjligt att komma så nära.</p> <p>**Ljudtrycksnivå i sovrummen, som orsakas av FTX-aggregatet, är för låg för att kunna mätas (under 20 dBA).</p> <p>***Det råder undertryck i huset.</p>			

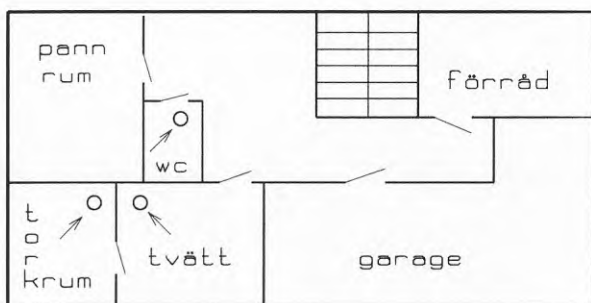
Kommentarer

Vid besiktningen konstaterades att anläggningen var i gott skick. Frånluftskanalerna var dock något smutsiga medan tilluftskanalerna var rena. Lister och tätningar var utan anmärkning.

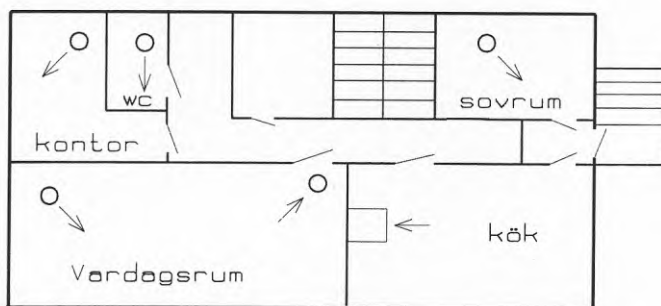
Fläktarna är svåra att ta ut för rengöring, då man måste plocka ner en bit av inklädnaden för att komma åt dem. Växlarpaketet och friskluftsfiltret är däremot mycket lätta att demontera och rengöra.

Anläggning 10

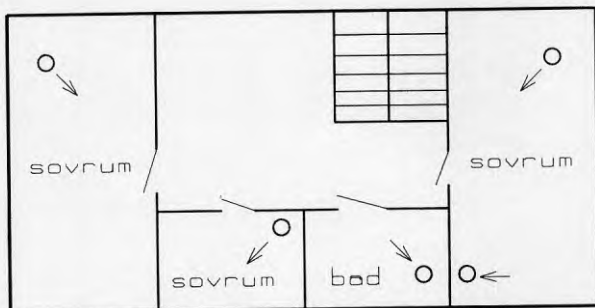
Hustyp:	1 ½-plans med källare
Boyta:	145 m ²
Ventilerad yta:	195 m ²
Värmesystem:	Oljepanna, vattenburet system
Energiförbrukning:	Cirka 35 MWh/år (3,5 m ³ olja per år)
Installationsår:	1981 i samband med radonbesiktning



Figur B1.16. Ritning över anläggning nr 10, källare.



Figur B1.17. Ritning över anläggning nr 1, bottenvåning.



Figur B1.18. Ritning över anläggning nr 10, övervåning.

FTX-aggregat

Aggregatet har en korsströmsvärmväxlare med båda inloppskanalerna på samma sida om aggregatet. Aggregatet är placerat på vinden utanför klimatskärmen. Kanalerna ligger isolerade på vinden och går oisolerade innanför klimatskärmen ner till källaren. Avfrostningen sker med hjälp av ett elbatteri på tilluftssidan. Batteriet termostatstyrs så att tilluftstemperauren inte underskrider $+11\text{ }^{\circ}\text{C}$. Anläggningen saknar anordning med vilken man kan kontrollera termostatens funktion.

Till- och frånluftsfläktarna är placerade i aggregatet. I systemet ingår ett tillufts-och ett frånluftsfiltret av syntetmaterial. Kökskåpan ingår däremot inte i FTX-anläggningen. Uteluft och avluft kommer in respektive lämnar huset i skilda don på taket.

Drift och skötsel

Ingen skötselinstruktion och inget injusteringsprotokoll har delats ut till ägarna. Endast frånluftsfiltret har rengjorts några gånger. Inget haveri har förekommit under drifttiden.

Uppmätta parametrar

Storhet	Projekterat värde	Uppmätt värde (före rengöring)	Uppmätt värde (efter rengöring)
Hus: <i>Flöde (m³/h)</i>			
Tilluft	240 (0,50 oms/h)	263 (0,55 oms/h)	317 (0,66 oms/h)
Frånluft	240 (0,50 oms/h)	364 (0,76 oms/h)	374 (0,78 oms/h)
Hus: <i>Ljudtryck (dBA)</i>			
Sovrum	<30	<20	--
Hus: <i>Tryckbalans (Pa)</i>			
Skillnad inne-ute	--	-1*	-1*
FTX-aggregat: <i>Temperaturverkningsgrad (%)</i>	(enligt typgodkännande) 63	67**	73**
<p>*I huset råder undertryck både före och efter rengöringen av värmeväxlarpaketet.</p> <p>**Vid denna mätning ingår värmetilskottet från tilluftsfläkten i den beräknade temperaturverkningsgraden. Ingen korrektion för luftflödernas inverkan på verkningsgraden har gjorts. Räknar man i stället ut vilken värmeeffekt man tillför tilluften blir detta före rengöring 480 W och efter rengöring 817 W (här har 130 W fläkteffekt dragits av). Dessa värden säger mer om de förluster en nedsatt skötsel kan innebära.</p>			

Kommentarer

Man installerade denna anläggning 1981, eftersom radondotterhalten låg över det tillåtna gränsvärdet. I samband med installationen fick ägarna över huvud taget ingen information om hur en sådan här anläggning fungerar och skötseln har blivit därefter.

Vid besiktningstillfället konstaterades att växlarpaketet och tilluftsfiltret aldrig blivit rengjorda. I samband med denna besiktning uppmättes totalluftflöden, tryckbalanser, temperaturverkningsgrad och radondotterhalt. Efter besiktningen rengjordes först enbart växlarpaketet. Efter detta mättes totalflöden, tryckbalans och temperaturverkningsgrad igen. Placeringen på vinden är olämplig ur skötselsynpunkt. Det finns ett rymligt pannrum att tillgå i källaren, vilket kunde varit en alternativ placering. I övrigt är kanalsystem, lister och tätningar i gott skick.

