

VARIATIONER I ENERGIANVÄNDNING OCH INNEMILJÖKVALITET
HOS FLERBOSTADSHUS MED OLIKA TEKNISKA LÖSNINGAR

Erfarenheter och rekommendationer

Christer Harrysson

STUDIES FROM THE SCHOOL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

Nr 5 June 2009

Örebro universitet
Akademin för naturvetenskap och teknik
701 82 Örebro



Örebro University
School of Science and Technology
SE-701 82 Örebro, Sweden

SAMMANFATTNING

Bostadsektorn svarar för cirka 40 % av Sveriges totala energianvändning. Det finns cirka 2,4 miljoner lägenheter i flerbostadshus och cirka 2 miljoner i småhus. Såväl energianvändning som produktionskostnad är flera tiotals procent högre i flerbostadshus än i gruppbyggda småhus räknat per kvadratmeter boarea. Innemiljö, energianvändning och livscykelkostnad för flerbostadshus har studerats i många undersökningar utan någon vältäckande och enhetlig utvärderingsmetodik. Det är angeläget att närmare fastlägga såväl egenskaper hos vanliga flerbostadshus från olika epoker som vilka av dem som har goda lösningar med avseende på innemiljö, energianvändning och livscykelkostnad. Olika åtgärders potential, lönsamhet och risker behöver närmare utredas såväl vid nybyggnad som vid ombyggnad. Många flerbostadshus uppförda under miljonprogrammet 1964-1975 är nu i stort behov av renovering.

Det genomförda projektet har omfattat litteraturinventering, kunskapssammanställning och analys av ett antal undersökningar i flerbostadshus. Arbetet har inriktats på jämförelser mellan uppmätta och beräknade energiuppgifter samt värdering av olika tekniska lösningar för isolering, täthet, värme och ventilation inklusive återvinning, beskrivning av olika metoder för kvalitetssäkring och uppföljning samt förslag till angelägna FoU-uppgifter. Huvudsakligen behandlas energianvändning under driftskedet, som normalt utgör 80-90 % av energianvändningen under byggnaders livslängd.

Stora variationer i energianvändning och innemiljö förekommer såväl mellan olika tekniska lösningar som mellan olika husområden med likartad utformning. Inverkan av några olika faktorer, begrepp och definitioner för t ex specifik energianvändning och golvyta belyses bland annat genom känslighetsanalys.

Energianvändningen under driftskedet är hög i flerbostadshus, i medeltal 200 kWh/m² år totalt för byggnadsuppvärmning, varmvatten, fastighetsel och hushållsel. Det finns dock nya flerbostadshus som ligger runt 100 kWh/m² år. Energistatistik visar att flerbostadshus per m² boarea har drygt 50 % högre total energianvändning än gruppbyggda småhus. Dessutom har flerbostadshusen upp mot 30 % högre produktionskostnad.

Under 1970-talet har energianvändningen för byggnadsuppvärmning och varmvatten i flerbostadshus sjunkit. Exempelvis har hus med fjärrvärme byggda efter början på 1980-talet ca 20 % lägre energianvändning för byggnadsuppvärmning och varmvatten än äldre hus, 140 kWh/m² år respektive ca 170 kWh/m² år. Offentlig statistik visar att energianvändningen i nya flerbostadshus inte har minskat sedan mitten på 1980-talet trots flera nya byggbestämmelser m m. Orsakerna till detta är flera t ex stora glasytor, komplicerade värme- och ventilationssystem, golvvärme samt att många hus med fjärrvärme saknar värmeåtervinning. Därtill skall läggas att nya hus ofta har större ventilation än äldre.

Energianvändningen påverkas främst av:

- brukarvanor inklusive sättet att mäta och debitera energi- och vattenanvändning
- kvaliteten på arbetet med avseende på isolering, tätning, injustering av värme och ventilation
- förvaltningens kvalitet
- tekniska lösningar

Resultaten från det genomförda projektet visar bland annat att:

- Energisparpotentialen i såväl äldre som nyare flerbostadshus kan uppgå till 50%.
- Skillnaderna i energianvändning och inomhusmiljö är avsevärda mellan olika tekniska utformningar. Det finns tekniska lösningar som kan spara flera tiotal procent energi med bibehållen inomhusmiljö utan högre produktionskostnad.
- Brukarvanor, arbetsutförandets och förvaltningens kvalitet kan ha stor inverkan. I två områden med likartad teknisk lösning kan den totala energianvändningen variera med 1:2.
- Det finns nyare hus (byggda efter 1985) som har högre specifik total energianvändning (per ytenhet) än äldre (byggda före 1974). Energinvändningen för fastighetsel är däremot ofta mindre i äldre hus.
- Betydande avvikelser har konstaterats mellan uppmätta och beräknade värden. De senare är i regel avsevärt lägre. Använda beräkningsmetoder måste valideras för nyare hus med andra tekniska egenskaper än äldre t ex stora glasytor, högre luftväxling och integrerade värmesystem som golvvärme. Flera beräkningsfall per byggnad måste utföras för att beakta de stora variationer som normalt föreligger.
- Använda korrektionsfaktorer, begrepp och definitioner i olika undersökningar är sällan entydiga eller enhetliga, vilket försvårar analys och jämförelser. Exempel på detta är:
 - Areabegrepp som BOA, BTA, LOA, BRA, uppvärmd golvyta, A_{temp} m m. Den specifika energianvändningen (per ytenhet) kan, beroende på använt areabegrepp, påverkas med flera tiotal procent.
 - Oklarheter i fråga om energiuppgifter t ex total energianvändning för värmesystem (värme, byggnadsuppvärmning), varmvatten/tappvarmvatten, fastighetsel och hushållsel eller någon/några av nämnda delposter.
 - Om korrigering av uppmätta värden har gjorts till normalår, aktuell period/kalenderår, uppvärmningssäsong etc.
 - Vilken innetemperatur som har använts vid beräkningarna.
 - Om inverkan har beaktats av eventuell byggfukt under de första åren.
- Nya byggregler och EU-direktiv för byggnaders energiprestanda och kvaliteten på inomhusmiljön kräver enhetliga och tillförlitliga metoder för kvalitetssäkring och uppföljning. Det finns flera praktiskt inriktade metoder för kvalitetssäkring och uppföljning som kraftigt kan minska driftkostnaderna.

Boverkets byggregler (BBR2006) med krav på en högsta tillåten specifik energianvändning i södra respektive norra Sverige av 110 respektive 130 kWh/m² år exklusive hushållsel är relativt milda krav. Med individuell mätning och debitering av energi- och vattenanvändningen bör målet kunna sättas till högst 100 kWh/m² år totalt för byggnadsuppvärmning, varmvatten, fastighetsel och hushållsel samt högst 55 kWh/m² år för enbart byggnadsuppvärmning och varmvatten. Som jämförelse kan nämnas att Boverkets byggregler för elvärmade bostäder (BBR2009) i zon 3 med krav på högsta energianvändning 55 kWh/m² år exklusive hushållsel, ca 25 kWh/m² år, leder till en total energianvändning på ca 80 kWh/m² år.

Vid utformning av nya hus måste man särskilt se över byggnadens arkitektoniska utformning, klimatskalet, hushålls- och värmeapparater så att den tillförda energin bättre tas tillvara. Det finns redan idag hus med tekniska lösningar som är bättre än gällande byggregler. Det är viktigt att sprida kunskap om goda lösningar så att alla kan få kunskap och välja dessa samt verka mot samma mål.

Dagens byggregler och ekonomiska incitament leder inte alltid till de mest resurseffektiva lösningarna. Ett visst motsatsförhållande råder mellan energisnåla hus och energisnåla tillförselsystem. Det bästa för miljön är naturligtvis en kombination av dessa båda. Myndigheter och politiker måste i ökad utsträckning styra utvecklingen mot de mest miljö- och energiriktiga samt lönsamma lösningarna. Kunskap finns men används inte i tillräcklig utsträckning.

FÖRORD

Möjligheterna att spara energi i flerbostadshus med bibehållen eller förbättrad inommiljö är stora med en potential kring 50 % såväl i äldre som nya fastigheter. Många undersökningar har genomförts i flerbostadshus. Uppföljning och utvärdering görs bara sällan eller endast i begränsad omfattning. Någon vältäckande och enhetlig metodik används inte. Användning av olika begrepp och definitioner försvårar jämförelser mellan olika undersökningar.

Det genomförda forskningsarbetet fokuserar på ovannämnda konstateranden och kan ses som ett programarbete med förslag till framtida satsningar inom området. Rapporten utgör en kunskapssammanställning med preliminära resultat och exempel på hur man åstadkommer ett bättre och billigare byggande av flerbostadshus.

Projektets arbetsgrupp har utgjorts av:

Gustav Falkenström NCC Örebro (manusgranskning, tips av litteratur och områden m m)
Anders Yourstone Peab Örebro (författare till Bilaga 1, Peabs områden)
Christer Harrysson Örebro universitet (författare till rapportens huvuddel)

Arbetet har fortlöpande rapporterats till en referensgrupp som bestått av:

Rolf Lindén NCC Örebro
Lars Östberg Peab Förslöv
Christer Harrysson Örebro universitet

Manus har granskats av arbets- och referensgrupperna samt av Torbjörn Klittervall, Lund och Leif Ekström Göteborg.

Diskussioner och kunskapsutbyte har även skett med Carl-Eric Hagentoft CTH.

Projektet har finansierats av SBUF samt genom egeninsatser från NCC, Peab och Örebro universitet.

Ett varmt tack till alla som bistått med medel, arbetsinsatser, goda idéer och uppslag i projektet! Utan Er hade det inte kunnat genomföras.

Örebro i juni 2009

Christer Harrysson

BEGREPP, DEFINITIONER, FÖRKORTNINGAR OCH SYNONYMER

Begrepp och definitioner

Total energianvändning	Summa energianvändning för värme, varmvatten, fastighetsel och hushållsel. Avser driftskedet där inget annat sägs. Kan om särskilt anges avse hela livscykeln.
Byggnadens energianvändning	Summa energianvändning för värme, varmvatten och fastighetsel.
Fjärrvärmeenergi	Summa energianvändning för byggnadsuppvärmning och varmvatten.
Specifik energianvändning	Byggnadens energianvändning dividerad med A_{temp} .
A_{temp}	Golvarean i temperaturreglerade utrymmen, avsedd att värmas till mer än 10 °C, begränsade av klimatskärmens insida (garage skall inte medräknas vid bestämning av specifika energianvändningar).
Klimatskal, klimatskärm	De delar som omsluter byggnadens uppvärmda inneluft dvs genom golv/grund, ytterväggar, fönster, dörrar och tak.

I Svensk standard SS 02 10 53, Areor och volym för husbyggnader - Terminologi och mätregler, förekommer följande sätt att mäta ytor:

Yta	Något man kan ta på.
Area	Uppmätta storleken på en yta.
BTA, bruttoarea	Area av mätvärda delar av våningsplan, begränsad av omslutande byggnadsdelars utsida eller annan för mätvärdet angiven begränsning.
BRA, bruksarea	Avser area av nyttjandeenhet eller annan grupp av sammanhörande mätvärda utrymmen, begränsad av omslutande byggnadsdelars insida eller annan för mätvärdet angiven begränsning. BOA, LOA, BIA och ÖVA ingår i bruksarean.
NTA, nettoarea	Area av mätvärt utrymme begränsad av omslutande byggnadsdelars insida eller annan för mätvärdet angiven begränsning.
BTA(t), BRA(t), NTA(t)	Är varianter på ovan nämnda areabegrepp, t-et inom parentes indikerar att man här avser temperaturreglerad area, vilket omfattar utrymmen som är inrättade för att värmas eller kylas till en viss temperatur.

BOA, boarea	Boarea, area av lägenheter, avgränsad av omslutande väggars insidor, bruksarea för utrymmen helt eller delvis ovan mark inrättade för boende.
BIA, biarea	Area för biutrymmen såsom gemensam tvättstuga, kvarterslokal och lägenhetsförråd m m. Bruksarea för utrymmen inrättade för sidofunktioner till boende samt för utrymmen helt eller delvis under mark inrättade för boende.
LOA, lokalarea	Area för lokaler såsom verksamhetslokaler, personalutrymmen och i flerbostadshus även garage. Bruksarea för utrymmen inrättade för annat ändamål än boende, sidofunktioner till boende, byggnadens drift eller allmän kommunikation.
ÖVA, övrig area	Area av bl a trapphus, entréutrymmen, pannrum och fläktrum i annat än småhus. Bruksarea för utrymmen avsedda för byggnadens drift och allmän kommunikation i andra byggnader än småhus.
Uppvärmd yta	Enligt SCB avses lägenhetsyta (boarea).

Förkortningar

BBR	Boverkets byggregler, en samling av föreskrifter och allmänna råd som fastställs av Boverket och gäller svenska byggnader.
BVP	Bergvärmepump.
F	Frånluftsventilation.
FTX	Frånlufts-/tilluftsventilation med värmeåtervinning. Ett system där värmen i frånluften återvinns för att värma tilluften, här oftast med ventilationsvärmeväxlare.
FVP	Frånluftsvärmepump. Ett system där värmen i frånluften återvinns för att värma luft (tilluften) eller vatten till exempelvis en radiatorkrets samt för att värma tappvarmvatten.

Synonymer

energianvändning för värme, byggnadsuppvärmning, värmesystem, uppvärmning

varmvatten, tappvarmvatten

vatten, summa kall- och varmvatten

energianvändning, köpt energi

fastighetsenergi, fastighetsel, driftsel

verksamhetsenergi, verksamhetsel

hushållsel, hushållsenergi

gratisvärme, internt energitillskott

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING	1
FÖRORD	4
BEGREPP, DEFINITIONER, FÖRKORTNINGAR OCH SYNONYMER	5
INNEHÅLLSFÖRTECKNING	8
1. INLEDNING	10
1.1 Bakgrund	10
1.2 Syfte	14
1.3 Genomförande	14
2. ENERGIANVÄNDNING	15
2.1 Summa, delposter och variationer	15
2.2 Energibalansbegreppet	16
2.3 Beräkningsmetoder	17
2.4 Uppmätt energianvändning kontra beräknad	18
3. GÄLLANDE BYGGBESTÄMMELSER INOM ENERGIOMRÅDET	20
3.1 Energikrav	20
3.2 Gratisvärme m m	21
3.3 Brukarvanor	21
4. NÅGRA PRAKTISKA UNDERSÖKNINGAR	23
4.1 Introduktion	23
4.2 Boverksundersökningen	23
4.3 Peabs områden	28
4.4 Flerbostadshus Göteborg	29
4.5 Bo01	32
4.6 SABO-undersökningen	38
4.7 LKF Jöns Ols	42
4.8 Program för miljöanpassat byggande	43
4.9 Energieffektiva flerbostadshus - erfarenheter	46
4.10 Passivhus	51
4.11 Frånlufts-/tilluftsventilation eller frånluftsventilation?	59
4.12 Golvvärme eller radiatorer?	60
4.13 Areabegrepp	63
4.14 Några resultat från praktiska undersökningar	63
5. STRATEGIER OCH ÅTGÄRDER FÖR OLIKA ENERGINIVÅER	65
5.1 Helhetssyn - Samverkan	65
5.2 Nya hus	65
5.3 Äldre hus	67
6. METODIK FÖR UPPFÖLJNING OCH KVALITETSSÄKRING	70
6.1 Introduktion	70
6.2 Uppföljning - Boverkets byggregler (BBR2006)	70

7. SLUTSATSER	77
7.1 Sammanfattande slutsatser	77
7.2 Angelägna FoU-uppgifter	78
8. REFERENSER	81
BILAGA Peabs områden inklusive broschyr Peab EnergiSmart	85

1. INLEDNING

1.1 Bakgrund

Drygt hälften av Sveriges bostäder eller ca 2,4 miljoner lägenheter finns i flerbostadshus. Under de s k rekordåren 1961-1975, där miljonprogrammet 1965-1974 ingår, byggdes 1,4 miljoner lägenheter varav 920 000 i flerbostadshus och resterande i småhus. Ett stort antal av dessa flerbostadshus är i nu behov av renovering. Många olika tekniska lösningar finns med olika energianvändning, inomhusmiljö och livscykelkostnad. Några av dessa måste vara bättre än andra. Möjligheterna att med olika lösningar minska energianvändningen och förbättra inomhusmiljön är stora, men också riskerna för byggskador och inomhusmiljöproblem.

