

*Miljö och energi  
i  
flerbostadshus*

Särtryck ur VVS-Forum nr 9/97

# Miljö och energi i flerbostadshus

Professor **CHRISTER HARRYSSON**, Falkenberg, sammanfattar sin färsk undersökning av inomhusmiljön och energianvändningen i 395 lägenheter, belägna i flerbostadshus. Undersökningen har utförts på uppdrag av Boverket.

mätningar.

## Syfte och omfattning

Undersökningen har syftat till att värdera inomhusmiljö-, energi- och kostnadsegenskaper hos olika tekniska lösningar från olika epoker. Därvid har också inverkan av olika byggregler kunnat studeras. Undersökningen har omfattat 10 områden huvudsakligen med 3-4 våningar höga flerbostadshus "i befintligt skick" belägna utmed Västkusten från Göteborg till Malmö. Husen är byggda under 1950-1990-talen, **tabell 1**.

De undersökta byggnaderna har olika stomkonstruktioner, fönstertyper, självdrags-, frånlufts- eller frånlufts-/tillluftsventilation. Byggnaderna är fjärrvärme-, direkt- eller gasvärmda och försedda med radiatorssystem.

Områdena har olika alternativ/kombinationer för individuell eller kollektiv mätning av energi- respektive vattenanvändning.

Valet av områden har gjorts representativt för att innefatta olika förvaltare och systemlösningar. Kända problemområden och experimenthus har undvikits. Vanligen förekommande bygg- och energitekniska lösningar har eftersträvat. Upplåtelseformen är hyresrätt och lägenhetsstorleken 3

**S**erieproducerade flerbostadshus med vanliga tekniska lösningar och olika förvaltare har undersökts med avseende på inomhusmiljöegenskaper samt energi- och vattenanvändning.

Husen är byggda 1952-1994 och belägna utmed Västkusten från Göteborg till Malmö. Stora skillnader har konstaterats bl a beroende på boendevanor, förvaltning samt om individuell eller

kollektiv energi- respektive vattenmätning sker. Relativt få byggnader och områden har studerats varför man inte bör dra alltför långtgående slutsatser av resultaten.

Undersökningen har utförts på uppdrag av Boverket, som också säljer rapporten ("Innemiljö och energianvändning i flerbostadshus"). Tidigare har en likartad undersökning i småhus gjorts (Boverksrapport 1994:8).

Genomförandet av den nya undersökningen har skett i två etapper:

○ Förstudie. Programarbete och inventering av lämpliga områden, varvid förslag lämnats på ett fyrtiotal områden.

○ Huvudprojektet. I samråd med referensgruppen har 10 områden valts. Undersökningen har omfattat registrering av energi- och vattenanvändning, enkätundersökning och tekniska

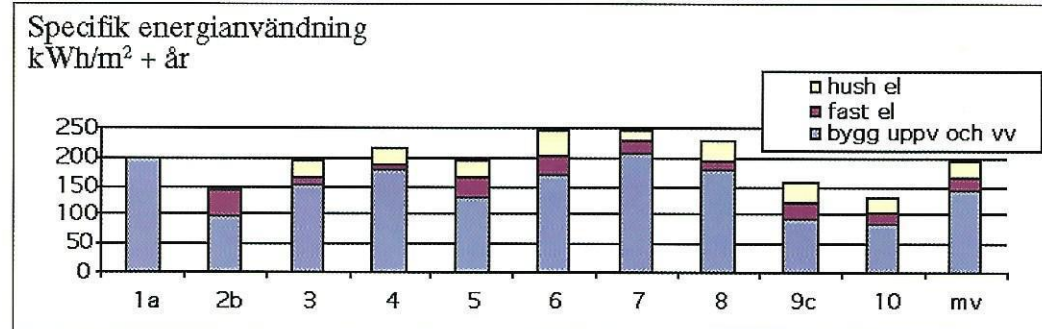
rum och kök har eftersträvat. Denna bedöms innehålla boende med flest antal olika familjesammansättningar och åldrar. Lägenhetsstorleken 3 rum och kök är den i Sverige näst vanligaste efter 2 rum och kök. I ett av områdena ingår ett antal tvårumslägenheter.

