



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.



Rapport

TEKNISKA HOGSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FOR VAG- OCH VATTEN
BIBLIOTEKET

R7:1990

Fläktförstärkt och styrd självdraagsventilation

En förstudie

Bengt-Olof Hecktor

V-HUSETS BIBLIOTEK, LTH



15000

400135412

Byggeforskningsrådet

R7:1990

FLAKTFÖRSTÄRKT OCH STYRD SJÄLVDRAGSVENTILATION

En förstudie

Bengt-Olof Hecktor

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 870402-5
från Statens råd för byggnadsforskning till Knaggen
Energikonsult AB, Kalmar.

REFERAT

Med bistånd från BFR har tidigare det sk FSS-systemet (Förstärkt Styrkt Självdrag) utvecklats och långtidsprovats. Systemet har visat sig fungera väl vid ombyggnad av befintliga självdragssystem i flerbostadshus.

Rapporten redovisar en förstudie av möjligheten till att anpassa FSS-systemet för småhus. Studien har omfattat bl.a. bedömning av antalet tänkbara installationer, klarläggande av specifika problem vid småhus samt granskning av gällande normer. En analys av hustyper har gjorts, som resulterat i närmare studium av tre "typhus" från olika perioder. För dessa hus har installationens tekniska omfattning redovisats och en ekonomisk jämförelse gjorts mellan olika ventilationssystem.

Några större tekniska problem att anpassa systemet till småhus tycks ej finnas. Vissa modifieringar erfordras dock med hänsyn till befintlig köksventilation och eventuell öppen spis eller kakelugn.

Systemet är i sitt grundutförande konkurrenskraftigt med övriga typer i hus byggda fram till omkring 1976. I nybyggda hus ger andra system bättre ekonomi. Kostnadsskillnaden är dock liten varför man även bör beakta övriga för- och nackdelar för de olika systemen. FSS-systemet med värmeåtervinning ger högre årskostnad än andra med återvinning. Kostnadsbilderna vid nya hus kan bli mera positiva om redovisade utvecklingsideer håller. En fördel med systemet är att det kan kompletteras med återvinning i efterhand utan extra kostnad.

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

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R7:1990

ISBN 91-540-5145-2
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Svenskt Tryck Stockholm 1990

INNEHÅLL

	SAMMANFATTNING.....	6
1	BAKGRUND.....	8
2	POTENTIAL FÖR INSTALLATION AV FSS-SYSTEMET I SMÅHUS.....	10
3	FSS-SYSTEMETS UPPBYGGNAD OCH FUNKTION.....	13
3.1	Självdraagsventilation - funktion - fördelar - brister.....	13
3.2	Fukt och mögel.....	14
3.3	FSS-systemets uppbyggnad.....	17
3.4	Teknisk jämförelse med andra system.....	20
3.4.1	Mekaniska system.....	20
3.4.2	FSS-systemet.....	21
4	FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR OCH PROBLEM MED ATT ÖVERFÖRA FSS-SYSTEMET FRÅN FLERBOSTADSHUS TILL SMÅHUS.....	22
4.1	Myndighetsanvisningar.....	22
4.1.1	Svensk byggnorm SBN 80.....	22
4.1.2	Nybyggnadsregler NBR 88.....	22
4.2	Grundförutsättningar.....	23
4.3	Störningar.....	23
4.3.1	Temperatur- och vindpåverkan.....	23
4.3.2	Ejektorverkan och vindturbulens vid skorstenstoppen.....	23
4.3.3	Störningar genom öppna fönster och dörrar.....	24
4.3.4	Bakdrag och störningar från punktut- sugningsfläktar.....	24
4.4	Grundutförande.....	24
4.4.1	Speciella faktorer att beakta vid småhus.....	25
4.5	Konstruktiva förutsättningar.....	27
4.5.1	Flera separata skorstenar - blandade kanaler..	27
5	TEKNISKA FÖRUTSÄTTNINGAR, ANALYS AV HUSTYPER..	28
5.1	Gamla hus.....	28
5.2	Ny-gamla hus.....	28
5.3	Nya hus.....	28
5.4	Nybyggnation.....	28
6	KOSTNADSBERÄKNINGAR OCH KOSTNADSJÄMFÖRELSE	32
6.1	Studerade hustyper och ventilationssystem....	32
6.2	Anläggnings-, drift- och underhållskostnad....	33
6.2.1	Anläggningskostnad.....	33
6.2.2	Driftkostnad.....	33
6.2.3	Underhållskostnad.....	34
6.3	Arlig kostnad - analys.....	37
6.3.1	Gamla hus byggda före 1961.....	37
6.3.2	Ny-gamla hus byggda 1961-75.....	39
6.3.3	Nya hus byggda efter 1975.....	41
6.3.4	Hus i nyproduktion.....	43
6.4	Sammanfattande synpunkter.....	43

7	FÖRSLAG TILL DEMONSTRATIONS- OCH EXPERIMENTBYGGNADSPROJEKT.....	44
7.1	Ny-gammalt och gammalt hus.....	44
7.1.1	Förslag 1. Installation i ny-gammalt hus i småhusområde Östra Norrliden, Kalmar.....	44
7.1.2	Förslag 2. Installation i gammalt småhus- område i Bergavik, Kalmar.....	46
7.2	Nyproduktion.....	48
8	FRAMTIDA UTVECKLINGSMÖJLIGHETER FÖR FSS-SYSTEMET.....	50
8.1	Återvinning av värme ur husets avloppsvatten..	50
8.2	Återvinning av värme ur rökgaser.....	51
9	REFERENSLITTERATUR.....	52

FÖRFATTARENS FÖRORD.

Föreliggande rapport har utarbetats i samarbete med Lennart Eriksson Iderikson Innovation AB, Stefan Westblom Joel Österbergs Ingenjörbyrå AB samt Kent Petersson K-Konsult alla i Kalmar.

Jag vill härmed tacka samtliga för deras konstruktiva medverkan.

SAMMANFATTNING.

Under senare år har fukt- och mögelskador ökat kraftig i våra bostäder. Orsaken är dåligt fungerande ventilationssystem i kombination med okritisk tätning av klimatskärmen, och därtill kraftigt ökad våtrummsbelastning genom ökad frekvens av bad och dusch.

Ventilation med självdrag är det vanligaste sättet för bostadsventilation. Vid självdragssystem är luftflödet proportionellt mot temperaturskillnaden mellan inne- och uteluften. Då temperaturskillnaden sommartid är nära noll medför detta att luftflödet blir mycket lågt under denna årstid. Ett beräkningsexempel visar att den relativa fuktigheten i våtrummen sommartid är av storleksordningen 85 - 95 % långa tider, vilket innebär en mycket gynnsam miljö för mögel- och rötsvampar.

BFR har tidigare ställt medel till förfogande för utveckling och långtidsprovning av ett ventilationssystem för ombyggnad av självdragsventilerade flerbostadshus. Systemet, som benämnes FSS-systemet (Förstärkt Styrt Självdrag), har visat sig väl uppfylla ställda förväntningar. En naturlig fortsättning har därför varit att genom en förstudie klarlägga förutsättningarna för att anpassa systemet till en- och tvåbostadshus.

Genomgång av tillgänglig statistik visar att av landets ca 3,9 miljoner lägenheter finns ca 1.8 miljoner i småhus. Av småhusen ventileras drygt 1,5 miljoner med självdrag. Potentialen för förbättring av ventilationen i småhus är således oerhört stor. Samtidigt kan man dock konstatera att intresset för att förbättra ventilationen ej är speciellt stort. Orsaken härtill är sannolikt främst bristande kunskap om möjligheten till och värdet av en bättre ventilation.

De tekniska förutsättningar för att överföra systemet från flerbostadshus till småhus har studerats. Först och främst har en genomgång gjorts av gällande normer. Något problem att innehålla föreskrifterna i såväl SBN 80 som i NBR 88 har bedömts ej föreligga. Systemet ger även en enkel möjlighet att sommartid - då fuktproblemet normalt är störst - kraftigt öka luftflödet utöver det som anges i normerna. Kostnaderna härför är marginella.

Andra tekniska faktorer som studerats är ejektorverkan vid skorstenmyrningar, störningar genom öppna fönster, bakdrag och störningar från punktutsugningsfläktar mm. Några problem i dessa avseenden har ej konstaterats utöver vad som gäller för systemet i flerbostadshus.

Speciella faktorer som bör beaktas är emellertid öppen spis (kakelugn) samt att köksfläkten i många fall har en egen frånluftskanal placerad på stort avstånd från övriga vertikala kanaler.

En öppen spis (kakelugn) har en ofta omvittnad störande inverkan på ventilationen. I vissa fall har störningarna minskats genom att spisen försetts med en separat tillluftskanal. I de flesta installationer är en sådan

separat tilluftskanal troligtvis tillräcklig för att lösa eventuella problem. I vissa fall kan det dock vara nödvändigt att installera en separat luft- eller rökgas-fläkt.

Vid köksfläkt med separat kanal kan det vara nödvändigt att bibehålla den befintliga fläkten. Den inkopplas då så, att vid start av köksfläkten går FSS-systemets hjälpfläkt automatiskt upp på högvarv. Detta kräver sannolikt en noggrann instrypning av flödet genom spisfläkten. Ett annat, kanske enklare alternativ, är att byta den befintliga spisfläkten till en varvtalsreglerad och låsa denna på ett utprovat varvtal.

Småhus har byggts i alla tider och med varierande planlösning och storlek. Många varianter finns för dragning och placering av ventilationskanaler. För att göra det möjligt att närmare studera olika alternativ vad gäller installation och kostnader har en schablonindelning av hustyper gjorts enligt följande.

- Gamla hus uppförda tom. 1960. Ventilationskanalerna är väl samlade i en murad tegelskorsten.
- Ny-gamla hus byggda 1961-75. Ventilationskanalerna samlade i en eller flera separata plåtskorstenar.
- Nya hus byggda efter 1975. Ventilationskanalerna väl samlade i plåtskorsten. Öppen spis (kakelugn) ej ovanlig.
- Nybyggnation. Husen i stort sett lika nya hus men mindre bostadsyta.

För dessa typhus har en ekonomisk jämförelse gjorts med andra typer av ventilationssystem. Totalt har 6 systemtyper jämförts, nämligen F-, FSS-, FA-, FSSA-, FTX-, och FTX-, LV-. Principen för dessa system förklaras i avsnitt 6.1.

Beräkningarna visar att FSS-systemet ger den lägsta årskostnaden av samtliga system vid småhus byggda före omkring 1976, förutsatt att energiprisökningen håller sig totalt inom 60-70 % under överskådlig tid. Om energipriset snabbt stiger över detta värde och kostnaden för kapital är låg ger FA-systemet på lång sikt lägre kostnad. Man kan dock med ett enkelt räkneexempel visa att vid en kontinuerlig årlig prisökning på energin med 10 % så ger FSS-systemet den lägsta ackumulerade kostnaden under ca 15 år. FSSA-systemet, dvs FSS- med värmeåtervinning, ger högre årskostnad än övriga system. En utbyggnad av FSS-systemet med återvinning är dock möjlig i efterhand utan extra kostnad. FSS-systemet ger därmed en behaglig gardering om energipriset oplanerat skulle skena iväg. För nya hus och nybyggnation ger andra system lägre årlig kostnad.

I rapporten redovisas även förslag till demonstrationsobjekt i såväl nyproduktion som nygamla och gamla hus. Avslutningsvis nämns också ett par tänkbara utvecklingssteg för att öka återvunnen värmemängd vid FSSA-systemet som i viss mån kan ändra kostnadsbilden vid nybyggnation.

1 BAKGRUND.

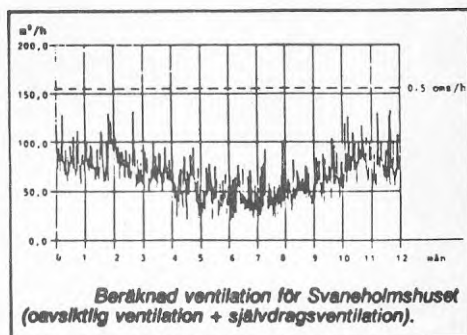
Byggeforskningsrådet har tidigare beviljat medel för utveckling av ett ventilationssystem lämpat för installation i befintliga flerbostadshus med självdragsventilation. Projektet har redovisats i BFR-rapport R67:1986 "Flerbostadshus med styrd självdragsventilation och värmeåtervinning" (ref 1).

Vidare har Byggeforskningsrådet ställt medel till förfogande för experimentbyggande och utvärdering av systemet i ett fullskaleprojekt i en fastighet med 50 lägenheter fördelade på 3 separata byggnader. Resultatet av såväl byggande som funktion och ekonomi blev i hög grad positivt och har redovisats i BFR-rapport R66:1988 "Kontrollerad naturlig ventilation med värmeåtervinning - Utvärdering av ett experimentbyggnadsprojekt" (ref 2). (Systemet benämnes genomgående FSS-systemet i föreliggande rapport.)

Allvarliga problem med dålig ventilation och åtföljande fukt- och mögelproblem har påvisats i flera utredningar. Som exempel härpå kan nämnas SIB:s meddelande M85:9 "Ventilationstekniska lösningar i ombyggda flerbostadshus" samt BFR-rapport R5:1985 "Mögel i våtrum", (ref 3 och 4).

Den dåliga, dvs vanligtvis otillräckliga, ventilationen som påvisats för flerbostadshus i ovan nämnda utredningar synes vara minst lika vanlig i småhus som ventileras med självdrag. Detta påstående verifieras av arbeten av Åke Blomsterberg mfl. vilka refereras i VVS & Energi nr 4 1987 (ref 5). Ur denna artikel har figur 1.1 hämtats.

Svaneholm: Ett småhus byggt under tidigt 70-tal. Huset är ett envåningshus på 135 m² bostadsyta med hel källare. Ytterväggarna är av prefabricerade byggnadselement (bredd 0,3 x 1,2 m, höjd 2,4 m) fyllda med cellulosafiber. Denna typ av konstruktion uppvisar ett stort antal vertikala sammanfogningar. Fasaden är av tegel med en fuktspärr bestående av tjärimpregnerad porös skiva. Uppvärmningssystemet är vattenburen värme med en oljeeldad panna. Pannrummet tätades under provningarna. Huset ventileras utan fläktar med s k självdragsventilation genom vertikala självdragskanaler.



Figur 1.1 Exempel på luftflödets variation vid självdragsventilerat småhus.

Figuren redovisar beräkning av den totala ventilationen (oavsiktlig + självdrag) över året för ett traditionellt småhus byggt under tidigt 70-tal. Av figuren framgår att luftomsättningen var lägst under juli - augusti med ca

0,14 oms/h och högst, under november - januari, med ca 0,26 oms/h. Huset har inga tilluftsventiler. Mätningarna påvisade dessutom stora variationer i luftomsättningen mellan olika rum.

Dessa och andra erfarenheter, inte minst mängden rapporter om fukt- och mögelskador, visar, att det finns ett starkt behov av att förbättra ventilationen i småhus, och speciellt de som ventileras med självdrag.

