Klimatsmarta flerbostadshus och energismarta hyresgäster kan tillsammans spara 50 % energi

Erfarenheter av innemiljö, energianvändning och livscykelkostnader för några lösningar och undersökningar

Människans inverkan på klimatförändringarna är konstaterad. Utsläppen av växthusgaser måste drastiskt minskas. En effektivare energianvändning är av stor betydelse för att man ska kunna uppnå de långsiktiga klimatmålen. Bostadssektorn svarar för cirka 40 procent av Sveriges totala energianvändning. Det talas mycket om vilka energikällor som ska väljas, men lite om hur energianvändningen kan effektiviseras. Energi- och vattenkostnader utgör med tiden en allt större del av driftkostnaden i förvaltningsskedet av bostäder. Betydelsen av kvalificerad fastighetsförvaltning har därmed ökat markant.

Det finns avsevärda möjligheter att förbättra innemiljön och effektivisera energianvändningen i flerbostadshus. Kunskaper finns men används inte i tillräcklig utsträckning, som framgår till exempel av *Cajdert* (2000). Potentialen för energibesparing är i många fall 50 procent eller mer, såväl för befintliga hus som nyproduktion. Värdet av nämnda förbättringar är således betydande från hälso- och ekonomisynpunkt både för konsumenterna och den globala miljön.

Offentlig statistik till exempel SCB (2007) visar att energianvändningen inte minskar i flerbostadshus byggda efter början på 1980-talet och i småhus byggda efter mitten på 1980-talet. Dessutom har energieffektiviseringen i äldre byggnader nästan helt avstannat. Samtidigt kan en ökad energianvändning konstateras i nybyggda flerbostadshus. Detta kan bland annat bero på stora glasytor, komplicerade värme- och ventilationssystem som frånlufts-/tilluftsventilation med ventilationsvärmeväxlare, golvvärme samt att många hus med fjärrvärme saknar värmeåtervinning.

Energianvändningen är hög i flerbostadshus, i medeltal runt 200 kWh/m² år totalt för byggnadsuppvärmning, varmvatten, fastighetsel och hushållsel, *tabell 1*, SCB (2007). Det finns nya flerbostadshus som ligger kring 100 kWh/m² år, *Warfvinge* (2005). Under 1970-talet har energianvändningen sjunkit. Hus med fjärrvärme byggda efter början på 1980-talet har cirka 20 procent lägre energianvändning för byggnadsuppvärmning och varmvatten, 140 kWh/m² år jämfört med äldre hus, 170 kWh/m² år.

Nya elvärmda småhus byggda efter mitten på 1980-talet har i medeltal total

Tabell 1: Energianvändning i flerbostadshus, SCB (2007).

Genomsnittlig energianvändning per m² uppvärmd yta i flerbostadshus efter uppvärmningssätt
Average use of energy per sq.m. heated floor space in multi-dwelling buildings by type of heating

	Totalt		Därav hus med enbart bostadslägenheter	
	Egen oljepanna (l olja)	Fjärrvärme (kWh)	Egen oljepanna (l olja)	Fjärrvärme (kWh)
1982	26,0	203	27,6	206
1983	24,5	191	26,1	197
1984	24,1	188	25,9	194
1985	26,6	209	28,1	212
1986	25,5	198	26,6	206
1987	26,1	201	25,8	206
1988	24,2	183	26,6	188
1989	22,4	165	24,3	174
1990	22,1	166	24,6	173
1991	23,6	176	25,4	183
1992	22,6	170	24,6	177
1993	23,7	178	24,8	181
1994	24,6	175	26,7	180
1995	22,4	177	23,1	181
1996	23,0	185	24,2	188
1997	21,6	170	22,0	179
1998	22,4	176	22,8	180
1999	20,7	167	21,7	171
2000	20,5	160	21,5	164
2001	20,5	171	21,7	175
2002	21,5	169	22,4	172
2003	21,9	168	23,4	169
2004	21,0	163	22,1	165
2005	19,8	162	19,1	162
Byggår				
–1940	19,5	165	19,4	170
1941–1960	21,2	172	19,2	175
1961–1970	20,2	166	20,6	165
1971–1980	14,0	167	..	169
1981–1990	17,4	128	..	135
1991–2000	15,6	141	..	142
2001–	–	131	–	141
Uppgift saknas	19,6	160	19,1	165

Sveriges officiella statistik

Anmärkning: .. Antalet observationer är färre än 4.
Källa: SCB, energistatistik för flerbostadshus (urvalsundersökning).

*Artikelförfattare är professor **Christer Harrysson**, Örebro universitet.*

Tabell 2: Energianvändning i småhus, SCB (2007).

Genomsnittlig användning av olja respektive el per m² sammanlagd uppvärmd yta. Småhus uppvärmda med enbart olja respektive enbart el

Average use of oil and electricity per sq.m. total heated floor space for one- or two-dwelling buildings heated with oil exclusively or electricity exclusively