Energianvändningen under driftskedet är hög i flerbostadshus, i medeltal 200 kWh/m² år totalt för byggnadsuppvärmning, varmvatten, fastighetsel och hushållsel, SCB (2007). Det finns dock nya flerbostadshus som ligger runt 100 kWh/m² år, Warfvinge (2005). Energistatistik t ex SCB (2007) visar att flerbostadshus per m² boarea har drygt 50 % högre total energianvändning än gruppbyggda småhus. Dessutom har flerbostadshusen upp mot 30 % högre produktionskostnad.

Under 1970-talet har energianvändningen för byggnadsuppvärmning och varmvatten i flerbostadshus sjunkit. Exempelvis har hus med fjärrvärme byggda efter början på 1980-talet ca 20 % lägre energianvändning för byggnadsuppvärmning och varmvatten än äldre hus, 140 kWh/m² år respektive ca 170 kWh/m² år, SCB (2007). Offentlig statistik, SCB (2007), visar att energianvändningen i nya flerbostadshus inte har minskat sedan mitten på 1980-talet trots flera nya byggbestämmelser m m. Orsakerna till detta är flera t ex stora glasytor, komplicerade värme- och ventilationssystem, golvvärme samt att många hus med fjärrvärme saknar värmeåtervinning. Därtill skall läggas att nya hus ofta har större ventilation än äldre.

Mellan 1994 och 2005 har fjärrvärmda hus kunnat byggas utan krav på värmeåtervinning, om mer än 50 % av fjärrvärmens kommer från förnybar energi, vilket ökar energianvändningen. Erfarenheter visar att det finns äldre flerbostadshus som har lägre specifik energianvändning än nya, Harrysson (1997a). Vidare kan energianvändningen mellan två områden med flerbostadshus och samma tekniska utformning variera 1:2. Det finns tekniska lösningar som kan spara flera tiotal procent energi, i småhus 30 %, Harrysson (1994), med bibehållen god inomhusmiljö utan högre produktionskostnad. I princip kan dessa även användas i flerbostadshus.

Sedan Boverksundersökningen publicerades, Harrysson (1997a), har inte mycket positivt hänt för att få ner energianvändningen. Tvärtom stöder nya forskningsrön, Energimagasinet (2003, 2004) och Nässén (2007) att flerbostadshus byggda efter mitten på 1980-talet kan ha högre specifik energianvändning än äldre flerbostadshus.

Tabell 1.1. Energianvändning i flerbostadshus. Källa: SCB (2007).

Tabell 3.1.6

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).

Tabell 1.2. Energianvändning i småhus. Källa: SCB (2007).

Tabell 3.1.5
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									Okänt
		-1940	1941-1960	1961-1970	1971-1975	1976-1980	1981-1985	1986-1990	1991-2000	2001-	
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 vattenburen	147	175	179	151	140		139		147		178
2004	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).

Beräknade värden stämmer sällan överens med praktiska resultat inom inomhusmiljö- och energiområdet. Orsaker till dylika avvikelser kan vara brukarvanor, kvaliteten på arbetsutförande och förvaltning, former för mätning av energi- och vattenanvändning samt tekniska lösningar.

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 med luft- eller golvvärme, Harrysson (2004). I ett antal provhusområden, ekobyar och boställningar som t ex Bo01 har ovanligt hög energianvändning uppmätts jämfört med beräknade värden. För t ex området Understenshöjden, som består av 44 bostäder i småhus byggda 1995, har forskarna Per Levin och Per Wickman uppmätt energianvändningen till 300 kWh/m² år jämfört med den beräknade 140 kWh/m² år, Westmar (2000). Efter ombyggnad har man fått ner energianvändningen till 200 kWh/m² år.

Det talas mycket om vilka energikällor man skall välja, men lite om hur energianvändningen kan effektiviseras. Energi- och vattenkostnaden utgör med tiden en allt större del av driftskedet. Betydelsen av kvalificerad fastighetsförvaltning har därmed ökat markant. Även de senaste årens klimatdebatt och kraftiga energiprishöjningar har starkt bidragit till att intresset för energisparande på nytt ökat kraftigt.

Sedan oljekrisen 1974 har ett stort antal projekt genomförts avseende inomhusmiljö och energianvändning i flerbostadshus. Projekten omfattar såväl serieproducerade flerbostadshus som mer eller mindre utpräglade prov- och experimenthus. Resultaten visar att potentialen för energibesparing i flerbostadshus är stor, ca 50 %, med nivåer på 80-100 kWh/m² år som rimliga mål såväl för nya som äldre flerbostadshus. Exempel finns på lågenergihus och passivhus som redan ligger i närheten av dessa värden. Värdet av nämnda förbättringar är således betydande från hälso- och ekonomisynpunkt både för konsumenterna och den globala miljön. Kunskaper finns, men används inte i tillräcklig utsträckning.

Åtskilliga undersökningar har genomförts inom energiområdet, men det saknas en lättillgänglig överblick eller tillräcklig och enhetlig uppföljning. Någon vältäckande sammanställning eller översikt och analys har veterligen inte gjorts. Enhetliga mät- och utvärderingsmetoder för uppföljning av dylika undersökningar saknas dessutom. Riskerna är därför stora för att identiska/likartade undersökningar och projekt upprepas samt att kunskaper och erfarenheter inte återförs systematiskt. Utvärdering av genomförda energi- och inomhusmiljöprojekt sker dock inte alltid i den omfattning som är nödvändig för att erfarenheter till fullo ska kunna tas till vara.

Behovet är därför stort även av att upprätta en kunskapsbank. Energianvändningen är ett mångfaktoriellt problem där stora variationer föreligger mellan olika lägenheter, byggnader, systemlösningar och områden m m. Det är därför viktigt att rangordna olika lösningar.

Hög energianvändning, kraftigt höjda energipriser och produktionskostnader samt ökade problem för att avhjälpa brister i inomhusmiljön och byggskadorna har tillsammans med nya EU-direktivet för byggnaders energiprestanda och inomhusmiljö kvalitet accentuerat behovet av att närmare kartlägga inomhusmiljö och energianvändning i flerbostadshus. Kostnadsbesparande åtgärder gör det möjligt för allt fler medborgare att ha råd med en god bostad. Uppgifter av Josephson & Saukkoriipi (2005) samt Harrysson (2006a, b) visar att såväl produktions- som driftkostnaderna kan sänkas med 30 %.

Det finns ett stort behov av att sammanställa kunskaper och erfarenheter samt att närmare fastlägga vilka rimliga energinivåer som kan nå så tillförlitligt som möjligt med bibehållen eller förbättrad inomhusmiljö och till så låga livscykelkostnader som möjligt. Hur långt kan man nå i serieproducerade hus respektive i provhus? Vad vet vi idag? Vilka nivåer kan man nå och vilka mål är realistiska med hänsyn till energianvändning, inomhusmiljö och livscykelkostnad? Och hur når man målen bäst, säkrast och billigast? Vilka är förutsättningarna för högsta tillförlitlighet?

1.2 Syfte

Flerbostadshus byggs på många olika sätt och med skiftande kvalitet på arbetsutförande och förvaltning. Det är angeläget att värdera och rangordna olika lösningar från energi- och inomhusmiljösynpunkt samt livscykelkostnad respektive olika åtgärder för att spara energi och förbättra inomhusmiljön. Föreslagna åtgärder ska minska behovet av såväl värme- som elenergi. Primärt är avsikten att studera energianvändningen under driftskedet eftersom denna utgör 80-90 % av energianvändningen under byggnadens livscykel.

Många olika faktorer påverkar energianvändning, inomhusmiljö och livscykelkostnad. Stora variationer föreligger mellan olika hus och lösningar. Avsikten är att belysa och kvantifiera olika faktorer och delposter samt deras samspel. Dessutom är syftet att undersöka olika möjligheter för att effektivisera energitillförseln och minska värmeförlusterna.

Målsättningen är att göra en kunskapssammanställning baserad på litteraturinventering och genomgång av några nyare projekt samt att sammanställa och analysera gjorda erfarenheter. På basis därav är avsikten att rangordna olika lösningar samt att utveckla och testa en metodik för kvalitetssäkring och uppföljning av energiprojekt. Enhetliga metoder för detta bedöms leda till ökad kunskap, högre kvalitet och tillförlitlighet avseende effektivare energianvändning och bibehållen eller förbättrad inomhusmiljö.

Slutligen är syftet att ge förslag till angelägna FoU-projekt inom området lämpliga som doktorandarbeten.

1.3 Genomförande

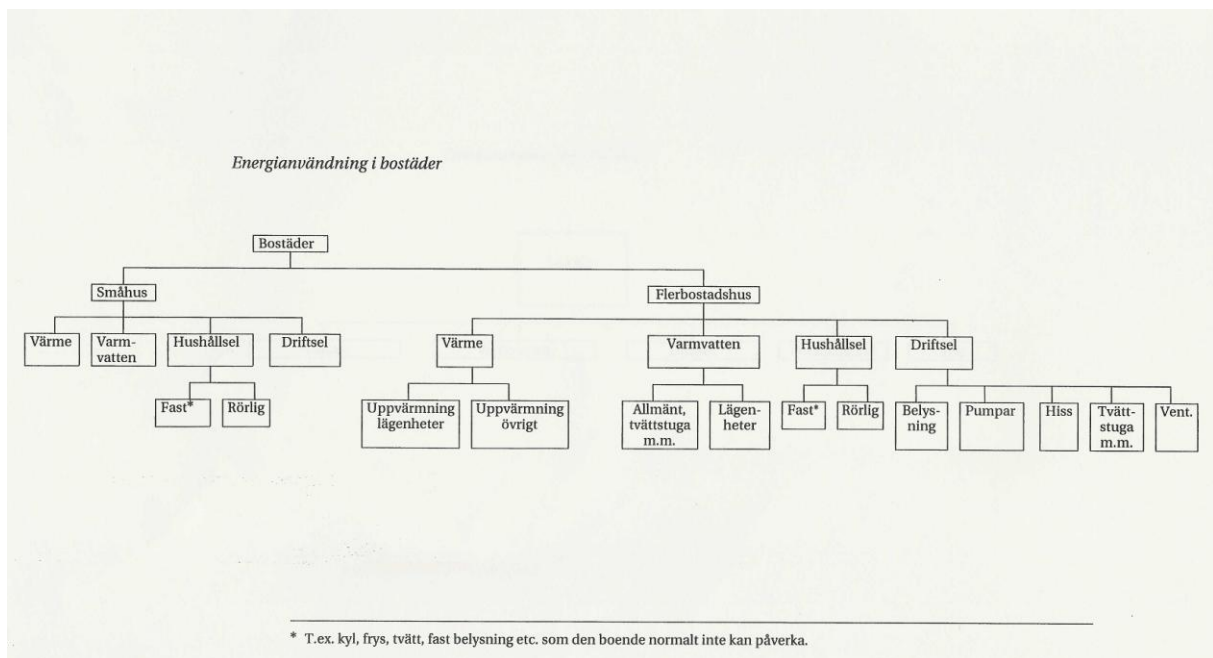
Praktiska erfarenheter för nya och äldre flerbostadshus har sammanställts och analyserats. Detta baseras på nyare litteratur samt några planerade och genomförda projekt som framtagits via arbetsgruppens företag. Exempel ges på vanliga utformningar, lågenergihus, passivhus m m. Energiuppgifter har sammanställts och energibalanser upprättats som bas för det vidare arbetet. Genom systemanalys har en förenklad energibalansmodell etablerats.

Olika delposter och faktorer kvantifieras som riktvärden, om möjligt som medelvärden, spridning och samspel inbördes. Kort beskrivs principiellt olika beräkningsmetoder och orsaker till betydande avvikelser mellan teori och praktik som konstaterats i ett antal praktiska undersökningar. Utgående från dessa diskuteras olika energinivåer och åtgärder jämte tillhörande kostnader samt hur man bäst, tillförlitligast och billigast når dessa nivåer.

2. ENERGIANVÄNDNING

2.1 Summa, delposter och variationer

Den totala energianvändningen utgörs av delposter för byggnadsuppvärmning, varmvatten, fastighetsel och hushållsel, figur 2.1. Svårigheter föreligger ibland med att tolka och jämföra uppgifter från olika undersökningar när man inte klart angivit om den totala energianvändningen eller någon/några av delposterna avses. Ofta saknas uppgifter om hushållsel beroende på att det är relativt arbetskrävande att samla in dessa. I andra undersökningar ingår enbart energianvändning för byggnadsuppvärmning och varmvatten eventuellt med tillägg för fastighetsel.



Figur 2.1. Energianvändning i bostäder under driftskedet, totalt och delposter.
Källa: Boverket (2002).

Stora skillnader i energianvändning, innemiljö och livscykelkostnader föreligger mellan olika lägenheter och flerbostadshus. Detta beror bland annat på:

- Olika brukarvanor som kan ge skillnader på 10 000 kWh/år.
- Hur energi- och vattenanvändningen mäts och debiteras, individuellt eller kollektivt, kan inverka med 30 %.
- Brukarvanor och förvaltningens former och kvalitet mellan områden med likartad teknisk lösning kan påverka energianvändningen med 1:2.
- Arbetsutförandets kvalitet för isolering, tätning, injustering av värme- och ventilationssystem kan ge skillnader i energianvändning med 5 000 kWh/år.
- Teknisk lösning för isolering, tätning, värme, ventilation och återvinning kan påverka energianvändningen med 30 %.

Anm. Uppgifterna avser småhus.

2.2 Energibalansbegreppet

Många olika tekniska lösningar förekommer. Några av dessa måste vara bättre än andra, varför det är angeläget att i görligaste mån rangordna dessa. Med beräkningar kan man relativt snabbt bedöma inverkan av olika lösningar och energisparåtgärder. Genom att upprätta energibalansen kan man förklara avvikelser mellan beräknade och uppmätta värden.