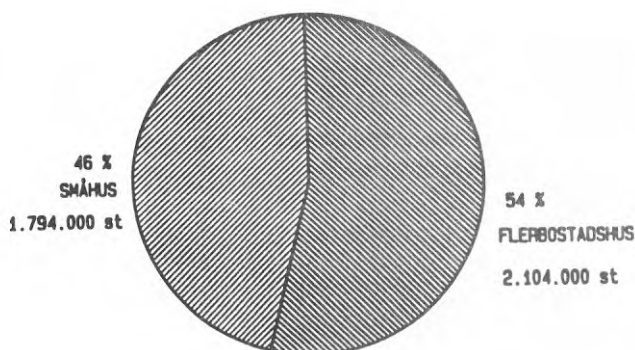
De positiva resultat som erhållits med FSS-systemet i flerbostadshus har nu gett impuls till vidareutveckling av systemet för installation i befintliga småhus. Då systemet är mycket enkelt och lättskött är det även av intresse att klarlägga om det finns förutsättningar att använda systemet också vid nybyggnad av småhus.

Föreliggande arbete utgör en förstudie för att klarlägga möjligheterna för att FSS-systemet skall kunna användas som ett enkelt fungerande ventilationssystem, lämpligt att installera vid såväl renovering som nybyggnad av småhus.

2. POTENTIAL FÖR INSTALLATION AV FSS-SYSTEMET I SMÅHUS.

Genom bearbetning av uppgifter från SCB-statistik har en bedömning gjorts av hur våra bostäder ventileras och då med huvudinriktning på småhus.

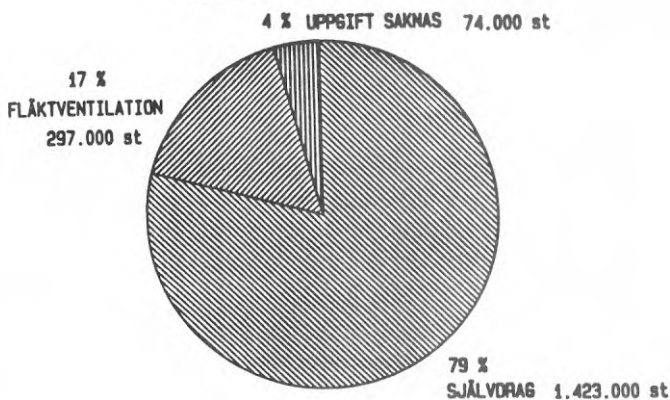
LÄGENHETSFÖRDELNING 1988



Figur 2.1 Lägenhetsfördelning mellan småhus och flerbostadshus.

I figur 2.1 redovisas fördelningen av lägenheter på flerbostadshus respektive småhus. Som småhus räknas hus med en eller två lägenheter. Av figuren framgår, att det enligt tillgänglig statistik, redovisad 1988, fanns 1 794 000 lägenheter i småhus och 2 104 000 lägenheter i flerbostadshus. Detta kan även uttryckas som att 46 % av lägenheterna finns i småhus.

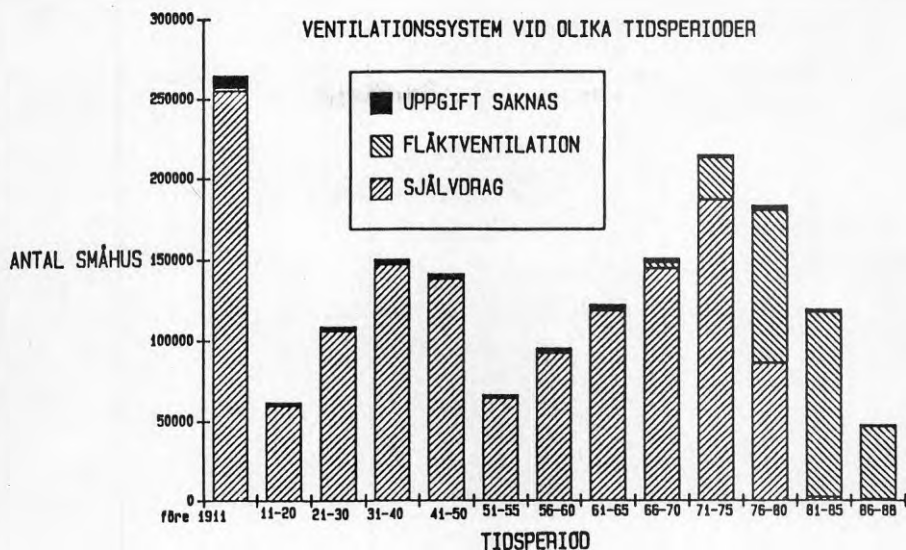
VENTILATIONSSYSTEM I SMÅHUS 1988



Figur 2.2 Fördelningen mellan självdrag och mekanisk ventilation vid småhus.

Den totala fördelningen mellan självdraagsventilation och mekanisk ventilation i småhus framgår av figur 2.2. Av

figuren framgår att drygt 1,4 miljoner lägenheter i Sverige eller ca 80 % av småhuslägenheterna ventileras med självdrag.



Figur 2.3 Ventilationssystem i småhus under olika tidsperioder.

Som figur 2.3 visas den statistiska fördelningen mellan byggda småhus och typ av ventilationsystem som installerats i småhus under olika tidsperioder. Observera att staplarna ej visar lika långa tidsperioder. Sålunda redovisas i vänstra stapeln hus byggda före år 1911, varefter kommer 4 staplar var och en omfattande 10 år. Därefter omfattar staplarna perioder om 5 år, frånsett den sista, som omfattar 3 år. Prognosen för 1989 är att ca 20 000 småhus kommer att byggas.

Med de erfarenheter som finns gällande självdragsventilationens svagheter, kan man påstå, att de flesta av de 1,4 miljoner självdragsventilerade småhuslägenheter som finns har ett uppenbart behov av förbättrad ventilation. Även om ventilationen var acceptabel när husen i de äldre åldersgrupperna byggdes, så har nyttjandemönstret kraftigt förändrats under senare år med en betydande ökning av våtrumslastningen. De delvis huvudlösa tätningssåtgärder som genomfördes under senare hälften av 70-talet har medfört ytterligare problem med kraftigt ökad frekvens av fukt och mögelskador. Till detta kommer att många ytmaterial som använts i våtutrymmen under senare år har varit ett bra fäste för mögelsvampar, och därmed är mycket olämpliga för sitt ändamål. Man kan också våga påstå, att de punktutsugande fläktar som installerats, i många fall har skapat större problem än de löst. Att en betydande del av husen ur miljö- och byggnadsteknisk synpunkt borde förse med en förbättrad ventilation betyder emellertid inte att ägarna är intresserade av att utan vidare vidta åtgärder i den

riktningen. Det torde snarare vara så, att förbättring av ventilationen kommer långt ner på listan av åtgärder man är beredd att satsa pengar på. Orsaken är sannolikt till stor del bristande kunskap om möjligheten, och vädret av, att förbättra ventilation. Bristande tekniskt kunnande hos husägarna gör det dessutom svårt, för att inte säga omöjligt för dem, att bedöma de alternativa system som finns på marknaden.

Att mot denna bakgrund göra en bedömning av marknaden är i stort sett omöjligt utan ingående marknadsundersökning och analys

Låt oss därför konstatera att om ägarna till 1 % av småhusbeståndet beslutar sig för att förbättra ventilationen så innebär detta ca 15 000 installationer per år, till en ombyggnadskostnad av storleksordningen 200 Mkr per år.

3. FSS-SYSTEMETS UPPBYGGNAD OCH FUNKTION.

För att förstå FSS-systemet erinrar vi först kortfattat om det konventionella självdragssystemets funktion, fördelar och brister. En annan viktig faktor att äga kunskap om är luftens förmåga att uppta fuktighet under olika förhållanden.

3.1 Självdragsventilation - funktion - fördelar - brister.

Drivkraften för ventilationen vid självdrag åstadkommes av skillnaden i densitet mellan ute- och inneluft. Drivtrycket för ventilationsflödet varierar således och är vid vindstilla proportionellt mot temperaturskillnaden mellan inne- och uteluften. Vid ett 5-våningshus är drivtrycket vid utetemperatur -20°C av storleksordningen 30 Pa vid bottenplanet och 10 Pa vid övre planet. Tillgängliga drivtryck är således små, varför tilluftsöppningar och frånluftskanaler måste ha stora areor med lågt tryckfall.

Under den kalla årstiden är temperaturskillnaden tillräcklig för att upprätthålla fullgod ventilation. Förutsättningen är självfallet, att tilluftsdonen är rätt dimensionerade, och att överluftsöppningar finns mellan de olika rummen. Öppningarna skall vara rätt placerade, och kanalerna skall ha tillräcklig tvärsnittsarea. Vår och höst är skillnaden i temperatur mellan ute- och inneluft mindre. Drivtrycket minskar då, och ventilationsflödet blir lätt otillräckligt. Sommartid minskar flödet ytterligare och blir vid vindstilla teoretiskt noll när temperaturskillnaden blir noll.

Genom det låga drivtrycket och den låga lufthastigheten i frånluftskanalerna är systemet känsligt för störningar främst på frånluftssidan. Sådana störningar är exempelvis blåsig väderlek. En horisontell vind över toppen av ventilationsskorstenen ger genom ejektorverkan upphov till ett kraftigt undertryck i kanalsystemet. Det därigenom starkt ökade undertrycket ger en kraftig ej önskad ökning av luftflödet. Blåst kan även orsaka virvelbildning vid skorstenarnas mynning. Virvelbildningen kan ge upphov till såväl extra över- som undertryck i frånluftskanalerna. Turbulensen kan därmed, vid övertryck, vända frånluftströmmen, så att uteluft strömmar in i lägenheten genom frånluftskanalen. Alternativt kan ett undertryck ge ytterligare ökat frånluftflöde.

Omvänd strömningsriktning kallas vanligtvis bakdrag, och upplevs som kallras. Bakdrag förekommer ofta vid självdragsventilation. Det kan även ha andra orsaker än turbulens vid skorstenstoppen. En frånluftsfläkt som är ansluten till frånluftskanalen i våtrum och/eller kök kan tex. ha så stor kapacitet, att den ger ett stort undertryck i köket. Trycket i bostaden kan således bli lägre än vid skorstenstoppen. Luftströmmen vänder då vanligtvis i en eller flera frånluftskanaler och kanalerna ifråga tjänstgör som oönskade tilluftskanaler.

Det är vanligtvis mycket svårt att återställa rätt strömningsriktning när frånluftsfläkten stängts av. Orsaken är främst att kanalväggarna då är nerkylda och luften i kanalen har samma temperatur som uteluften och ej genererar någon drivkraft. Samma fenomen uppstår i kanaler som tillfälligt stängts av, tex i badrum. Där önskar man kanske vid kall och blåsig väderlek höja temperaturen och stänger därför frånluftsventilen. Resultatet blir vanligtvis att kanalen fylls med kallluft, som ger bakdrag när spjället åter öppnas. Problemen med bakdrag, dvs kallras, accentueras om klimatskärmen är mycket tät (ref 6).

Självdragssystemets fördelar är bla. dess enkelhet med frånvaro av mekaniska fläktar och annan komplicerande utrustning. Dessa komponenter är fördyrande vid installationen, och kräver också relativt omfattande service och underhåll. Självdragssystemet är dessutom i stort sett ljudlöst och luftflödet påverkas endast obetydligt av fönstervädring och öppna ytterdörrar i motsats till de flesta konventionella mekaniska system.

3.2 Fukt och mögel.

I en bostad frigörs betydande mängder vatten som vanligtvis skall förångas och transporteras bort med ventilationen. Fukten kommer främst från aktiviteter i våtrum och kök, samt från utandningsluften. Även bevattning av bostadens prydnadsväxter ger ett visst bidrag till luftens fuktighet. Flertalet bostäder med självdragsventilation saknar speciella tilluftsöppningar. De tätningsåtgärder som genomförts som energibesparande åtgärder har i många fall medfört så låg luftomsättning att fukt vintertid kondenserar på fönsterytorna. Detta gäller speciellt nattetid i sovrummen eftersom varje människa avger ca 40 gram vattenånga per timme med utandningsluften.

I samband med matlagning, som innebär kokning och i viss mån stekning, förekommer motsvarande problem om köksventilationen ej är fullgod. Ett ungefärligt mått på förångad vattenmängd vid matlagning är att vid kokning med effekten 1 kW förångas ca 1,3 kg vatten per timme. En annan ej ovanlig iakttagelse som visar på otillräckligt luftflöde är kondens på köksfönstret vid diskmaskinens torkmoment.

Den stora och mest koncentrerade fuktmängden frigörs dock i bostadens våtutrymmen främst vid dusch, bad och torkning av tvätt. Fuktmängden som ventilationsluften skall ta hand om i samband med ca 5 minuters dusch kan uppskattas till ca 1 kg. Vattnet utgörs dels av fukt som förångas genom luftens inblandning i duschstrålen, dels av vatten som blir kvar på golv och väggytor, samt av fukt som absorberats i handdukar.

Vattenavdunstningen från en fuktig yta kan beskrivas med formeln:

$$M = \frac{\alpha}{c_p} * A * (X_1 - X_2) \quad <3.1>$$

Där M = avdunstad vattenmängd (kg/s)
 α = värmeövergångskoefficient (W/m² K)
 c_p = luftens specifika värmekapacitet (J/kg K)
 A = ytan (m²)
 X_1 = vatteninnehåll för mättad luft av vattnets temperatur (kg/kg torr luft)
 X_2 = Vatteninnehåll i rumsluften (kg/kg torr luft)

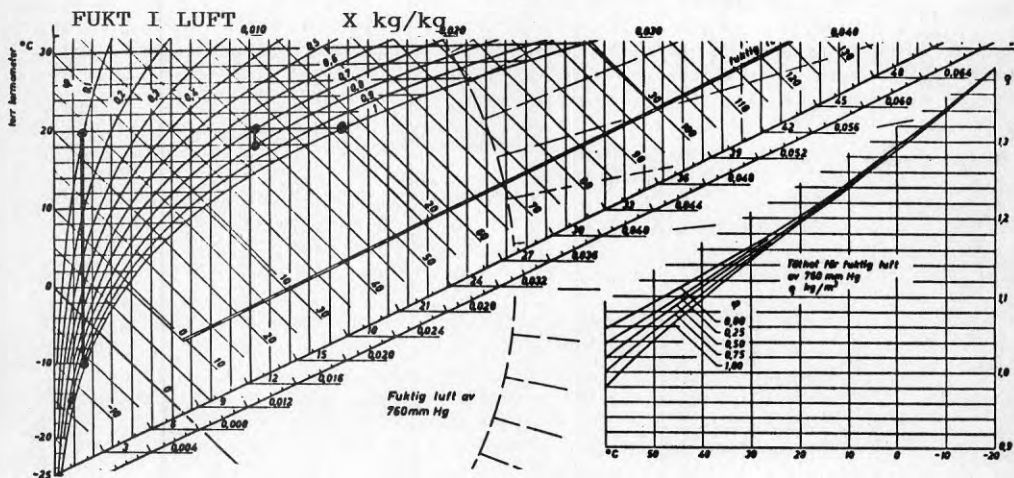
Formeln är likformig med formeln för den konvektiva värmeövergången mellan luft och en yta:

$$Q = \alpha * A * (t_1 - t_2) \quad <3.2>$$

där Q = Överförd värmeeffekt (W)
 t_1 = ytans temperatur (K)
 t_2 = luftens temperatur på stort avstånd (K)

I båda formlerna ingår α -värdet. Logiken här är att α -värdets storlek främst beror på lufthastigheten nära ytan. Hög lufthastighet för snabbt bort luftskiktet närmast ytan, dvs det luftskikt som snabbt "mätts" med fukt repeterade temperatur i förhållande till luften längre bort från ytan. Den hastighet varmed avdunstningen sker är således till stor del en fråga om att snabbt fördela den avdunstade vattenmängden på den större luftmassan i rummet. Därefter skall luften med förhöjt fuktinnehåll ventileras ut från rummet och ersättas med torrare.