	Alla småhus	Byggår									
		–1940	1941–1960	1961–1970	1971–1975	1976–1980	1981–1985	1986–1990	1991–2000	2001–	Okänt
Småhus på annan fastighet											
Enbart oljeuppvärmning (l/m²)											
1991	21	24	22	18	17	14	16				–
1992	20	23	20	18	16	15	19				–
1993	20	23	21	18	15	13	23				–
1994	20	23	21	19	14	14	–				–
1995	21	23	22	19	15	18	–	–			–
1996	20	23	22	18	16	15	..	..			–
1997	18	19	20	18	15	15	..	..			–
1998	22	24	23	21	19	16	..	..	..		–
1999	21	23	23	20	18	17	–	..	..		–
2000	20	21	22	22	18	17	17	..	..		–
2001	20	22	21	20	17				19		–
2002	20	21	22	18	17		22		15		–
2003	19	21	20	17	15		16		14		22
2004	20	21	22	18	20		16[2]		25[2]		–
2005[1)]	19	19	21	18	17		17[2]		–	–	–
Enbart eluppvärmning (kWh/m²)											
1991	145	173	171	147	139	129	133				–
1992	142	165	162	148	138	132	129				–
1993	144	167	157	149	137	132	137				–
1994	145	167	163	155	139	134	131				–
1995	144	165	173	151	134	133	141	123			–
1996	159	185	177	160	151	147	155	140			–
1997	160	196	186	170	147	148	147	137			–
1998	158	187	202	169	153	140	148	133	125		–
1999	156	185	194	161	142	141	154	133	133		–
2000	154	178	183	164	144	141	148	134	123		–
2001	156	187	180	164	142		142		144		–
2002	157	183	190	164	147		143		130		–
2003 direktverkande	147	175	179	151	140		139		147		178
vattenburen	160	190	184	165	146		144		128		186
2004	154	184	194	154	143		140		135		–
2005[1)]	150	178	185	149	139		142		135	120	–
Alla småhus											
Enbart oljeuppvärmning (l/m²)											
1991	–	–	–	–	–	–	–				–
1992	–	–	–	–	–	–	–				–
1993	20	23	21	18	15	13	23				–
1994	–	–	–	–	–	–	–				–
1995	–	–	–	–	–	–	–	–			–
1996	20	23	23	18	16	15	..	..			–
1997	–	–	–	–	–	–	–	–			–
1998	–	–	–	–	–	–	–	–	–		–
1999	23	22	20	18	17	–	..	..	..		–
2000	–	–	–	–	–	–	–	–	–		–
2001	–	–	–	–	–	–	–	–	–		–
2002	21	22	22	19	..		..		15	–	–
2003	19	21	20	17	15		16		14	22	22
2004	–	–	–	–	–		–		–	–	–
2005	19	19	21	18	17		17[2]		–	–	–

Sveriges officiella statistik

1) Från och med 2005 ingår småhus på lantbruksfastighet i urvalet varje år.

2) Antalet observationer är 4-9 Anmärkning .. Antalet observationer är färre än 4

Källa: SCB, energistatistik för småhus (urvalsundersökning).

energianvändning för byggnadsuppvärmning, varmvatten och hushållsel 120 till 130 kWh/m² år, *tabell 2*, SCB (2007). Det finns emellertid goda lösningar för småhus som ligger kring 80 till 90 kWh/m² år, *Harrysson* (1994, 2006 a, b).

Sedan oljekrisen 1974 har ett stort antal projekt genomförts avseende innemiljö och energianvändning i flerbostadshus. Projekten omfattar såväl serieproducerade flerbostadshus som mer eller mindre utpräglade prov- och experimenthus. Utvärdering av genomförda energi- och innemiljöprojekt sker dock inte alltid i den omfattning som är nödvändig för att erfarenheter till fullo ska kunna tas till vara.

Åtskilliga undersökningar har utförts respektive pågår inom forskningsområdet utan att man har en lättillgänglig överblick. Någon vältäckande sammanställning eller översikt och analys har veterligen inte gjorts. Enhetliga mät- och utvärderingsmetoder för uppföljning av dylika undersökningar saknas dessutom. Denna uppsats är en sammanställning och analys av resultat från ett antal undersökningar av flerbostadshus.

Adekvata tekniska lösningar sänker såväl produktionskostnaderna som energianvändningen med 30 procent

Hög energianvändning, kraftigt höjda energipriser och byggkostnader samt ökade kostnader för att avhjälpa innemiljöproblem och byggskador har tillsammans med nya byggbestämmelser och EU-direktivet för byggnaders energiprestanda och innemiljökvalitet accentuerat behovet av att närmare kartlägga innemiljö och energianvändning i flerbostadshus.

Kostnadsbesparande åtgärder gör det möjligt för allt fler medborgare att ha råd med en god bostad. Litteraturuppgifter, *Josephson & Saukkoriipi* (2005) samt *Harrysson* (2006a,b) visar att såväl produktions- som driftkostnader (energi) kan sänkas med 30 procent. Flerbostadshus byggs med många olika tekniska lösningar. Det är angeläget att värdera och rangordna dessa från energi- och innemiljösynpunkt respektive olika åtgärder för att spara energi och förbättra innemiljön. Föreslagna åtgärder ska minska behovet av såväl värme- som elenergi.

Sedan oljekrisen 1974 har flera nya byggbestämmelser tillkommit. Deras verkliga betydelse för innemiljö och energianvändning har huvudsakligen följts upp i enstaka hus. I ett fåtal undersökningar har uppföljningar gjorts av serieproducerade bostadshus med nominellt lika och bebodda lägenheter till exempel *Harrysson* (1994, 1997, 1998). Redan på 1970-talet byggdes ett antal lågenergihus med olika lösningar till exempel passivhus. Idéer till passivhusen utvecklades i Tyskland och i Sverige av professor *Bo Adamson*. Ett av de första passivhusen i Sverige byggdes av *Mats Wolgast* 1979, *Wolgast* (1982). Många av passivhusen är elvärmda med direktel eller luftvärme. Debatten om passivhusens kostnader och innemiljö har intensifierats på senare år.

Stora variationer mellan olika lösningar och lägenheter

Skillnader i energianvändning och innemiljö mellan olika områden och lägenheter beror bland annat på

- Variationer i brukarvanor
- Hur energi- och vattenanvändningen mäts och debiteras individuellt eller kollektivt
- Förvaltningens former och kvalitet
- Arbetsutförandets kvalitet (isolering, tätning, injustering av värme- och ventilationssystem)
- Tekniska lösningar (isolering, tätning, värme, ventilation, återvinning).

Många olika tekniska lösningar förekommer för flerbostadshus. Exempel på tekniska åtgärder för att minska energianvändningen är tilläggsisolering och tätning av byggnaden, värmeåtervinning ur ventilationsluften, energieffektiva fönster, snålspolande armaturer för varmvatten, energisparlampor för belysning, värmeväxling av avloppsvatten, effektiva fjärrvärmesystem med mera.