Avsikten har vidare varit att skapa representativa medelvärden med hög tillförlitlighet för bedömning av olika parametrars inverkan på inomhusmiljö- och energiegenskaperna. Detta har möjliggjorts genom att undersöka ett 30-tal lika lägenheter i respektive område. Uppgifter om månadsvis energi- och vattenanvändning har insamlats. Enkätundersökning enligt modifierad ELIB-modell med tilläggsfrågor har genomförts i 395 lägenheter fördelat på 10 områden. De för inomhusmiljön och energianvändningen mest betydelsefulla parametrarna har kontrollerats genom tekniska mätningar i 6 lägenheter inom varje område. Av resursskäl har antalet lägenheter i vilka tekniska mätningar gjorts, kraftigt måst begränsas.

Kontinuerliga mätningar nattetid har gjorts i 1 lägenhet per område i 1 sovrum för 2 personer med stängd innerdörr. I de nämnda 6 lägenheterna i respektive område har slutligen medelvärdet för den totala ventilationen bestämts under ca en månad med passiv spårkasteknik liksom inne-luftstemperaturen och relativ fuktighet. Under de tekniska mätningarna har dessutom gjorts ett antal observationer av byggnader och installationer samt intervjuer med de boende. Enkäten har besvarats av de boende före de tekniska mätningarna.

## Resultat

Den specifika totala en-



Figur 1. Specifik uppmätt energianvändning per m<sup>2</sup> lägenhetsyta för byggnadsuppvärmning och varmvatten, fastighetsel samt hushållsel. a. Totalt, kollektiv mätning av energi och vatten. Frånluftsvärmepump som värmer tilluft. b. Individuell mätning av respektive lägenhets totala energianvändning för byggnadsuppvärmning, varmvatten och hushållsel samt vattenanvändning. c. Frånluftsvärmepump för byggnadsuppvärmning.

ergianvändningen för byggnadsuppvärmning, varmvatten, hushållsel och fastighetsel har för de 10 områdena i medeltal uppmätts till 196 kWh/m<sup>2</sup> år med lägsta värde 134 kWh/m<sup>2</sup> år och högsta 247 kWh/m<sup>2</sup> år, **figur 1**. Angivna specifika uppgifter avser lägenhetsyta (= bostadsyta). Det finns områden byggda efter mitten på 1980-talet som har minst lika hög specifik total energianvändning som äldre områden, **figur 2**. Av de 10 undersökta områdena, **tabell 1**, har 4 äldre självdragsventilation och 3 nyare frånluftsventilation av vilka 1 har frånluftsvärmepump för byggnadsuppvärmning. Av övriga 3 har ett äldre och 2 nyare frånluftsventilation med värmeåtervinning.

## Ventilationsskillnader

De båda nyare områdena 9 och 10 med enkel frånluftsventilation har i medeltal ca 15 % lägre specifik total energianvändning än de båda nyare områdena 2 och 5 med frånluftsventilation. Kollektiv mätning av energi- och vattenanvändningen i stället för individuell kan medföra ökning på ca 30 %.

De nyare områdena, utom område 6, har jämfört med de äldre lägre specifik energianvändning för byggnadsuppvärmning och varmvat-

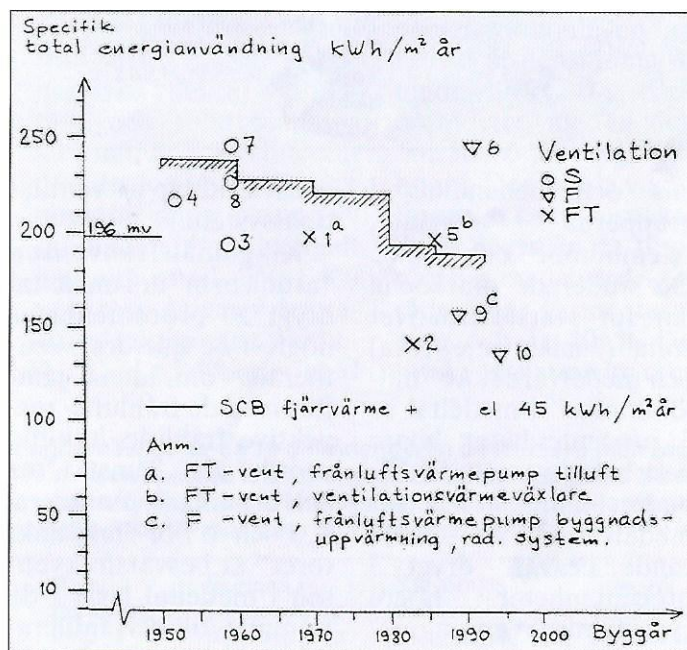
ten, men högre specifik energianvändning för fastighetsel. Område 6 har dock ungefär lika hög specifik energianvändning för byggnadsuppvärmning och varmvatten som de äldre områdena. Sammantaget har dock detta i medeltal endast lett till ca 20 % lägre specifik total energianvändning i de 5 nyare områdena jämfört med de 5 äldre. I **figur 2** har uppmätt specifik total energianvändning jämförts med uppgifter från SCB för flerbostadshus med fjärrvärme. Vanliga U-värden i ytterväggar och vindsbjälklag för flerbostads-