Sambandet mellan lufttemperatur, relativ luftfuktighet och luftens fuktinnehåll mfl. parametrar framgår av mollierdiagrammet för fuktig luft, figur 3.1. Luftens fuktinnehåll, X , i formeln 3.1 tas ur diagrammet.



Figur 3.1 Mollierdiagram för fuktig luft.

Möjligheten att avdunsta fukt under olika årstider belyses nedan i ett räkneexempel med hjälp av formel och diagram.

Räkneexempel.

Exemplet avser borttransport av fukt i ett badrum efter dusch. Den fuktiga ytan på väggar och golv och handdukar antas vara 3 m². Temperaturen i badrummet antas dessutom ha utjämnats till den normala rumstemperaturen 20 oC. Värmeövergångskoefficienten antas ha värdet 1,5 W/m² oC. Vi antar också förenklat att X- värdet för luften är samma som X- värdet för tillförd luft. Enbostadshusets yta är 125 m². Vid luftomsättningen 0,5 oms/h motsvarar detta ventilationsflödet 150 m³/h. Om 35 % av luftflödet passerar ut genom frånluftsventilen i badrummet så blir luftflödet där 54 m³/h dvs 65 kg/h. Detta är även det flöde som accepteras enligt Nybyggnadsnormen.

Vinterfallet.

Utomhustemperaturen antas vara -10 oC och luftens relativa fuktighet 90 %. Vid inträdet i bostaden värms luften till +20 oC. Relativa fuktigheten sjunker då till ca 10 %. Fuktinnehållet är oförändrat dvs X = 0,0015 kg/kg torr luft. Omedelbart ovanför vattenytan är luften mättad med fukt och således X = 0,0147 kg/kg torr luft.

Med formel 3.1 beräknas avdunstningen på 3 m² yta till 210 gram vatten per timme. Luftomsättningen vintertid antas kunna hållas vid den normerade 0,5 oms/h, varför ovan angivet luftflöde 54 m³/h (15 l/s) innehålls.

Vid luftomsättningen 15 l/s (65 kg/h) i badrummet kommer luftens fuktinnehåll att öka med 3 g/kg torr luft. Vid 20 oC kommer då den relativa luftfuktigheten att höjas till ca 30 % i idealfallet. Upptorkningen av 1 kg vatten kommer att ta omkring 5 timmar.

Sommarfallet.

Utomhustemperaturen antas vara +18 oC och luftens relativa fuktighet 80 %. Vid inträdet i bostaden värms luften till +20 oC. Relativa fuktigheten sjunker då till ca 70 %. Fuktinnehållet är oförändrat dvs X = 0,0103 kg/kg torrluft. Omedelbart ovanför vattenytan råder samma förhållande som i vinterfallet, dvs X = 0,0147 kg/kg torr luft.

Avdunstningen kan därmed beräknas till ca 72 gram per timme under de angivna förutsättningarna. Upptorkningen tar därmed 3 gånger så lång tid som på vintern dvs enligt räkneexemplet ca 15 timmar förutsatt att ventilationsflödet är tillräckligt och vattnet jämnt fördelat.

I sommarfallet är dock ventilationsflödet mera obestämt. Vid självdragsventilation sjunker luftflödet proportionellt mot temperaturskillnaden mellan inne och uteluft. Enligt Blomsterbergs mätningar (ref 1) har sommartid uppmätts 0,14 oms/h vid självdragsventilation, vilket omräknat till antagna förutsättningar blir 4,2 l/s. Ett annat ytterlighetsfall antas vara 1 oms/h dvs 30 l/s, vilket kan vara möjligt att nå med FSS-systemet under forcering.

Med några olika värden på luftomsättningen fås följande för sommarfallet:

Luftoms. oms/h	Luftflöde kg/h	Fukt till luft g/kg torr luft	Rel. fuktighet frånluft %
0,14	18,2	4,0	97
0,25	32,5	2,2	85
0,50	65,0	1,1	78
0,75	97,5	0,8	75
1,00	130	0,6	73

Av beräkningsexemplet framgår således att relativa fuktigheten hos frånluften blir mycket hög sommartid, och då speciellt vid lågt ventilationsflöde. Vintertid fås enligt beräkningarna acceptabel relativ fuktighet och uttorkning.

Som Mats Sandberg har redovisat i VVS & Energi nr 1 1988, (ref 7), är problemen dock mera komplicerade än att enbart sörja för hög luftväxling i badrummet. Det gäller framför allt att se till att luften tillförs och fördelas på rätt sätt så att möjlighet finns att ta upp fukten. I många fall tillförs luften till badrummet genom en springa ovan dörren och med frånluftsöppningen placerad några decimeter därifrån. Risken för "kortslutning" är uppenbar. Sådana förhållanden medför hög relativ fuktighet i stora delar av badrummet även vintertid.

Med dagens nyttjandemönster med daglig dusch och bristfälligt ventilationsflöde får man således aldrig, åtminstone inte sommartid, någon ordentlig uttorkning.

Sporer av vissa mögelsvampar kan gro inom området 70 - 100 % relativ luftfuktighet. De flesta kräver dock lägst ca 90 % relativ fuktighet. Nedre temperaturgränsen för mögelsvamparnas tillväxt är ca 5 oC. Optimal tillväxt ligger normalt inom området 20 - 28 oC.

Av beräkningsexemplet i kombination med Mats Sandbergs redovisning framgår därför att det är naturligt med mögel i våra badrum. **Enda sättet att lösa detta problem är att ordna ett rejält varaktigt och riktningstätt ventilationsflöde, framför allt sommartid.**

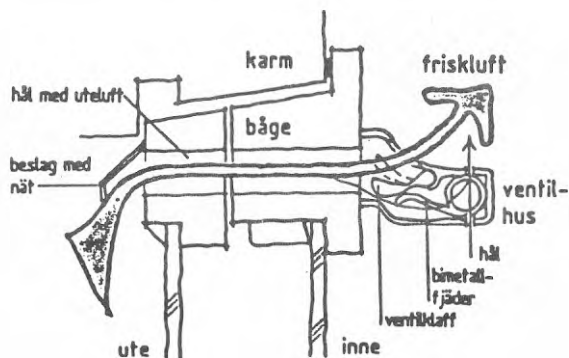
3.3 FSS-systemets uppbyggnad.

Målsättningen med FSS-systemet är att bibehålla självdragssystemets fördelar men eliminera dess nackdelar.

Systemet har följande grundläggande egenskaper;

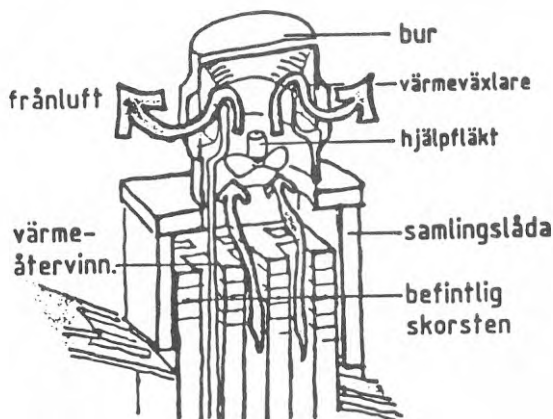
- tilluftsflödet styrs av utetemperatur och vindkännanden.
- vindens ejektorverkan elimineras.
- bakdrag elimineras.
- luftflödet hålls jämnt och lägst normenligt över hela året.
- luftflödet kan forceras vid behov.
- återvinning av värme ur frånluft är möjlig.

Systemets huvudkomponenter är termiskt självverkande tilluftsdon i erforderligt antal, samt tryckutjämnande och vinddämpande huvar monterade på samtliga ventilationsskorstenar. En viktig komponent i huven är en hjälpfläkt som säkerställer luftflödet under perioder med vikande självdrag. Dessa komponenter har beskrivits ingående i tidigare rapporter R67:1986 och R66:1988 och kommenteras därför endast i korthet nedan.



Figur 3.2 SPAR-VEN tilluftsdon.

Det termiskt självverkande tilluftsdonets funktion framgår av figur 3.2. Bimetallfjäders omges av inströmmande uteluft med en viss inblandning av rumsluft. Vid varm väderlek är ventilen helt öppen. Av kyla och vind kyls bimetallfjäders av den blandade luften. Ventilöppningen stryps automatiskt i proportion till rådande kyla och vind. Därvid erhålles en automatisk justering av tryckfallet över tilluftsdonet och en kompensering för det temperaturberoende drivtrycket.



Figur 3.3 SPAR-VEN bur.

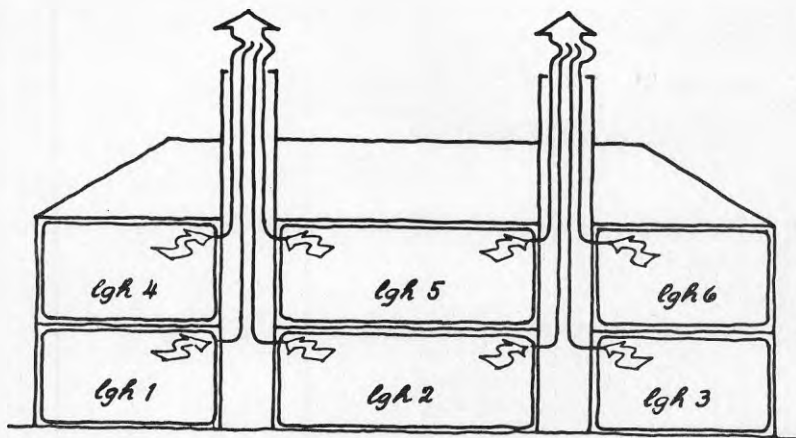
Samlingslådan i FSS-buren, figur 3.3, garanterar att samma tryck råder ovanför samtliga kanaler som är anslutna till buren. Därigenom kan bakdrag ej uppstå i någon kanal. Vinddämparen vid utloppet från samlingslådan eliminerar de tryckvariationer i kanalutloppen, som annars skulle uppstå genom vindens turbulens och ejetektorverkan.

Det vid hög utetemperatur vikande självdragstrycket kompenseras med hjälpfläkten. Denna ger erforderligt trycktillskott genom att varvtalet styrs av utetemperaturen.

Behovet av forcerat ventilationsflöde utöver normflödet, främst under den varma årstiden, tillgodoses genom att fläktens varvtal ökas ytterligare. Kostnaden för att åstadkomma den ökade luftmängden utgörs endast av en marginell ökning av fläktarbetet eftersom strömningsmotståndet är lågt. Eventuellt kan fläktens storlek behöva ökas något. Eftersom forceringen normalt endast sker sommartid åtgår ingen energi för luftens uppvärmning. Tack vare den låga strömningshastigheten i frånluftskanalerna finns ej heller risk för att störande ljud uppstår vid forceringen.

Vinddämparen vid frånluftsutloppet utgörs av flänsade rör. FSS-buren innehåller därmed en färdig värmeväxlare för återvinning av värme ur frånluften. Genom att cirkulera en brine-lösning genom värmeväxlaren kan frånluften kylas till ca +3 °C. Återvunnen värmeenergi höjs till användbar temperatur medelst värmepump. Enligt tidigare erfarenheter bedöms ca 25 - 35 kWh/m² och år kunna återvinnas ur frånluften.

Ett flerbostadshus har vanligtvis flera ventilations-skorstenar, var och en med 8 - 12 frånluftskanaler. Varje lägenhet ventileras vanligen via två eller flera skorstenar. Var och en av skorstenarna innehåller kanaler från samtliga våningsplan, se figur 3.4.



Figur 3.4 FSS-system vid flerbostadshus.

Varje lägenhet ventileras via minst 2 skorstenar varför det krävs en god injustering av luftflödet. Det är även viktigt att man avlägsnar kanalanslutna utsugningsfläktar om sådana finns tex. i badrum och kök. Det finns annars en mycket stor risk att sådana fläktar genom stor tryckuppsättning och stort flöde orsakar bakdrag i någon kanal trots huven på skorstenstoppen. Likaså kan enskilda frånluftfläktar i vissa lägenheter ge överströmning till andra lägenheter med bl.a besvärande överlukt som följd. Kanalanslutna köksfläktar skall därför bytas ut mot icke kanalanslutna kolfilterfläktar som då blir ett komplement till det kontinuerliga imkanalflödet.

3.4 Teknisk jämförelse med andra system.

I det följande lämnas en kortfattad redogörelse för väsentliga tekniska och driftmässiga för- och nackdelar hos olika system som är aktuella, (ref 9).

3.4.1 Mekaniska system.

Det vanligast typen av ventilation efter självdrag är fläktstyrt frånluftssystem, benämnt F. Systemet innehåller en centralt sugande fläkt som är kopplad till samtliga frånluftskanaler. Kanalerna utgår normalt från bad- och toaletterum samt kök. Luften tas in i bostaden genom tilluftsdon, vanligtvis placerade i sov- och vardagsrum.

Fläktstyrt från- och tilluftssystem, FT, kallas även balanserad ventilation. Systemet har börjat användas först under senare år. Det är centraliserat för transport av såväl till- som frånluft. Uteluften kan hämtas på önskad sida av byggnaden. Luften kan därefter filtreras, kylas, värmas, befuktas mm innan den fördelas ut i byggnadens olika lokaler.

De mekaniska systemens för- och nackdelar jämfört med FSS-systemet kan i huvudsak specificeras enligt följande:

FÖRDELAR.

- + Små kanaldimensioner.
- + I FT-systemen kan luften förbehandlas.
- + I FT-systemen kan luften användas för byggnadens uppvärmning.

NACKDELAR.

- Kräver omsorgsfull inreglering.
- Känsligt för nedsmutsning.
- Risk för luktproblem vid forcering (kök/badrum).
- Risk för störande ljud.
- Kräver god kunskap för rätt användning och skötsel.
- Kräver regelbunden service och underhåll.

3.4.2 FSS-systemet.

Systemet har tidigare beskrivits ingående. För- och nackdelar jämfört med de mekaniska systemen kan beskrivas som följer:

FÖRDELAR.

- + Enkelt och välbekant. Upplevs som ett moderniserat självdregssystem.
- + Ringa behov av service och underhåll.
- + Låga lufthastigheter, inga punktutsugande fläktar, inga ljudstörningar.
- + Okänsligt för vädringsvanor.

NACKDELAR.

- Förbehandling av tilluft som vid FT-system är ej möjlig.
- Tilluften kan ej användas som värmebärare för byggnadens uppvärmning som vid FT-system.

4 FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR OCH PROBLEM MED ATT ÖVERFÖRA FSS-SYSTEMET FRÅN FLERBOSTADSHUS TILL SMÅHUS.