Bäst kunskaper och högst tillförlitlighet i att nå förväntat resultat får man genom att se byggnaden som ett energisystem och beakta samspelet byggnad-installationer, överbyggnad-grund osv. Flerbostadshusets effekt- och energibalans kan förenklat beskrivas med uttrycket:

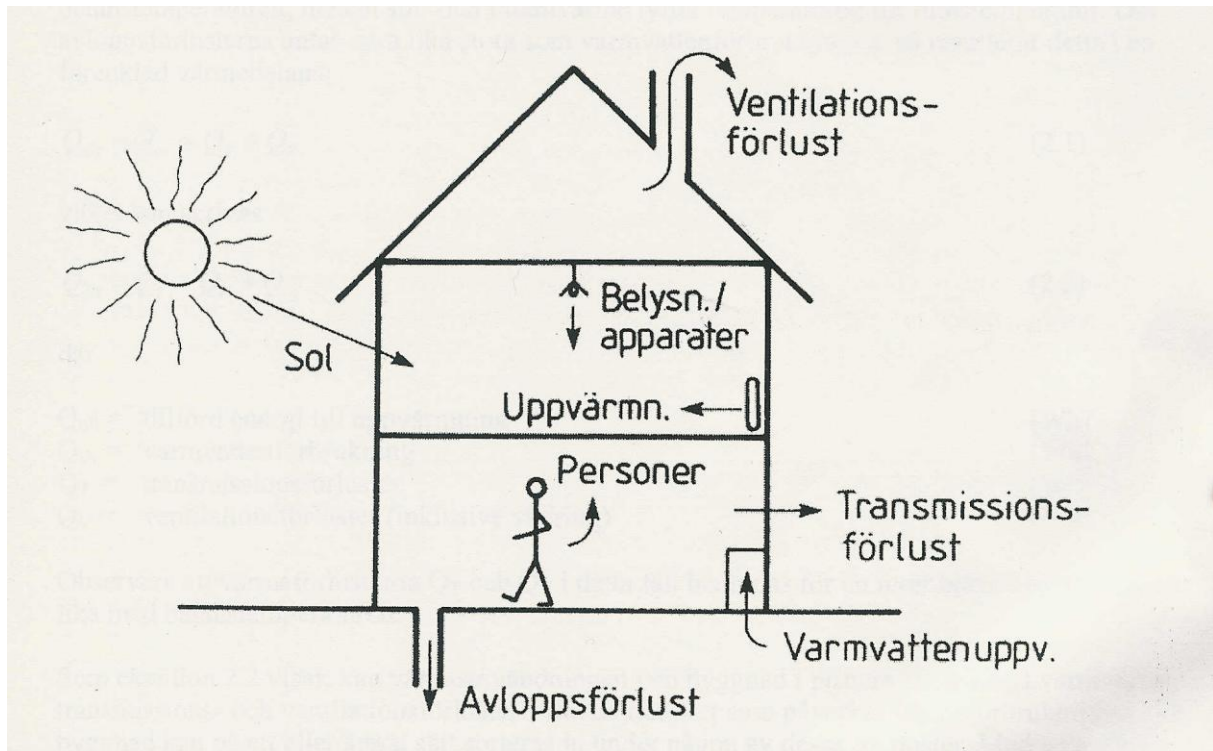
$$\text{Transmissionsförluster} + \text{Ventilationsförluster} + \text{Lagrad energi} = \text{Gratisvärme} + \text{Tillförd energi via värmesystemet}$$

Betraktar man längre tidsperioder t ex månad kan lagringstermen försummas. Under kortare perioder t ex dygn, kan värmelagringsegenskaperna ha stor betydelse exempelvis p g a uteluftstemperaturvariationer, solstrålning samt vid periodiska temperatursänkningar inne. Värmekapacitetens inverkan på årsenergianvändningen kan, beroende på förutsättningarna exempelvis för innetemperaturen i bostäder, vara marginell. Analys av värmekapacitetens inverkan är i första hand förknippade med bestämning av effektuttaget, behovet av inköpt energi och/eller klassificering av det termiska inneklimatet.

Centralt i sammanhanget är därför att upprätta effekt- och energibalansen med relevanta beräkningsmetoder. Studier begränsade till att enbart omfatta enskilda byggnadsdelar är i sammanhanget av mindre intresse men kan ändå bidra med värdefull information exempelvis vid parameterstudier. Ventilationsförluster omfattar såväl infiltration/oavsiktlig ventilation som avsiktlig ventilation genom kanalsystemet.

Genom att upprätta energibalanser, dvs sammanställa förlust- och tillskottsposter, kan man med förbättrad helhetssyn och högst tillförlitlighet klarlägga förhållandena, figur 2.2. På samma sätt men mer komplext kan man värdera innemiljön. Med hänsyn till konstaterade stora variationer bör man ange den totala energianvändningen och dennas delposter som medelvärde, spridning och samband mellan dem.

Med effekt- och energibalansen har man ett verktyg för att värdera olika lösningar, energiteknisk "standard" och energisparåtgärder. Genom att summera förlust- och tillskottsposterna i balansen kan energi- och effektbehovet bestämmas. Ju noggrannare delposterna kan bestämmas till storlek, variation och samspel desto mindre är avvikelsen mot uppmätta värden. För det enskilda huset kan man för energianvändningen normalt inte nå bättre överensstämmelse mellan beräknade och uppmätta värden än $\pm 10\%$.



Figur 2.2. Olika delposter i byggnadens energibalans. Källa: Anderlind m fl (1984).

2.3 Beräkningsmetoder

Stationära eller instationära förhållanden

Tidigare bestämdes effektuttaget och energianvändningen enligt graddagsmetoden, varvid bränslebehov, eldningssäsongens längd, dimensionerande effektbehov m m kunde beräknas. Utveckling av noggrannare metoder baserade på stapeldiagram eller varaktighetsdiagram skedde i början på 1970-talet. Stapeldiagrammetoder utgår från att medelförhållanden antas råda under den studerade tidsperioden, vanligtvis månad, Harrysson (1988).

Det är i flera fall intressant att upprätta energibalanser för kortare tidsperioder än månad, t ex under vissa övergångstider höst och vår, för extrema köldperioder och vid temperatursänkning dag- och eller nattetid. För sådana kortare tidsperioder och tidsmässiga temperaturvariationer har värmekapaciteten inverkan på effekt- och energianvändningen, vilket svårligen kan beaktas med traditionella, enkla beräkningsmetoder.

För att lösa instationära värmeströmningsproblem kan numeriska metoder användas t ex differensmetoder eller "finita elementmetoder". Dylka metoder når snabbt sin praktiska gräns med avseende på överblickbarhet och brukbarhet vid enkla kalkylförfaranden. Nämnda metoder leder dessutom till betydande beräkningsarbeten för modellering av aktuell byggnad och övriga indata samt ibland till tolkningssvårigheter av beräknade värden. Aktuella datorprogram är oftast utformade för forskningsändamål och med manualer som är summariskt uppbyggda för specialister. Allt detta försvårar lösningen av instationära värmeströmningsproblem.

Analytiska förfaranden baserade på att periodiska förhållanden antas råda har studerats av ett antal forskare. Många av dessa arbeten har begränsats till studier av enskilda byggnadsdelars

värmetekniska egenskaper, dvs delsystem av byggnadens energibalans. Exempelvis är en yttervägg eller ett tak blott två av många delsystem som påverkar rumstemperaturen. Analytiska beräkningsmetoder ger om de utformas med sikte på praktisk användning möjlighet att bedöma olika faktorerers inverkan på temperaturer samt effekt- och energianvändning.

Emellertid kräver analytiska beräkningsmetoder approximationer och förenklingar i större utsträckning än de tidigare nämnda numeriska metoderna. En stor del av arbetet med att utarbeta analytiska metoder består därför just i valet av förenklingar. Analytiska förfaranden som baseras på periodiska förhållanden utgör principiellt inte någon betydande begränsning av vilka problemtyper som kan behandlas då dylika förfarandens användningsområden senare genom lämpligt matematiskt angreppssätt, t ex fourieranalys, kan utvidgas till att omfatta åtskilliga problemtyper inkluderande insvängningsförlopp respektive godtyckliga tidsvariationer.

Avancerade datorprogram kontra överslagsberäkningar

Konstaterade problem i byggda och bebodda hus t ex i form av stora avvikelser mellan beräknade och uppmätta energivärden respektive hög energianvändning för vanliga konstruktioner måste framgent angripas med ökad helhetssyn. Med hänsyn till ämnets komplexitet beskrivs nedan principiellt olika sätt att genomföra analysen.

Med beräkningar baserade på deterministiskt synsätt (delposter med exakta numeriska värden) samt avancerade numeriska metoder och datorprogram, som relativt noggrant kan modellera inverkan av faktorer, når man trots betydande arbetsinsatser inte bättre överensstämmelse än $\pm 10\%$ mellan beräknad och uppmätt energianvändning.

Svårigheter föreligger att steg för steg följa beräkningarna och bedöma olika faktorerers inverkan på det fysikaliska förloppet. Ett stort antal beräkningsfall måste dessutom genomföras för att resultaten skall innefatta normala variationer hos inverkan av faktorer och kombinationer av dessa. Detta är ur tillförlitlighetssynpunkt för resultatens användbarhet mindre lämpligt, då skillnaden i t ex energianvändning mellan två beräkningsfall eller konstruktionsalternativ kan vara av samma storleksordning, som uppges för skillnaden i energianvändning mellan byggnader med olika teknisk lösning t ex radiatorer och golvvärme respektive mellan olika golvvärmekonstruktioner.

Överslagsmetoder är enligt Harrysson (1988) en annan möjlighet och mer intressant metodik för beräkningssimuleringar av mångfaktoriella problem, som byggnaders energianvändning. Denna uppläggningsmetod möjliggör ökad förståelse för problemet och parameterstudier av olika delsystem exempelvis för bestämning av värmeförlusterna genom enskilda byggnadsdelar respektive betydelsen av olika golvvärmekonstruktioners värmekapacitet. Den totala energianvändningens och ingående delposters stora variationer och beroenden gör det mer intressant att genomföra flera beräkningsfall med en enklare metod än att använda en avancerad metod med få beräkningsfall.

2.4 Uppmätt energianvändning kontra beräknad

Behovet är stort av praktiskt användbara beräkningsmetoder som möjliggör att man snabbt och med hög tillförlitlighet kan värdera olika tekniska lösningar. Erfarenheter visar att gängse metoder har stora avvikelser mellan beräknade och uppmätta värden. Det är inte så konstigt

eftersom metoderna togs fram och "kalibrerades" för byggnader med helt andra värmetekniska egenskaper än dagens nybyggen. Orsakerna till avvikelser mellan beräknade och uppmätta värden är bland annat stora glasytor, värmetröga golvvärmesystem samt utförandebrister som dåligt utförd isolering, otätheter och bristfällig förvaltning.

Sedan 1974 har värmehushållningskraven successivt skärpts, vilket medfört minskat behov av inköpt energi samt lett till ändrade förhållanden mellan olika förlust- och tillskottsposter i effekt- och energibalansen. Ventilationsförluster och momentana transmissionsförluster genom fönster utgör en större andel än de tidsfördröjda transmissionsförlusterna genom opaka byggnadsdelar som tak, väggar och grund. Ju energisnålare huset i sig är utformat desto större andel utgör gratisvärmets av det totala behovet för byggnadsuppvärmning. Gratisvärmets utgör därmed en relativt större del av den totala energianvändningen med ökade svårigheter att ta tillvara detta för byggnadsuppvärmning utan besvärande övertemperaturer.

Nya flerbostadshus har som nämnts andra värmetekniska egenskaper än äldre för vilka gängse beräkningsmetoder framtagits och kalibrerats. Ökade kunskaper behövs därför om den totala energianvändningens och delposternas storlek, variationer och beroenden. I annat fall kan den förväntade besparingen utebli helt eller delvis. Exempel på "fenomen" som måste beaktas för att undvika fel vid energibalansbestämning och besparingsberäkningar är:

- Ju tjockare isolering desto kortare blir uppvärmningssäsongen.
- Större fönsterytor ger mer övervärme och ökade vädrings- eller kylbehov.
- Energibesparing sommartid vid värmeåtervinning med ventilationsvärmväxlare är liten eller försumbar.
- Köldbryggor ofta försummas eller underskattas.
- Prioriterar eventuell frånluftsvärmepump byggnadsuppvärmning eller varmvatten och när behövs tillsatsenergi?
- Transmissionsförluster genom golvet ökar vid golvvärme jämfört med om huset har radiatorsystem.
- Om huset har elvärme i badrum.
- Brukarbeteendet ex fönstervädning inverkar.

3. GÄLLANDE BYGGBESTÄMMELSER INOM ENERGIOMRÅDET

3.1 Energikrav

I och med ikraftträdandet av Boverkets byggregler (BBR2006) ställs för första gången funktionskrav på byggnaders energiprestanda. Uppmätta värden skall gälla före beräknade. Energiberäkningar måste därför utföras verklighetsnära och med tillräckliga säkerhetsmarginaler för att man ska kunna gardera sig mot onoggrannheter i indata eller beräkningsmetod samt andra avvikelser och eventuella utförandefel. Av särskild betydelse är brukarbetingade faktorer som vädring, innetemperatur och tappvarmvattenanvändning. I byggnaders energianvändning ingår:

- uppvärmning av byggnad
- komfortkylning
- tappvarmvattenvärmning
- fastighetsenergi (pumpar, fläktar, trapphusbelysning etc samt övrig fastighetsel)

Om golvvärme, handdukstork eller annan apparat för uppvärmning installeras inräknas även dess energianvändning. Hushållsel och verksamhetsel ingår inte.

Boverket har från 1 jan 2009, (BBR2009), skärpt kraven på bostäder speciellt de med elvärme, tabell 3.1. Landet har indelats i tre zoner: norra Sverige klimatzon 1, mellersta Sverige klimatzon 2 och södra Sverige klimatzon 3. Krav ställs på specifik energianvändning, summa energianvändning för byggnadsuppvärmning, varmvatten och fastighetsel per kvadratmeter A_{temp} , samt installerad effekt för byggnadsuppvärmning och varmvatten. I bostäder med elvärme får eleffekten för byggnadsuppvärmning och varmvatten inte överstiga de i tabell 3.1 angivna värdena. Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient för byggnadsdelar som omsluter byggnaden får högst uppgå till angivna värden. Beräkningar görs för normalår. Dimensionerande vinterutetemperatur (DVUT) definieras på ett helt nytt sätt än tidigare.

Boverkets byggregler (BBR2006) om en specifik energianvändning i södra respektive norra Sverige av högst 110 respektive 130 kWh/m² år exklusive hushållsel är relativt "lindriga" krav. Med individuell mätning och debitering av energi- och vattenanvändningen bör målet i stället sättas till högst 100 kWh/m² år totalt för byggnadsuppvärmning, varmvatten, fastighetsel och inklusive hushållsel samt högst 70 kWh/m² år för enbart byggnadsuppvärmning, varmvatten och fastighetsel. Boverkets byggbestämmelser för elvärmda bostäder (BBR2009) med krav på högsta energianvändningen 55 kWh/m² år i södra Sverige exklusive hushållsel, ca 30 kWh/m² år, leder till en total energianvändning på ca 80 kWh/m² år.