Boverksundersökningen

Redan 1997 presenterade Boverket en rapport grundad på forskning av *Harrysson* (1997). Syftet med studien var att undersöka innemiljö-, energi- och kostnadsegenskaper för olika tekniska lösningar från olika epoker samt studera inverkan av olika byggregler. Undersökningen omfattade tio flerbostadshusområden med 395 lägenheter belägna utmed

Tabell 3 Uppgifter för de tio studerade husområdena, Harrysson (1997).

Geografiskt läge	Byggår	Om-byggn. år	Värme	Ventilation	Fönster	Anm. Energimätare antal huskroppar, m m
1. Varberg	1969	-	Dir. elrad	FT, FVP	3	Kollektiv mätning all el
2. Varberg	1984	-	Dir. elrad	FTX	3	Individuell mätning all el
3. Malmö	1958		Fj. v	S	2[a]	Injustering av värmesystem, 3-glasfönster
4. Malmö	1952	1985	Fj. v	S	2	Tilläggsisolering, 3-4 hus per central
5. Lund	1986	-	Fj. v	FTX	3	2 centraler
6. Staffanstorp	1991	-	Fj. v gas	F + tilllufts-rad. alt. kval. utelufts-don	3	Daghem + gruppboende, gas-mätare, för varmvatten värmemängdsmätare
7. Göteborg	1960	1994	Fj. v	S	3	Målat, 12 huskroppar en mätare
8. Göteborg H	1959		Fj. v	S	3	7 huskroppar en mätare
S	1959	1983	Fj. v	S	3	10 cm tilläggsisolering 5 huskroppar en mätare
9. Göteborg	1988	-	Fj. v	F +spaltvent alt. kval. utelufts-don FVP för värme-system	3	En energi- respektive vattenmätare. Avgiven och tillförd energi till FVP registreras med värmemängds- respektive elmätare
10. Göteborg	1994	-	Fj. v	F + tilluftsrad.	3	2 punkthus, central i varje hus

Anm [a] Ombyggt till 3-glasfönster

Västkusten från Göteborg till Malmö, *tabell 3*. Husen hade uppförts mellan 1952 och 1994. Tre av områdena hade byggts om innan undersökningen gjordes. Åtgärderna beskrivs i *Harrysson* (1997). Undersökningen, som var unik, omfattar energi- och vattenanvändning, tekniska mätningar av parametrar av vikt för energianvändningen och innemiljön, enkätundersökning med brukare och förvaltande personal. En syntes gjordes av alla resultaten.

Uppmätt energianvändning för de tio studerade områdena redovisas i *tabell 4*. Olika bygg- och installationstekniska lösningar rangordnades utifrån en kombination av låg energianvändning, god innemiljö och kostnadseffektivt byggande och underhåll. Resultaten visar att det finns nya flerbostadshus med högre specifik total energianvändning än äldre hus samt att den specifika totala energianvändningen mellan två områden med samma tekniska lösning kan förhålla sig som 1:2.

Den specifika totala energianvändningen för byggnadsuppvärmning, varmvatten, hushållsel och fastighetsel uppmättes i medeltal till 196 kWh/m² år med variationer mellan 134 och 247. Hushållselen uppmättes i medeltal till 31 kWh/m² år med variationer mellan 18 och 44. Fastighetselen uppmättes i medeltal till 22 kWh/m² år med variationer mellan 11 och 34.

De nyare områdena, förutom område 6, har lägre specifik total energianvändning för byggnadsuppvärmning och varmvatten, men högre för fastighetsel. Område 6 har dock ungefär lika hög specifik energianvändning för byggnadsuppvärmning och varmvatten som de äldre områdena. De fem nyare områdena har i medeltal cirka 20 procent lägre specifik total energianvändning än de fem äldre.

De båda nyare områdena 9 och 10 med frånluftsventilation har cirka 15 procent lägre specifik total energianvändning än de båda nyare 2 och 5 med frånlufts-/tilluftsventilation och värmeåtervinning.

Det finns nyare områden byggda efter mitten på 1980-talet som har minst lika hög specifik energianvändning som äldre områden. Detta framgår av att område 6 byggt 1991 använder 245 kWh/m² år medan områdena 7 byggt 1960 och 8 byggt 1959 använder 247 respektive 228 kWh/m² år.

Lägst specifik total energianvändning har område 10 med 134 kWh/m² år. Detta område, beläget i Mölndal, har bland annat frånluftsventilation och fjärrvärme.

Sammantaget visar resultaten att individuell energimätning i stället för kollektiv samt boendevanor och förvaltningens kvalitet har störst inverkan på energi- och vattenanvändningen samt kostnaderna. Därefter kommer byggnadens ålder, valda byggtekniska lösningar, installationer och eventuella energisparåtgärder.

Undersökningen visar att rätt utfört energisparande ger varken innemiljöproblem eller byggskador.

Tabell 4: Uppmätt energianvändning i de tio studerade husområdena, Harrysson (1997).

Uppgifter om energislag, uppvärmd lägenhetsyta, energi- och vattenanvändning m m för de studerade områdena. Dessutom ges uppgifter om ev kollektiv mätning av energi- och vattenanvändning samt om lägenheter i enkätundersökningen för vilka använd hushållsel anges. Område 6 har gas för byggnadsuppvärmning och varmvatten. Därvid har gasen antagits ha värmevärdet 10,9 kWh/m³ och 92 % verkningsgrad. Avlästa (faktiska) värden. Aktuella perioder för respektive uppgift anges i tabell 3.2.