I det följande diskuteras de problemställningar som är aktuella vid överförande av ventilationssystemet från flerbostadshus till småhus. Därvid behandlas myndighetsföreskrifter, tekniska grundförutsättning, störningar som kan befaras ge problem, samt skillnader i utformning av systemet mellan flerbostadshus och småhus.

4.1 Myndighetsanvisningar.

Svensk Byggnorm SBN 80 och Nybyggnadsreglerna NBR 88 anger följande aktuella anvisningar för om- respektive nybyggnad av småhus.

4.1.1 Svensk byggnorm SBN 80.

I våtutrymme skall kontinuerligt ventilationsflöde med 10 l/s upprätthållas. Vid våtrum som saknar fönster skall flödet via timer kunna forceras till 30 l/s. Dispens till forcering kan lämnas, men flödet skall då kontinuerligt uppgå till 15 l/s. Horisontell dragning av kanal är tillåten med högst 1/5 av kanalens totala höjd.

Sneddragna kanaler som lutar mer än 45 grader mot vertikalkanalen skall vara försedda med rensluckor.

Luftflödet skall vara lägst 0,35 l/s och m² lägenhetsyta.

4.1.2 Nybyggnadsregler NBR 88.

Luftväxlingen skall kontinuerligt vara lägs 0,35 l/m² lägenhetsyta.

Sovrum skall ha kontinuerlig luftväxling med luftflödet 4 l/s och sovplats.

För våtutrymmen gäller samma som i SBN 80.

I kök skall luftväxlingen vara 10 l/s och flödet skall kunna forceras så att 75 % uppfångningsgrad av föroreningar erhålles.

Värmeåtervinning av ventilationsluftens värme skall anordnas om skillnaden i energiinnehåll mellan frånluft och uteluft under uppvärmningsperioden är större än 2 MWh. Detta innebär att värmeåtervinning normalt erfordras vid småhus.

Utöver detta noteras följande:

Vid ombyggnad av småhus är självdragsventilation även tillåten efter ombyggnaden. Vid nybyggnad är självdragsventilation däremot ej tillåten eftersom flödet ej är kontinuerligt och kravet på värmeåtervinning ej är uppfyllt.

4.2 Grundförutsättningar.

Drivkraften vid självdragssystem åstadkommes, som tidigare redovisats, i första hand genom höjdskillnaden mellan skorstenstopp och tilluftsöppning samt genom temperaturskillnaden mellan frånluft och tilluft. Ett småhus har vanligtvis 1 eller 2 våningsplan, eventuellt även källarvåning. Grundförutsättningen för att självdragssystemet (och FSS-systemet) skall fungera vid småhus är därför samma som vid de översta våningsplanen i ett flerbostadshus. Då något problem med bristande funktion ej har noterats vid flerbostadshus i detta avseende är denna grundförutsättning uppfylld. Även Nybyggnadsreglerna bedöms i detta avseende vara uppfyllda eftersom hjälpfläkten startar automatiskt vid ikande självdrag.

4.3 Störningar.

De typer av störningar som studerats vid utvecklingen av FSS-systemet för flerbostadshus är;

- temperatur- och vindpåverkan.
- ejektorverkan och vindturbulens vid skorstenstoppen.
- störningar genom öppna fönster och dörrar.
- bakdrag på grund av punktutsugningsfläktar o.dyl.

Dessa typer av störningar återfinns i större eller mindre omfattning även vid småhus och diskuteras i det följande.

4.3.1 Temperatur- och vindpåverkan.

Ett småhus ligger i allmänhet mera skyddat än de övre våningarna i ett flerbostadshus. Störningar orsakade av väder och vind bedöms därför normalt ej vara större vid småhus än vid flerbostadshus.

4.3.2 Ejektorverkan och vindturbulens vid skorstenstoppen.

Då småhusen oftast är lägre än flerbostadshuset, så är den horisontella vindhastigheten normalt lägre vid småhus än vid flerbostadshus. Vindens ejektorverkan torde därmed vara mindre vid småhusinstallationer.

Tätt liggande småhus och småhus i närheten av större byggnader, höga träd eller småhus belägna i kuperad terräng kan vara utsatta för större vindturbulens än flerbostadshus. Man kan därför förvänta sig att tryckvariationerna vid skortenstoppen generellt sett kan vara större vid småhus än vid flerbostadshus.

Laboratorieförsöken som redovisas i rapport R67:1986 har visat att FSS-systemet ger en kraftig dämpning av dessa tryckvariationer. Vid långtidstestningen (ref 2) uppmättes vindstötter över 25 m/s vilket normalt ger kraftig

turbulens och ejektorverkan. Någon störning i praktisk drift genom ejektorverkan och turbulens observerades dock ej. Det är emellertid lämpligt att testa dessa egenskaper i praktiken vid en småhusinstallatiton.

4.3.3 Störningar genom öppna fönster och dörrar.

En av FSS-systemets fördelar är dess relativa okänslighet för öppna fönster och dörrar, vilket systemet delar med det konventionella självdragssystemet. Orsaken till okänsligheten är, att båda systemen arbetar med extremt låg tryckuppsättning och lågt tryckfall över tilluftsdonen. Ett öppet fönster i en del av huset påverkar därför ventilationen i andra delar relativt obetydligt. Som nämnts är dessutom drivtrycket lägst vid översta våningen i flerbostadshuset. Detta innebär att problemet bör vara försumbart vid installation i småhus.

4.3.4 Bakdrag och störningar från punktut sugningsfläktar.

Genom att FSS-systemet liksom det vanliga självdrags-systemet arbetar med lågt drivtryck är det följaktligen känsligt för störningar från kanalanslutna fläktar. Vid installation av systemet i flerbostadshus ingår som nämnts, såsom en väsentlig del, att demontera eventuella befintliga fläktar i våtutrymmen, kök och andra utrymmen. För köket förutsätts dessutom att en ej kanalansluten kolfilterfläkt installeras ovanför spisen. Detta som komplement till den kontinuerliga avsugningen genom imkanalen nära tak. Motsvarande bör gälla även för småhus.

4.4 Grundutförande.

Det övervägande antalet befintliga småhus saknar komplikationer såsom tex. öppen spis. Därmed kan de ur ventilationssynpunkt betraktas som lägenheter i flerbostadshus med frånluftskanaler fördelade på en eller oftare på 2 eller 3 ventilationsskorstenar. Eftersom FSS-systemet fungerar i flerbostadshus under samma förhållande finns inget skäl till varför det ej skulle fungera i småhus.

Gällande SBN 80 har för våtutrymmen i befintliga hus inga anvisningar som vi bedömer behöver beaktas speciellt vid FSS-system.

Enligt gällande normer för nybyggnad skall vid våtutrymmen som saknar fönster luftflödet vara 10 l/s och kunna forceras till 30 l/s. Alternativt kan ett kontinuerligt flöde av 15 l/s godtas. Luften får tas som överluft från andra rum, dock ej från kök. Luftflödet 15 l/s motsvarar normal ventilation av ca 43 m² bostadsyta. I de flesta installationer är detta ej något större problem att arrangera.

För kök i befintlig bebyggelse har SBN-80 som anvisning att imkanal ej får förenas med någon annan kanal utan

skall avslutas separat ovan tak. Avsikten med denna anvisning förmodas i första hand vara att undvika köksos i lägenheterna genom bakdrag. I FSS-systemet samlas luften från kanalerna först uppe i samlingshuven på skorstenen, samtidigt som risken för bakdrag har eliminerats. Liksom vid flerbostadshus bedöms detta vara en godtagbar lösning. Som en ytterligare försäkran om god köksventilation och god allmänventilation, kan det vara lämpligt att föreskriva att hjälpfläkten alltid skall starta automatiskt och går upp på fullvarv när kolfilterfläkten startas.

Kravet på köksventilation vid nybyggnad är 10 l/s. Dessutom skall uppfångningsförmågan var minst 75 %. Luftflödet 10 l/s motsvarar överluft från ca 28 m² bostadsyta inklusive kökets yta. Normalt kan det ej vara något problem att utforma systemet så att detta krav uppfylls. Föreskriven uppfångningskapacitet bör även kunna innehållas genom lämpligt vald kolfilterfläkt, i kombination med att hjälpfläkten går upp på fullvarv vid start av kolfilterfläkten.

Nybyggnadsnormens krav på luftflöde från tvättstuga och toalett med vardera 10 l/s inryms även vid ett normalt stort hus i grundventilationen 0,35 l/s och m² golvyta.

Om huset har bränsleeldad värmepanna som värmekälla, kan ett specialutförande av samlingslådan vara nödvändigt, i det fall då rökkanalen går i samma skorsten som ventilationskanalerna. Rökkanalen skall självfallet ej mynna i samlingslådan på skorstenstoppen utan mynna fritt ovanför samlingslådan. Detta utförande bör kunna åstadkommas till rimlig kostnad.

En bränsleeldad värmepanna för bostadsuppvärmningen är dock i övrigt ej någon komplikation eftersom pannan är placerad i en egen brandcell med lufttillförseln helt avskild från byggnaden i övrigt. Enligt gällande norm skall förbränningsluften sålunda tillföras pannrummet direkt utifrån och dörren mellan pannrum och övriga utrymmen vara tät utan överluft. Om dessa förutsättningar uppfylls bedöms värmepannan ej ge någon störande inverkan på husets ventilation.

Om frånluftskanalerna är fördelade på fler än en ventilationsskorsten blir installationen en ekonomisk fråga eftersom uppdelning av luftflödet på 2 eller 3 FSS-burar blir avsevärt dyrare än 1 bur för hela luftflödet. Ett alternativ till uppdelning på flera burar, är att dra kanalerna i sidled och sammanföra kanalerna till en gemensam ventilationsskorsten. Man bör därvid pröva om FSS-systemet kan betraktas som ett system med kontrollerat normenligt flöde. Om så är fallet bör samma regler gälla som vid mekaniska system vad gäller bla. kanalernas dragning.

4.4.1 Speciella faktorer att beakta vid småhus.

I småhus kan finnas vissa speciella faktorer som får beaktas från fall till fall. Sådana är öppen spis eller

kakelugn. Andra är separata ventilationsskorstenar från våtutrymmen, kök och källarutrymmen osv. Torkskåp och torktumlare är andra installationer som kan behöva beaktas.

öppen spis (kakelugn) har i många fall en klart störande inverkan på ventilationen, dels genom att förbränningen kräver luft, dels genom att den höga rökgastemperaturen ger en betydande drivkraft som medför att extraluft kan sugas in i rökgaskanalen från rummet. I många fall har detta medfört bakdrag i befintliga frånluftskanaler med ett ej önskat kallras. Ett vanligt sätt att minska problemet har varit att tillgodose spisens luftbehov genom en separat tilluftskanal utifrån som mynnar direkt i eldstaden. I några konstruktioner förvärms tilluften genom ett värmeväxlersystem i spisen (kakelugnen). Då kan tilluftskanalen mynna på annan plats i rummet utan att störande kalldrag uppstår.

I de flesta installationer är det sannolikt tillräckligt med den nämnda separata luftkanalen. I speciella fall kan dock spisen behöva kompletteras med luft- eller rökgasfläkt. I det senare fallet bör sannolikt fläkten i FSS-buren starta automatiskt samtidigt som spisens fläkt går igång. Då drifttiden för den öppna spisen normalt endast är några timmar i veckan blir kostnaden för den ökade ventilationen måttlig och kan accepteras. Den öppna spisen är dock sannolikt en betydande komplikation och systemet kan kräva betydande insats för inreglering av såväl hjälpfläkt som rökgasfläkt. Problemet vid öppen spis är dock knappast något specifikt problem för FSS-systemet utan det finns i lika stor utsträckning vid övriga frånluftssystem.

Som vi tidigare redogjort för bör kanalansluten köksfläkt liksom vid flerbostadshus ersättas med kolfilterfläkt. Eftersom huset normalt endast innehåller en eller i undantagsfall två spisfläktar bör FSS-fläkten kopplas så att den automatiskt startar när kolfilterfläkten tas i drift. Den härigenom ökade energiförbrukningen på grund av ökad ventilation är normalt liten, eftersom tiden för matlagning är kort. Även övriga eventuella utsugningsfläktar demonteras eftersom deras funktion övertas av FSS-systemet.

I många fall är frånluftskanalen från köket helt separat dragen utan samröre med andra kanaler. Den är också i många installationer belägen på så stort avstånd från övriga kanaler att de ej kan sammanföras. I det fallet har som en tänkbar lösning diskuterats att bibehålla den befintliga köksfläkten och koppla ihop hjälpfläkt och köksfläkt elektriskt så att hjälpfläkten automatiskt går upp på fullvarv när köksfläkten tas i drift. Det finns dock en uppenbar risk för obalans, beroende på att de båda fläktarna troligen har olika tryckuppsättning. Sannolikt har köksfläkten högre tryckuppsättning än hjälpfläkten. Ett sätt att lösa problemet kan vara, att köksfläkten förses med ett fast inställt spjäll eller en enkel tyristorstyrd varvtalsreglering, varvid varvtalet låses till ett utprovat varvtal. Detta problem klarläggs enklast genom praktiska experiment.

4.5 Konstruktiva förutsättningar.

4.5.1 Flera separata skorstenar - blandade kanaler.

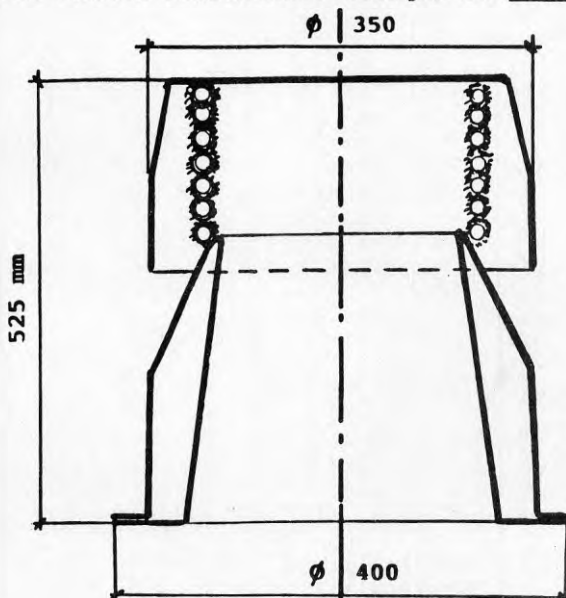
I flerbostadshus är ventilationskanaler och kanaler från eldstäder normalt ej placerade i samma skorsten. I många småhus, särskilt äldre, finns däremot frånluftkanaler och rök-gaskanaler i samma skorsten. Ofta är kanalerna fördelade på 2, eventuellt 3 skorstenar. Vid tvåplanshus är det ej heller ovanligt att exempelvis ett våtutrymme i övre planet har egen ventilations-skorsten.

Att blanda frånluft med rökgaser i en FSS-bur är ej lämpligt. I de fall en skorsten innehåller en kanal från värmepanna eller öppen spis och dessutom ett antal frånluftskanaler måste samlingslådan utformas så att rök-gaserna passerar i en separat kanal genom lådan. Om rök-gaskanalen tillåts mynna i anslutning till buren kommer kanalen att utsättas för motsvarande störningar som skorstenstoppen vid ett konventionellt självdragssystem.

Störningar vid mynningen av rökkanalen från värmepannan ger som nämnts knappast några problem på ventilations-sidan eftersom pannan och dess lufts-system ingår i en separat brandcell.