hus från olika epoker visas i **figur 3**.

## Värdering av klagomål

Klagomålen på inomhusmiljön har värderats utifrån uppgifter om "tidigare eller nuvarande astma/hörsnuva/eksem/allergiska besvär eller sjukdomar" (= "astma m m") samt olika "miljöfaktorer" och "nuvarande besvär", **tabell 2**.

De 10 undersökta områdenas medelvärden för nämnda parametrar redovisas i **tabell 1** för summan av svarsalternativen "ofta + i bland". "Nuvarande besvär" har uppde-



Figur 2. Specifik total energianvändning per m<sup>2</sup> lägenhetsyta för byggnadsuppvärmning, varmvatten och hushållsel i de 10 områdena. Jämförelser görs med uppgifter från SCB Bostads- och byggnadsstatistisk årsbok 1994 för flerbostadshus med fjärrvärme, varvid elanvändningen antas till 45 kWh/m<sup>2</sup> år.

Tabell 1. Några tekniska data och resultat för de studerade 10 områdena. Uppgifterna avser för respektive område medelvärdet av tekniska mätningar i 6 lägenheter samt av enkätsvar från ca ett trettiotal lägenheter av samma typ. S = självdragsventilation, F = frånluftsventilation, FT = frånlufts-/tillluftsventilation, X = ventilationsvärmexlare, FVP = frånlufts-värmepump och mv = medelvärde. Total ventilation är bestämd med passiv spårgasteknik, som medelvärdet för ca en månad.

Område/Ort	Byggår/ Ombyggn år	Energislag	Ventilation	Rums- höjd m	Don- mätt från- lufts- flöde l/s	Total venti- lation l/s	Klagomåls- frekvens "Asthma m m" vuxna + barn %	Besvärs- och symtomfrekvens för vuxna. Summan av svars- alternativen "ofta + ibland" %		Klago- måls- frekvens inne- miljö <sup>k</sup> %
								Miljöfaktorer <sup>i</sup>	Nuvarande besvär	
1. Varberg	1969	direkte <sup>d</sup>	FT, FVP <sup>f</sup>	2,5	26	45	29	26	23	26
2. Varberg	1984	direkte <sup>e</sup>	FTX	2,4	28	40	45	21	30	32
3. Malmö	1958	fj. värme <sup>i</sup>	S	2,5	21	30	50	31	35	39
4. Malmö	1952/1985 <sup>a</sup>	fj. värme	S	2,6	12	26	47	25	23	32
5. Lund	1986	fj. värme	FTX	2,4	39	57	19	21	25	22
6. Staffanstorps	1991	gaspannor	F	2,4	40	63	19	23	28	23
7. Göteborg	1960/1994 <sup>b</sup>	fj. värme	S	2,5	26	18	43	35	29	36
8. Göteborg	1959/1983 <sup>c</sup>	fj. värme	S	2,5	32	22	69	45	42	52
9. Göteborg	1988	fj. värme	FVP <sup>g</sup>	2,4	28	29 <sup>h</sup>	30	32	31	31
10. Göteborg mv	1994	fj. värme	F	2,4	21	16	39	23	32	31
					41 <sup>h</sup>	27	35	39	28	32

Anm. a) Tilläggsisolering fasad. b) Ommålning fasad. c) Halva området tilläggsisolering fasad, 3-glasfönster och spaltventiler. d) Kollektiv mätning av energi- och vattenanvändning. e) Individuell mätning av lägenhetens energi för byggnadsuppvärmning och varmvatten samt vattenanvändning. f) FVP värmer tilluften. g) FVP kopplad till radiatorsystemet. h) 1997 (övriga mätningar gjordes uppvärmningssäsongen 1995–96). i) Medelvärde 11 faktorer, d v s exklusive "Annat". j) Injustering värmesystem. k) Medelvärdet av "Asthma m m", "Miljöfaktorer" och "Nuvarande besvär" med lika viktning.