Område	Energislag	Uppvärmd läg.	Lägenhet enkät		läg.	Uppmätt energianvändning							
	byggnads-uppvärmning och varmvatten	yta	antal	RoK	yta	byggnadsuppvärmning och varmvatten		fastighetsel		hushållsel (medelvärde)		total energianvändning för byggnadsuppvärmning, varmvatten, fastighetsel och hushållsel	
		m²			mv m²	kWh/år	kWh/m² · år	kWh/år	kWh/m² · år	kWh/år	kWh/m² · år	kWh/år	kWh/m² · år
1.	dir.el	30900	45	3	77	-	-	-	-	-	-	6117300	198[i]
2.	dir.el	14984	63	3	73	7230[a]	99[a]	635150[a]	42[a]	-[a]	-[a]		141
3. L 11	fjv	5719	34	3	60	908270	159	46396	12[b]	1632	27		198
V 11	fjv	2694				389910	145	38002	14[j]				186
4.	fjv	11750	33	3	74	2072140	176	132961	11	2174	29		216
5.	fjv	6051	34	3	86	792410	131	205891	34	2675	31		196
6. hus 5	gas	5287	50	3	83	929310	176	388864	34	3674	44		254
hus 11	gas	6132				963450	157						235
7.	fjv	36543	33	3	71	7612000	208	655440	21	2363[c]	18		247
8. H	fjv	16198	27	3	80	2874000	177	833694	23[e]	2488[c]	29		229
S	fjv	15501	23	3	81	2735000	176	593649	19[f]	2368[c]	31		226
9.	fjv	10736	28	3	77	805540	85+11[d]	289560	29	2612	34		159
10.	fjv 20 + 22	3492	66	2-3	66	302100	87	55954	16	2048	31		134
mv					75		144[g] 149[h]		25[g] 22[h]		31[g]		196

Tabell 5: Sammanfattning av resultat från Boverksundersökningen, Harrysson (1997) och SCB (2007).

Specifik energi-användning kWh/m² lghyta år	Byggnads-uppvärmning + varmvatten	Fastighetsel	Hushållsel	Totalt
medelvärde	149	22	31	196
variationer	87 – 208	11 – 34	18 – 44	134 – 247
bästa området 10	87	16	31	134
SCB 2007 befintliga flerbostadshus	170			
SCB 2007 nya flerbostadshus från cirka 1985 och framåt	140			

Innemiljö Enkätundersökning enligt modifierad Elib-modell med tilläggsfrågor har genomförts i 395 lägenheter fördelat på tio områden. Mätningar har gjorts av de för innemiljön och energianvändningen mest betydelsefulla parametrarna, bland annat av luftflöden genom ventilationsdon i sex lägenheter i varje område samt kontinuerliga mätningar i en lägehet per område i ett sovrum för två personer med stängd innerdörr. I nämnda sex lägenheter per område har slutligen den totala ventilationen bestämts under en månad med passiv spårgasteknik liksom innetemperaturen och relativ fuktighet. Några av resultaten sammanfattas i *tabell 6*.

Klagomålsfrekvensen ”astma med mera” är i medeltal drygt 20 procentenheter högre i de självdragsventilerade områdena jämfört med de frånlufts- respektive frånlufts-/tilluftsventilerade. Sämst i tur och ordning är områdena 8, 3 och 4. För ”miljöfaktorer” är besvärsfrekvensen i medeltal lägst i de frånlufts-/tilluftsventilerade områdena, cirka tre procentenheter högre i de frånluftsventilerade och cirka elva procentenheter högre i de självdragsventilerade. Analogt gäller att även symptomfrekvenser för ”nuvarande besvär” i medeltal är lägst i de frånlufts-/tilluftsventilerade områdena, cirka fyra procentenheter högre i de frånluftsventilerade respektive drygt sex procentenheter högre i de självdragsventilerade.

Klagomålsfrekvensen för innemiljön, medelvärdet av frekvenser för ”astma med mera”, ”miljöfaktorer” och ”nuvarande besvär” med lika viktning, är hög i de äldre områdena med självdragssystem och låg ventilation samt låg i nyare områden med frånlufts- eller frånlufts-/tilluftssystem och hög ventilation. Lägst klagomålsfrekvens på innemiljön har område 5 med frånlufts-/tilluftsventilation och område 6 med frånluftsventilation. Därefter kommer i tur och ordning område 1 med frånlufts-/tilluftsventilation och område 9 med frånluftsventilation. Högst klagomålsfrekvens har de tre äldre områdena med självdragsventilation 8, 3 och 7.

Dåliga lösningar

Teorier och beräkningar stämmer sällan med praktiska resultat inom innemiljö- och energiområdet. Orsaker till dylika avvikelser är oftast golvvärme, luftvärme och stora glasytor. Hittills har fjärrvärmda hus, om mer än 50 procent utgörs av förnybar energi, kunnat byggas utan krav värmeåtervinning, vilket ökat energianvändningen.

Sedan Boverksundersökningen, *Harrysson* (1997), har inte mycket positivt hänt för att få ner energianvändningen. Tvärtom stöder nya forskningsrön, Energimagasinet (2003, 2004) och *Nässén* (2007), slutsatsen från 1997 att nybyggda flerbostadshus kan ha högre specifik energianvändning än gamla flerbostadshus. Förväntade energibesparingar av olika åtgärder har ibland helt eller delvis uteblivit. Betydande avvikelser har konstaterats mellan uppmätt och beräknad energianvändning särskilt i nya byggnader med stora glasytor och/eller luft- eller golvvärme. I ett antal provhusområden, ekobyar och boutställningar som till exempel Bo01 har ovanligt hög energianvändning uppmätts jämfört med beräknade värden.

Golvvärme

Under 1990-talet har exempelvis golvvärme installerats i var och varannan nybyggd bostad, främst i småhus, ofta med hänvisning till att det är energibesparande och bekvämt. Detta stämmer inte. Golvvärme är dyrare att bygga, använder mer energi och ger nästan alltid ett trögare och mer svårreglerat värmesystem än med traditionella radiatorer.

Efter mer än tio års debatt och forskning inom området har golvvärmesystemen blivit mer energieffektiva och mer komfortabla, även om såväl produktions- som driftkostnader fortfarande oftast är avsevärt högre (minst 20 procent högre energianvändning) jämfört med traditionella radiatorer. Radiatorsystem har visat sig hålla den jämnaste innetemperaturen. Solinstrålning och annan gratisvärme kan därmed bättre tas tillvara.