Störningar vid mynningen av rökkanalen från eventuell befintlig öppen spis (kakelugn) kan däremot ge störningar i ventilationsflödet. Risken för störningar från rökkanal från öppen eldstad bör därmed utredas vidare.

Generellt kan sägas att FSS-burens mått skall anpassas till de förhållanden som råder vid normalstora småhus. Förväntade dimensioner framgår av figur 4.1.



Figur 4.1 FSS-bur för småhus, måttskiss.

5 TEKNISKA FÖRUTSÄTTNINGAR - ANALYS AV HUSTYPER.

Småhus har byggts under alla tider men med varierande planlösning. Därför förekommer ett otal varianter vad gäller dragning och placering av ventilations- och rök-gaskanaler. Variationerna beror såväl av i vilken landsdel som huset finns, som av tidsperioden då det uppfördes. I det följande har gjorts en relativt grov schablonindelning av hustyper med hänsyn till deras byggnadsår. Hustyperna visas i skissform i figur 5.1-3 på följande sidor.

5.1 Gamla hus, byggda före 1961.

Fram till början av 1960-talet var ett vanligt utförande att samtliga kanaler samlades i en murad tegelskorsten, figur 5.1. Såväl 1 plans- som 1 1/2 plans- och 2 plans-hus förekommer. Husen har ofta källare som åtminstone ursprungligen ej inretts som bostadsutrymme. Husen är ganska stora men har normalt endast en lägenhet. I viss omfattning förekommer hus med två lägenheter.

5.2 Ny-gamla hus, byggda 1961-75.

Under perioden ca 1961-75 byggdes så gott som utelutande småhus med en lägenhet. "Standardutförandet" var 1-plans eller 1 1/2-plans såväl med som utan källare. Ventilations- och rök-gaskanaler utfördes vanligtvis som separata plåtkanaler vilka mynnar över tak i form av enkla plåt-skorstenar. Det är inte ovanligt med flera separata skorstenar, tex. en för kök, en för badrum och en för övrig ventilation. Ibland finns även en för värmepanna och öppen spis där sådan förekommer. Se figur 5.2.

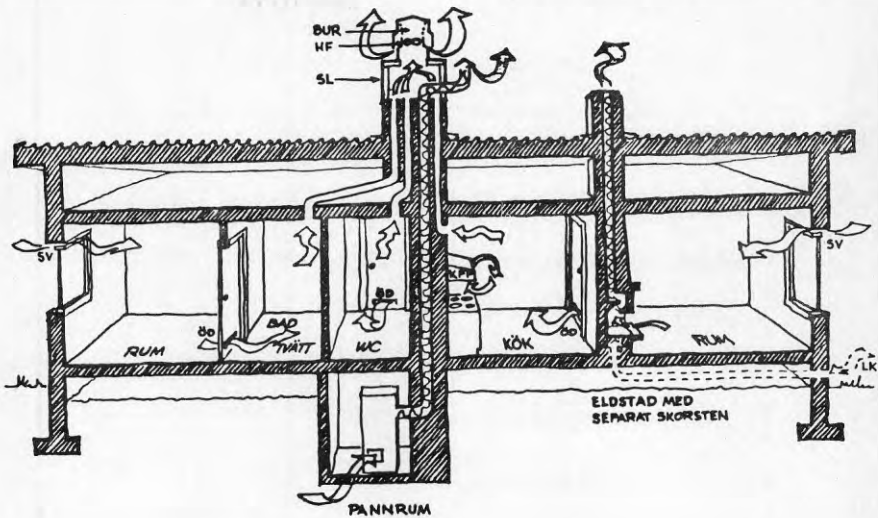
5.3 Nya hus, byggda efter 1975.

Under senare år har tendensen i allt större utsträckning gått mot att placera våtrum, kök och pannrum intill varandra för att minska kostnaden för VVS-installation, se figur 5.3. Därigenom har kanalerna lätt kunnat sammanföras till en gemensam skorsten vilket medfört lägre anläggningskostnad. Antalet installerade braskaminer och kakelugnar har ökat under denna tidsperiod. Flertalet hus är 1-plans hus utan källare.

5.4 Nybyggnation.

Småhus som tillverkas nu och inom de närmsta åren bedöms också till stor del bli utförda i princip enligt sist-nämnda alternativet. Det finns dock en klar tendens till minskad bostadsyta.

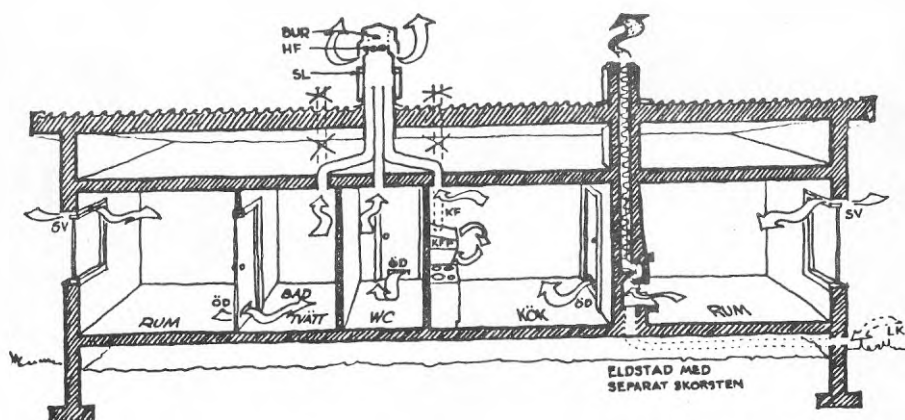
Ovannämnda hustyper anser vi vara relativt representativa för småhusbeståndet. Hustyperna visas som nämnts nedan i skissform. I anslutning till skisserna redovisas erforderliga åtgärder för ombyggnad till FSS- ventilation.



Figur 5.1. Gammalt hus av typ byggt fram till 1960-talets början.

Ventilationskanalerna murade eller av eternit samlade till en gemensam murad skorsten. Rök-gaskanal från pannan i samma skorsten.

- SV = Springventiler typ SPAR-VEN automatiskt reglerade av utetemperatur och vind.
- ÖD = Överluftsdon, dvs öppning för fri luftpassage mellan rum.
- SL = Samlingslåda.
- BUR = Bur med vindavvisare som dessutom tjänar som värmeväxlare vid utförande med värmeåtervinning.
- HF = Hjälpfläkt. Fläktens varvtal regleras automatiskt så att luftomsättningen bibehålles/ökas vid vikan-de självdreg. Vid drift av KFF inkopplas automa-tiskt max. varvtal.
- KFF = Köksfläkt med fett- och kolfilter.
- LK = Ev. separat luftkanal för förbränningsluft.

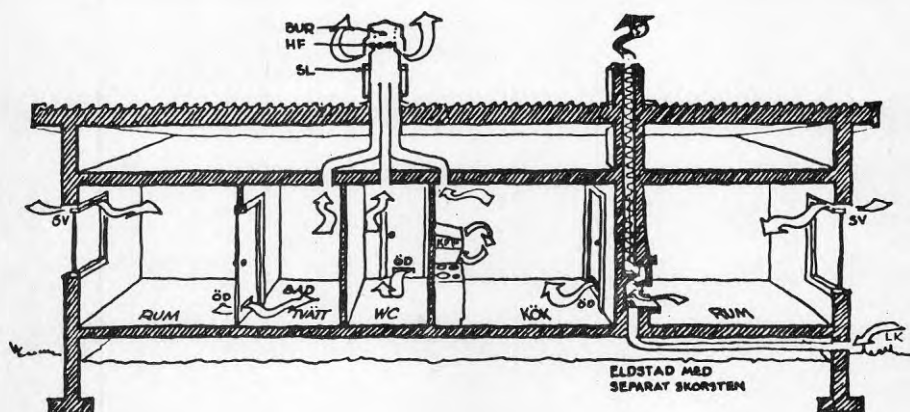


Figur 5.2. Ny-gammalt hus av typ från tiden ca 1961-75.

Ventilationskanaler och rökgaskanal från panna utförda som plåtkanaler och plåtskorstenar. Vanligtvis finns köksfläkt, dvs punktutslagningsfläkt utan allmänventilation i köket ovanför spisen. Speciell fönsterlucka i köket skall normalt öppnas manuellt när fläkten startas.

I vissa fall går kanalerna från bad och tvätt i samma skorsten som WC. Om ej så sammanförs de.

- SV = Springventiler typ SPAR-VEN automatiskt reglerade av utetemperatur och vind.
- ÖD = Överlufftdon dvs öppning för fri luftpassage mellan rum.
- SL = Samlingslåda.
- BUR = Bur med vindavvisare som dessutom tjänar som värmeväxlare vid utförande med värmeåtervinning.
- HF = Hjälpläkt. Fläktens varvtal regleras automatiskt så att luftomsättningen bibehålles/ökas vid vikan-de självdreg. Vid drift av KFF inkopplas automa-tiskt max. varvtal.
- KF = Kanalansluten köksfläkt. Bibehålls endast om den är långt ifrån SL och därigenom ej kan anslutas till denna. Den ersätts annars med KFF.
- KFF = Ej kanalansluten köksfläkt med fett- och kolfil-ter. Allmänventilerande imkanal upp i SL.
- LK = Eventuell separat luftkanal för förbränningsluft.



Figur 5.3. Nytt hus vanliq från ca 1975 och senare.

Ventilationskanalerna av plåt samlade till en gemensam skorsten. Rökanal från panna vanligtvis separat.

- SV = Springventiler typ SPAR-VEN automatiskt reglerade av utetemperatur och vind.
 ÖD = Överluftsdon, dvs öppning för fri luftpassage mellan rum.
 SL = Samlingslåda.
 BUR = Bur med vindavvisare som dessutom tjänar som värmeväxlare vid utförande med värmeåtervinning.
 HF = Hjälpfläkt. Fläktens varvtal regleras automatiskt så att luftomsättningen bibehålles/ökas vid vikan- de självdrag. Vid drift av KFF inkopplas automa- tiskt max. varvtal.
 KFF = Köksfläkt med fett- och kolfilter.
 LK = Separat luftkanal för förbränningsluft.

6 KOSTNADSBERÄKNINGAR OCH KOSTNADSJÄMFÖRELSE.

I det följande redovisas en studie av kostnader för FSS-systemet, varvid jämförelser görs med ett antal andra system som kan vara aktuella vid såväl ombyggnad som nybyggnad.

Alla pris- och kostnadsuppgifter hänför sig till våren 1989 om ej annat anges.

6.1 Studerade hustyper och ventilationssystem.

De hus som i föregående avsnitt 6 antagits som representativa hustyper för olika åldersklasser har valts som utgångspunkt för beräkningarna. Hustyperna betecknas i det följande som:

Gamla hus	- byggda före 1961
Ny-gamla hus	- 1961 - 1975
Nya hus	- 1976 -

Följande systemtyper har studerats :

F-system	Konventionellt mekaniskt frånluftssystem med takfläkt och kontrollventiler i badrum, WC och kök.
FSS-system	Fläktförstärkt styrt självdragssystem. Systemet innefattar befintliga och i förekommande fall nya självdragskanaler som samlats till en eller flera FSS-burar.
FA-system	Konventionellt F-system kompletterat med värmeåtervinning. Avluften kyls via värmepump till ca +5 oC. Värmepumpens värme utnyttjas för uppvärmning av tappvarmvatten och för värmesystem.
FSSA-system	FSS-systemet kompletterat med värmeåtervinning. Avluften kyls via värmepump till ca +5 oC. Värmepumpens värme utnyttjas för uppvärmning av tappvarmvatten och värmesystem.
FTX-system	Mekaniskt till- och frånluftssystem med värmeåtervinning från avluften till tillluften. Återvinnningen sker vanligtvis med plattvärmväxlare.
FTX-LV-system	System lika FTX men kompletterat med återluftföring och extra värmebatteri för både ventilation och värmesystem.

6.2 Anläggnings-, drift- och underhållskostnad.

6.2.1 Anläggningskostnad.

Anläggningskostnaden har uppdelats i följande tre delposter som redovisas separat:

1. Ventilationsdel, omfattande kanaler, don, aggregat, automatik, mm.
2. Elektrisk del, omfattande elektrisk anslutning av aggregat och fläktar.
3. Byggnadsteknisk del, omfattande kostnader för håltagning, efterlagning samt inklädnad av ventilationskanaler och fläktar.

6.2.2 Driftkostnad.

Med driftkostnad avses här kostnad som uppkommer kontinuerligt eller normalt återkommer varje år.

Driftkostnaden antas utgöras av:

- Elenergi för drift av fläktar, pumpar mm.
Energikostnad 0,35 kr/kWh.
- Energi för värmning av ventilationsluft, för tappvarmvatten och för byggnadens transmissionsförluster samt hushållsel. Energikostnad 0,35:-/kWh
- Filterbyte.

Vid jämförelse av olika system respektive åldersgrupper har följande förutsättningar antagits gälla:

Energiförbrukning exkl energi för fläktar och hjälp-pumpar:

HUS BYGGDA	-1960 kWh/år	1961-75 kWh/år	1976- kWh/år
Transmission och ventilation	18 000	13 000	9 000
Tappvarmvatten	4 000	4 000	4 000
Hushållsel	3 000	3 000	2 000
Summa kWh/år	25 000	20 000	15 000

Äldre hus byggda före 1961 förutsätts ha tätats runt fönster och karmar och försett med tilläggsisolering på vindsbjälklaget. Den lägre energiförbrukningen för hushållsel för nybyggda fastigheter motiveras av moderna energisåla hushållsmaskiner.

I de fall då värmeåtervinning från avluften sker antas följande gälla:

- Normal årsmedeltemperatur	+7 oC
- DUT	-18 oC
- Värmeväxlarens temperaturverkningsgrad	55 %
- Årlig drifttid	8760 tim
- Ventilationsflöde	46 l/s
- Värmepumpens årsvärmefaktor inkl. hjälpmaskiner	2,5

Årsvärmefaktorn baseras på ett konventionellt vattenburet värmesystem vid FA- och FSSA-systemen, dock med antagandet att framledningstemperaturen kan begränsas till max 55 oC.

Filterbyte antas ske 2 ggr/år vid systemen FA, FTX och FTX-LV till en årlig kostnad av 150 :-

6.2.3 Underhållskostnad.

Med underhållskostnad avses här kostnader som normalt uppkommer med 1 års mellanrum eller mera. Kostnaderna har fördelats jämnt på en 15 årsperiod.

Underhållskostnaderna antas utgöras av:

- Rengöring av värmeväxlare:	
FA, FTX, och FTX-LV	1g/år
FSS och FSSA	1g/3 år
- Rengöring av kanalsystem	
FA och FTX	1g/15 år
FTX-LV	2g/15 år
Övriga system	--

Till detta kommer rensningplikt för imkanaler vilken dock är lika för samtliga system.

Anläggningskostnaderna för de studerade systemen redovisas i tabell 6.1 vid de olika hustyperna.