Bilaga 1:10 4 (4)

Storhet	Projekterat värde	Uppmätt värde 1983	Uppmätt värde 1989
<i>Radonhalterhalt (Bq/m³)</i>			
Plan 1			
Vardagsrum	<200 (70)*	125	130
Plan 2			
Sovrum	<200 (70)*	81	70
Hall	<200 (70)*	--	90
Källare	<200 (70)*	--	210
*200 Bq/m ³ avser ombyggnad medan 70 Bq/m ³ avser nybyggnad.			

Drift- och underhåll (DU)

- Instruktioner för FTX-system

Innehållsförteckning

- 1 Inledning**
- 2 Allmänt om DU-instruktioner**
- 3 Brukarens DU-instruktioner**
 - 3.1 Beteckningar och symboler
 - 3.2 FTX-anläggningens uppbyggnad och funktion
 - 3.3 Drift
 - 3.4 Underhåll
 - 3.5 Felsökning
 - 3.6 Säkerhet
 - 3.7 Allmänna råd
 - 3.8 Garantier och serviceavtal
 - 3.9 Adress- och telefonförteckning
- 4 Servicepersonalens DU-instruktioner**
 - 4.1 Beteckningar och symboler
 - 4.2 Systemöversikt
 - 4.3 FTX-anläggningens uppbyggnad och funktion
 - 4.4 Drift
 - 4.5 Underhåll
 - 4.6 Felsökning
 - 4.7 Säkerhet
 - 4.8 Allmänna råd
 - 4.9 Garantier och serviceavtal
 - 4.10 Adress- och telefonförteckning
- 5 Råd och exempel för upprättande av vissa delmoment i DU-instruktioner**
 - 5.1 Beteckningar och symboler
 - 5.2 FTX-anläggningens uppbyggnad och funktion
 - 5.3 Tekniska data
 - 5.4 Underhållsrutiner
 - 5.5 Felsökning
 - 5.6 Säkerhet
 - 5.7 Allmänna råd

1 Inledning

Detta förslag till upprättande av drifts- och underhållsinstruktioner har skrivits i avsikt att ge en vägledning till den som skriver instruktioner för FTX-aggregat. Vår förhoppning är att förslaget skall leda till förbättrade instruktioner och i slutänden även till förbättrat underhåll av de enskilda installationerna.

Observera att de beskrivningar av arbetsmoment, serviceintervall etc., som redovisas i texten, inte skall uppfattas som normgivande i detalj. De är endast avsedda att illustrera principen för hur en instruktion kan utformas.

Grundtanken bakom en bra instruktion bör enligt vår mening vara att i första hand brukaren skall kunna sköta sin anläggning på ett bra sätt. En alltför strikt teknisk beskrivning, vilken kan erfordras vid fackmässiga ingrepp i anläggningen, kan göra att detta syfte går förlorat.

Bra instruktioner skall därför lyfta fram de delar som är av intresse för lekmannen. De bör vara rikt illustrerad med teckningar och/eller fotografier samt kraftigt förenklade principscheman för *den aktuella* anläggningstypen. De kan därutöver innehålla viss teknisk dokumentation, som kan erfordras vid mera kvalificerad service. Sådan dokumentation bör avskiljas från den brukarriktade informationen och helst presenteras i en separat handling. I detta sammanhang skall det poängteras i vilken mån dessa moment kräver speciell utrustning och kompetens. Det är inte meningen att drifts- och underhålls instruktionen skall vara en servicehandbok.

Ytterligare information om utformningen av drift- och underhållsinstruktioner kan exempelvis erhållas i följande referenser:

- Brännström, H, Sandström, N-Å, 1991. Instruktioner för drift och underhåll av VVS-komponenter i fastigheter. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport R58:1991. Stockholm.
- Statens Energiverk, 1985. Idéhandbok - Driftinstruktioner, underhållsinstruktioner. (Telub Teknikinformation.) Växjö.
- Lagerkvist, K O, Larsson, R, 1989. Drift- och underhållsinstruktioner för villavärmepumpar. (Statens Råd för Byggnadsforskning.) Rapport T7:1989. Stockholm.

2 Allmänt om DU-instruktioner

Instruktionerna skall ge skriftlig eller bildmässig information om

- FTX-aggregatets uppbyggnad och funktion
- Handhavande (manövrering av reglage, larmfunktioner m.m.)
- Erforderlig skötsel och underhåll
- Gällande garantivillkor och serviceåtaganden
- Gällande säkerhetsbestämmelser och myndighetskrav

Instruktionerna skall vara utformade med avseende på specifika målgrupper. Därvid bör separata instruktioner finnas med inriktning mot exempelvis:

- Personer utan fackkunskaper, t.ex. brukaren
- Personer med begränsade fackkunskaper, t.ex. fastighetsskötare
- Personer med specialistkunskaper, t.ex. servicetekniker

Texten i instruktionerna skall vara på svenska.

I instruktionerna skall regelrätt marknadsföring undvikas.

3 Brukarens DU-instruktioner

Innehåll

Instruktionen skall vara utformad så att den är relevant för den enskilda *typen* av FTX-installation. För att kunna tjäna sitt syfte enligt avsnitt 1 bör instruktionen endast omfatta information av direkt intresse för brukaren. Om innehållet även riktar sig till personer med mer kvalificerade kunskaper skall instruktionen inledas med en hänvisning till avsnitt av särskilt intresse för brukaren.

Följande rubriker kan lämpligen användas:

- 1 Beteckningar och symboler
- 2 FTX-installationens uppbyggnad och funktion
- 3 Drift
- 4 Underhåll
- 5 Felsökning
- 6 Säkerhet
- 7 Allmänna råd
- 8 Garantier och serviceavtal
- 9 Adress- och telefonförteckning

3.1 Beteckningar och symboler

Instruktionen förses med en förteckning över de beteckningar och symboler som används. Av särskilt intresse för brukaren är symboler och beteckningar på exempelvis reglage och larm.