Bo01

I Västra Hamnen i Malmö har tio flerbostadshus byggts till utställningen Bo01. Husen är enligt *Nilsson & Larsson* (2004) byggda med känd teknik för att fylla energikravet 105 kWh/m² år totalt för byggnadsuppvärmning, varmvatten, fastighetsel och hushållsel. Man uppger sig ha

Tabell 6: Några tekniska data och resultat för de 10 studerade områdena, Harrysson (1997).

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-/tilluftsventilation, X = ventilationsvärmeväxlare, FVP = frånluftsvärmepump och mv = medelvärde. Total ventilation är bestämd med passiv spårgasteknik, som medelvärdet för ca en månad.

Område/Ort	Byggår/ Ombyggn år	Energislag	Ventilation	Rumshöjd m	Donmätt frånluftsflöde l/s	Total ventilation l/s	Klagomålsfrekvens ”Astma m m” vuxna + barn %	Besvärs- och symtomfrekvens för vuxna. Summan av svarsalternativen ”ofta + ibland” % Medelvärdet för Miljöfaktorer[i]	Nuvarande besvär	Klagomålsfrekvens inne-miljö[k] %
1. Varberg	1969	direktel[d]	FT, FVP[f]	2,5	26	45	29	26	23	26
2. Varberg	1984	direktel[e]	FTX	2,4	28	40	45	21	30	32
3. Malmö	1958	fj, värme[j]	S	2,5	21	30	50	31	35	39
4. Malmö	1952/1985[a]	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. Staffanstorp	1991	gaspannor	F	2,4	40	63	19	23	28	23
7. Göteborg	1960/1994[b]	fj. värme	S	2,5	26	18	43	35	29	36
8. Göteborg	1959/1983[c]	fj. värme	S	2,5	32	22	69	45	42	52
9. Göteborg	1988	fj. värme	FVP[g]	2,4	28 41[h]	29[h]	30	32	31	31
10. Göteborg	1994	fj. värme	F	2,4	21	16	39	23	32	31
mv					27	35	39	28	30	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 ”Astma m m”, ”Miljöfaktorer” och ”Nuvarande besvär” med lika viktning.

eftersträvat helhetslösningar, där arkitektur, byggteknik och installationssystem samverkar. Flera åtgärder har kombinerats som energieffektiva fönster, tung stomme, extra isolering, energieffektiva pumpar och fläktar samt individuell mätning av el, värme och/eller varmvatten. Några av husen har värmeåtervinning medan andra använder frånluften för att värma garagen.

Den totala energianvändningen uppmättes under okt 2002 till okt 2003 huvudsakligen till mellan 120 och 200 kWh/m² år. Ett av husen hade 356 kWh/m² år. Beräknade värden låg mellan 77 och 107 kWh/m² år. Indata till beräkningarna, som gjordes med Enorm, har inte motsvarat verkligheten. Orsaker till avvikelserna är bland annat stora glasytor, värmetröga golvvärmesystem samt utförandebrister som dåligt utförd isolering, otätheter och bristfällig förvaltning (drift). Det stora värmebehovet i två av husen kunde delvis förklaras med felplacerade temperaturgivare hos värmesystemet respektive problem med värmesystemet och en icke fungerande behovstyrd ventilation.

En knapp tredjedel av de boende tyckte att värmekomforten var dålig vintertid. Vidare besvärades man i nästan hälften av lägenheterna av att det var kallt i något rum om vintern, i var tredje lägenhet av att golven var kalla samt i var fjärde lägenhet av ojämn temperatur, det vill säga att innetemperaturen varierade beroende på temperaturförändringar utomhus.

Luftkvaliteten i lägenheterna bedömdes som god. Ett missnöje fanns med ventilationen. Knappt en tredjedel av de svarande klagade över att matoset sprids i lägenheten vid matlagning, vilket troligen beror på öppen planlösning och att köksfläkten inte har tillräcklig uppfångningsförmåga.

Stora fönster gör att man får in mycket ljus. Samtidigt ökar riskerna för övertemperaturer speciellt sommartid. Stora fönster är också ett hinder för att utforma energieffektiva byggnader. Fönster har betydligt sämre isolerförmåga än väggar och medför vintertid betydande värmeförluster. De boende har även klagat på kallras vintertid.

Kv Jöns Ols, Lund.

På 2000-talet har flera intressanta lågenergihus byggts. Ett av dessa är Kv Jöns Ols i Lund, *Warfvinge* (2005). Byggnadens tekniska lösning karakteriseras kortfattat av;

- frånluftsventilation
- vattenradiatorer
- värmeåtervinning med frånlufts-/uteluftsvärmepump som kompletteras med fjärrvärme
- temperaturen styrs centralt i varje lägenhet
- värme- och vattenanvändning mäts och debiteras individuellt
- värmet i avloppsvattnet återvinns med en spillvattenvärmeväxlare som förvärmer varmvatten
- varmvatten värms av solfångaranläggning som kompletteras med fjärrvärme
- elutrustningen är energieffektiv liksom styrningen av fläktar och pumpar.

Uppmätt energianvändning, totalt och för olika delposter redovisas i *tabell 7*. Observera att den totala energianvändningen är cirka hälften av medelvärdet för Sveriges bestånd av flerbostadshus, SCB (2007). För byggnadsuppvärmning köps 31 kWh/m² BRA år (normalårskorrigerat) som fjärrvärme och drivel till värmepumpar. För varmvatten köps 10 kWh/m² BRA år som fjärrvärme. Energianvändningen för varmvatten är 22 kWh/m² BRA år. Mellanskillnaden täcks av solvärme och återvunnen värme ur spillvattnet.

FOTO: TORBJÖRN KLITTERVALL

Kvarteret Jöns Ols i Lund.