Drift- och underhållskostnaderna redovisas på motsvarande sätt i tabell 6.2

ANLÄGGNINGSKOSTNAD

INSTALLATIONSDEL

HUS	SYSTEM	VENTILATION SEK	EL SEK	BYGG SEK	TOTAL SEK
	F	13 000	1 000	3 000	17 000
	FA	33 000	2 000	4 000	39 000
	FTX	32 000	3 000	5 000	40 000
GAMLA	FTX-LV	*	*	*	*
HUS	FSS	9 000	1 000	1 000	11 000
-1960	FSSA	36 000	3 000	3 000	42 000

	F	16 000	1 000	4 000	21 000
NY-	FA	36 000	2 000	5 000	43 000
GAMLA	FTX	35 000	3 000	6 000	44 000
HUS	FTX-LV	*	*	*	*
1961-	FSS	11 000	1 000	4 000	16 000
-75	FSSA	38 000	3 000	5 000	46 000

	F	12 000	1 000	2 000	15 000
NYA	FA	31 000	2 000	3 000	36 000
HUS	FTX	30 000	2 000	4 000	36 000
1976-	FTX-LV	35 000	2 000	5 000	42 000
	FSS	13 000	2 000	2 000	17 000
	FSSA	40 000	2 000	3 000	45 000

* Ej lämpligt att installera pga husets otäthet mm.

Tabell 6.1 Sammanställning av anläggningskostnad för olika ventilationssystem.

DRIFT- OCH UNDERHÅLLSKOSTNAD

HUS	SYSTEM	DRIFTKOSTNAD kr/år	UNDERHÅLLS- KOSTNAD kr/år	SUMMA kr/år
	F	9 000	170	9 170
	FA	7 030	800	7 830
	FTX	7 920	550	8 470
GAMLA	FTX-LV	*	*	*
HUS	FSS	8 930	60	8 990
-1960	FSSA	7 660	550	8 210

	F	7 000	170	7 170
NY-	FA	5 285	800	6 085
GAMLA	FTX	6 170	550	6 720
HUS	FTX-LV	*	*	*
1961-	FSS	6 930	60	6 990
-75	FSSA	5 910	550	6 460

	F	5 470	170	5 640
	FA	3 575	800	4 375
NYA	FTX	4 420	550	4 970
HUS	FTX-LV	4 420	650	5 170
-1976	FSS	5 400	60	5 460
	FSSA	4 200	550	4 750

* Ej lämpligt att installera pga husets otäthet mm.

Tabell 6.2 Sammanställning av drift- och underhålls-
kostnad för olika ventilationssystem.

6.3 Arlig kostnad - Analys.

Kännedom om anläggningskostnad samt drift- och underhållskostnad ger en viss men begränsad uppfattning om olika systems ekonomi. För att kunna göra en bättre bedömning av systemens ekonomi anser vi dock att även finansieringsmöjlighet och framtida energiprisutveckling bör beaktas.

Det finns många sätt att finansiera installationer av denna typ. man kan således tänka sig allt från kontant betalning till långfristiga lån med subventionerad ränta. I vissa fall kan lånen vara amorteringsfria under ett antal år, i andra fall ändras räntan med mer eller mindre kända intervall och procentsatser. Skattesystemet kan även påverka kapitalkostnaden betydligt. Skatteeffekten varierar ofta från fall till fall beroende på inkomstläge mm.

För att ge så stor tolkningsfrihet som möjligt har kapitalkostnaden här beräknats som den årliga kostnaden för ett lån som återbetalas under en 20-årsperiod med lika stora årliga inbetalningar, dvs ett annuitetslån. Beräkningarna har genomförts för räntesatserna 5, 10 och 15 %. Med hänsyn till subventioner och skatteeffekter bedömer vi att området 5 - 10 % normalt är tillämpligt och endast i undantagsfall området 10 -15 %.

Vad gäller energiprisets framtida förändring vet vi också ytterst lite. En allmän uppfattning är dock att priset på energi kommer att öka i framtiden. Hur snabbt prisökningen kommer att ske beror bl.a på avvecklingstakten för kärnkraften och framtida skattebelastningar. För att belysa hur energipriset påverkar årskostnaden har priset i beräkningarna varierats mellan dagens 0,35 kr/kWh och det dubbla 0,70 kr/kWh.

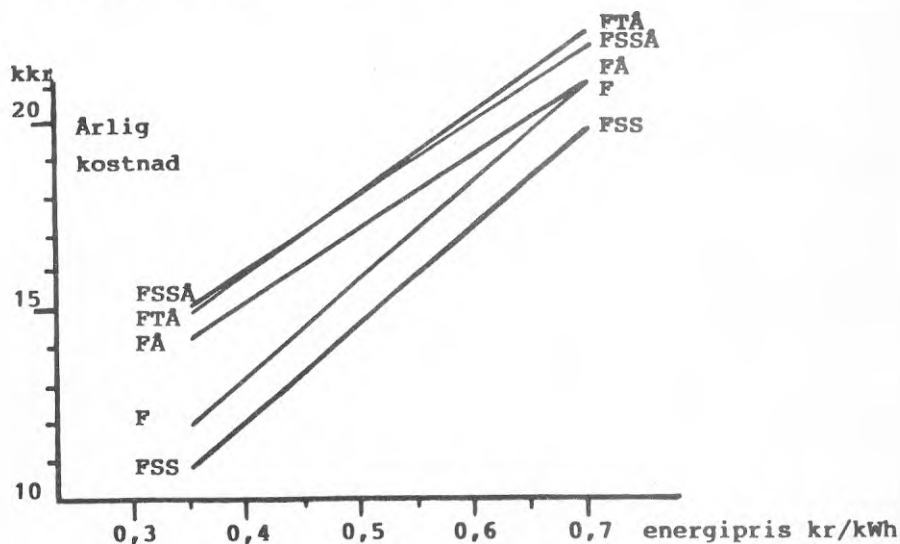
De genomförda beräkningarna av årskostnaderna redovisas i figurerna 6.1 - 6.3 och kommenteras i det följande. Allmänt gäller att kurvorna kan extrapoleras utanför angivet område. En viktig faktor som ej kommer fram i diagrammen, men som måste beaktas vid jämförelsen mellan systemen, är tidsfaktorn för energiprisets förändring. Ytterligare en faktor är inflationen, vars påverkan ej heller kan redovisas, eftersom dess verkan slår olika beroende på beräkningssätt.

6.3.1 Gamla hus byggda före 1961.

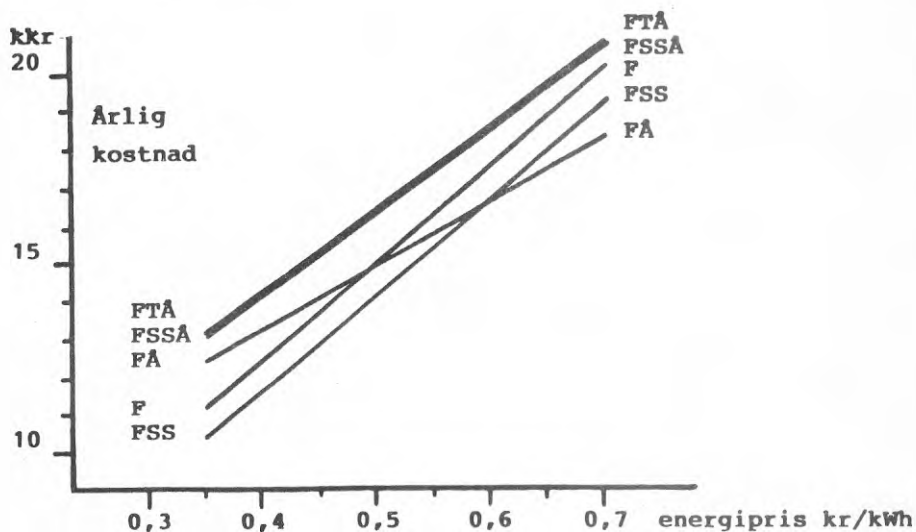
Det valda "typhuset" har väl samlade kanaler som medför att installationskostnaden för samtliga studerade system är relativt låg.

I figur 6.1 a-c visas årskostnaden för de system som studerats vid 5, 10 och 15 % räntesats. Av figurerna framgår att av systemen utan återvinning, dvs F- och FSS-systemen, har FSS-systemet 600 - 1 200 kr lägre årskostnad än F-systemet. Detta är i stort sett oberoende av energipriset.

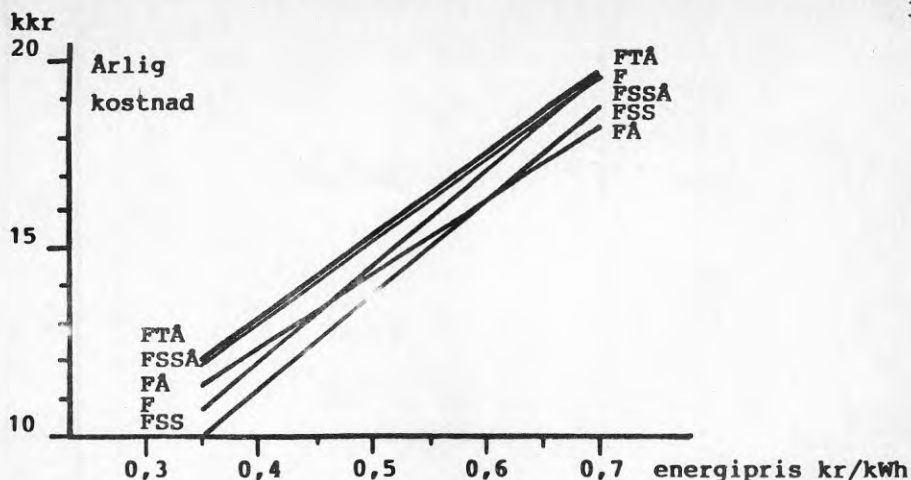
FSS-systemet har dessutom den lägsta årskostnaden av samtliga system vid 15 % ränta upp till 0,70 kr/kWh. Inom området 5-10 % ränta gäller motsvarande upp till energipriset ca 0,58 - 0,60 kr/kWh. Vid högre energipris ger FA-systemet den lägsta kostnaden av samtliga system i jämförelsen.



Figur 6.1a Gammalt hus. Arlig kostnad för ventilation vid 15 % ränta.



Figur 6.1b Gammalt hus. Arlig kostnad för ventilation vid 10 % ränta.



Figur 6.1c Gammalt hus. Arlig kostnad för ventilation vid 5 % ränta.

Rimligtvis kommer det att förflyta några år innan energipriset nått nivån 0,60 kr/kWh. En jämförelse mellan FSS- och FA-systemen kan därför komma att visa, att den lägre kostnaden för FSS-systemet under de första åren, väl balanserar den lägre kostnaden för FA-systemet under de senare åren med energipris över ca 0,60 kr/kWh. Vår bedömning är därför att totalt sett är FSS-systemet det system som inom överskådlig tid ger den lägsta kostnaden vid gamla hus.

Av figurerna framgår att FSSA-systemet genomgående ger 2 - 5 000 kr högre årskostnad än systemet med den lägsta kostnaden. Inom hela det studerade energipris- och ränteorrådet ger FA-systemet klart lägre kostnad än FSSA-systemet. Omedelbar installation av FSSA-systemet är därmed ej intressant ur ekonomisk synpunkt. Däremot finns den mycket intressanta - och tidigare redovisade - kombinationseffekten att FSS-systemet utan nämnvärd extrakostnad kan kompletteras till FSSA-system i framtiden. Detta innebär, att det även vid en ökning av energipriset kan uppstå sådana vinster de först åren med FSS-systemet, att dessa kan räcka till, att senare komplettera systemet med återvinningsdelen om energipriset stiger. Sett över installationens livslängd kan detta totalt ge den lägsta kostnaden även vid en relativt snabb ökning av energipriset.

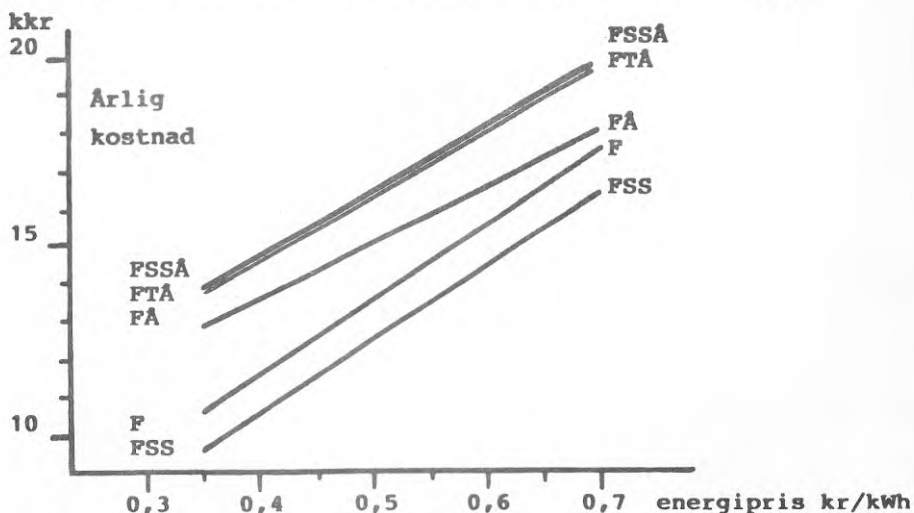
6.3.2 Ny-gamla hus byggda 1961-75.

Det valda "typ-huset" har mera decentraliserade kanaler än vad som är vanligt i äldre hus. Detta medför att installationskostnaden genomgående blir högre än vid gamla hus. Energiförbrukningen är ca 20 % lägre än för de äldre husen.

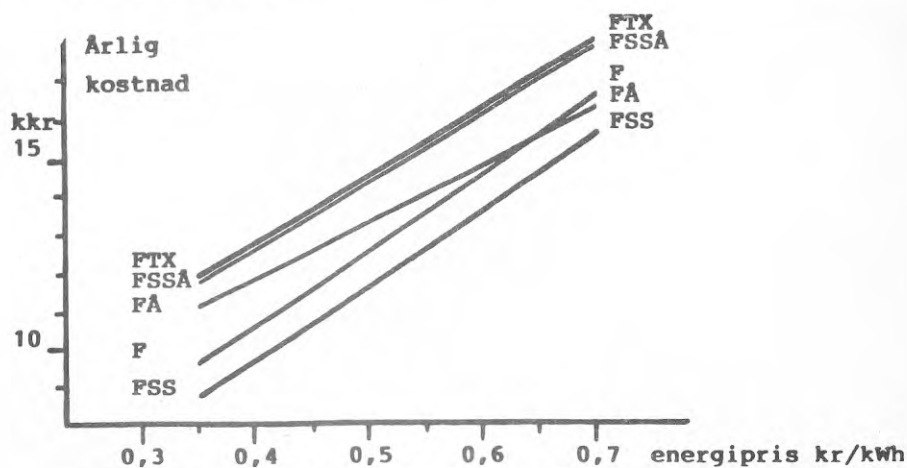
I figur 6.2 a-c visas årskostnaden för de system som studerats vid 15, 10 och 5 % räntesats. För denna huskategori gäller i stort sett motsvarande som för gruppen

äldre hus. FSS-systemet ger således 600 - 1 000 kr lägre årskostnad än F-systemet. Beroende på i huvudsak den lägre energiförbrukningen kommer energipriset vid vilket FA-systemet ger lägre kostnad än FSS-systemet att förskjutas mot högre värden jämfört med vid gamla hus. FSS-systemets lägre årskostnad under de första åren med lågt energipris kompenserar sannolikt väl den högre årskostnaden som kan komma i framtiden om energipriset skenar iväg över 0,65 kr/kWh.