Tabell 2. "Miljöfaktorer" och "nuvarande besvär".

Miljöfaktorer	Nuvarande besvär
Drag	Allmänt
För hög temperatur	Trötthet
Varierande rumstemperatur	Tung i huvudet
För låg rumstemperatur	Huvudvärk
Instängd ("dålig") luft	Illamående/yrsel
Torr luft	Koncentrationssvårigheter
Obehaglig lukt	Slemhinnor
Statisk elektricitet	Klåda, sveda, irritation i ögonen
Andras tobaksrök	Irriterad, täppt eller rinnande näsa
Buller	Heshet, halstorrhet
Damm och smuts	Hosta
Annat	Hud
	Torr eller rodnad hud i ansiktet
	Fjällning/klåda i hårbotten/öron
	Torr, kliande rodnad hud på händerna
	Annat

lats och behandlats i grupperna "allmänt", "slemhinnor" och "hud". De studerade områdena har för svarsalternativet "ofta" (= minst varje vecka) och medelvärdet av "miljöfaktorer" i medeltal ca 3 procentenheter högre besvärsfrekvens än ELIB-undersökningen och för medelvärdet av "nuvarande besvär" drygt 3 procentenheter högre symptomfrekvenser.

### Bearbetning med hänsyn till ventilationssystem

I tabell 3 sammanfattas resultaten efter bearbetning och gruppering med

hänsyn till typ av ventilationssystem.

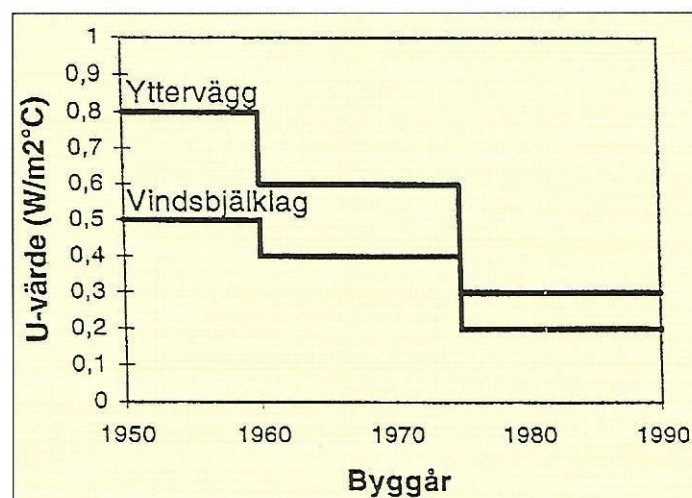
Klagomålsfrekvensen "astma m m" är i medeltal drygt 20 procentenheter högre i de självdragsventilerade områdena jämfört med de frånlufts- respektive frånlufts-/tillluftsventilerade. Sämst i tur och ordning är områdena 8, 3 och 4. För "miljöfaktorer" är besvärsfrekvensen i medeltal lägst i de frånlufts-/tillluftsventilerade områdena, ca 3 procentenheter högre i de frånluftsventilerade och ca 11 procentenheter högre i de självdragsventilerade. Analogt gäller att

även symptomfrekvenser för "nuvarande besvär" i medeltal är lägst i de frånlufts-/tillluftsventilerade områdena, ca 4 procentenheter högre i de frånluftsventilerade respektive drygt 6 procentenheter högre i de självdragsventilerade.