FTX – omdiskuterad lösning på väg tillbaka

En artikel av *Ahnland* (2007) sammanfattar flera experters syn på ventilation av bostäder. De flesta intervjuade varnar för FTX-ventilation. Sabo har nyligen genomfört en undersökning som visar att FTX (frånlufts-

Tabell 7: Kv Jöns Ols. Köpt energi fördelad på olika poster, Warfvinge (2005), där BRA är lika med bruksarea och BOA är lika med boarea.

Parameter	Byggnads-uppvärmning	Varmvatten	Fastighetsel	Hushållsel	Totalt
kWh/m²BRA år	31	10	16	27	84
kWh/m²BOA år	40	13	21	35	109

/tilluftsventilation med ventilationsvärmeväxlare) jämfört med frånluftsventilation inte gav någon energibesparing. Några uppgifter om ventilationens storlek ges dock inte. Samma erfarenheter visar den av *Harrysson* (1994) genomförda studien i 330 småhus respektive den i 395 lägenheter i flerbostadshus, *Harrysson* (1997).

Sabo-undersökningen uppger att den återvunna värmen som FTX gav, ”förlorats” genom den extra elenergi som aggregaten krävde, detta tillsammans med dåligt isolerade kanaler förlagda i ouppvärmda utrymmen. FTX kan också ge problem. Fläktarna drar energi även när värmeåtervinning inte behövs. Problemen med övertemperaturer sommartid ökar såvida man inte har en by pass-kanal. FTX-ventilation kräver stor kunnighet och noggrannhet både vid installation och drift. Underhållskostnaderna är betydande.

Även de båda Boverksundersökningar som *Harrysson* (1994, 1997) genomfört i småhus respektive flerbostadshus, refereras i artikeln av *Ahnland* (2007). Baserat på dessa uppger *Harrysson* att:

- Energibesparingen helt eller delvis uteblivit på grund av olämpligt placerade samt dåligt isolerade kanaler och aggregat
- Tilluftstemperaturen oftast styrs av en centralt placerad termostat med lågt gratisvärmeutnyttjande
- Ventilationsaggregatet har låg ”praktisk” verkningsgrad
- Större sannolikhet för övertryck inne relativt ute råder med förhöjda risker för fuktskador i klimatskärmen
- Betydande risker för hälsoproblem föreligger på grund av förorena(n)de kanaler och ventilationssystem med irriterade slemhinnor, astma och allergier samt ljudstörningar i form av lågfrekvent buller med mera som följd

Inomhusklimatet viktigare än energisparande

Lunds kommuns fastighets AB (LKF) har gjort en miljöinventering i samtliga 8 000 lägenheter i Lund, *Svensson m fl* (2005). Resultaten är nedslående för frånlufts-/tilluftssystem. Trots att anläggningarna sköts på ett aktivt och kompetent sätt är 15 till 20 procent av de boende missnöjda med ventilationen i hus med frånluft-/tilluftsventilation jämfört med fem procent i fastigheter med frånluftsventilation. De boende riktar bland annat kritik mot drag, nedsmutsning i tak, buller och ifrågasättande av om luften är frisk. LKF:s personal konstaterar att de boende i många fall manipulerat anläggningen.

Frånlufts-/tilluftsventilation kräver större insatser för drift, styrning och underhåll (filterbyte, kanalrensning med mera). Värmeåtervinning för att spara miljövänlig värme till exempel fjärrvärme, medför ofta ökad elanvändning med tveksam miljönytta. Enligt *Svensson m fl* (2005) talar mycket för att el endast undantagsvis bör användas för byggnadsuppvärmning och varmvatten. Värme från kraftvärmeproduktion måste betraktas på annat sätt än ren värmeproduktion. Krav på återvinning, speciellt vid användning av ventilationsvärmeväxlare, måste vägas mot högre investeringskostnader samt kraftigt ökade drift- och underhållskostnader.

Mål

Boverkets byggregler (BBR) om en specifik energianvändning i södra respektive norra Sverige av högst 110 respektive 130 kWh/m^2 år exklusive hushållsel är relativt ”lindriga” krav. Målet bör istället sättas till högst 140 kWh/m^2 år totalt för byggnadsuppvärmning, varmvatten, fastighetsel och hushållsel samt högst 80 kWh/m^2 år för enbart byggnadsuppvärmning och varmvatten. Med individuell mätning och debitering av energi- och vattenanvändningen bör målet sättas till högst 100 respektive 70 kWh/m^2 år.

Recept för goda lösningar

Nyproduktion. Stor enighet råder i branschen om att man i första hand bör satsa på byggtekniska åtgärder som ökad isolering av klimatskalet och tätning av byggnaden samt måttligt stora (10 till 15 procent av golvytan) och energieffektiva fönster med tillräcklig solavskärmning. Även passivhusförespråkare rekommenderar numera dessa åtgärder. Använd BAT (bästa möjliga/tillgängliga teknik). Det är i regel vardagsnära och praktiska åtgärder som är de mest fördelaktiga/tillförlitliga och har högst lönsamhet.

Oenigheten vid utformning av byggnader rör främst valet av värme- och ventilationssystem. Värmeåtervinning sker huvudsakligen på två principiellt olika sätt;

- frånlufts-/tilluftsventilation med ventilationsvärmeväxlare
- frånluftsventilation med frånluftsvärmepump för byggnadsuppvärmning och/eller varmvatten.

Av dessa båda alternativ rekommenderas frånluftsventilation med frånluftsvärmepump för byggnadsuppvärmning och varmvatten. Passivhusförespråkarna rekommenderar i första hand luftvärme samt frånlufts-/tilluftsventilation med ventilationsvärmeväxlare. De flesta passivhus är elvärmda och har ett elbatteri inbyggt i ventilationsaggregatet. I några fall har de vattenbatteri och fjärrvärme som tillsatsenergi.