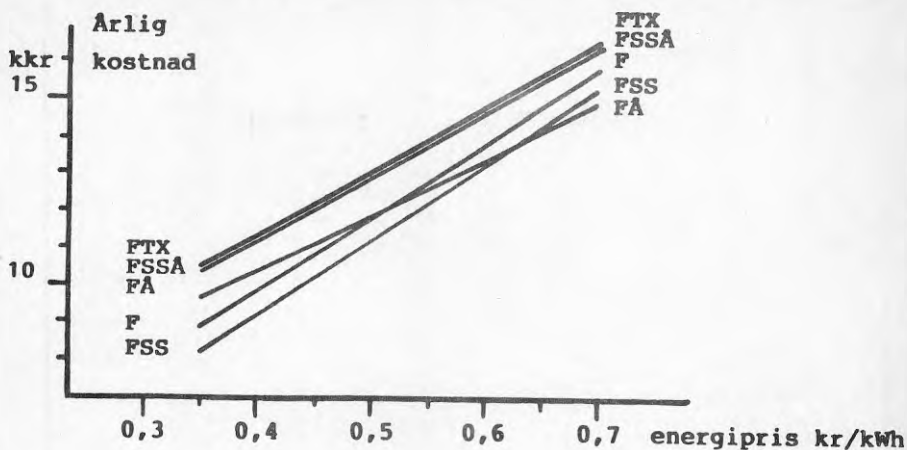
FSSA-systemet är liksom vid gamla hus ej ett intressant alternativ ur ekonomisk synpunkt. Dock gäller samma som vid gamla hus, dvs att det är en trygghet, att ha möjligheten att i framtiden komplettera FSS-systemet till ett FSSA-system om energipriset skulle skena iväg.



Figur 6.2a Ny-gammalt hus. Arlig kostnad för ventilation vid 15 % ränta.



Figur 6.2b Ny-gammalt hus. Arlig kostnad för ventilation vid 10 % ränta.

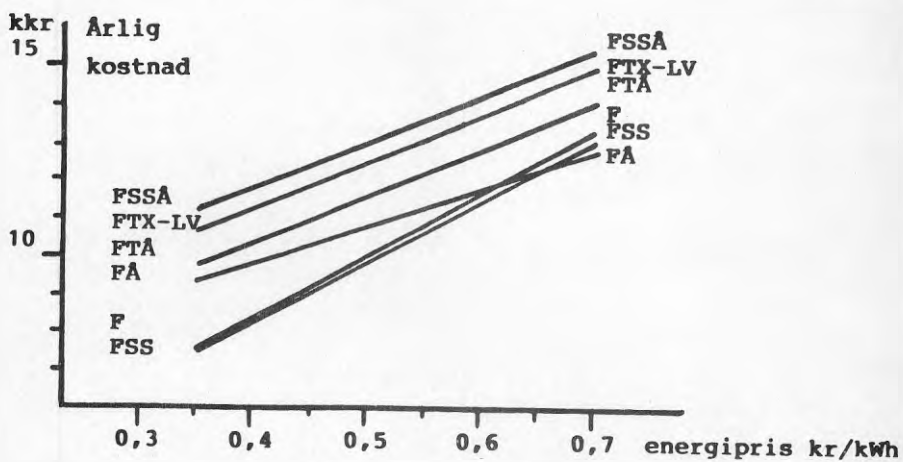


Figur 6.2c Ny-gammalt hus. Årlig kostnad för ventilation vid 5 % ränta.

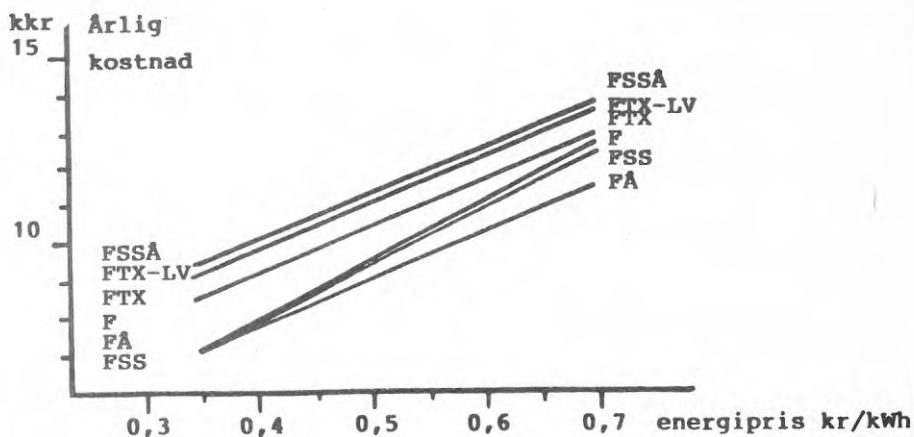
6.3.3 Nya hus byggda efter 1975.

I denna "hustyp" är kök, bad- och toaletterum väl samlade för att ge låg byggkostnad. Installationen blir därför förhållandevis enkel. Denna kategori hus har extremt låg energiförbrukning, endast ca 55 % av den äldre gruppens förbrukning.

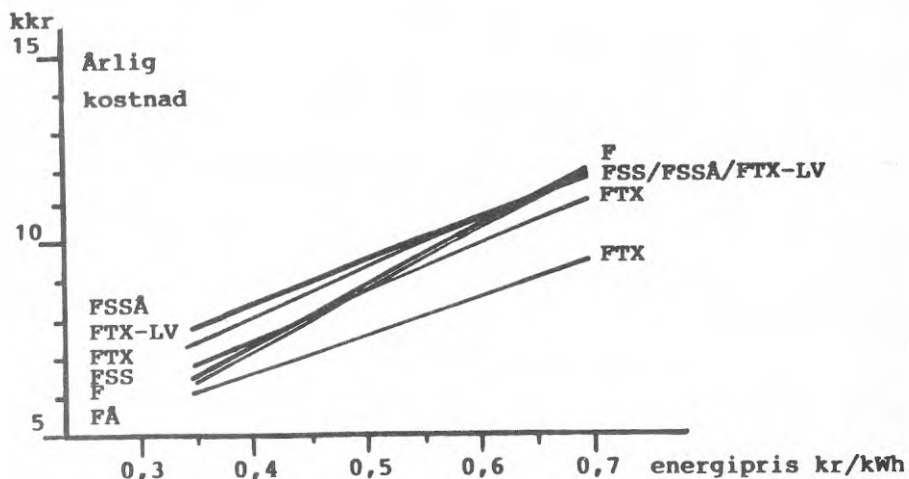
I figur 6.3 a-c visas årskostnaden för de system som studerats vid 15, 10 och 5 % räntesats. Av figurerna framgår att årskostnaden för F- och FSS-systemen är i stort sett identisk oberoende av energipriset.



Figur 6.3a Nytt hus. Årlig kostnad för ventilation vid 15 % ränta.



Figur 6.3b Nytt hus. Årlig kostnad för ventilation vid 10 % ränta.



Figur 6.3c Nytt hus. Årlig kostnad för ventilation vid 5 % ränta.

Den låga energiförbrukningen i kombination med annat förhållande mellan installationskostnaderna för de olika systemen medför att FA-systemet har den lägsta årskostnaden upp till ca 10 % ränta. Vid högre ränta fodras dock ett relativt högt energipris för att FA-systemet skall ge lägre årskostnad än FSS-systemet. Årskostnaden för FSSA-systemet är genomgående så hög att systemet ej är intressant ur ekonomisk synpunkt. Eventuellt kan det bli intressant efter en framtida utveckling enligt de riktlinjer som redovisas i avsnitt 8. Samtidigt skall

man dock notera att större delen av småhusen i denna åldersgrupp redan har fläktventilation, varav ett stort antal med värmeåtervinning.

6.3.4 Hus i nyproduktion.

Vid nybyggnation är endast system med värmeåtervinning aktuella. Av figurerna 6.3 framgår att FSSA-systemet vid nybyggda hus har högre årskostnad än övriga system med återvinning redan vid dagens energipriser. Samma förhållande råder vid nybyggnation. I dagsläget är FSS-systemet därför vid nyproduktion ej ett ekonomiskt intressant alternativ i jämförelse med övriga system på marknaden. Vid valet av system bör dock även andra väsentliga för- och nackdelar för de olika systemen beaktas, se avsnitt 3.4. Det bör observeras att kostnadsrelationerna mellan de övriga systemen vid nybyggnad ej är samma som vid ombyggnad av nya hus.

6.4 Sammanfattande ekonomiska synpunkter.

Ovanstående kan sammanfattas som att FSS-systemet bedöms ge den lägsta årskostnaden av samtliga studerade ombyggnadssystem vid småhus byggda före 1976 förutsatt att energiprisökningen totalt håller sig inom 60-70 % under de närmaste åren.

Om energipris snabbt stiger över detta värde och kapitalkostnaden är låg kan FA-systemet på lång sikt ge lägre årskostnad. Man kan dock med ett enkelt räkneexempel visa att om energipriset varje år skulle öka med 5 % så skulle FSS-systemet fortfarande ge den lägsta ackumulerade kostnaden även vid så låg ränta som 5 %.

Om energipriset kontinuerligt skulle öka med 10 % skulle den ackumulerade kostnaden under de 15 första åren vara lägre om FSS-systemet valdes istället för FA-systemet.

Baserat på dessa ekonomiska betraktelser bör FSS-systemet vara ett intressant alternativ vid ombyggnad av ventilationssystemen i småhus, byggda fram till ca 1976. Systemet ger också den behagliga garderingen, att om energipriset skulle skena iväg så kan systemet utan extra kostnad kompletteras med återvinning. I det sammanhanget kan man även spekulera i den utvecklingspotential som finns hos systemet genom återvinning av värme ur husets avloppsvärme, se avsnitt 8.

7 FÖRSLAG TILL DEMONSTRATIONS- OCH EXPERIMENT-BYGGNADSOBJEKT.

Att finna lämpliga experimentbyggnadsobjekt i form av småhus är något komplicerat. Orsaken är ej svårigheten att finna hus i behov av åtgärder då det enligt vad som redovisats finns gott om sådana. Komplikationerna ligger i det intrång hos de boende, som mätning och utvärdering innebär. Vi redovisar dock tre tänkbara alternativ i det följande.

7.1 Ny-gammalt och gammalt hus.

Installation i ny-gammalt och gammalt hus bör göras i representativa områden med gruppbebyggelse. Ett flertal sådana är lätta att finna, men svårigheten är som nämnts att det fodras ett förhållandevis stort engagemang från de boendes sida.

Då det är relativt få äldre småhus som ej ägs direkt av de boende är vårt förslag att installera systemet i något hus i de respektive småhusområden som personer engagerade i projektet själva bor i.

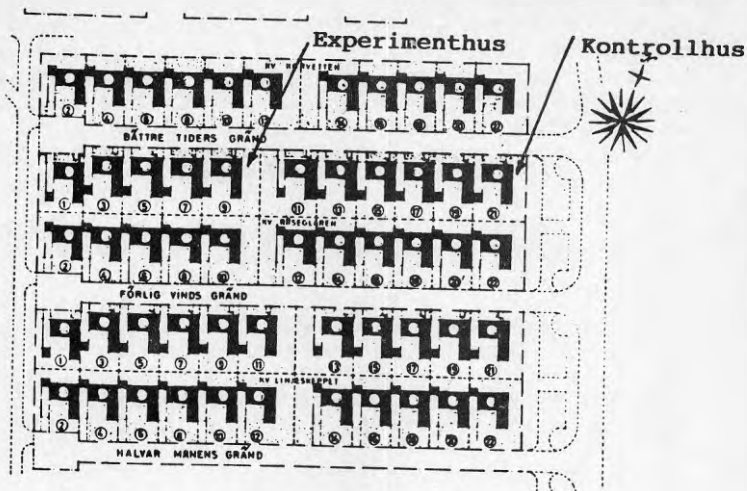
7.1.1 Förslag 1. Installation i ny-gammalt hus i småhusområde östra Norrliden, Kalmar.

Området innehåller ett tjugotal i stort sett identiska enplans småhus byggda av BPA under åren 1971-72. Bostadsytan är ca 125 m² fördelad på 4 - 5 rok, se figur 7.1. Husen är utformade som radhus med mellanliggande carport som i vissa fall kompletterats till ej uppvärmda garage. Trots radhuskaraktären påverkar husen därför varandra endast marginellt.

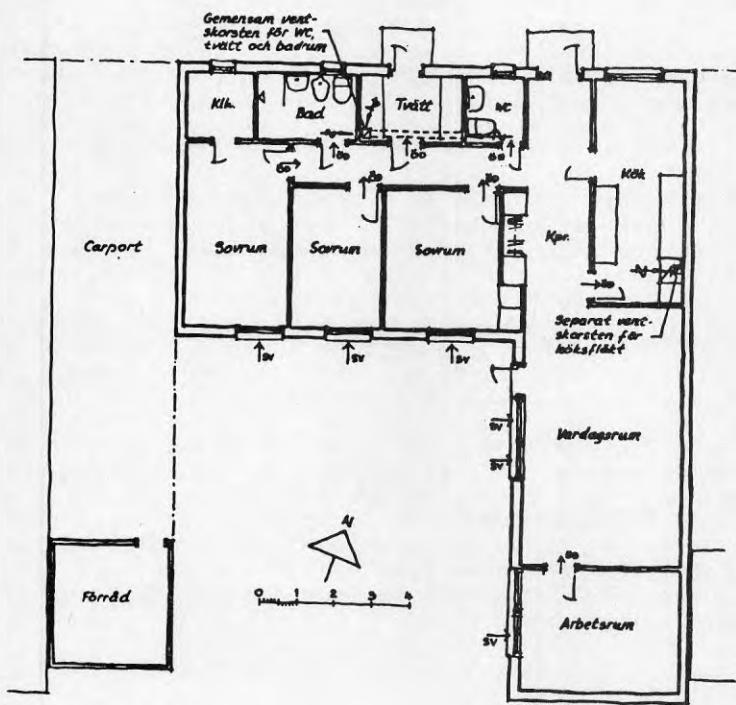
Husen har vattenburna värmesystem anslutna till kommunens fjärrvärmenät. Varje hus har helt separat vattenburet värmesystem med egen undercentral och energimätning. Värmekulverten i området är förlagda i gatan. Kulverten påverkar därför ej heller husens värmeförbrukning. Husen ventileras med självdrag. Ventilationskanaler från badrum, grovkök och toalett är sammandragna till en gemensam ventilationsskorsten. Ventilation av köket sker med kanalansluten spisfläkt med separat ventilationsskorsten. Avståndet mellan skorstenarna är ca 12 m. Tilluftsdon finns ej frånsett manuell vädringslucka i köket. Husen är byggda av lättbetongelement och mycket täta.

Installationen bör omfatta automatiska tilluftsdon, överluftsdon och en FSS-bur med tillhörande reglerutrustning för forcering av hjälpfläkten när spisfläkten tas i drift. Eventuellt kan det vara lämpligt att byta den befintliga fläkten mot modernare.

Installationskostnaden för den utrustningen bedöms överslagsmässigt vara ca 18 000 kr inkl. bygg och el.