3.2 FTX-anläggningens uppbyggnad och funktion

3.2.1 Tekniska data för FTX-aggregatet

Instruktionen skall innehålla de tekniska data för aggregatet som kan vara nödvändiga att känna till för brukarens handhavande och service av systemet. Om innehållet även riktar sig till personer med mer kvalificerade kunskaper skall data av särskilt intresse för brukaren presenteras separat eller markeras med t.ex. fetstil. För brukaren är även prestanda för värmeåtervinningsfunktionen av intresse. Följande information bör finnas i brukarens DU-instruktion:

- Tillverkare
- Typbeteckning
- Typ av värmväxlare
- Drifttemperaturer
- Nominella effekter på fläktmotorer, kanalvärmare, m.m.
- Temperaturverkningsgrad som funktion av luftflöde (diagram)
- Avgiven värmeeffekt och tillförd eleffekt som funktion av utetemperaturen (tabell/diagram)
- Kriterier för avfrostringens start och stopp
- Avgiven ljudeffekt till uppställningsrum och anslutna kanaler
- Styr- och reglerfunktioner samt eventuella larm

Ett förslag till standardiserad redovisning visas i 5.3.

3.2.2 Funktionsbeskrivning

Instruktionen bör innehålla tydliga illustrationer och kortfattad text som beskriver funktionen för *den aktuella typen* av anläggning. Funktionen skall beskrivas både för ventilationssystemet och värmeåtervinningsaggregatet samt i förekommande fall även luftvärmeaggregatet. Aggregatets funktion bör därvid anges både vid normal drift och vid speciella driftfall, t.ex. vid avfrostring / eftervärmning.

3.2.3 Ritningsunderlag

Instruktionen bör innehålla starkt förenklade principskisser för *den aktuella typen* av FTX-anläggning. Skiss(er) bör finnas för ventilation, värmeåtervinning och i förekommande fall värmedistribution. Även elförsörjning och eventuella styr- och reglerfunktioner bör illustreras med skisser. Det kan vara lämpligt att också peka ut brukarens servicepunkter i principskisserna (t.ex rengöringspunkter som filter, don. fläktar m.m.).

3.3 Drift

Instruktionen skall tydligt beskriva brukarens handhavande av anläggningen. Varje moment skall beskrivas i en logisk följd, från början till slut och utan att hoppa över några steg. Detta gäller även om liknande moment beskrivs på andra ställen i instruktionen. Det är viktigt att använda rikligt med illustrationer i form av skisser och fotografier. I huvudsak omfattar brukarens handhavande manövrering av don och reglage samt tolkning av larm.

3.3.1 Manövrering

Instruktionen bör innehålla en sammanfattande beskrivning av regelagens position och funktion samt detaljbeskrivningar för varje separat funktion. Upprepa gärna förklaringar av symboler (skall finnas sammanfattade i en förteckning enligt 3.1).

3.3.2 Larm

Instruktionen bör innehålla en sammanfattande beskrivning av larmindikatorers position och funktion samt detaljbeskrivningar för varje separat larmfunktion. Upprepa gärna förklaringar av symboler (skall finnas sammanfattade i en förteckning enligt 3.1).

3.4 Underhåll

Instruktionen bör innehålla text och bilder, som i förekommande fall utförligt beskriver följande punkter (se även 5.4):

- Demontering och rengöring av värmeväxlare
- Demontering och rengöring av fläktar
- Demontering och rengöring av till- och frånluftsdon
- Rengöring och/eller byte av filter

Instruktionen bör även innehålla en förteckning över förbrukningsmaterial som brukaren behöver i samband med underhåll. Förbrukningsmaterial bör skiljas i allmänt tillgängligt material (t.ex. säkringar, vissa filtertyper) och specialdetaljer, som måste beställas från leverantören av aggregatet/systemet. I båda fallen bör typ och eventuellt reservdelsnummer anges tydligt.

3.5 Felsökning

Instruktionen skall ange vilka åtgärder brukaren bör vidta innan servicepersonal kontaktas. Se även 5.5.

3.6 Säkerhet

Instruktionen bör innehålla information om att person- eller sakskador kan uppkomma om installationen inte används på avsett sätt. Den bör även innehålla beskrivningar av de viktigaste fallen då skadefall kan inträffa. Se även 5.6.

3.7 Allmänna råd

Instruktionen bör innehålla information om hur FTX-installationen kan användas på ett rationellt och energibesparande sätt. Se även 5.7.

3.8 Garantier och serviceavtal

Garantivillkoren återges i sin helhet. Finns särskilda regler för service och reparation under garantitiden anges dessa.

3.9 Adress- och telefonförteckning

Aktuella adresser och telefonnummer, eventuellt även kontaktpersoner förtecknas.

4 Servicepersonalens DU-instruktioner

Innehåll

Instruktionen skall vara utformad så att den är relevant för *den enskilda FTX-installationen*. För att kunna tjäna sitt syfte enligt avsnitt 1 bör DU-instruktioner för utbildad service- eller driftspersonal vara åtskild från den brukarinriktade informationen.

Följande rubriker kan lämpligen användas:

- 1 Beteckningar och symboler
- 2 Systemöversikt
- 3 FTX-installationens uppbyggnad och funktion
- 4 Drift
- 5 Underhåll
- 6 Felsökning
- 7 Säkerhet
- 8 Allmänna råd
- 9 Garantier och serviceavtal
- 10 Adress- och telefonförteckning

4.1 Beteckningar och symboler

Instruktionen förses med en förteckning över de beteckningar och symboler som används. Använd standardiserade beteckningar och symboler och hänvisa till den standard som används.

4.2 Systemöversikt

Instruktionen bör innehålla sammanfattande beskrivningar över olika varianter av FTX-systemet samt de olika varianternas beteckningar. Det aktuella systemet markeras i förteckningen över varianter.