Energieffektiva byggnader ska ha ett flexibelt värmesystem samt styr- och reglerutrustning som möjliggör ett högt gratisvärmeutnyttjande och noggrann reglering av värmetillförseln. I första hand bör man välja vattenradiatorer med radia-

tortermostater. Ventilationssystemet ska vara enkelt med litet underhållsbehov och minimala risker för hälsoproblem. Som installationstekniska åtgärder rekommenderas därför;

- frånluftsventilation
- vattenradiatorer
- värmeåtervinning med frånluftsvärmepump för byggnadsuppvärmning och varmvatten
- solfångare, eventuellt även solceller (hittills med låg lönsamhet)
- individuell mätning av energi- och vattenanvändning i stället för kollektiv.

Basenergin hämtas därmed ur frånluften eller från solen. Tillsatsenergin kan utgöras av el, fjärrvärme, biobränsle med mera. Det är en fördel om ”basenheten” utgörs av en ackumulator till vilken olika värmekällor kan dockas.

Ju energisnålare huset i sig är desto mindre investeringskostnader kan läggas på värme- och ventilationssystemen. Husen kan ha individuell uppvärmning eller kollektiv till exempel fjärrvärme. Kulvertförlusterna i fjärrvärmesystem är i praktiken många gånger större än förväntat. Exempelvis uppger *Persson* (2005) och *Harrysson* (2006a, b) att kulvertförluster i värmeglesa villaområden kan uppgå till mellan 25 och 40 procent.

Ställ krav på uppföljning!

Trenden att bygga allt sämre med högre energianvändning som följd håller i sig. Produktionskostnader prioriteras framför livscykelkostnader. Ju tidigare olika beslut fattas i byggprocessen desto större är påverkansmöjligheten och desto mindre kostar det att avhjälpa fel. Det är alltid billigast att bygga rätt från början.

Uppföljning av byggnaders energiprestanda och innemiljökvalitet görs sällan. Kommunerna kan dock positivt påverka utvecklingen genom ett något högre markpris med återbetalning/premie för nybyggnader med lösningar som kraftigt understiger normkravet i BBR. Goda lösningar kan främjas till exempel genom en premie vid uppföljning enligt Boverkets modell, om man exempelvis når 30 procent lägre energianvändning.

Flerbostadshus har högre produktionskostnad och energianvändning än gruppbyggda småhus

Flerbostadshus jämfört med gruppbyggda småhus, Harrysson (2006a), SCB (2007), har per kvadratmeter lägenhetsyta i allmänhet;

- 30 procent högre produktionskostnad
- 50 procent högre total energianvändning.

Orsaker till den relativt sett högre produktionskostnaden för flerbostadshus är bland annat att de har större gemensamhetsytor för till exempel trapphus och tvättstugor samt högre krav på hållfasthet och brandskydd. Stora kostnadsskillnader föreligger mellan olika områden och upplåtelseformer. Äganderätt har i allmänhet lägre kostnader än andra upplåtelseformer. Slutligen inverkar tomtkostnaden. Den högre totala energianvändningen påverkas i hög grad av kollektiv mätning och debitering av energi- och vattenanvändning.

Ökad helhetssyn

Flerbostadshus med god innemiljö och effektiv energianvändning till lägre livscykelkostnader åstadkoms enklast genom att se byggnaden som ett system med bättre total överblick och ökad helhetssyn inkluderande både byggteknik och installationer. Därvid betraktas byggnaden som energisystem inklusive eventuella kulvertar. Flerbostadshus från olika epoker, såväl serieproducerade hus som provhus, ekobyar och boutställningar eller dylikt måste följas upp och analyseras mer ingående. Av särskilt intresse är passivhusens kostnader, energianvändning och innemiljö, som inte alltid är så bra som deras förespråkare påstår.

En helhetslösning eftersträvas, där man beaktar samverkan mellan arkitektur, byggteknik och installationer. Känd kunskap måste användas i ökad utsträckning. Speciell fokus bör läggas på att utveckla och följa upp goda lösningar med hänsyn till energianvändning, innemiljö och livscykelkostnad. Uppmätt samt beräknad energi- och vattenanvändning jämförs och följs upp. Enkätundersökningar med brukare och förvaltande personal genomförs oftare än hittills. Tekniska mätningar görs av olika parametrar med betydelse för energianvändning och innemiljö. En sammanvägning görs av alla resultat. En metodik för bestämning av byggnaders energiprestanda och innemiljökvalitet behöver utvecklas och valideras i ett antal representativa flerbostadshusområden.

Utvärderingsstrategi för nya material, konstruktioner och produkter

Även i fråga om flerbostadshus är viljan stor att pröva nya material, konstruktioner och installationer utan att dessa är tillräckligt utvärderade. Detta har lett till flera bakslag med hög energianvändning och dålig innemiljö som följd. Även flerbostadshus börjar nu byggas som så kallade passivhus. Det är angeläget att följa upp dessa särskilt eftersom dylika småhus med luftvärme har problem med hög energianvändning och dålig innemiljö.

Nya material, konstruktioner och installationer måste vara omsorgsfullt testade innan de används i serieproduktion. I annat fall kan oväntade byggskador och innemiljöproblem uppstå. Ibland har man endast utfört laboratorietester innan serieproduktion av hela hus påbörjas. Exempel på dylika misslyckanden är användningen av stora glasytor, luft- och golvvärmesystem samt nu senast putsade fasader utan luftspalt direkt mot isolermaterial och bakomliggande trästomme. Dessa lösningar infördes i serieproduktion utan tillräckliga tester och uppföljning med många problem och tvister som följd.

Utprovning av nya material, lösningar med mera bör ske stegvis enligt följande:

1. Utgå från teoretiska utredningar, följda av laboratorietester och utprovning i ett obebott hus.
2. Utredningar och undersökningar av huset i bebott skick.
3. Cirka tjugo nominellt lika hus byggs. Fördjupade undersökningar görs av brukarbetingade och andra variationers inverkan.
4. Utvärdering och vid positiva resultat lämnas godkännande för serieproduktion.