### Rangordning

Områdena har rangordnats med hänsyn till den sammanvägda klagomålsfrekvensen för inomhusmiljön, d v s medelvärdet av frekvenser för "astma m m", "miljöfaktorer" och

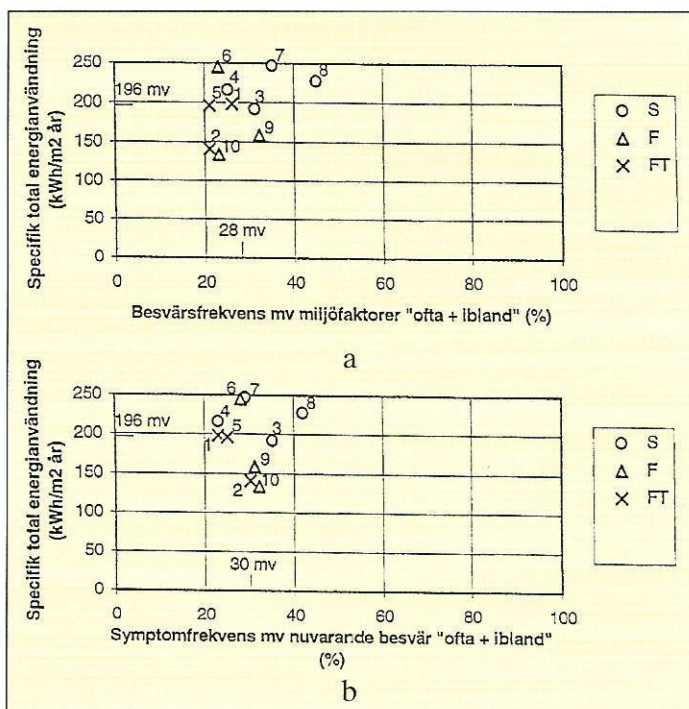
"nuvarande besvär" med lika viktning. Klagomålsfrekvensen för inomhusmiljön är hög i de äldre områdena med självdragssystem och låg ventilation samt låg i nyare områden med frånlufts- eller frånlufts-/tillluftsventilation och hög ventilation. Lägst klagomålsfrekvens, tabell 1 samt figurerna 4–7, har område 5 med frånlufts-/tillluftsventilation och område 6 med frånluftsventilation. Därefter kommer i tur och ordning område 1 med frånlufts-/tillluftsven-



Figur 3. Utvecklingen för ytterväggar och vindsbjälklags U-värde i flerbostadshus under 1950-1990. Uppgifterna gäller vid nybyggnadstillfället. Källa: Energibehov för bebyggelse, hushållningsmöjligheter. Industridepartementet, Energi-kommissionen Ds I 1977:13.

**Tabell 3. Sammanställning av några resultat från enkätundersökningen i de 10 områdena. Uppgifterna avser medelvärden för områden med samma typ av ventilationssystem. S = självdragsventilation, F = frånluftsventilation och FT = frånlufts-/tilluftsventilation.**

Ventilationssystem	Klagomålsfrekvens "Asthma m m" vuxna + barn %	Besvärs- och symptomfrekvens för vuxna. Summan av svarsalternativet "ofta + ibland" %	
		Miljöfaktorer	Nuvarande besvär
S	52	34	32
F	29	26	30
FT	31	23	26
mv	37	28	30



**Figur 4. Samband specifik total energianvändning för byggnadsuppvärmning, varmvatten och hushållsel samt besvärsrespektive symptomfrekvens för summan av svarsalternativen "ofta + ibland" för vuxna, medelvärde för a. miljöfaktorer. b. nuvarande besvär.**

tilation och område 9 med frånluftsventilation. Högst klagomålsfrekvens har de 3 äldre områdena med självdragsventilation, 8, 3 och 7.

I tabell 4 samt figurerna 8 och 9 redovisas några resultat från de tekniska mätningarna i form av medelvärdet för innetemperatur, total ventilation, relativ fuktighet samt klagomålsfrekvensen för "astma m m" och specifik total energianvändning.

Uteluftstemperaturens medelvärde för respektive område har under mätningarna varit mellan -4 och 5 °C. Av tabellen och

figurerna framgår bl a att högre ventilation ger lägre relativ fuktighet samt mindre ökning av koldioxidhalten inne dagtid med öppna innerdörrar relativt ute.