4.3 FTX-anläggningens uppbyggnad och funktion

4.3.1 Tekniska data för FTX-anläggningen

Instruktionen skall innehålla de tekniska data för anläggningen, som kan vara nödvändiga att känna till vid användning, service eller ombyggnad. Följande tekniska data bör i förekommande fall anges i tabell- eller kurvform.

- Tillverkare
- Typteckning
- Typ av värmeväxlare
- Drifttemperaturer och flöden
- Nominella effekter på fläktmotorer, kanalvärmare, m.m.
- Diagram över aggregatets tryck - flödeskaraktäristik
- Temperaturverkningsgrad som funktion av luftflöde (diagram)
- Avgiven värmeeffekt och tillförd eleffekt som funktion av utetemperaturen (tabell/diagram)
- Metod för avfrostning
- Kriterier för avfrostningens start och stopp
- Filterbeteckningar, storlekar
- Avgiven ljudeffekt till uppställningsrum och anslutna kanaler
- Dimensioner och typ av anslutningar
- Elförsörjning (spänning, ström, frekvens)
- Styr- och reglerfunktioner samt eventuella larm
- Data för givare (t.ex. resistansens temperaturfunktion för resistiva temperaturgivare)

Ett förslag till standardiserad redovisning visas i 5.3.

4.3.2 Funktionsbeskrivning

Instruktionen bör innehålla tydliga illustrationer och kortfattad text som beskriver *den aktuella* anläggningens funktion dels vid normal drift, dels vid avfrostning / eftervärmning. Börvärden för exempelvis flöden, temperaturer m.m. skall redovisas, i synnerhet börvärden för reglerfunktioner (t.ex. temperaturvärden för inkoppling av eftervärmare eller start/stopp för avfrostning). Om detaljredovisning saknas i DU-instruktionen skall hänvisning göras till var eller av vem som informationen kan fås.

4.3.3 Ritningsunderlag

Instruktionen bör innehålla elritning och ventilationsritning enligt svensk standard (se t.ex. 5.1) för *den aktuella* FTX-installationen. Om detaljredovisning saknas i DU-instruktionen skall hänvisning göras till var eller av vem som informationen kan fås (t.ex. var projekteringsunderlag skall finnas).

Elritningen bör omfatta samtliga elkomponenter och styr- och reglerfunktioner. Ventilationsritningen bör omfatta ett principalschema över hela installationen inklusive rensluckor, tryckkuttar, spjäll o.d.

4.3.4 Komponentförteckning

Instruktionen bör omfatta en fullständig komponentförteckning med komponentens benämning, reservdelsnummer och leverantör.

4.4 Drift

Instruktionen skall tydligt beskriva handhavandet av anläggningen. Varje moment skall beskrivas i en logisk följd, från början till slut och utan att hoppa över några steg. Detta gäller även om liknande moment beskrivs på andra ställen i instruktionen. Det är viktigt att använda rikligt med illustrationer i form av skisser och fotografier. I huvudsak omfattas handhavande vid manövrering av don och reglage samt tolkning av larm.

4.4.1 Manövrering

Instruktionen bör innehålla en sammanfattande beskrivning av reglagens position och funktion samt detaljbeskrivningar för varje separat funktion. Upprepa gärna förklaringar av symboler (skall finnas sammanfattade i en förteckning enligt 3.1). I den mån det finns möjlighet till tvångsstyrning av vissa funktioner, för att t.ex. underlätta felsökning, skall beskrivning finnas (se även 4.6).

4.4.2 Larm

Instruktionen bör innehålla en sammanfattande beskrivning av larmindikatorers position och funktion samt detaljbeskrivningar för varje separat larmfunktion. Upprepa gärna förklaringar av symboler (skall finnas sammanfattade i en förteckning enligt 3.1). Beskrivning av hur man utför kontroll av larmfunktioner bör finnas.

4.5 Underhåll

Instruktionen bör innehålla text och bilder, som i förekommande fall utförligt beskriver följande punkter (se även 5.4 för några av punkterna):

- Demontering och rengöring av värmväxlare
- Demontering och rengöring av fläktar
- Demontering och rengöring av till- och frånluftsdon
- Rengöring och/eller byte av filter
- Kontroll av luftflöden, tryckfall och verkningsgrad
- Kontroll av reglerfunktioner och larm

Instruktionen bör även innehålla en förteckning över förbrukningsmaterial som behövs i samband med underhåll. Förbrukningsmaterial bör skiljas i allmänt tillgängligt material (t.ex. säkringar, vissa filtertyper) och specialdetaljer, som måste beställas från leverantören av aggregatet/systemet. I båda fallen bör typ och eventuellt reservdelsnummer anges tydligt (se 4.3.4).

4.6 Felsökning

Instruktionen skall ange systematiskt tillvägagångssätt vid felsökning. Detta kan exempelvis redovisas i form av översiktstabeller av formen "symtom/åtgärd" med hänvisning till detaljerade procedurer för varje typ av åtgärd.

4.7 Säkerhet

Instruktionen bör innehålla information om att person- eller sakskador kan uppkomma om installationen inte används på avsett sätt. Den bör även innehålla beskrivningar av de viktigaste fallen då detta kan inträffa. Vid beskrivningen av ingrepp som medför personfara skall faromomentet poängteras (t.ex. arbete i spänningsatta delar, reglerutrustning som ligger på hög potential).

4.8 Allmänna råd

Instruktionen bör innehålla viss allmän information om hur FTX-installationer skall utföras för att de skall fungera på ett rationellt och energibesparande sätt. Viktiga orsaker till systemberoende problem pekas ut. Här kan också hänvisning göras till särskild facklitteratur.

4.9 Garantier och serviceavtal

Garantivillkoren återges i sin helhet. Finns särskilda regler för service och reparation under garantitiden anges detta.

4.10 Adress- och telefonförteckning

Aktuella adresser och telefonnummer, eventuellt även kontaktpersoner förtecknas.