Vid utformning av nya hus måste man särskilt se över byggnadens arkitektoniska utformning, klimatskalet samt hushålls- och värmeapparater, så att den tillförda energin bättre tas tillvara. Redan idag finns hus med tekniska lösningar som är bättre än ovannämnda krav. Det är viktigt att sprida kunskap om goda lösningar så att alla kan välja dessa och verka mot samma mål.

Tabell 3.1. Bostäder med elvärme. Värden inom parentes () avser annat uppvärmningssätt. A_{temp} = Golvarean i temperaturreglerade utrymmen avsedd att värmas till mer än 10 °C, begränsade av klimatskärmens insida (garage skall inte medräknas vid bestämning av specifika energianvändningar. I det fall byggnaden enbart består av ett garage och detta värms upp till mer än 10 °C gäller samma krav som för lokaler och garagets area räknas med som A_{temp}). Källa: Boverkets byggregler (BBR2009).

Parameter	Klimatzon		
	1	2	3
Byggnadens specifika energianvändning för byggnadsuppvärmning, varmvatten och fastighetsel kWh/m ² A_{temp} år	(150) 55	(130) 95	(110) 75
Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient W/m ² K	(0,50) 0,40	(0,50) 0,40	(0,50) 0,40
Installerad effekt för byggnadsuppvärmning och varmvatten kW	5,5	5,0	4,5
+ tillägg då A_{temp} är större än 130 m ²	0,035 $x(A_{temp} - 130)$	0,030 $x(A_{temp} - 130)$	0,025 $x(A_{temp} - 130)$

3.2 Gratisvärme m m

Gratisvärme från sol, personer, elanvändning m m täcker en allt större andel av värmeförlusterna från nya hus. Entydiga definitioner och gränsdragningar behövs för hur olika delposter skall "bokföras". Detta gäller såväl elanvändning som energi till värmesystem. Speciellt gäller detta gränser för driftsenergi och hushållsel. Ökad användning av lågenergilampor medför minskad hushållsel, men ökad energianvändning för byggnadsuppvärmning.

Flerbostadshus utrustas allt oftare med tvättutrustning i lägenheterna i stället för gemensam tvättstuga. Detta medför krav på ökad ventilation i badrum, vilket ökar energianvändningen för byggnadsuppvärmning. Krav på individuell mätning och debitering av tappvarmvatten påverkar såväl energi- som vattenanvändningen. Golvvärme, handdukstork och andra apparater kan öka hushållselen och minska energianvändningen för byggnadsuppvärmning.

3.3 Brukarvanor

Skillnader i brukarvanor påverkar kraftigt energianvändningen. Indata för energiberäkningar måste vara tydligt redovisade som underlag för tillförlitlighetsbedömning och ev framtida utredningar. Indata för normala brukarvanor behövs för att:

- "Standardiserat" kunna beskriva boende och deras inverkan på energianvändningen.
- Ge underlag för rimliga säkerhetspåslag och jämförelser med uppmätta värden.
- Ta fram referensvärden till energideklarationer för olika byggnadskategorier samt "normalisering" av uppmätta värden i samband med verifiering av byggreglernas energikrav.

Brukarbetingade indata för bostäder är i första hand:

- innetemperatur
- luftflödeskrav, behovstyrning
- vädringspåslag
- solavskärmning, manuell användning
- personvärme, antal personer och närvaro
- tappvarmvattenanvändning per brukare, eventuell individuell mätning
- hushållsel, medelvärden och tidsvariation
- belysning, del av hushållsel eller fastighetsel
- gratisvärme (från andra källor än värmesystemet); nyttiggjord respektive ej nyttiggjord del

4. NÅGRA PRAKTISKA UNDERSÖKNINGAR

4.1 Introduktion

I detta kapitel refereras och kommenteras ett antal undersökningar av flerbostadshus med olika byggsätt och tekniska lösningar. Analysen inriktas på inomhusmiljö, energianvändning och livscykelkostnad. Såväl områden med på marknaden vanliga lösningar för flerbostadshus behandlas som goda lösningar, lågenergihus och passivhus. För- och nackdelar med respektive lösning diskuteras. Kvantitativa uppgifter ges för total energianvändning, delposter och vattenanvändning.

4.2 Boverksundersökningen

Syfte och omfattning

Undersökningens syfte, Harrysson (1997a), har varit att undersöka inomhusmiljön, energi- och vattenanvändningen samt kostnaderna för olika tekniska lösningar från olika epoker samt studera inverkan av olika byggregler. Undersökningen som fortfarande är unik, omfattar registrering av energi- och vattenanvändning, tekniska mätningar av parametrar med betydelse för energianvändningen och inomhusmiljön samt enkätundersökning med brukare och förvaltande personal. En syntes har gjorts av alla resultaten.

Undersökningen har omfattat 10 "slumpmässigt" utvalda flerbostadshusområden, figur 4.1, utan kända problem, belägna utmed Västkusten från Göteborg till Malmö och med totalt 395 lägenheter, varav 60 är besiktigade. Husen har uppförts mellan 1952 och 1994, varav 5 äldre husområden 1952-1969 och 5 nyare områden 1984-1994.

Husen har valts så att olika systemlösningar varit representerade, exempelvis S-, F- och FT-ventilation kombinerat med olika isolertjocklekar (U-värden) och 2- eller 3-glasfönster. Samtliga områden har radiatorer. I två av områdena finns frånluftsvärmepumpar för uppvärmning av tilluften respektive kopplade till radiatorsystem. De olika systemlösningarnas inverkan på inomhusmiljö och energianvändning har utvärderats. Tre av områdena hade byggts om innan Boverksundersökningen gjordes. Åtgärderna beskrivs i Harrysson (1997a).

Tabell 4.1. Uppgifter för de 10 studerade husområdena. Källa: Harrysson (1997a).

Geografiskt läge	Byggår	Ombyggn. 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 + tillufts-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 värmesystem	3	En energi- respektive vattenmätare. Avgiven och tillförd energi till FVP registreras med värmemängds- respektive elmätare
10. Göteborg	1994	-	Fj. v	F + tillufts-rad.	3	2 punkthus, central i varje hus

Anm ^a Ombyggt till 3-glasfönster

Resultat

Uppmätt energianvändning för de 10 studerade husområdena redovisas i tabell 4.2. Olika bygg- och installationstekniska lösningar har rangordnats utifrån en kombination av energianvändning, inomhusmiljö samt kostnadseffektivt byggande och underhåll. Resultaten visar att det finns nyare flerbostadshus som har högre specifik total energianvändning än äldre hus samt att den specifika totala energianvändningen mellan två områden med likartad teknisk lösning kan förhålla sig som 1:2.

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

De nyare områdena, förutom område 6, har lägre specifik total energianvändning än de äldre, men högre för fastighetsel. Område 6 har dock ungefär lika hög specifik energianvändning för byggnadsuppvärmning och varmvatten som de äldre områdena. De 5 nyare områdena har i medeltal ca 20 % lägre specifik total energianvändning än de 5 äldre.

Tabell 4.2. Uppmätt energianvändning m m i de 10 studerade husområdena. Källa: Harrysson (1997a).

Tabell 3.1 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 lägenhetsyta	Lägenhet enkät			Uppmätt energianvändning							
			antal	RoK	yta	byggnadsuppvärmning och varmvatten		fastighetsel		hushållsel (medelvärde)		total energianvändning för byggnadsuppvärmning, varmvatten, fastighetsel och hushållsel	
						kWh/år	kWh/m ² · år	kWh/år	kWh/m ² · år	kWh/år	kWh/m ² · år	kWh/år	kWh/m ² · 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 4.3. Uppgifter om energislag, uppvärmd lägenhetsyta, energi- och vattenanvändning m m för de studerade husområdena i Boverksundersökningen. Källa: Harrysson (1997a).

Tabell 3.2 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 hushållselanvändningen 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.

Område	Vattenanvändning			Period				Anm. Spec. uppvärmd yta. Ev kollektiv mätning
	m ³ /år	m ³ /m ² · år	m ³ /läg. enkät	värme vv	fastighetsel	hushållsel	vatten	
1.	63353	2,08		1996	-	-	1996	kollektiv mätning. Lgh yta 30 900 m ² trapphus förråd 5 135 m ² källare 6302 m ² frånluftsvärmepump tilluft
2.	21604	1,44		sep94-sep96	mv 95 o 96	sep94-sep96	mv 95 o 96	endast lgh yta 14 984 m ² biutr. yta 2667 m ² mv för 62 lägenheter 3 R o K
3.	4812	1,06					1996	
3.	9876	1,73		1995	1995	apr95-apr96	1995	
	4334	1,61						
4.	22768	1,94		1995	1995	apr95-apr96	1995	11 750 m ² lgh yta, 1 000 m ² garage ca 10 °C
5.	9319	1,54		1995	1995	feb94-feb95		6 051 m ² lgh-yta, 569 m ² prima 1 011 m ² sek. lokaler
6.	21762	1,91	156	1995	1995	okt-95/okt-96	1995	kollektiv mätning gas, fast. el, vatten
				1995	1995	okt-95/okt-96		lgh 5 262 m ² , daghem 509 m ² gruppbostad 361 m ²
7.	86792	2,46		1996	feb96-feb97	1996	1996	35 254 m ² lgh yta 1 345 m ² lokaler
8. H	33414	2,21		1996	1996	1996	1996	15 097 m ² lgh yta 883 m ² lokaler
S	30892	2,04		1996	1996	1996	1996	15 109 m ² lgh yta 391 m ² lokaler
9.	17718 ^a	1,65	127	1996	1996		1995	10 736 m ² lgh yta, 303 m ² butiker
	18165 ^a	1,69	130				1996	trapphus och källare 2854 m ²
10.	9336 ^b	2,10		1996	mar96-mar97	mar96-mar97	1996	
mv		1,89						

Anm. a) Område 9 totalt inkl höghus 123 340 m³ vatten 1995 på 67 875 m²= 1,82 m³/m² år. b) tillhörande lägenhetsyta är 4439 m²

De båda nyare områdena 9 och 10 med frånluftsventilation har ca 15 % lägre specifik total energianvändning än de båda nyare 2 och 5 med frånlufts-/tilluftsventilation och ventilationsvärmväxlare, tabell 4.2. Det finns nyare områden byggda efter mitten på 1980-talet som har minst lika hög specifik energianvändning som äldre områden. Det framgår av att område 6 byggt 1991 använder 245 kWh/m² år medan område 7 byggt 1960 och 8 byggt 1959 använder 247 kWh/m² år 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.

Vattenanvändningen uppgår i medeltal till 1,89 m³/m² år med lägsta värde 1,44 m³/m² år och högsta värde 2,46 m³/m² år. Vattenanvändningen är i tur och ordning högst i områdena 7, 8, 10 och 1, tabell 4.3. Lägst vattenanvändning har i tur och ordning områdena 2, 5, 3 och 9. Baserat på vattenanvändningen har energianvändningen för varmvatten beräknats, tabell 4.4, varefter energianvändningen för byggnadsuppvärmning erhållits. Stora variationer i energianvändning för varmvatten och hushållsel kan bero på olika maskinell utrustning i lägenheten, t ex tvättmaskin och/eller diskmaskin respektive skilda boendevanor. Stora skillnader i fastighetsel kan orsakas av olika pumpar, fläktar, utebelysning, hissar etc.

Tabell 4.4. Uppgifter om total energianvändning och olika delposter. Energinvändning för varmvatten har baserats på uppmätt vattenanvändning, tabell 4.3, m m. Källa: Harrysson (1997a).

Tabell 3.3 Uppgifter om total energianvändning och olika delposter. Energinvändningen för varmvatten har baserats på uppmätt vattenanvändning och att varmvattnet utgör 40 % av kallvattenanvändningen. Vidare antas att energianvändningen för varmvatten och vvc-slinga är 60 kWh/m³ varmvatten.

Anm. a) hushållsel ingår
b) viss byggnadsuppvärmning ingår i fastighetsel
c) beräknad utifrån uppmätt vattenanvändning, tabell 3.2

Område	Uppmätt energianvändning kWh/m ² år							
	byggnads- uppv.	varm- ^c vatten	byggnadsuppv. + varmvatten	fastighetsel	hushållsel	byggnadsuppv. + hushållsel	byggnadsuppv. + varmvatten + hushållsel	total energianv. bygg- nadsuppv. +varmvatten + hushållsel + fastighetsel
1.	-	50	-	-	-	-	-	198
2.	64	35	99 ^a	42 ^b	-	-	99 ^b	141
3.	112	40	152	13	27	139	179	192
4.	130	46	176	11	29	159	205	216
5.	106	25	131	34	31	137	162	196
6.	121	46	167	34	44	165	211	245
7.	149	59	208	21	18	167	226	247
8.	126	51	177	21	30	156	207	228
9.	56	40	96	29	34	90	130	159
10.	37	50	87	16	31	68	118	134

mv 44

Innemiljö

Enkätundersökning enligt modifierad Elib-modell med tilläggsfrågor har genomförts i 395 lägenheter fördelat på 10 områden. Tekniska mätningar har gjorts av de för innemiljön och energianvändningen mest betydelsefulla parametrarna, bland annat av momentana luftflöden genom ventilationsdon i 6 lägenheter i varje område samt kontinuerliga mätningar av inneluftstemperatur, relativ fuktighet och koldioxidhalt under en natt i en lägenhet per område i ett sovrum för två personer och med stängd innerdörr. I nämnda 6 lägenheter per område har slutligen total ventilation bestämts med passiv spårgasteknik liksom innetemperatur och relativ fuktighet under en månad. Några av resultaten sammanfattas i tabell 4.5.

Tabell 4.5. Några tekniska data och resultat för de 10 studerade områdena. Källa: Harrysson (1997a).

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-/tilluftsventilation, X = ventilationsvärmväxlare, 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" % Medelvärdet för Miljöfaktorer ⁱ Nuvarande besvär %	Klago- måls- frekvens 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 ^l	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. Staffanstorps	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	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 "Asthma m m", "Miljöfaktorer" och "Nuvarande besvär" med lika viktning.

Klagomålsfrekvensen "astma m m" är i medeltal 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 3 procentenheter högre i de frånluftsventilerade och cirka 11 procentenheter högre i de självdragsventilerade. Analogt gäller att även symtomfrekvenser för "nuvarande besvär" i medeltal är lägst i de frånlufts-/tilluftsventilerade områdena, cirka 4 procentenheter högre i de frånluftsventilerade respektive drygt 6 procentenheter högre i de självdragsventilerade.

Klagomålsfrekvensen för innemiljön, medelvärdet av frekvensen för "astma m m", "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 3 äldre områdena med självdragsventilation 8, 3 och 7.