Innetluftstemperaturen

**Tabell 4. Sammanställning av några resultat för de 10 områdena från de tekniska mätningarna, klagomålsfrekvens "astma m m" och specifik total energianvändning. Uppgifterna avser medelvärden för områden med samma typ av ventilationssystem. S = självdragsventilation, F = frånluftsventilation, FT = frånlufts-/tilluftsventilation och mv = medelvärde.**

Ventilation	Innetluftstemp °C	Total vent l/s	Relativ fuktighet inne %	Skillnad i koldioxidhalt inne-ute ppm	Klagomålsfrekvens "astma m m" vuxna + barn %	Specifik total energianvändning kWh/m² år
S	22,2	24	29	550	52	221
F	22,6	36	27	535	29	179
FT	21,7	47	24	445	31	178
mv	22,2	35	27	514	37	196

och relativa fuktigheten är i stort sett densamma i de båda äldre områdena 1 och 4. Område 1 har ca 70 % och område 5 ca 120 % högre uppmätt total ventilation bestämd som medelvärdet för ca en månad. Skillnaden mellan koldioxidhalten inne och ute är dubbelt så stor i område 4 med självdragsventilation som i område 1 med frånlufts-/tilluftsventilation. Skillnaden är i område 5 ca 30 % högre än i område 1.

De frånluftsventilerade områdena 6, 9 och 10 samt de frånlufts-/tilluftsventilerade 1, 2 och 5 har i medeltal lägst specifik total energianvändning medan de självdragsventilerade områdena 3, 4, 7 och 8 har ca 20 % högre. Observera dock att områdena har byggts under olika epoker med skillnader bl a i ventilation och i vissa fall värmeåtervinning, tabell 1.

Kontinuerliga mätningar nattetid i en lägenhet i 1 sovrum för 2 personer med stängd innerdörr inom varje område visar att innetluftstemperaturen varit relativt konstant och varierat med högst ca 2 °C. Lägenheter med frånlufts-/tilluftsventilation eller frånluftsventilation och tilluftsradior alternativt kvalificerat uteluftsdon över fönster uppvisar minst ökning av skillnaden i koldioxidhalt inne-ute med 350-1 400 ppm respektive av den relativa fuktigheten med 6-9 %. Lägenheter med

självdragsssystem och som saknar särskilda uteluftsdon i sovrummen visar öknings med 1 250-2 000 ppm respektive 8-15 %.

### Slutsatser

Undersökningen i de studerade 10 områdena visar att rätt utförd energisparande varken ger inomhusmiljöproblem eller byggskador.

De nyare områdena, utom område 6, har jämfört med de äldre lägre specifik energianvändning för byggnadsuppvärmning och varmvatten, men högre för hushållsel och fastighetsel, se figur 1. Område 6 har dock ungefär lika hög specifik energianvändning för byggnadsuppvärmning och varmvatten som de äldre områdena. Sammantaget har de 5 nyare områdena i medeltal ca 20 % lägre specifik total energianvändning än de 5 äldre.

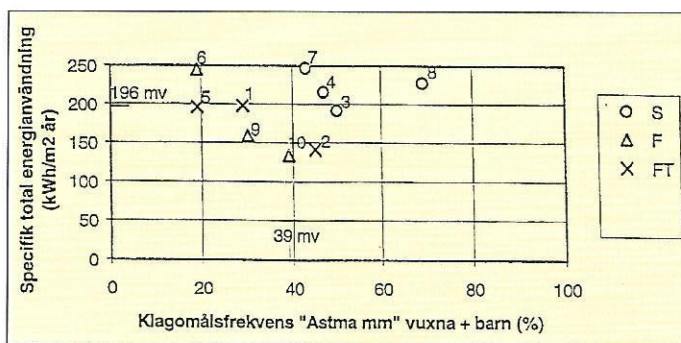
Lägst klagomålsfrekvens på inomhusmiljön har område 5 med frånlufts-/tilluftsventilation och område 6 med frånluftsventilation.

Den specifika totala energianvändningen i område 5 är densamma som medelvärdet för de 10 områdena, medan den i område 6 är drygt 20 % högre. Den totala ventilationen är ca 60 respektive 80 % högre än de 10 områdenas medelvärde. Område 5 har värmeåtervinning och ca 10 % lägre total ventilation än områ-

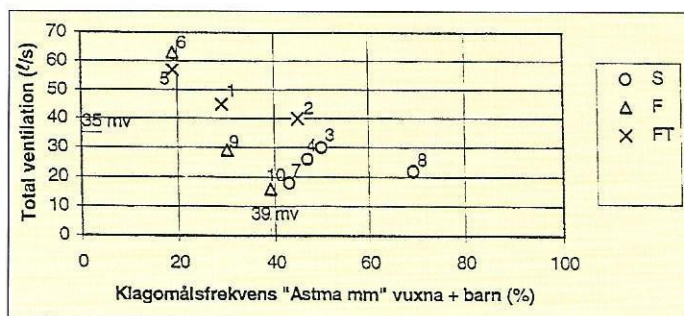
de 6. Den lägre ventilationen utgör en mindre del, ca 1/10, av skillnaden i specifik total energianvändning mellan områdena 5 och 6.