5 Råd och exempel för upprättande av vissa delmoment i DU-instruktioner

5.1 Beteckningar och symboler

Val av beteckningar och symboler skall göras med utgångspunkt från internationell-, svensk- eller branschstandard. Exempel på aktuella svenska standarder är:

- SS 03 22 60: Byggritningar - Symboler och beteckningar för VVS-installationer och styranläggningar
- SS 26 09: Ventilationskanaler - mått, hållfasthet, täthet
- SEN 02 12 01: Regler för elscheman - Elinstallationsritningar
- SEN 02 07 21: Regler för förbindningsscheman - Kretsscheman
- SS 03 22 60: Byggritningar - Installationer - Symboler och beteckningar för VVS-installationer och styranläggningar

Symbolernas storlek anpassas till ritningens skala och det disponibla utrymmet. De installationsdelar, som inte redovisas med någon symbol, avbildas med ett förenklat ritsätt och/eller beskrivande text.

5.2 FTX-anläggningens uppbyggnad och funktion

5.2.1 Tekniska data för aggregatet

Tekniska data för aggregatet bör presenteras i olika former beroende på den tilltänkta målgruppen. Exempel på redovisningsmall, med inriktning på beställare av aggregat, visas i avsnitt 5.3.

För konsulter och installatörer krävs utförliga projekterings- och installationsanvisningar.

5.2.2 Anläggningens funktion

FTX-aggregatets funktion kan beskrivas med hjälp av ett eller helst två principscheman, en funktionsbeskrivning och en eller flera bilder av aggregatets verkliga utförande.

Principskeman bör utformas enligt följande:

- **Brukarens schema**
 - Schemat bör vara kraftigt förenklat och kan utföras som ett principschema eller som en 3-dimensionell ritning
 - Schemat skall visa den aktuella installationen
 - Placeringen av fläktar, värmeväxlare och filter skall tydligt framgå av schemat
 - Schemat kan gärna färgläggas för ökad tydlighet
 - Eventuellt kan vissa delkomponenter förstoras upp i direkt anslutning till schemat.
- **Fullständigt schema**
 - Det bör endast finnas ett schema och detta schema skall vara aktuellt för den installation det avser
 - Alla komponenter som ingår i installationen bör återfinnas i schemat
 - Schemat skall vara försett med pilar, som anger strömningsriktningar för de olika flödena
 - Styrutrustningens placering samt inbördes samband bör framgå

Funktionsbeskrivningen bör omfatta följande:

- Beskrivning av anläggningens funktionsprincip
- Beskrivning av de viktigaste delkomponenterna och deras respektive funktion
- Beskrivning av olika driftsfall, t.ex. drift med sommarförhållanden, avfrostningsdrift eller eftervärmningsdrift

5.2.3 Ritningsunderlag

Nedan exemplifieras vad som bör ingå i ritningsunderlaget.

Elritning

Elritningen bör omfatta samtliga elkomponenter och alla styr- och reglerfunktioner.

- Samtliga ingående elkomponenter i FTX-aggregatet bör vara inritade i schemat
- Det bör klart och tydligt framgå vilka komponenter som ingår i respektive monteras utanför FTX-aggregatet
- Det bör klart och tydligt framgå vilken funktion alla komponenter har (både interna och externa komponenter)
- Ingår elektronik i installationen, t.ex. ett kretskort, bör eventuella kontaktfunktioner vara inritade (orsaken är att man skall kunna läsa ut vad kretskortet styr och hur detta sker för de olika komponenterna)
- Samtliga styralternativ bör klart framgå av schemat (varje inkopplingsalternativ kan kräva ett eget elschema)
- Ingår temperaturgivare, t.ex. termistorer eller motsvarande, bör en tabell eller kurva medfölja som relaterar motståndsvärdet till temperaturen
- Samtliga interna ledningar och komponenter skall märkas klart och tydligt

Ventilationsritningar

Ventilationsritningar bör utformas som ett principschema över hela den aktuella installationen.

- Svensk standard skall användas för symboler och beteckningar
- Samtliga komponenter bör ingå
- Flödesriktningar skall anges
- Om FTX-aggregatet installerats i en befintlig anläggning bör det framgå av principschemat vad som är befintligt och vad som är nyinstallerat.

5.3 Tekniska data

Ett exempel på redovisningsmall visas nedan.

Tekniska data för värmeåtervinnare frånluft / tilluft (FTX-aggregat)

Tillverkare Svensk representant

Typ av värmeväxlare Typbeteckning

Egenskap	Frånluft	Tilluft
Ljudeffektnivå, L_{WA} (B) Aggregat:
Drifttemperatur, min / max (°C)/...../.....
Flödeskapacitet, min / nom / max (m^3/h)/...../...../...../.....
Fläkteeffekt, min / nom / max (W)/...../...../...../.....
Effekter (P_e och P_T), temperaturverkningsgrad ($\eta_t = \frac{t_{Tm} - t_{Tin}}{t_{Fin} - t_{Tin}}$) och tryckdifferenser	Se nästa sida. Effekter enligt SP-METOD 0029 redovisas i figur 1 medan η_t enligt NT VVS 024 redovisas i figur 2 som funktion av uteluftsflödet. Figur 2 förutsätter att ingen fuktutfällning sker. Aggregatets tryck/flödeskaraktäristik framgår av figurerna 3 och 4.	

Typ av avfrostning	
Styrning av avfrostning	
Avfrostning från ute- temperatur: °C	Avfrostningstid: min	Avfrostningsintervall: h

Filtertyp:.....	Filterklass:.....	Filterstorlek (mm/mm):/.....
--------------------------	----------------------------	---------------------------------------

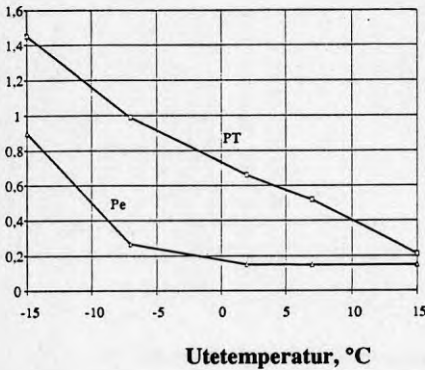
Märkeffekt:kW	Tillsatsvärme:kW	Säkring: A
Spänning:.....V	Antal faser:	Frekvens: Hz
Skyddsform	Inomhusdel:	Utomhusdel:

Bredd: mm	Längd: mm	Höjd: mm	Vikt: kg
-----------------	-----------------	----------------	----------------

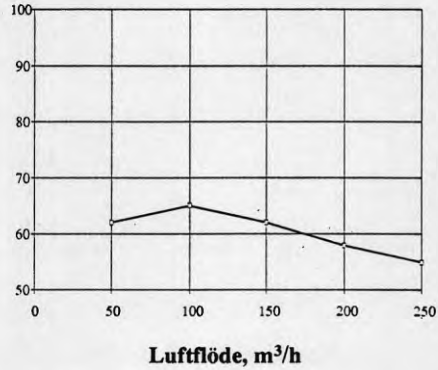
Bilaga 2 16 (20)

Resultat från prestandaprov enligt NT VVS 024 och SP-METOD 0029 för aggregat av typ:				
Luftflöden frånluft / tilluft = 150 / 150 m ³ /h				
Temperatur (°C)		Aggregat (inklusive tillsatsvärme)		Värmeväxlare
Frånluft	Tilluft	Tillförd el, P _e (kW)	Avgiven värme, tilluft, P _T (kW)	η _t (%)
20 (15)	+15 (+11)			
20 (14)	+7 (+5,5)			
20 (13)	+2 (+1)			
20 (12)	-7 (-8)			
20 (11)	-15 (--)			

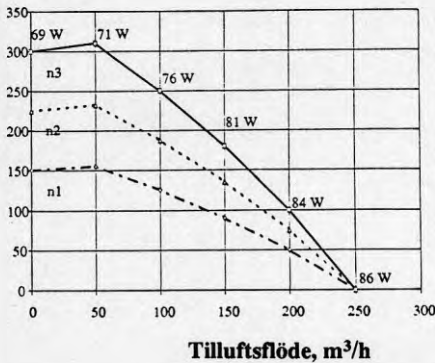
Temperaturerna inom parentes avser våt temperatur (luftens fuktillstånd). Resultaten omfattar även inverkan från av- och påfrostning i förekommande fall.

P_T och P_e, kW

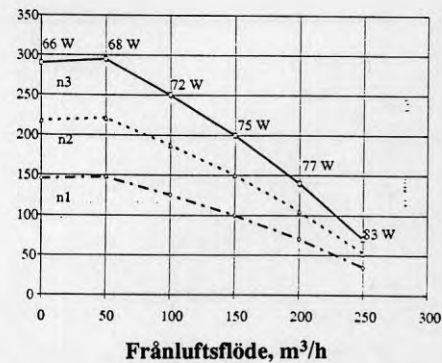
Figur 1. Totalt tillförd effekt (P_e) och avgiven effekt på tilluftsidan (P_T). Sparad effekt utgörs av skillnaden P_T - P_e.

η_t, %

Figur 2. Torr temperaturverkningsgrad η_t, som funktion av uteluftsflödet

Δp_T, Pa

Figur 3. Tilluftsidan (3 olika fläktvarvtal)

Δp_F, Pa

Figur 4. Frånluftsidan (3 olika fläktvarvtal)

5.4 Underhållsrutiner

En enkel allmän beskrivning skall ges som talar om vikten av att genomföra föreslagna underhållsrutiner.

Omfattning

Underhållet kan delas upp i moment som bör utföras med vissa tidsintervaller, allt efter behov. Momenten bör minst omfatta de komponenter i installationen som har väsentlig betydelse för driftsäkerheten.

För att öka förståelsen hos brukaren bör orsaken till exempelvis täta tidsintervall för vissa moment anges.

Förutom att ange tidsintervallen bör momenten beskrivas så att brukaren kan utföra dem.

Varje moment bör beskrivas enligt följande:

- En eller flera tydliga bilder (helst fotografier), som visar hur momentet skall utföras
- En enkel beskrivning på hur brukaren kommer åt komponenten
- Förklaring på vad han bör observera och vilka åtgärder som bör utföras

Om möjligt bör respektive delkomponent i aggregatet dessutom förses med motsvarande instruktion om hur komponenten tas bort.

Nedan visas ett *exempel* på hur momenten kan beskrivas.

<i>Arbetsmoment</i>	<i>Tidsintervall</i>	<i>Anmärkning</i>
1. Rengöring/byte av filter	1 gång/månad	För att upprätthålla luftflöden och luftkvalitet
2. Rengöring av värmeväxlare	2 ggr/år	Under vår och höst
3. Rengöring av fläktar och imkanaler	1 gång/år	Utförs av sotaren
4. Rengöring av till- och frånluftsdon	1 gång/halvår	
5. Kontroll av avfrostningsfunktion	1 gång/månad	Under höst, vinter, vår
6. Kontroll av allmänfunktion	Fortlöpande	

Moment 1. Rengöring/byte av luftfilter (figurer från Bahco ACC).**Beskrivning**

Filtret är av syntetmaterial och fångar upp en del av det damm som följer med luften. Luften kommer in på filtrets framsida. Man ser alltså när filtret börjar bli smutsigt.

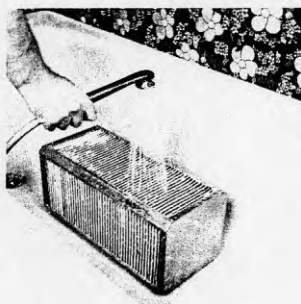
Urtagning: Luftfiltret är inskjutet i ett spår. Dra rakt ut.

Rengöring: Spola filtret med handdusch från baksidan. Låt torka före insättning. Observera att trådgallret skall vara vänt inåt.

Moment 2. Rengöring av värmeåtervinnare (figurer från Bahco ACC).**Beskrivning**

Värmeväxlaren är utförd av tunn aluminium och bör därför behandlas försiktigt.

Urtagning: Ta bort luftfiltret. Tippa ut värmeåtervinnaren genom att dra handtaget utåt- nedåt och samtidigt hålla emot i nedkanten.