Sammantaget visar resultaten, tabell 4.6, att individuell mätning och debitering av energi- och vattenanvändning i stället för kollektiv samt brukarvanor och förvaltningens kvalitet har störst inverkan på energi- och vattenanvändningen samt tillhörande kostnader. Därefter kommer byggnadens ålder, teknisk utformning t ex isolertjocklekar (U-värden) och fönstertyp (U-värden), installationer och eventuella energisparåtgärder. Undersökningen visar också att rätt utförd energisparande ger varken inomhusproblem eller byggsador.

Tabell 4.6. Sammanfattning av resultat från Boverksundersökningen, Harrysson (1997a), jämfört med SCB (2007).

Specifik energianvändning kWh/m ² lghyta år	Byggnadsuppv. + 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 ca 1985 och framåt	140			

4.3 Peabs områden

Syfte och omfattning

Syftet har varit att projektets arbetsgrupp skulle studera energianvändningen i ett antal nyare flerbostadshusområden i Örebroregionen. Därigenom har ett ömsesidigt kunskapsutbyte med erfarenhetsåterföring kunnat ske mellan det regionala näringslivet och universitetet. Vanliga serieproducerade hus ska undersökas. De skulle vara minst två år gamla för att inte eventuell byggfukt och andra igångkörningsproblem skall påverka resultaten. Om möjligt skulle uppmätta respektive beräknade energiuppgifter jämföras.

Den kompletta beskrivningen och redovisningen finns i bilaga, som utarbetats av Anders Yourstone, Peab Örebro. Bilagan innehåller även Peabs broschyr EnergiSmart som bland annat ger idéer och förslag till hur man genom rätt teknisk lösning avsevärt kan minska energianvändningen. Fyra flerbostadshusområden har studerats. För två av dessa redovisas uppmätt och beräknad energianvändning samt för två enbart beräknad. Under projektiden fanns endast fyra lämpliga områden att tillgå, uppmätta värden för två av dessa respektive beräknade för alla fyra områdena.

Resultat

Nedan redovisas uppmätt energianvändning i två områden: Laurentiusgården och Kv Senapen samt beräknade värden, summa energianvändning för värmesystem, varmvatten och

fastighetsel i alla fyra områdena: Laurentiusgården, Kv Senapen, Stämjärnet och Ekängsparken.

Tabell 4.7. Tekniska data, uppmätt och beräknad energianvändning (summa för värmesystem, varmvatten och fastighetsel) i Laurentiusgården och Kv Senapen. Innetemperaturen har i beräkningarna antagits till 21 °C.

Område	Byggår	A_{temp} m ²	Vent./ Återv.	Energi- slag	Beräknad energianvändn kWh/m ² år	Uppmätt energianvändn kWh/m ² år
Laurentiusgården	2004-2006	10 450	Frånluft/-	Fjärrvärme	105	88 ^a
Kv Senapen	2003	4 650	Frånluft/-	Fjärrvärme	103	108 ^b

Anm.

a. nov 06-okt 07, uppmätta värden har ej normalårskorrigerats. Enbart energi för värmesystem och varmvatten. El ingår ej.

b. 2007, normalårskorrigerat. Schablonvärden för fastighetsel.

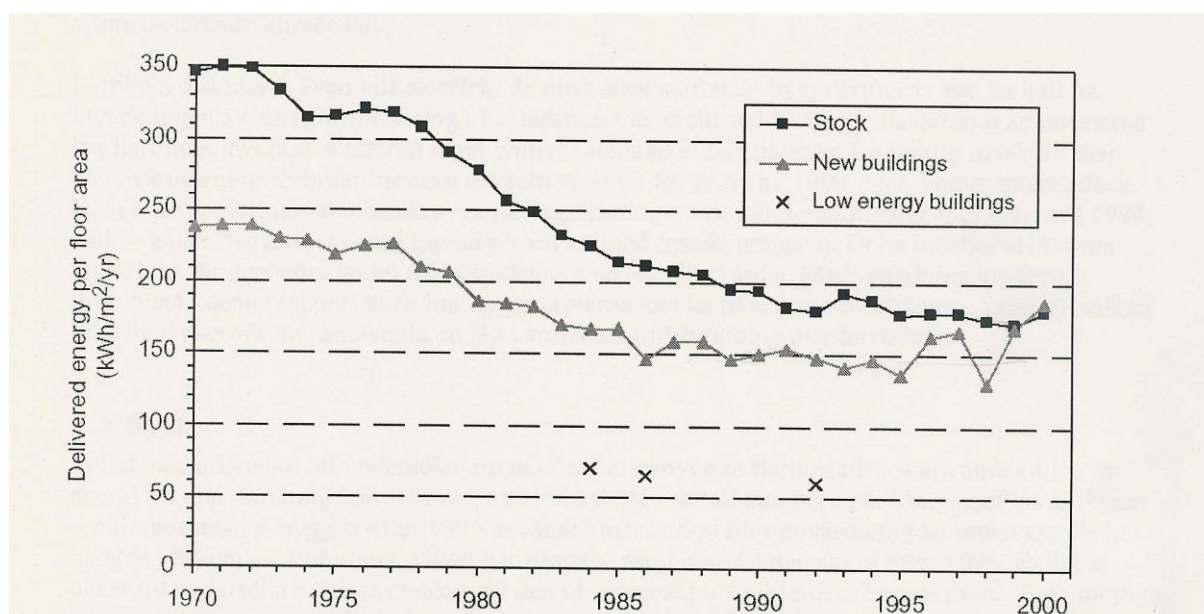
Tabell 4.8. Tekniska data och beräknad energianvändning (summa för värmesystem, varmvatten och fastighetsel) i Stämjärnet och Ekängsparken. Osäkerheten i beräkningarna anges till 10 %. Innetemperaturen har antagits till 21 °C.

Område	Byggår	A_{temp} m ²	Ventilation/ Återvinning	Energislag	Beräknad energianvändn kWh/m ² år
Stämjärnet	2008-2009	6 820	Frånluft/Frånluftsvärmepump för värmesystem och varmvatten	Fjärrvärme	86
Ekängsparken	2008-2009	4 330	Frånluft/Frånluftsvärmepump för värmesystem och varmvatten	Fjärrvärme	68

4.4 Flerbostadshus Göteborg

Syfte och omfattning

Undersökningen, Eriksson (2004), har syftat till att utreda om nybyggda flerbostadshus efter 1995 har allt högre energianvändning för byggnadsuppvärmning och varmvatten än hus byggda i början av 1990-talet, vilket har påståtts i media, Energimagasinet (2003, 2004). Påståendet emanerar från en utredning av Nässén & Holmberg (2003) som baserat på uppgifter från Statistiska Centralbyrån (SCB) undersökt energianvändning och koldioxidutsläpp i svenska byggsektorn mellan 1970 och 2000. Flerbostadshus visar en nedåtgående trend för den specifika energianvändningen för uppvärmning (byggnadsuppvärmning och varmvatten) mellan 1970 och 1985 dock med en avstannande minskning under 1990-talet, figur 4.1.



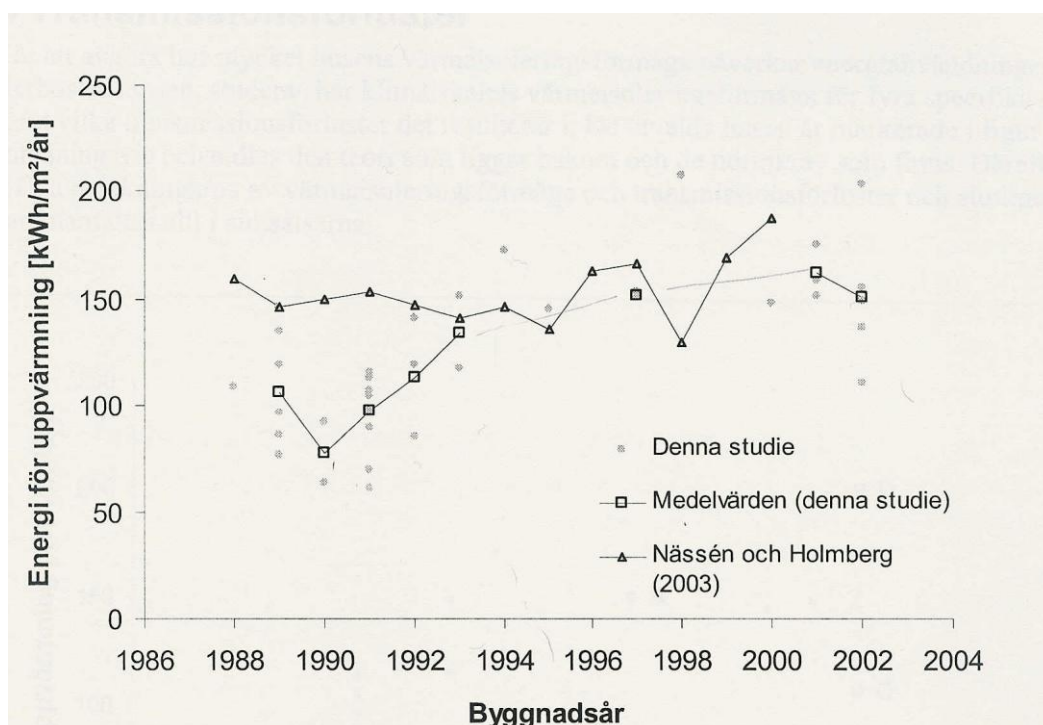
Figur 4.1. Specifik energianvändning för uppvärmning (byggnadsuppvärmning och varmvatten) av flerbostadshus. "Stock" representerar det totala beståndet respektive år, medan "New buildings" representerar hus som byggts under just det året. Källa: Nässén & Holmberg (2003).

Eriksson (2004) har registrerat energianvändning, byggnadsår och golvarea för 37 flerbostadshus byggda i Göteborg 1988-2002. Energianvändningen har normalårskorrigerats. Resultaten har sorterats efter byggår. Genom att studera specifika byggnader har orsaker till konstaterad utveckling kunnat klarläggas.

Resultat

I Erikssons undersökning har uppmätt energianvändning grovt fördelats på transmissions- och ventilationsförluster samt varmvatten. En markant högre "fjärrvärmeenergianvändning" (byggnadsuppvärmning och varmvatten) har konstaterats för objekt byggda från 1994 jämfört med övriga hus i studien. Huvudorsaken till detta är att majoriteten av de objekt som byggts före 1994 har värmeåtervinning ur ventilationsluften medan majoriteten av objekten byggda senare inte har det. Normkravet ändrades 1994, vilket bland annat fick till följd att värmeåtervinning ur ventilationsluften slopades bland annat för fjärrvärme. Kravet återinfördes 2006. Majoriteten flerbostadshus i Sverige har fjärrvärme och normändringen har påverkat energianvändningen på nationell nivå. Utöver eventuell förekomst av fjärrvärme påverkas energianvändningen av en mängd andra faktorer, vilka dock inte bedömts vara orsaken till den ökade energianvändningen i hus byggda efter 1994.

Den normalårskorrigerade specifika fjärrvärmeenergianvändningen visar en mycket stor spridning mellan 61 och 208 kWh/m² år. Detta får anses vara en mycket stor variation för flerbostadshus i samma stad byggda 1988-2002. Det högsta värdet är nästan tre gånger så stort som det lägsta, 175 respektive 61 kWh/m² år, även om man bortser från de två största på drygt 200 kWh/m² år. Spridningen är stor även mellan hus byggda under samma år, särskilt för 1989, 1991, 1992 och 2002.



Figur 4.2. Jämförelse mellan energi för uppvärmning (byggnadsuppvärmning och varmvatten) för nybyggda flerbostadshus i undersökningar av Eriksson (2004) och Nässén & Holmberg (2003). Olika definition av golvarea och olika klimatförutsättningar gör det svårt att jämföra de absoluta nivåerna. Källa: Eriksson (2004).

I figur 4.2 har energianvändningen för uppvärmning (byggnadsuppvärmning och varmvatten) jämförts för nybyggda flerbostadshus i undersökningar av Eriksson (2004) och Nässén & Holmberg (2003). Statistiken för åren 1994 till 2001 baseras på färre observationer än tidigare, vilket gör det statistiska underlaget något osäkert. En uppåtgående trend kan skönjas i båda undersökningarna. Den största ökningen i studien av Eriksson (2004) ligger mellan 1990 och 1994 i stället för mellan 1995 och 2000 enligt undersökningen av Nässén & Holmberg (2003). Underlaget för Erikssons undersökning är emellertid betydligt mindre. Den tidigare nämnda skillnaden mellan hus byggda före och efter 1994 är dock tydlig. Undersökningarnas geografiska skillnader är av mindre betydelse eftersom det är utvecklingen under åren mer än de absoluta nivåerna som är av intresse.

Diskussion av areabegrepp

Definitionen av areabegrepp, antalet hus och geografiska läget är inte samma i de båda undersökningarna. Eriksson (2004) har definierat golvarean som BOA + LOA, omfattningen är 37 hus belägna i Göteborg medan Nässén & Holmberg (2003) baserar sin undersökning på SCB:s statistik och ett stort antal hus belägna över hela Sverige.

För jämförelser mellan olika energiuppgifter är det viktigt använda en tydlig definition av ytbegreppet (här golvarea). I dagsläget förekommer många olika areabegrepp och det saknas tydliga riktlinjer för vilken definition som skall användas t ex för specifik energianvändning, dvs energianvändning per ytenhet, kWh/m² år.

Praxis är att fördela en byggnads energianvändning på den aktuella golvarean. Många olika begrepp och definitioner för golvarean har förekommit och förekommer. Vissa av dessa begrepp och definitioner är dessvärre inte entydiga. En överblick över olika areabegrepp finns i Lundborg & Göransson (1990). Uppgifterna om uppvärmd yta enligt SCB:s statistik för flerbostadshus, serie EN 16, baseras på enkätundersökningar, där fastighetsägarna själva får fylla i uppgifter om sina hus. Energianvändningen skall anges som den verkliga, dvs ej normalårskorrigerad.

Yta enligt fastighetstaxeringen är bostadslägenheter och lokaler, dvs uthyrningsbar yta. I denna yta kan även ej uppvärmd yta ingå exempelvis kallgarage. Denna yta skall sedan fördelas på bostadslägenheter, varmgarage, ej uppvärmd yta samt lokaler. Utöver detta skall även övrig uppvärmd yta anges. Ingenstans anges dock hur dessa siffror skall tas fram eller mer exakt vilka definitioner som gäller.

I SCB:s publikation anges vidare att "Med lokalareor avses uppvärmda lokalareor avsedda för uthyrning, däremot inte s k gemensamma utrymmen som tvättstuga, hobbyrum etc. Totalarean utgör summan av bostadsarea, lokalarea och varmgaragearea. Det är alltså denna totalarea som energianvändningen fördelas på. Motsvarande blankett från omkring 1990 uppger att det som skall anges för flerbostadshus är "faktisk yta (ej bränsledebiteringsyta) för bostadslägenheter, lokaler och varmgarage avsedda för uthyrning. Trapphus och eventuella utrymmen som t ex tvättstuga, hobbyrum, cykelrum och lägenhetsförråd skall inte tas med", Lundborg & Göransson (1990).