De 3 nyare områdena, 9 och 10 med frånluftsventilation samt 2 med frånlufts-/tillluftsventilation har lägst specifik total energianvändning, ca 25 % lägre än de 10 områdenas medelvärde samt total ventilation ca 20 och 50 % lägre respektive ca 10 % högre än de 10 områdenas medelvärde. Klagomålsfrekvensen för inommiljön är ungefär som medelvärdet för de 10 områdena.

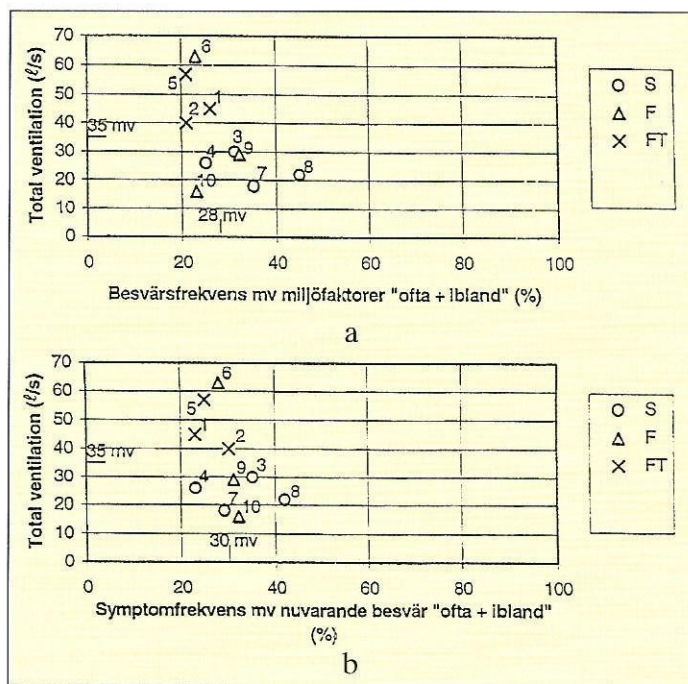
Områdena med självdragsventilation har i medeltal högst specifik total energianvändning, ca 10 % högre än de 10



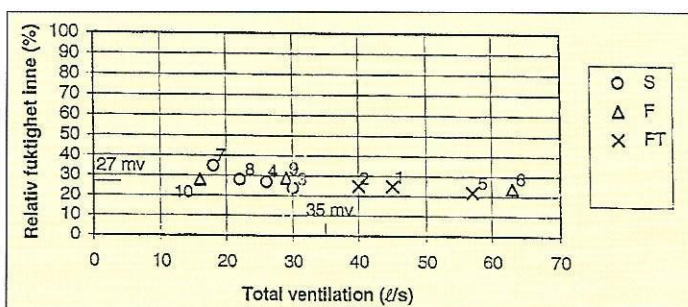
Figur 5. Samband specifik total energianvändning och klagomålsfrekvens "Tidigare eller nuvarande astma/hörsnuva/eksem/allergiska besvär eller sjukdomar" (= "astma m m") för vuxna + barn.



Figur 6. Samband total ventilation (medelvärde för ca en månad) och klagomålsfrekvens "astma m m" för vuxna + barn.



Figur 7. Samband total ventilation (medelvärde för ca en månad) samt besvär- och symptomfrekvens för summan av svarsalternativen "ofta + ibland" för vuxna, medelvärde för a. Miljöfaktorer. b. Nuvarande besvär.