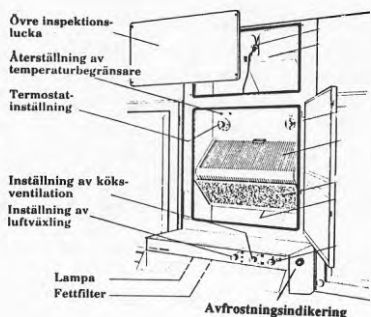


Rengöring: Peta aldrig i luftkanalerna med hårda eller vassa föremål. Kanalerna är formade på så sätt att man inte kan se rakt igenom värmeåtervinnaren. Detta är alltså inget tecken på igensättning. Skölj ur värmeåtervinnaren genom att skvalpa den i varmt vatten med vanligt diskmedel. Spola därefter med handduschen bort alla diskmedelsrester. Se till att alla kanaler blir genomspolade. Skaka ur vattnet.

Insättning: Läg in värmeåtervinnaren och tryck inåt så att droppkanten kommer innanför tätningslisten på dropplådan (se pilen). Tippa in den genom att föra handtaget inåt-uppåt. Sätt tillbaka luftfiltret. Om luckan inte går att stänga har droppkanten kommit på fel sida av tätningslisten.



Moment 3. Kontroll av avfrostningsfunktion (figurer från Bahco ACC).



Beskrivning:

Avfrostningsfunktionen är till för att förhindra igenfrysning av värmeåtervinnaren vid låga utetemperaturer. Vid utetemperaturer lägre än $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ träder avfrostningen i funktion genom att inblåsningssfläkten stoppas ca. 5 minuter varje halvtimme. Detta indikeras genom att en gul lampa tänds i spiskåpan. Om lampan lyser vid temperaturer över $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ fungerar avfrostningen bristfälligt. Detta försämrar anläggningens ekonomi. Kontakta i så fall servicepersonal.

5.5 Felsökning

Felsökningsinstruktionerna kan utformas på olika sätt, dock bör de, oavsett hur de utformas, följa nedanstående riktlinjer:

- Instruktionerna skall överensstämma med den aktuella installationen
- Instruktionerna skall bara innehålla de åtgärder som brukaren kan vidta på egen hand
- Instruktionerna skall vara enkla och tydliga så att brukaren kan åtgärda de driftsstörningar som ej kräver en fackman
- Om en åtgärd kräver en fackman skall detta klart och tydligt framgå
- Instruktioner av typen "återställ motorskydd" bör kompletteras med en bild som visar återställningsknappen.

Exempel på hur felsökningsinstruktionerna kan utformas:

Felkälla	Kontrollera	Åtgärd
Fläktarna har stannat	Att aggregatets strömbrytare är tillslagen	Slå till strömbrytaren
	Att motorskydd ej löst ut	Återställ skydd enligt fig x
	Att säkringarna är hela	Byt säkringar
Filtren är igensatta	Att filtren är rena	Rengör filter
Uteluftsintaget är igensatt	Att intaget är fritt	Rengör intaget

5.6 Säkerhet

Säkerhetsinformationen bör omfatta följande.

- Elsäkerhet
- Brand

FTX-aggregatet förses med varningstext.

Exempel: På beröringsskydd för elektriska komponenter skall finnas en varningstext som talar om att det endast får demonteras av behörig person.

5.7 Allmänna råd

Här ges information om hur ett FTX-aggregat kan användas på ett rationellt och energibesparande sätt. Exempel på sådana råd kan vara:

- Att aggregatet kan köras på lågfart vid längre tids bortavistelse
- Att tillsatsvärmen inte skall vara i drift när den inte behövs
- Att gummilister i aggregatet skall vara intakta och täta ordentligt
- Att smutsiga filter och värmeväxlare kan leda till övertryck i huset med påföljande fuktproblem
- Att en kontinuerlig uppföljning av husets el/oljeförbrukning kan ge ett mått på värmeåtervinningens effektivitet
- Att drift- och underhållsinstruktionen läses grundligt.
- Att regelbunden ventilationskontroll skall utföras (numera finns en lag om obligatorisk ventilationskontroll).

Förslag till indata vid beräkning av energibesparing med FTX-system

Följande riktlinjer avser att ge förutsättningarna för beräkning av energibesparing i bostäder genom åtgärder på installationsidan. Bakgrunden till riktlinjerna har tidigare beskrivits av Fahlén (ref. 6). Förutsättningarna kan t.ex. användas vid beräkning i samband med ansökning om statliga lån. Metoden kan användas både i samband med en verifiering av grundkravens uppfyllande och vid beräkning av ytterligare besparing.

I denna bilaga finns en tabell över specificerade värden, dels för ett referenshus med isolering enligt nybyggnadsreglernas NR 1 (BFS 1988:18) minimikrav och dels för den aktuella byggnaden. Endast de delar av förutsättningarna som berör luftbehandlingsidan har inkluderats. Det referenshus som används har som grundinstallationer ett vattenburet värmesystem med elpanna, en elektrisk varmvattenberedare samt ett ventilationssystem med mekanisk frånluft, mekanisk tilluft och ventilationsvärmeväxlare (FTX-system) med en temperaturverkningsgrad av 60%. Dessa förutsättningar accepteras ur energisynpunkt enligt NR 1. Ventilationskanalerna förutsätts förlagda utanför klimatskärmen med isolering enligt nybyggnadsreglerna. I de fall schablonmässiga värden anges även för den aktuella byggnaden (t.ex. beträffande kanalförluster) kan även andra värden användas. Dessa värden måste emellertid styrkas, t.ex. genom opartisk provning.