4.5 Bo01

Syfte och omfattning

Området Västra hamnen i Malmö byggdes till bomässan Bo01, Nilsson (2003, 2004) och Nilsson & Larsson (2004). Tio fastigheter med data enligt figur 4.3 har undersökts. Kravet var att den totala energianvändningen för värmesystem, varmvatten, fastighetsel och hushållsel skulle understiga $105 \text{ kWh/m}^2 \text{ BRA år}$. För alla hus har respektive byggherre redovisat energiberäkningar med beräknat energibehov. Energiberäkningar för de 10 undersökta fastigheterna har gjorts med Enorm. Det är ett enkelt och ofta använt program som beräknar energibehovet per dygn. Bo01 har ytterligare utvärderats av Bagge (2007, 2008).

	lgh	radhus	U-värde, W/(m ² ·K)					köld- bryggor W/K
			källargolv	källar- yttervägg	yttervägg	vinds- bjälklag	fönster	
Kajpromenaden	6	3	0,20	0,17	0,28	0,18	1,15	15
Friheten	9	2	0,28	0,54	0,24	0,15	1,52	15
Sundsblick	8	3	0,26	0,26	0,22	0,12	1,50	12
Havshuset	16	5+2	0,18	0,29	0,23	0,18	1,25	-
Kajplats 01	23	-	0,30	0,14	0,27	0,14	1,15	282
Vitruvius	13	5	0,18	0,19	0,19	0,07	1,20	-
Tegelborgen	21	1	0,17	0,32	0,23	0,12	1,40	-
Entréhuset	37	4	0,19	0,42	0,23	0,18	1,25	-
Havslunden	15	5	0,18	0,27	0,19	0,07	1,20	-
Tango	27	-	0,20	0,23	0,24	0,24	1,30	-

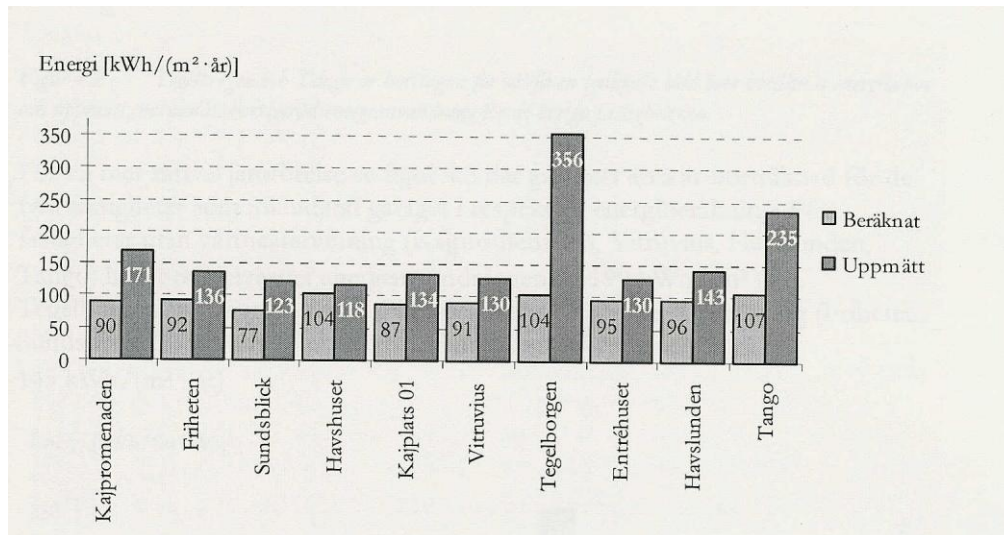
	inne- temp. °C	fönster- area %	värme- system	ventilations- system	återvinning
Kajpromenaden	22	32	golvvärme	F-system	-
Friheten	20	27	radiatorer	FTX-system	VP18/värme+vv
Sundsblick	20	27	radiatorer	FTX-system	VP18/värme+vv
Havshuset	20	28	radiatorer	F-system	VP/värme
Kajplats 01	22	35	golvvärme	F-system	VP/värme
Vitruvius	20	39	radiatorer	F-system	(frånluft till garage)
Tegelborgen	20	35	golvvärme	F-system	-
Entréhuset	20	24	radiatorer	F-system	VP/värme
Havslunden	20	28	radiatorer	F-system	(frånluft till garage)
Tango	20	37	rad./golvv.	F-system	-

Figur 4.3. Sammanställning av data för de tio fastigheterna. Källa: Nilsson (2003, 2004).

Resultat

Det för Bo01 gemensamma energimålet resulterade i en spridning med en faktor 3 mellan högsta och lägsta totala energianvändning (summa för värmesystem, varmvatten, fastighetsel och hushållsel) och att endast en fastighet uppfyllde målet, figur 4.4. Ett års mätningar (okt 2002-okt 2003) visar att alla de 10 fastigheterna som undersökts har högre uppmätt total energianvändning än 105 kWh/m² BRA år. Detta kunde förutses efter att ha studerat beräkningarna. Den uppmätta totala energianvändningen ligger huvudsakligen mellan 120 kWh/m² BRA år och 200 kWh/m² BRA år. Ett av husen (Tegelborgen) har mycket hög total energianvändning, 350 kWh/m² BRA år, vilket främst beror på problem med styrningen av värmesystemen.

Avvikelserna är stora gentemot beräknade värden som ligger mellan 77 kWh/m² BRA år och 107 kWh/m² BRA år. Ofta är det brukarvanorna som gör att energianvändningen blir högre än förväntat. Detta gäller inte fastigheterna i Bo01. Brukarna påverkar i första hand varmvatten- och hushållselanvändningen. Energianvändningen för byggnadsuppvärmning beror till största delen på klimatskalets täthet och värmeisolering, ventilationsförluster (ev värmeåtervinning ur ventilationsluften) samt hur driften sköts. Brukarna kan bara marginellt påverka nämnda energianvändningen.



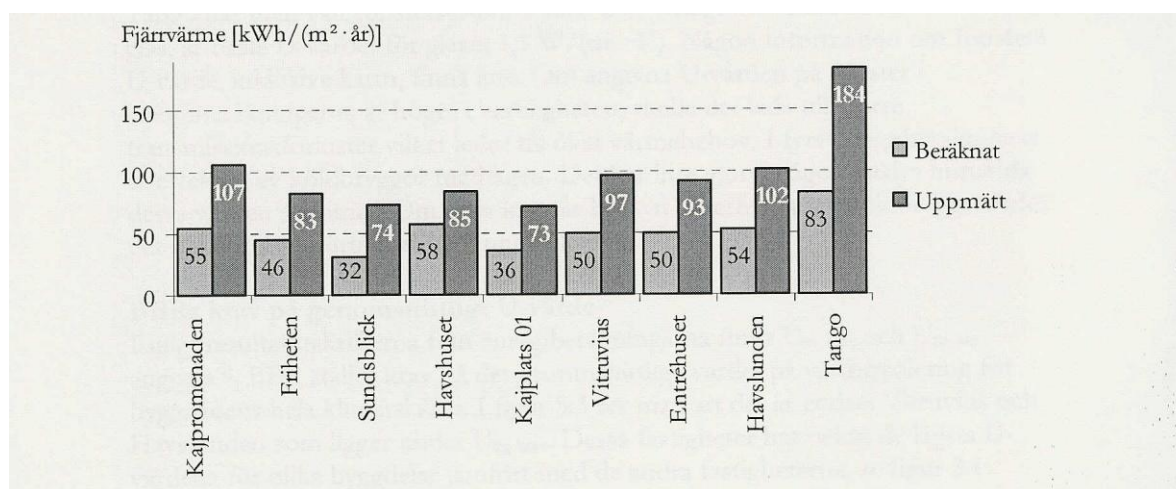
Figur 4.4. Sammanställning av beräknad och uppmätt total energianvändning (summa för värmesystem, varmvatten, fastighetsel och hushållsel) för varje fastighet enligt byggherrarnas energiberäkningar med Enorm. De mörkare staplarna avser uppmätt, normalårskorrigerad energianvändning. Källa: Nilsson (2003, 2004).

Värdet i figur 4.4 är den totala energianvändningen, dvs byggnadsuppvärmning, varmvatten, fastighets- och hushållsel. I kvalitetsprogrammet understryks också att husen inte får bli energieffektiva på bekostnad av komforten. I regel har man använt sig av känd teknik och kombinerat olika energieffektiva åtgärder. Energieffektiva fönster, tung stomme, extra isolering, värmeåtervinning ur ventilationsluften, energieffektiva pumpar och fläktar samt individuell mätning av el, värme och/eller varmvatten är några av åtgärderna.

Uppmätt fjärrvärmeenergianvändning har normalårskorrigerats enligt effektsignaturmetoden och jämförts med beräknade värden, figur 4.5. Fastigheterna klarar inte nämnda energikrav 105 kWh/m² BRA år. Det är framförallt värmeanvändningen som ligger högt, figur 4.5. Snittet för normalårskorrigerad uppmätt total energianvändning ligger på 186 kWh/m² BRA år för fastigheter utan värmeåtervinning och kring 127 kWh/m² BRA år för fastigheter med värmeåtervinning, figur 4.4. Indikationer och hypoteser bakom orsaker till avvikelser mellan beräknad och uppmätt energianvändning finns och har utvärderats noggrannare i en senare del av forskningsprojektet, Bagge (2007, 2008).

Tre fastigheter med högst total energianvändning har tre saker gemensamt: störst fönsterarea i förhållande till uppvärmd area, vattenburen golvvärme som huvudsakligt värmesystem och högst värmeanvändning (summa för värmesystem och varmvatten), Bagge (2007, 2008). Han framhåller vidare i sin analys bland annat följande tänkbara förklaringar:

- Det kan vara så att det är golvvärmen och inte stora fönster som lett till den höga energianvändningen.
- Alternativt kan det vara stora fönster i kombination med golvvärme.
- Det är med enkla medel som isolering lätt att uppnå låg energianvändning.



Figur 4.5. Beräknad och uppmätt, normalårskorrigerad fjärrvärmeenergianvändning (värmesystem och varmvatten) baserat på den area som är angiven i byggherrarnas inlämnade energiberäkningar. Källa: Nilsson (2003, 2004).

Det föreligger stor spridning mellan fastigheternas fjärrvärmeenergianvändning, en faktor fyra mellan den högsta och lägsta energianvändningen, figur 4.5. De fastigheter som har låg fjärrvärmeenergianvändning har någon form av värmeåtervinning ur ventilationsluften. Undantag finns dock. En fastighet utan värmeåtervinning har den näst lägsta fjärrvärmeenergianvändningen och en fastighet med frånluftsvärmepump har hög energianvändning. Fjärrvärmeenergianvändningen för de fastigheter som har vattenburen golvvärme var $173 \text{ kWh/m}^2 \text{ år}$ medan fastigheter med vattenburet radiatorsystem hade $70 \text{ kWh/m}^2 \text{ år}$. Notera att i två av dessa användes inte fjärrvärme för att värma tappvarmvatten.

Det är enligt Bagge (2007, 2008) energi för byggnadsuppvärmning som varierar mest och som avviker mest från beräknad energianvändning och inte delposter som hushållsel och varmvatten som mer direkt påverkas av brukarna. I Bo01 är det med andra ord inte den brukarrelaterade energianvändningen som gör att energiberäkningar slår fel.

Energianvändningen för byggnadsuppvärmning har varit betydligt högre än beräknad, många gånger dubbelt så stor. Några orsaker till detta är:

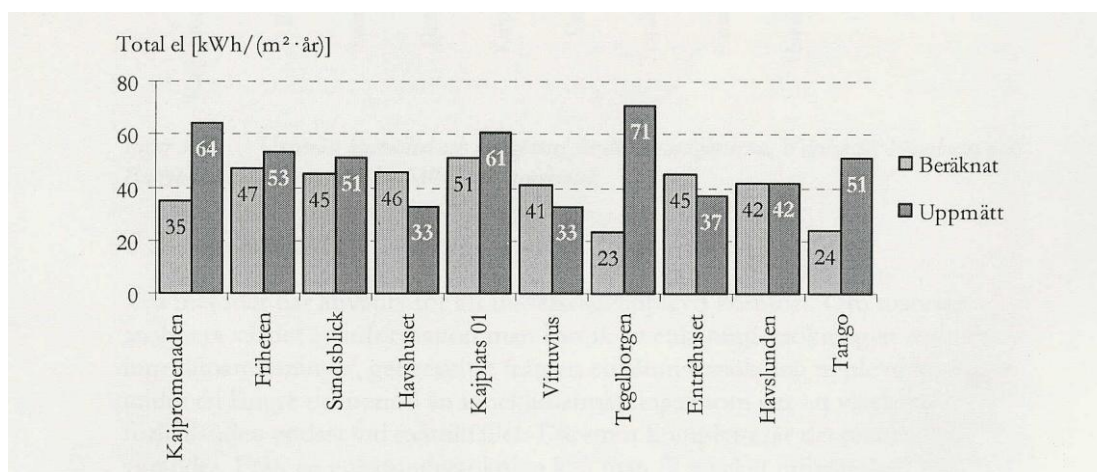
- Ett antal indata har inte motsvarat verkligheten. Innetemperaturen antas ofta vara $20 \text{ }^\circ\text{C}$, men brukar i verkligheten ligga kring $22 \text{ }^\circ\text{C}$. Detta gäller även i Bo01. Nästan alltid försummas inverkan av köldbryggor. Styr- och reglersystemen har antagits fungera perfekt i beräkningarna, vilket sällan stämmer överens med verkligheten.
- Med Enorm beräknas energianvändningen per dygn, varför solvärmeutnyttjandet inte simuleras på ett tillförlitligt sätt. Enligt Enorms manual skall programmet inte användas för byggnader med fönstereor större än i "traditionella byggnader" dvs ca 15-20 %. Husen i Bo01-området har stora fönstereor, 24-39 % av uppvärmd area, vilket är högt. Enorm överskattar därför solvärmeutnyttjandet. Om värmebehov föreligger under ett dygn tillgodoräknas all solvärme. I verkligheten ventileras den troligen ut, då värmebehov oftast uppstår när solen inte lyser. Enorm räknar med att värmebehovet för husen i Bo01 täcks med 34-52 % av solvärme. Även andra studier har uppmärksammat nämnda brister hos Enorm.
- U-värdena för husens olika byggdelar är ungefär vad som bedöms vara normalt för nybyggda hus kring millennieskiftet. Energikravet för Bo01-området var strängare än då gällande byggregler, varför husen borde ha isolerats bättre. Fönstrens

beräknade/angivna U-värden var dessutom ett par tiondelar lägre än verkliga. Den genomsnittliga värmeisoleringen för klimatskalet ligger för två fastigheter under gällande norm. För övriga 8 fastigheter måste på annat sätt visas att byggnaden totalt använder mindre energi än tillåtet och man måste då ha någon typ av värmeåtervinning. Tre hus som ligger över kravet har inte någon värmeåtervinning och klarar således inte byggreglernas krav.

- Lufttätheten har mätts i åtta lägenheter av vilka 5 inte klarade BBR-kraven. Lufttätheten är i verkligheten sämre än i beräkningarna.

Varmvattenanvändningen har inte mätts separat utan bedömts på vedertaget sätt utifrån levererad mängd fjärrvärme när uppvärmningsbehov inte finns. Varmvattenanvändningen är snarare lägre än högre i förhållande till vad som antagits i Enorm-beräkningarna.