Figur 8. Samband relativ fuktighet inne och total ventilation. Medelvärde för ca en månad långa mätperioder.

värmeåtervinning. Område 2 är 15 år yngre än område 1 och uppfört enligt senare byggbestämmelser med skärpta värme-hushållningskrav. Ca 1/3 av den 30 %-iga skillnaden mellan de båda områdena beror på olika isolernivåer. Resterande del beror huvudsakligen på om energi- och vattenanvändningen mäts individuellt eller kollektivt.

### Ventilationens roll

Av figurerna 6 och 7 framgår att inte ens en mycket hög total ventilation, t ex område 6 med 63 l/s och område 5 med 57 l/s kan eliminera klagomålen på inommiljön. Besvär- och symptomfrekvensen för svarsalternativet "ofta + ibland" tycks alltid vara minst ca 20 %, även vid hög total ventilation. Av figurerna 6 och 7 framgår också att den totala ventilationen bör vara minst 15-20 l/s och lägenhet, i annat fall ökar klagomålsfrekvensen kraftigt.

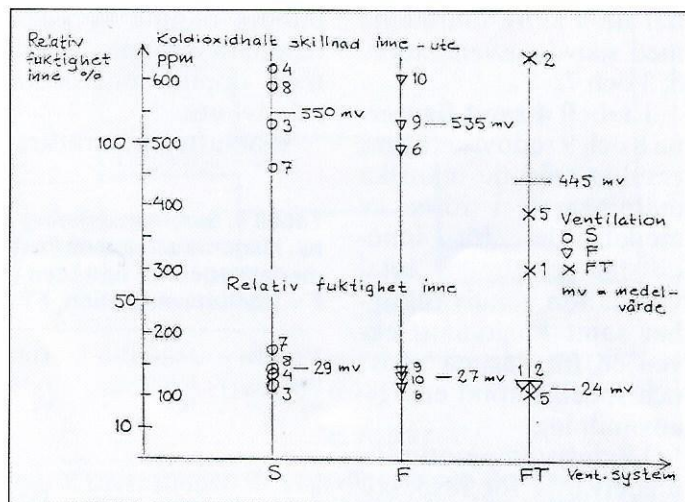
områdenas medelvärde, total ventilation mellan 15 och 50 % lägre än de 10 områdenas medelvärde samt högst klagomålsfrekvens på inommiljön.

### Direktelvärm

Områdena 1 och 2 har direktverkande elvärm (radiatorer) med kollektiv respektive individuell mätning av energi- och vattenanvändningen. Område 2 har ca 30 % lägre specifik total energianvändning.

Båda områdena har

Områdena med självdragsventilation har klagomålsfrekvenser på ca 50 % för "astma m m" hos vuxna + barn mot ca 30 % för frånlufts- eller frånlufts-/tillluftsventilerade områden, tabell 1. Observera dock att den totala ventilationen är ca 30 respektive 50 % lägre i de



Figur 9. Relativ fuktighet och skillnad i koldioxidhalt inne-ute för de 10 studerade områdena grupperade med hänsyn till typ av ventilationssystem.

självdraagsventilerade områdena. Av tabellen framgår också att de 4 områdena med självdraagsventilation har i medeltal ca 25 % högre energianvändning. De är äldst och förefaller ha mer klagomål på innemiljön än övriga 6 områden, vilka har frånlufts- eller frånlufts-/tilluftsventilation.

### **Stora variationer**

Stora variationer före-

ligger i innemiljöegenskaper samt energi- och vattenanvändning mellan olika områden. För de undersökta 10 områdena har individuell energi- och vattenmätning i stället för kollektiv, boendevanor och förvaltningens kvalitet större inverkan på innemiljön, energi- och vattenanvändningen samt kostnaderna än byggnadens ålder, valda byggtekniska lösningar, installationer och

ev energisparåtgärder.

Enkätsvaren samt gjorda iakttagelser och observationer under de tekniska mätningarna skiljer sig åt i flera avseenden. Andra faktorer än de som studerats i enkäten kan haft ett avgörande inflytande på enkätsvaren som områdets popularitet, belägenhet relativt centrum, sociala förhållanden etc.

Ofullständigt sanerade lägenheter efter fuktska-

lor och vattenläckage från installationer kan förklara en del uppgifter för några lägenheter i ett par av områdena. Klassificering av innemiljöns kvalitet är ett mångfaktoriellt problem, som för sin lösning bör studeras närmare förslagsvis med datorstöd och induktivt expertsystem.

**Christer Harrysson**