Situationsplan



Figur 7.1 Ny-gammalt hus, förslag till experiment-byggnadsobjekt.

Tack vare den kommunala fjärrvärmens med enskild mätning finns god statistik på energiförbrukningen. FSS-systemet

kan i detta fall installeras i ett gavelhus, dvs ett hus där 3 av husets ytterväggar vetter mot obebyggt område och den fjärde mindre ytterväggen vetter mot ej uppvärmt garage. Två identiska hus finns där familjesammansättningen och nyttjandevanorna är relativt lika. Dessutom finns i båda fallen ett intresse för energifrågor. Detta kan vara av stort värde för utvärdering och jämförelse.

7.2.2 Förslag 2. Installation i gammalt småhusområde i Bergavik, Kalmar.

Området innehåller ett stort antal likartade småhus om 5-6 rok. Bostadsytan är ca 120 m², se figur 7.3. Husen, uppförda under senare delen av 1950-talet, är friliggande enplanshus, i vissa fall parvis sammanbyggda med förråd. Ur energi- och ventilationssynpunkt kan husen betraktas som likartade och självständiga enheter.

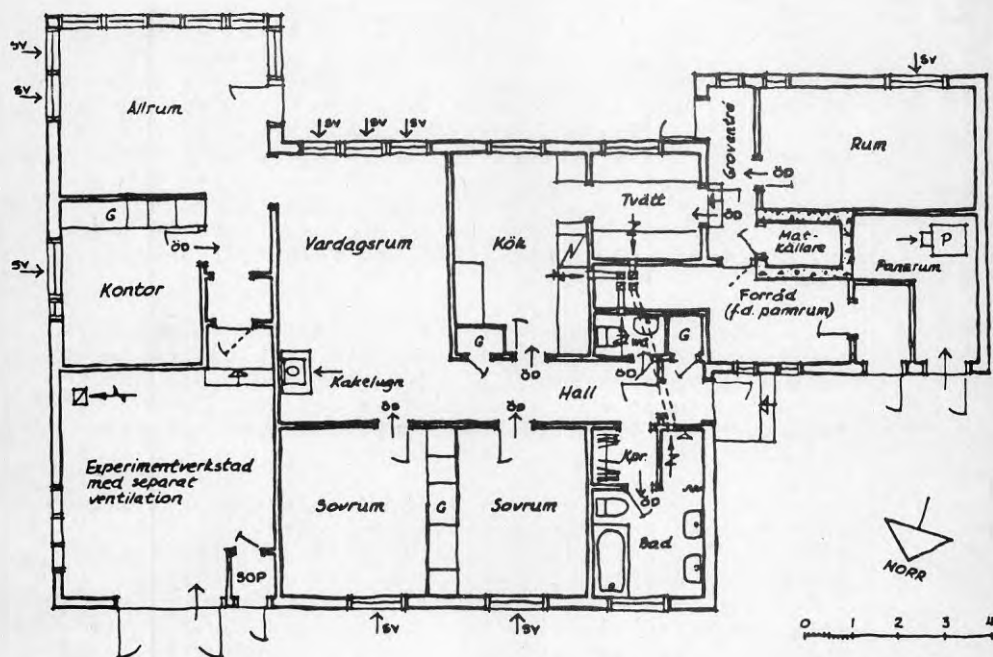
Husen har vattenburna värmesystem. Det föreslagna provhuset, se figur 7.2, värms med el samt sporadiskt med ved i separat kakelugn. Energiförbrukningen är väl dokumenterad.

Huset är väl tätat och självdragskanalerna är sammanförda i en och samma skorsten på gammaldags vis. Tillluftsdon, SPAR-VEN-ventiler, finns redan installerade. Rökqaskanalen i skorstenen utnyttjas ej utan är pluggad. Detta gör det enklare att genomföra önskade studier på ventilationssystemet. Köket är redan utrustat med kolfilterfläkt i enlighet med systemets lösningsförslag.

Kakelugnens rökkanal är dragen separat på stort avstånd från ventilationskanalerna. Detta gör det möjligt att genomföra de särskilda störningsstudier, som bör genomföras enligt avsnitt 4.5.1. Huset är, liksom det nygamla provhuset i förslag 1, byggt i ett plan. Eftersom ventilationsflödet vid självdrag är direkt proportionellt mot tillgänglig skorstenhöjd representerar de föreslagna källarlösa enplanshusen den svåraste typen av driftfall som systemet skall klara.

Installationen bör omfatta överluftsdon samt en FSS-bur. Automatiska tilluftsdon finns som nämnts redan installerade. Vissa förberedelser för värmeåtervinning med värmepump bör göras. Det är då lämpligt att förutom återvinning av värme ur frånluften, även förbereda för återvinning av värme från avlopp och rökgaser från en mindre gaseldad panna, se även avsnitt 8, "Framtida utvecklingssteg".

Installationskostnaden har överslagsmässigt beräknats till 65 000 kr.



Figur 7.2 Gammalt hus, förslag till experiment-
byggnadsobjekt.

7.2 Nyproduktion.

Ett tänkbart objekt i nyproduktion finns hos Byggnadsfirman Claesson och Anderzén, Kalmar, som planerar att bygga 7 lägenheter i form av ett radhus i Borgholm på öland. Claesson och Anderzén AB är ett av Sveriges större fastighetsbolag, som såväl bygger som förvaltar fastigheter, huvudsakligen i södra Sverige, men även i utlandet.

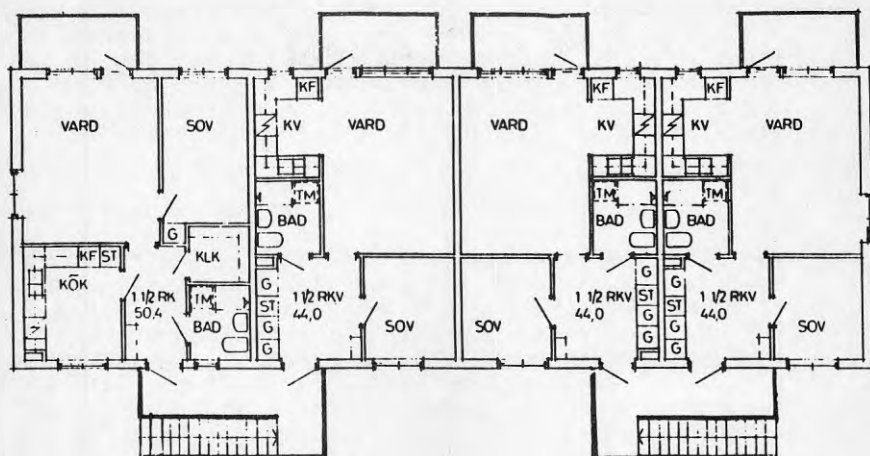
Lägenheterna är relativt små, 1 1/2 rum och kök. Planlösning med ventilationskanaler framgår av figur 7.3a-b. Uppvärmningen planeras ske med vattenburet golvvärmsystem med en gemensam värmepump. Lägenheterna ventileras via separata kanaler från bad och kök i respektive lägenhet. Kanalerna från 1 lägenhet i bottenplanet och den ovanför liggande lägenhet på andra planet samlas i en ventilationsskorsten. Ett undantag är skorstenen, som ligger närmast värmecentralen. Den skorstenen ventilerar även lägenheten som ligger rakt ovanför värmecentral och tvättstuga, således sammanlagt 3 lägenheter. Värmecentral och tvättstuga ventileras med separat frånluftsfläkt.

Installation av FSSA-systemet innebär att värmeväxlarna i FSS-burarna sammankopplas med ett brinesystem. Återvunnen värme överförs till värmepumpen där den används för uppvärmning av tappvarmvatten och uppvärmningsbehov. Tack vare det lågtempererade golvvärmsystemet blir värmefaktorn extra hög.

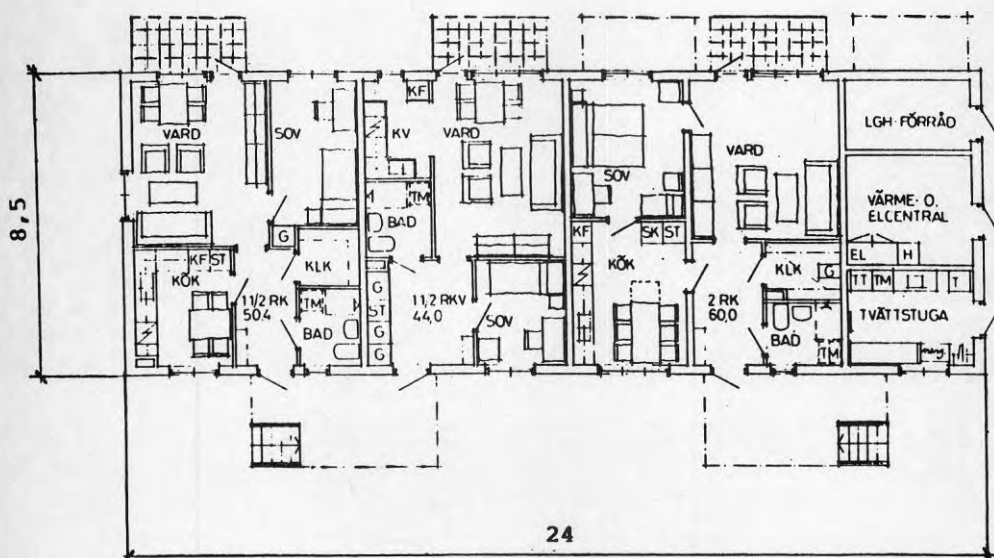
Byggnadsfirman Claesson & Anderzen planerar att prova FSS-systemet med värmeåtervinning i detta objekt utan experimentbyggnadsmedel. Det är dock önskvärt att BFR kan ställa medel till förfogande för utvärdering.

En utvärdering kan till stor del göras utan att störa de boende. I den mån störande moment förekommer är hyresgästerna medvetna om detta redan före inflyttningen. Man kan därmed säga att eventuella störningar under utvärderingstiden ingår som en del i hyresöverenskommen.

Juridiskt sett torde detta vara ett flerbostadshus. Ur ventilationssynpunkt kan det emellertid liknas vid två stycken tvåbostadshus och ett med tre lägenheter. Det uppfyller därmed väl de krav som kan ställas på ett demonstrationsobjekt.



Övre plan



Nedre plan

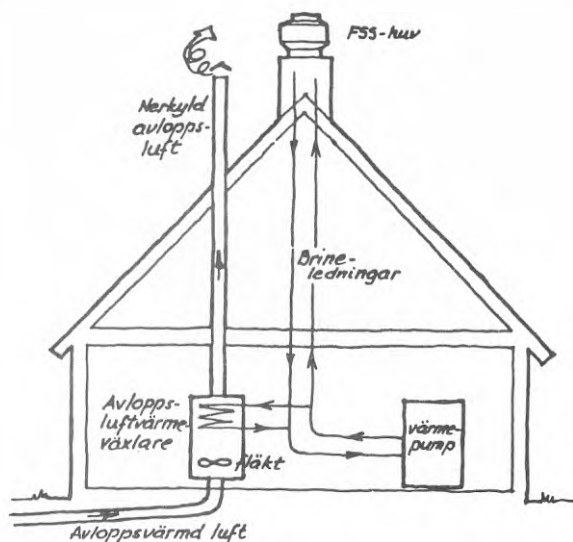
Figur 7.3 Nybyggnation, förslag till experimentbyggnadsobjekt. Kv. Målaren 18 Borgholm.

8 FRAMTIDA UTVECKLINGSSTEG FÖR FSS-SYSTEMET.

Av ovanstående framgår att det genom omdimensionering bör vara fullt tekniskt möjligt att anpassa FSS-systemet till såväl befintliga som nya småhus i systemets nuvarande skepnad. Med den nuvarande utformningen är systemet dock ej ekonomiskt intressant vid nybyggnation. Följande utvecklingsideer kan dock förändra även den ekonomiska bilden för nybyggnation i positiv riktning.

8.1 Återvinning av värme ur husets avloppsvatten.

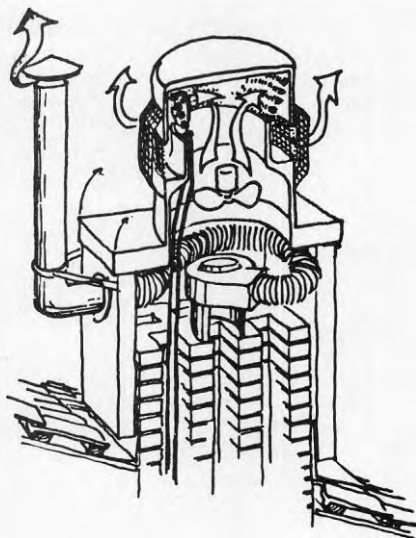
Ett framtida utvecklingssteg för FSS-systemet är att komplettera värmeåtervinningsdelen med återvinning av värme ur avloppsvattnet från fastigheten, figur 8.1. Detta bedöms kunna ske relativt enkelt genom att luft sugas genom avloppssystemets horisontella huvudledning och därvid värms upp av vattnet. Den på så sätt värmda luften får därefter passera ett kylbatteri med i princip samma konstruktion som värmeväxlaren för frånluften. Denna komplettering bedöms kunna ske till relativt liten kostnad i de fall värmepump för frånluftsvärme installeras. Återvinningsbar värmemängd bedöms vara av samma storleksordning som den som återvinnes ur frånluften, dvs. ca 2,5-3,5 MWh/år.



Figur 8.1 Principskiss för värmeåtervinning ur avloppsvatten.

8.2 Återvinning av värme ur rökgaser.

I de fall byggnadsuppvärmningen sker genom eldning med bränslen av olika slag kan, en viss värmeåtervinning åstadkommas till mycket låg kostnad genom en ytterst enkel värmväxlare installerad i samlingslådan, se figur 8.2. Den återvinningsbara värmemängden uppskattas till 200 - 300 kWh/år.



Figur 8.2 Principskiss för återvinning av värme ur rökgaser.

1. Eriksson L mfl. Flerbostadshus med styrd självdragsventilation och värmeåtervinning. BFR R67:1986
2. Hecktor, Rännér. Kontrollerad naturlig ventilation med värmeåtervinning. Utvärdering av ett experimentbyggnadsprojekt BFR R66:1988
3. Pehrsson R mfl. Mögel i våtrum. Analys och åtgärdsförslag. SIB M85:9
4. Nylund P O. Räkna med luftinläckning. Samspel byggnad - ventilation. BFR R1: 84
5. Blomsterberg A. Ventilationssystem - lufttäthet i småhus. VVS & Energi 1987 nr 4.
6. Nylund P O. Tjyvdrag och ventilation. BFR T 4:79
7. Sandberg M. Det räcker inte med bra luftväxling. VVS & Energi 1988 nr 1
8. Hecktor B O. Ventilationssystem för varsam ombyggnad. VVS & Energi 1987 nr 5
9. Byggforskningsrådet. Styrd självdragsventilation. Fläktförstärkt system för varsam ombyggnad och nyproduktion (FSS). G18:1989

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 870402-5
från Statens råd för byggnadsforskning till Knaggen
Energikonsult AB, Kalmar.**

R7: 1990

ISBN 91-540-5145-2

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6801007

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst
171 88 Solna**

Cirka pris: 44 kr exkl moms