Hushållselanvändningen beror på användningen av vitvaror, belysning och andra apparater, men skiljer sig inte så mycket åt från beräknat elbehov. Det finns i undersökningen fastigheter som ligger både över och under beräknade värden. I genomsnitt använder brukarna i Bo01-husen så mycket hushållsel som förväntats. Elanvändningen redovisas i figur 4.6.



Figur 4.6. Beräknad och uppmätt elanvändning i de tio fastigheterna. Källa: Nilsson (2003, 2004).

Bra luftkvalitet men dålig värmekomfort

Den genomförda enkätundersökningen i Bo01 kan sammanfattas med denna rubrik. Boendekomforten har studerats genom en enkätundersökning. Stockholms inomhusmiljöenkät har valts. Resultaten visar att det finns problem med att få god värmekomfort trots att värmeanvändningen blivit hög. Enkäten baseras på ett referensmaterial omfattande drygt 14 000 lägenheter i flerbostadshus. Svarefrekvensen var 82 % med ganska jämn ålders- och könsfördelning. En knapp tredjedel tyckte värmekomforten var dålig vintertid. Två tredjedelar besvarades av drag i lägenheterna. I nästan hälften av dessa tyckte man att det varit för kallt i något rum i lägenheten under vintern. I var tredje lägenhet tyckte man att golven var kalla. I var fjärde lägenhet besvarades man av ojämn temperatur, dvs att innetemperaturen varierade beroende på temperaturförändringar ute.

Luftkvaliteten i lägenheterna bedömdes som god. Det fanns ett missnöje med ventilationen. Knappt en tredjedel av de svarande klagade över att matoset sprids i lägenheten vid

matlagning, något som troligen beror på att en öppen planlösning mellan kök och vardagsrum är vanligt förekommande samt att köksfläkten inte har tillräcklig uppfångning av matos. I de lägenheter luftflödet uppmätts, uppfyllde köksfläktarna inte BBR-kraven.

Ljud- och ljusförhållandena upplevdes som goda i lägenheterna. Stora fönsterytor medför att man får in mycket ljus men det blir samtidigt lättare övertemperaturer sommartid. Stora fönster utgör också hinder för utformning av energieffektiva byggnader. Även energieffektiva fönster har betydligt sämre isolerförmåga än en vägg. Kallras kan upplevas vintertid enligt den genomförda brukarenkäten.

Beräkningsprogram

De flesta fastigheterna har felmarginaler på 40 till 60 % av beräknad energianvändning, Nilsson (2003, 2004). Beräknad energianvändning är för låg beroende på att använt datorprogram Enorm, överskattar utnyttjandet av gratisvärme. Felaktiga indata som för låg innetemperatur och inverkan av köldbryggor är ytterligare orsaker till för låg beräknad energianvändning. Noggrannare energiberäkningar med mer realistiska indata kunde ha medfört att en hög energianvändning skulle ha upptäckts redan under projekteringsstadiet. Kvaliteten på energiberäkningsmetoder måste förbättras för att åstadkomma mer tillförlitliga beräkningar. En principiell diskussion och värdering av olika slags beräkningsmetoder återfinns i kapitel 2.

En detaljerad analys av en byggnads energianvändning och möjlighet att hitta orsaker till eventuella avvikelser mellan uppmätt och beräknad användning kräver att den totala energianvändningen studeras med tillräckligt tidsupplöst data fördelad på ett antal av energibalansens delposter. För att bedöma en byggnads energianvändning måste den totala energianvändningen studeras. Det går inte att bortse från viktiga delar i en byggnads energibalans t ex hushållselen som kan bidra med stora delar av energin för byggnadsuppvärmning, direkt eller indirekt. Biutrymmena kan också i praktiken ha betydligt högre energianvändning än man antagit i beräkningarna.

Enorms brister gör enligt Nilsson (2003, 2004) att programmet måste ifrågasättas och modifieras t ex gällande solinstrålning, luftläckage, värmelagring, köldbryggor m m. Andra mer tillförlitliga program t ex IDA, ICE och VIP+ beräknar energianvändning och inneklimat. Dessa program används mest av experter, kräver detaljerade indata och är främst anpassade för analyser i detaljprojekteringskedan för komplicerade byggnader.

Ett tillförlitligt och användarvänligt beräkningsprogram behövs liksom en metodbeskrivning för behandling av energifrågor i bygg- och förvaltningsprocessen. Programmet skall kunna användas under byggprocessens alla skeden liksom över skrägränserna av olika aktörer som beställare, konsult, entreprenör och förvaltare. Målet är att bidra till ökad energimedvetenhet hos samtliga aktörer och möjliggöra utformning av energieffektiva byggnader för ett långsiktigt och hållbart byggande.

EU-direktivet

Kunskaper om hur man åstadkommer energieffektiva byggnader måste finnas och prioriteras hos alla aktörer i byggsektorn. Kraven från myndigheter måste göras tydligare och framför allt följas upp. Rationella och standardiserade metoder bör tas fram som även kan vara till hjälp

när EU-direktivet om energideklarationer ska implementeras. EU har antagit ett nytt direktiv innehållande krav på byggnaders energiprestanda, energicertifiering, beräkningsmetodik m m. Förutsättningar för att uppnå energieffektiv drift finns, men för att lyckas krävs en helhetslösning, där arkitekter, byggt teknik och installationssystem samverkar. I många undersökningar syns inte detta helhetsgrepp utan man summerar besparingar för varje enskild åtgärd, något som ofta blir missvisande. Generellt är uppföljning av gjorda åtgärder viktigt för att säkerställa olika åtgärders verkliga betydelse för det slutliga resultatet.

Kunskap finns, men används inte i tillräcklig utsträckning. Det är viktigt att ställa tydliga krav, utvärdera resultat samtidigt som uppföljningar måste göras. Det finns vinster att göra med en kontinuerlig erfarenhetsåterföring. Ekonomiska bidrag till energieffektiva byggnader bör ges först efter mätning av verklig energianvändning. Ökad fokus bör därför ske på utformning av energieffektiva lösningar i såväl projekterings- som produktionsskedet samt att uppföljning faktiskt görs. Därmed skapas ett underlag för erfarenhetsåterföring, något som ständigt påpekas, men sällan sker i byggbranschen.

4.6 SABO-undersökningen

Bakgrund och syfte

I olika undersökningar har man hävdade att nybyggda flerbostadshus drar onormalt mycket energi jämfört med småhus producerade under samma period, Harrysson (2006a, b) och SCB (2007). Dessutom föreligger det stora avvikelser mellan uppmätt och beräknad energianvändning. Undersökningen, SABO (2006), har därför två syften:

- Testa om det går att uppnå beräknade värden i praktiken.
- Studera energianvändningen i ett urval nybyggda flerbostadshus.

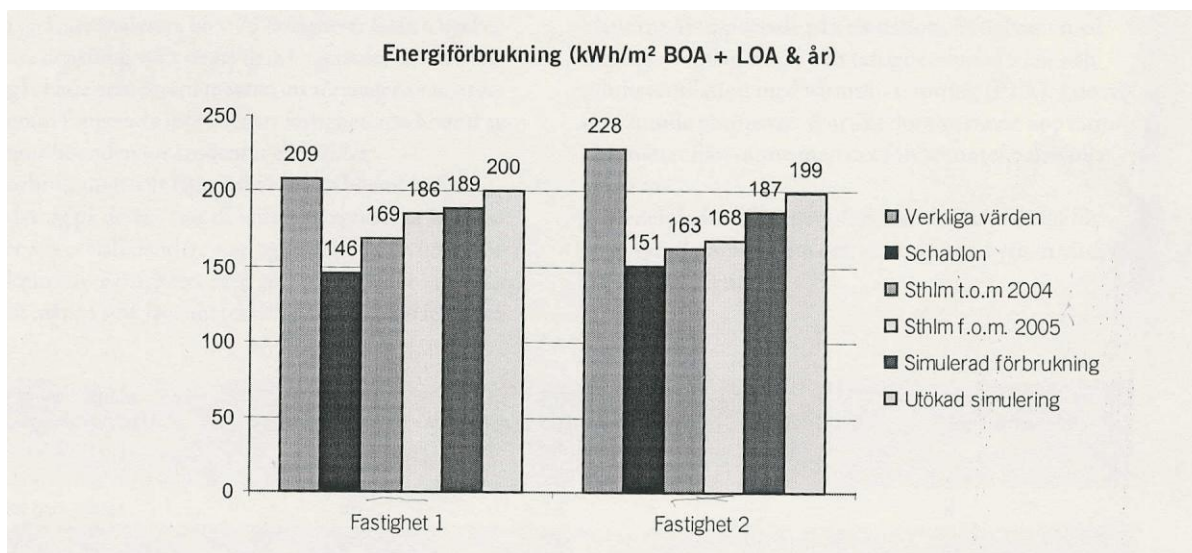
Fastigheterna har valts ur SABO-företagens "standardproduktion". Inga provhus, boutställningar eller experimenthus finns med, ej heller passivhus typ Glumslöv eller Lindås Park.

Omfattning och resultat

Fem beräkningar gjordes vardera för två fastigheter i Stockholm med Enorm 1000. Köldbryggor har beaktats genom ett påslag med 20 % på transmissionsfaktorn. Den första beräkningen gjordes med programmets egen inmatningshjälp, två beräkningar enligt Stockholm stads miljöprogram version före och efter 2005 samt slutligen två beräkningar där man i olika hög grad försökt efterlikna de verkliga förhållandena, figur 4.7.

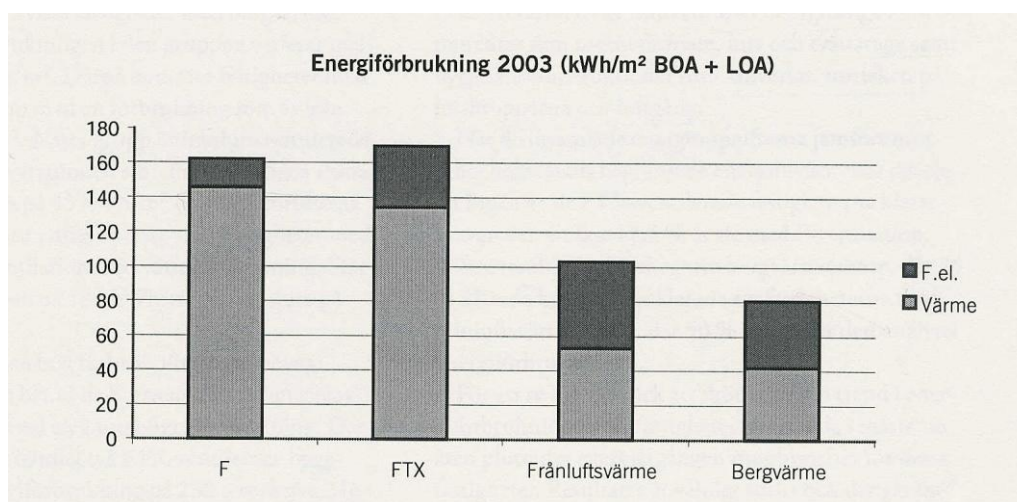
Alla de 5 simulerade beräkningsfallen hamnade under den uppmätta energianvändningen. Den sista beräkningen, "utökad simulerad förbrukning", kom närmare de uppmätta värdena med en skillnad på 4 respektive 13 % för de båda fastigheterna.

Energianvändningen har dessutom uppmätts i flerbostadshus byggda mellan 1993 och 2002. Efter bortsortering av kategoriöbunden och fastigheter som föll bort av andra skäl, t ex gemensam mätare och kombination av ventilationssystem, återstod 72 fastigheter med totalt drygt 4 000 lägenheter.



Figur 4.7. Jämförelser mellan beräknad och uppmätt total energianvändning (summa för värme, varmvatten, fastighetsel och hushållsel). Ventilationssystemet i fastighet 2 är delvis felkonstruerat och därför ligger energianvändningen något högre än den borde. Källa: SABO (2006).

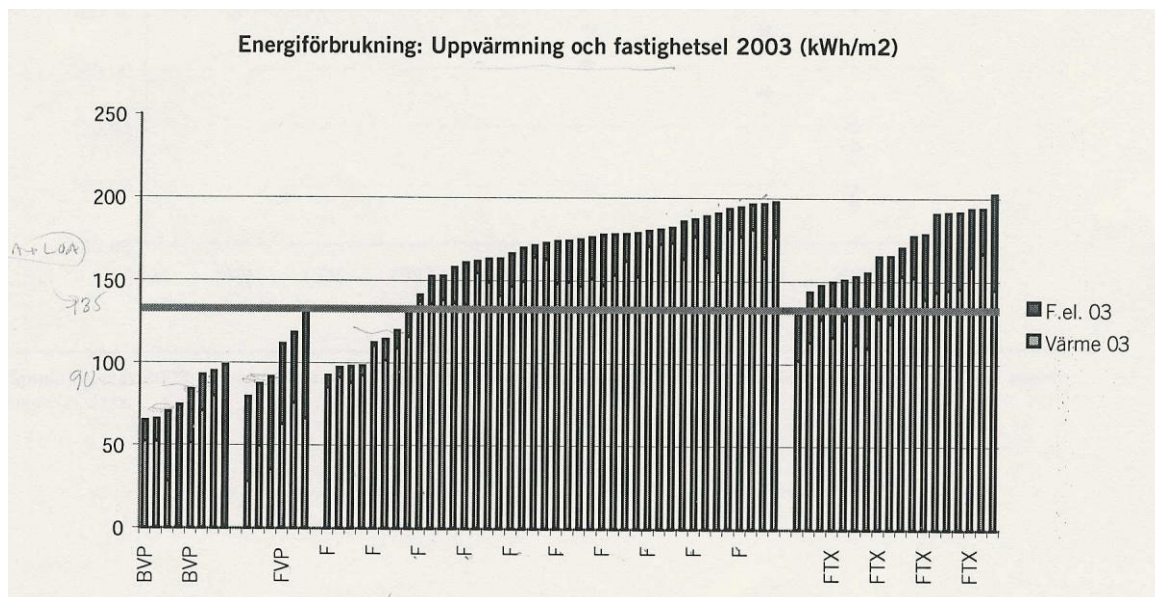
Energianvändningens medelvärde, figur 4.8, uppmättes till 170 kWh/m² år för hus med frånlufts-/tillluftsventilation och värmeåtervinning (FTX), 162 kWh/m² år för frånluftsventilerade (F), 81 kWh/m² år för hus med bergvärmepump och 103 kWh/m² år för frånlufts- och bergvärmepump (FVP). Arealen avser BOA + LOA. Energianvändningen för byggnadsuppvärmning och varmvatten när det gäller FTX-ventilation är något lägre än för F-ventilation. Å andra sidan använder FTX-systemet mer fastighetsel och energianvändningen är totalt sett högre. Korrigering för olika stor ventilation måste göras. Ytterligare faktorer som påverkar fastigheternas energianvändning är t ex närvaron (eller frånvaron) av energikrävande komponenter som motorvärmare, hiss och tvättstuga med torkrum, kulvertar samt storleken på huskroppar och loftgångar.