En metodik för uppföljning/utvärdering av energianvändning, innemiljö med mera bör innefatta:

- Jämförelser mellan uppmätt och beräknad energi-, el- och vattenanvändning
- Enkätundersökningar med brukare och förvaltande personal
- Tekniska mätningar av parametrar med betydelse för energianvändning och innemiljö
- Åtgärdsförslag utarbetas och lönsamhetsbedöms
- Sammanvägning av uppgifter från ovanstående punkter
- Uppföljning sker av genomförda åtgärder.

Inverkande faktorer kvantifieras och olika tekniska lösningar rangordnas med hänsyn till energianvändning, innemiljö och livscykelkostnader. Huvudproblemet är att väga samman ett antal faktorer samt deras variationer och beroende. Olika åtgärder för att spara energi och förbättra innemiljön behandlas från teknisk och ekonomisk synpunkt. Särskilt studeras lönsamheten för olika åtgärder samt i vilken ordning och kombination dessa bör införas. Husområdena värderas och rangordnas liksom förhållandena före och efter det att olika åtgärder har genomförts.

Erfarenhetsåterföring och kunskapsbank

De refererade undersökningarna visar på den stora betydelsen av att följa upp och utvärdera resultat. Kunskap finns om hur man bygger flerbostadshus med god innemiljö och effektiv energianvändning, men kunskapen används inte fullt ut. Erfarenheter visar att det är viktigt att ställa tydliga krav samtidigt som uppföljningar måste göras. Det finns stora vinster att göra med kontinuerlig erfarenhetsåterföring. Partnering och funktionsentreprenad är två i sammanhanget lämpliga entreprenadformer.

Statliga bidrag bör ges först sedan beräknade värden har verifierats och uppfyllts. Det skulle innebära ökade satsning-

ar på goda lösningar i såväl projekteringssom produktionsskedena samt att uppföljningar verkligen görs. Då finns det också ett underlag för erfarenhetsåterföring. ■

Referenser

Ahnland, R (2007). *FTX – omdiskuterad lösning på väg tillbaka*. Energimagasinet 5/07, Halmstad.

Cajdert, A red (2000). *Byggande med kunskap och moral. En debattskrift om sjuka hus, miljögifter och forskningsetik*. Örebro universitet, nr 1, Örebro. ISBN 91-7668-246-3.

Energimagasinet (2003). *Flerbostadshus. Energitrend bruten*. Energimagasinet 4/03, Halmstad.

Energimagasinet (2004). *Fastigheter. Det var bättre förr*. Energimagasinet 2/04, Halmstad.

Harrysson, C (1994). *Innemiljö och energianvändning i småhus med elvärme. Enkätundersökning och mätningar i 330 gruppbyggda småhus med olika systemlösningar*. Boverket, Publikationsservice, Rapport 1994:8, Karlskrona.

Harrysson, C (1997). *Innemiljö och energianvändning i flerbostadshus. Enkätundersökning och tekniska mätningar i 395 lägenheter med olika systemlösningar*. Boverket, Publikationsservice, Rapport 1997:7, Karlskrona.

Harrysson, C (1998). *Innemiljö- och energirevision av barnstugor och skolor. Registrering av energi- och vattenanvändning, enkätundersökning, tekniska mätningar samt utbildningsinsatser i 30 barnstugor och skolor med vanliga systemlösningar*. Boverket, Publikationsservice, Rapport 1998:3, Karlskrona.

Harrysson, C (2006a). *Byggbranschens behov av förnyelse – en väg till småhus med lägre livscykelkostnader*. Bygg & teknik 5/06, Stockholm.

Harrysson, C (2006b). *Husdoktorn går ronden. En bok om sjuka hus och drabbade människor*. Bygg- och Energiteknik AB, Falkenberg. ISBN 91-631-9272-1.

Harrysson, C (2007). *Helhetssyn och beprövade lösningar ger lågt energibehov och bättre innemiljö i småhus. Lösningar baserade på känd kunskap bättre än passivhus*. Bygg & teknik 8/07, Stockholm.

Josephson, P-E & Saukkoriipi, L (2005). *Slöseri i byggprojekt. Behov av förändrat synsätt*. Sveriges Byggindustrier. FoU-Väst. Rapport 0507, Göteborg. ISSN 1402-7410.

Klittervall, T (2007–2008). Personlig kommunikation.

Nilsson, A (2003). *Energianvändning i nybyggda flerbostadshus på Bo01 – området i Malmö*. LTH, Avd för Byggnadsfysik, Rapport TVBH 3045, Lund.

Nilsson, A & Larsson, R (2004). *Nybyggda bostäder klarar inte energikravet*. Bygg & teknik 2/04, Stockholm.

Nässén, J (2007). *Energy efficiency – Trends, determinants, trade-offs and rebound effects with examples from Swedish housing*. CTH, Institutionen för energi och miljö, Avd för fysisk resursteori, Doktorsavhandlingar, Ny serie nr 2682, Göteborg 2007, ISBN 978-91-7385 -001-8.

Persson, T (2005). *District Heating for Residential Areas with Single Family Housing – with Special Emphasis on Domestic Hot Water Comfort*. Doctoral Thesis, Lund Institute of Technology, Division of Energy Economics and Planning, Department of Heat and Power Engineering, Lund. ISBN 91-628-6504-8.

SCB (2007). *Bostads- och byggnadsstatistisk årsbok 2005*. Statistiska Centralbyrån, Örebro. ISBN 0349-4713.

Svensson, B, Järvegren, P-O, Ekelund, H & Sandin, B. *Inomhusklimatet viktigare än energisparande*. VVS-Forum nr 5 maj 2005, Stockholm.

Warfvinge, C (2005). *Kv Jöns Ols i Lund – energisnålt och lönsamt flerfamiljshus med konventionell teknik*. Rapport Pnr 12809 - 1 Statens Energimyndighet, WSP Environmental Byggnadsfysik, Malmö.

Wolgast, M (1982). *Det superisolerade huset. Ett sätt att bo energisnålt och miljövänligt*. Informa/Schmidts Boktryckeri, Helsingborg.