Vid angivande av effekter för värmeavgivande apparater, t.ex. frånluftsvärmepumpar (FVP) eller ventilationsvärmeväxlare (FTX), inkluderas all drivenergi som erfordras för att apparaten skall kunna fungera. I detta ingår den del av pump- eller fläkteffekter som krävs för att övervinna det inre tryckfallet i apparatdelar, vilka ingår i värme- eller ventilationssystem (i enlighet med europeisk standard EN 255-8). Tabellen i denna bilaga betecknar energiförluster, vilka nyttiggörs för uppvärmning med (N), de som ej nyttiggörs med (E) och värden enligt utvärdering från Statens Provningsanstalt med SP. I övrigt används följande beteckningar,

- T_{vbut} = utgående värmebärartemperatur (K)
- T_{lvbut} = luftsystem, utgående värmebärartemperatur (K)
- T_{vbin} = inkommande värmebärartemperatur (K)
- T_{lu} = lufttemperatur, ute (K)
- T_{li} = lufttemperatur, inne (K)
- L = kanallängd (m)
- A_u = uppvärmd area (m^2)

Tabellen innehåller ett antal förlust- och förbrukningseffekter, vilka adderas vid beräkningen av ett aktuellt hus. Exempelvis blir den totala fläkteffekten för ett FT-system kombinerat med luftvärme summan av effekterna för frånlufts-, tillufts- och luftvärmedelarna, d.v.s. $(0,5A_u + 0,5A_u + 0,5A_u)$ W, och totala kanallängden för motsvarande system blir $(0,2A_u + 0,2A_u + 0,2A_u)$ m. I vissa fall finns både ett schablonvärde och ett värde enligt "SP eller motsvarande" angivet. I första hand skall dock verkliga värden för det aktuella huset användas. Om dessa värden saknas eller inte är verifierade används de alternativa schablonvärdena.

Ventilation	Referenshus	Aktuell byggnad
<p><i>Frånluft</i></p> <p>* Fläkt (E)</p> <p>- $A_u < 100 \text{ m}^2$</p> <p>- $A_u > 100 \text{ m}^2$</p> <p>* Kanallängd (20 °C)</p>	<p>50 W</p> <p>$0,5A_u \text{ W}$</p> <p>$0,2A_u \text{ m}$</p>	<p>SP eller motsv.</p> <p>50 W</p> <p>$0,5A_u \text{ W}$</p> <p>SP eller motsv.</p> <p>$0,2A_u \text{ m}$</p>
<p><i>Tilluft</i></p> <p>* Fläkt (N)</p> <p>- $A_u < 100 \text{ m}^2$</p> <p>- $A_u > 100 \text{ m}^2$</p> <p>* Kanallängd (20 °C)</p> <p>* Kanalförlust (E)</p> <p>- Kanal inom klimatskärm</p> <p>- Kanal utom klimatskärm isolerad enligt NR</p> <p>- Kanal i annan isolering</p>	<p>50 W</p> <p>$0,5A_u \text{ W}$</p> <p>$0,2A_u \text{ m}$</p> <p>-</p> <p>$0,3L(T_{lvbut} - T_{lu}) \text{ W}$</p> <p>-</p>	<p>SP eller motsv.,</p> <p>50 W</p> <p>$0,5A_u$</p> <p>SP eller motsv.,</p> <p>$0,2A_u \text{ m}$</p> <p>0 W</p> <p>SP eller motsv.,</p> <p>$0,3L(T_{lvbut} - T_{lu}) \text{ W}$</p> <p>SP eller motsv.</p>

Varmvatten	Referenshus	Aktuell byggnad
<i>Förbrukning (E)</i>	$(5 + 0,05A_u)$ kWh/dygn	$(5 + 0,05A_u)$ kWh/dygn
<i>Tomgångsförlust (N)</i> * Elektrisk vattenvärmare - $A_u < 200 \text{ m}^2$ - $A_u > 200 \text{ m}^2$ * Annan vattenvärmare (t.ex. FVP eller panna)	120 W $0,6A_u$ W -	SP eller motsv. 120 W $0,6A_u$ W SP eller motsv.
<i>Verkningsgrad, tappning</i> * Vattenvärmare utom elektriska (t.ex. FVP)	-	SP eller motsv.

Värme (tillförsel eller återvinning)	Referenshus	Aktuell byggnad
<i>Elpanna</i> * Verkningsgrad	1,0	SP eller motsv.
<i>Annan panna</i> * Verkningsgrad	-	SP eller motsv.
<i>Värmepump (t.ex. FVP)</i> * Driftsdata	-	SP eller motsv.
<i>FTX</i> * Driftsdata	$0,6 (\eta_t = 60 \%)$	SP eller motsv.

Värmedistribution	Referenshus	Aktuell byggnad
<p><i>Vattenburet system</i> Avser t.ex. radiatorer, golvvärme eller vätskekopplad luftvärmare</p> <p>* Pump - $A_u < 100 \text{ m}^2$ - $A_u > 100 \text{ m}^2$</p> <p>* Distributionsförlust (E) (ref värde för T_{vbut}/T_{vbin} är normalt 55/45 °C vid DUT, dock 35/30 °C för golvvärme)</p>	<p>50 W $0,5A_u \text{ W}$</p> <p>$0,03A_u(T_{vbut} - T_{li}) \text{ W}$</p>	<p>SP eller motsv. 50 W $0,5A_u \text{ W}$</p> <p>SP eller motsv. $0,03A_u(T_{vbut}-T_{li}) \text{ W}$</p>
<p><i>Luftburet system</i></p> <p>* Fläkt (N) Betr. ev. pump, se vattenburet system</p> <p>* Kanallängd</p> <p>* Distributionsförlust</p> <p>* Kanalförlust utanför klimatskärm (E) - Kanal isolerad enl. NR - Annan isolering</p> <p>(t.ex. för lösull ges <i>lägsta</i> värdet vid 240 mm isolering över den högst liggande kanalen av vidstående uttryck)</p>	<p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p>	<p>SP eller motsv. 50 W ($A_u < 100 \text{ m}^2$), $0,5A_u \text{ W}$ ($A_u > 100 \text{ m}^2$)</p> <p>SP eller motsv. $0,2A_u \text{ m}$</p> <p>SP eller motsv. $0,03A_u(T_{vbut}-T_{li}) \text{ W}$</p> <p>SP eller motsv. $0,3L(T_{lvbut}-T_{lu}) \text{ W}$</p> <p>SP eller motsv. $0,052L(T_{lvbut}-T_{lu}) \text{ W}$</p>

Värmereglering	Referenshus	Aktuell byggnad
<p><i>Samtliga system</i></p> <p>* Förlust</p>	<p>$0,03A_u(T_{vbut} - T_{li}) \text{ W}$</p>	<p>SP eller motsv.</p>