Figur 4.8. Medelvärdet för summa energianvändning, kWh/m² (BOA + LOA) för värme, varmvatten och fastighetsel år 2003 för fastigheter med F- och FTX-ventilation samt fastigheter med frånlufts- och bergvärmepump. Källa: SABO (2006).

Uppvärmning med värmepumpar ger totalt sett lägre energianvändning, figur 4.8.

Fastigheterna med frånluftsvärmepumpar drar något mer energi än de med bergvärmepumpar, men då har fastigheterna med bergvärmepump enbart el som energikälla medan för fastigheter med frånluftsvärmepump kan en annan energikälla användas för byggnadsuppvärmning och varmvatten.



Figur 4.9. Energianvändning för värme, varmvatten och fastighetsel år 2003, kWh/m² (BOA + LOA), i "vanliga" bostäder, 72 fastigheter. Den horisontella grova linjen markerar nivån för BBR2006, södra zonen, omräknad till BOA + LOA. Källa: SABO (2006).

Energianvändningen är lägst i fastigheter med bergvärmepump och varierar mellan 65 och 98 kWh/m² år, figur 4.9. Därefter kommer fastigheter med frånluftsvärmepump som ligger mellan 77 och 131 kWh/m² år. På tredje plats kommer frånluftsventilerade fastigheter. Variationen i dessa är stor, från 93 till 198 kWh/m² år. Sist kommer fastigheter med frånluft-/tilluftsventilation och ventilationsvärmväxlare, som ligger mellan 134 och 202 kWh/m² år. För ett så nytt hus är 202 kWh/m² år en mycket hög energianvändning. Ursprungligen har två fastigheter med ännu högre energianvändning tagits bort på grund av tekniska problem. De hade energianvändningen 232 respektive 246 kWh/m² år.

Boverkets byggregler/ Stockholm Stads krav/ Olika areabegrepp

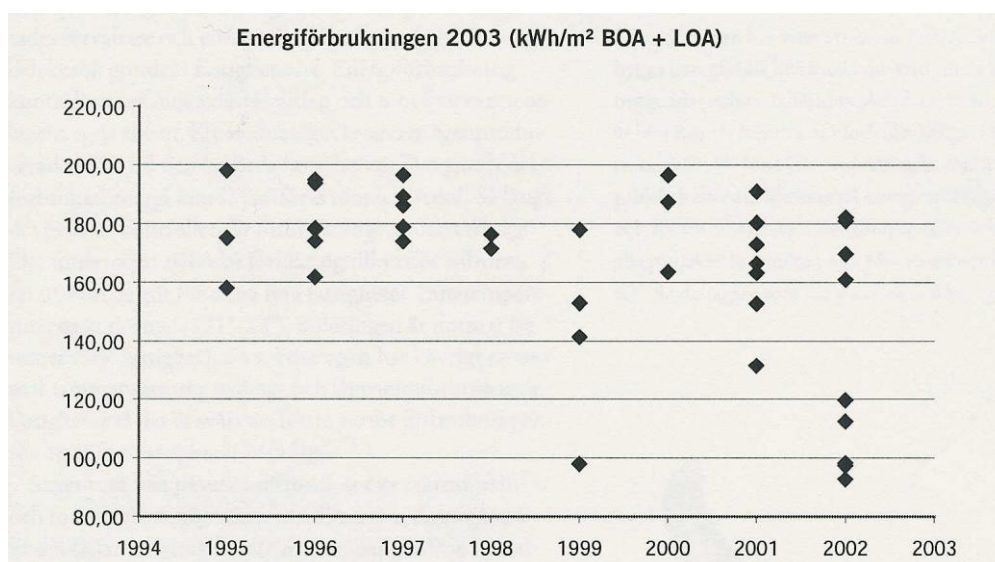
Enligt Boverkets byggregler BBR2006 får bostäder ha en högsta energianvändning för summa värmesystem, varmvatten och fastighetsel i södra zonen (söder om Dalälven) på 110 kWh/m² A_{temp} och 130 kWh/m² A_{temp} i klimatzon norr (norr om Dalälven). I den tempererade ytan A_{temp} ingår alla ytor som är värmda till minst 10 °C, dvs trapphus, källare, dock ej garage. Om man räknar om kraven till BOA + LOA erhålls ca 135 kWh/m² år i söder och 160 kWh/m² år i norr.

Stockholm stads krav på nivåer för energianvändning i flerbostadshus är en genomsnittlig total energianvändning på 125 kWh/m² år, varav 50 kWh/m² år el vid fjärrvärmeanslutning med värmeåtervinning och utan 140 kWh/m² år, varav 50 kWh/m² år el. Undantag kan medges då det gäller olika typer av kategoriboenden som student- och äldreboende. Vid

beräkningar skall all el räknas upp med faktorn 2,4 eftersom man vill skapa incitament för besparing av el, som är en högvärdig energiform.

Vid en jämförelse med Stockholm Stads begränsade energinivåer klarar ingen av de FTX-ventilerade fastigheterna kraven och endast 17,5 % av de F-ventilerade, figur 4.9. Bättre resultat har fastigheterna med bergvärmepump, där 25 % av dessa klarade kravet. Bäst klarade sig fastigheterna med frånluftsvärmepump, där hälften låg under Stockholm stads krav.

För att utreda om man kan se några trender i energianvändning för fastigheter byggda 1995-2002 plottades detta i figur 4.10 för 40 fastigheter. Tyvärr går det inte att dra några slutsatser för sambandet energianvändning-byggår.



Figur 4.10. Samband energianvändning-byggår för 40 fastigheter med frånluftsventilation utan värmepump. Källa: SABO (2006).

4 goda exempel

Som framgår av figur 4.9 har 4 fastigheter en extremt låg energianvändning, under 100 kWh/m² år. Fastigheterna har frånluftsventilation. De är inte specialkonstruerade med modern teknik, men ligger ändå långt under alla FTX-ventilerade hus, till och med i nivå med några av fastigheterna som har frånluftsvärmepump eller bergvärmepump.

Kontakt med förvaltare och energiansvariga har säkerställt att angivna energiuppgifter är korrekta och att inte mätarfel föreligger. Innetemperaturen är normal, 21-22 °C, liksom isoleringen. Företagens totala antalet fastigheter består både av hög och låg energianvändning, varför det utan större utredningsarbete, har varit svårt att finna någon förklaring.

Tvättmaskin och torktumlare i lägenheterna påverkar inte siffrorna utan hushållselen, men kan ge gratisvärme och minskad energitillförsel via värmesystemet. Tre av fastigheterna är relativt små med större ytterväggsareor än normalt. En möjlig förklaring kan vara ett engagemang från byggare och förvaltare utöver det vanliga under byggprocessen och som borgar för en stor noggrannhet under byggandet och förvaltningen. Det går nog heller inte att bortse från ett energipositivt brukarbeteende.

4.7 LKF Jöns Ols



Figur 4.11. Kvarteret Jöns Ols Lund. Foto: Torbjörn Klittervall.

Klimatsmarta flerbostadshus och energismarta hyresgäster kan tillsammans spara 50 % energi, Harrysson (2008a). På 2000-talet har flera intressanta lågenergihus byggts. Ett av dessa är kv Jöns Ols i Lund, Warfvinge (2005), som har total energianvändning kring 100 kWh/m² BRA år. Byggnadens, figur 4.11, tekniska lösning karakteriseras kortfattat av:

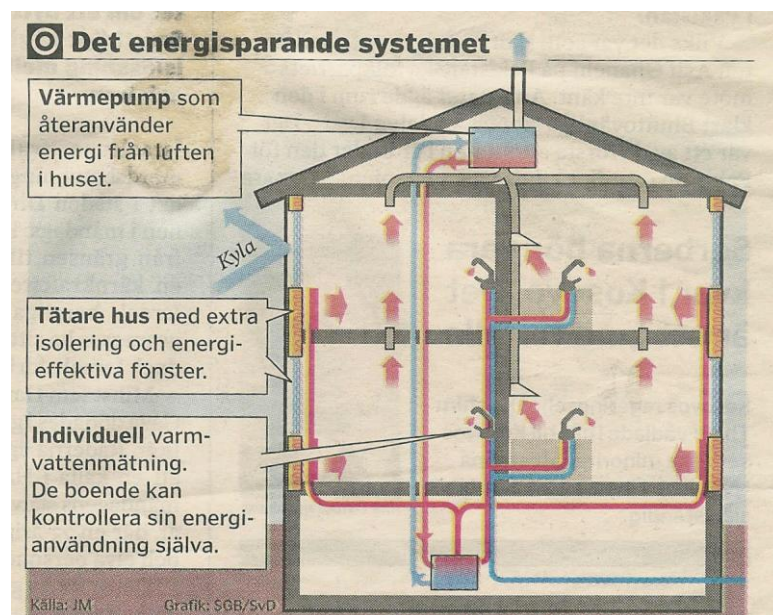
- frånluftsventilation
- vattenradiatorer
- värmeåtervinning med frånlufts-/uteluftsvärmepump för byggnadsuppvärmning och tillsatsenergi med fjärrvärme
- temperaturen styrs centralt i varje lägenhet
- värme- och vattenanvändning mäts och debiteras individuellt
- värme i avloppsvattnet återvinns med en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

Uppmått energianvändning, totalt och för olika delposter redovisas i tabell 4.9.

Tabell 4.9. Kv Jöns Ols. Köpt energi fördelad på olika delposter, där BRA = bruksarea och BOA = boarea. Källa: Warfvinge (2005).

Parameter	Byggnads- uppvärmning	Varmvatten	Fastighetsel	Hushållsel	Totalt
kWh/m ² BRA år	31	10	16	27	84
kWh/m ² BOA år	40	13	21	35	109

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 för värmepumpar samt för varmvatten köps 10 kWh/m² BRA år som fjärrvärme. Energianvändningen för varmvatten är 22 kWh/m² BRA år. Mellanskillnaden, 12 kWh/m² BRA år, täcks av solvärme och återvunnen värme ur spillvattnet. Som framgår av tabell 4.9 är BIA (biarean) ca 30 % relativt BOA.



Figur 4.12. JM:s lågenergikoncept. Källa: Svenska Dagbladet (2008).

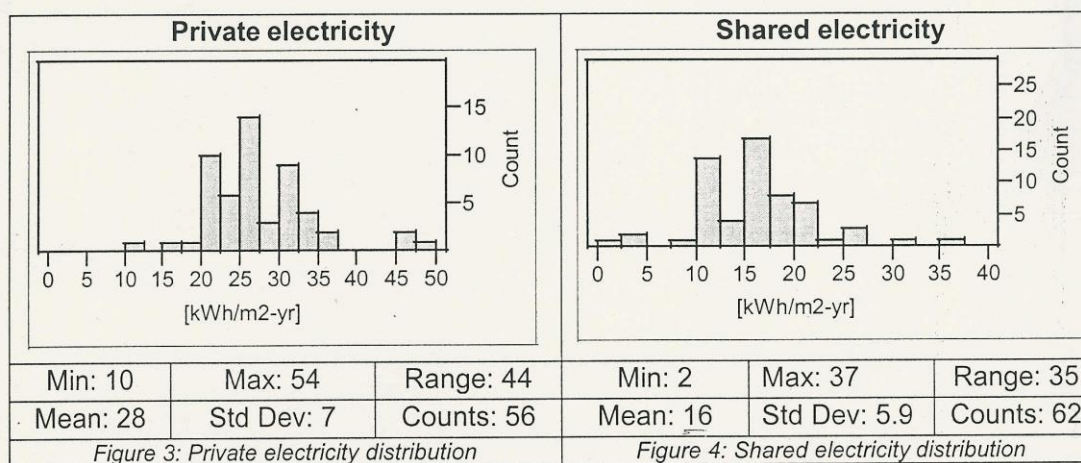
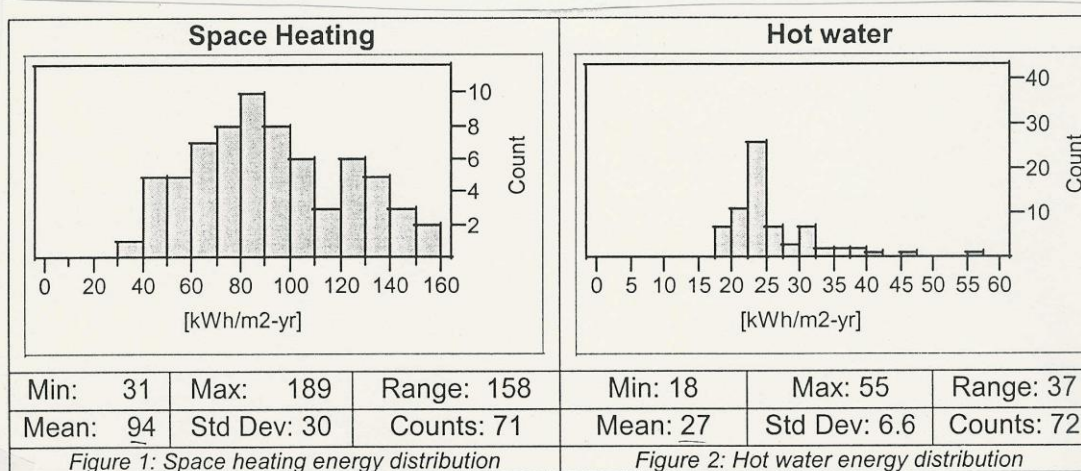
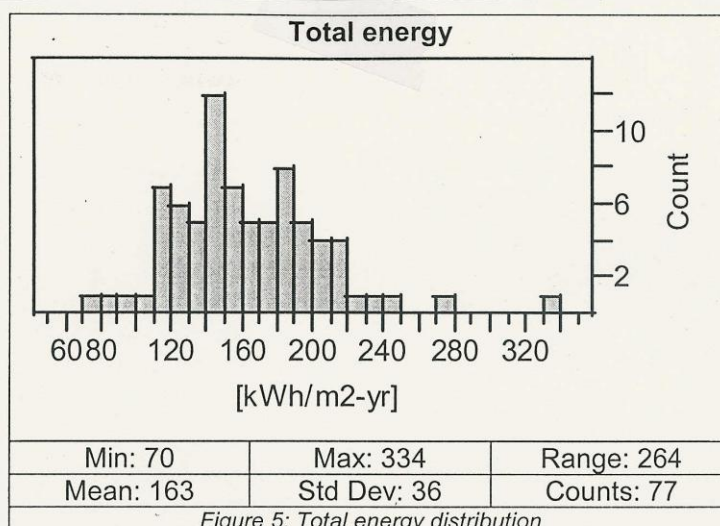
Stora delar av energikonceptet i Kv Jöns Ols Lund har likheter med JM:s lågenergikoncept. Som framgår av figur 4.12 utgörs konceptet av tätare hus med extra isolering och energieffektiva fönster med begränsade fönsterytor, vattenburen golvvärme eller radiatorer, individuell varmvattenmätning samt frånluftsvärmepump för byggnadsuppvärmning och varmvatten. Tillsatsenergi kan utgöras av fjärrvärme, el eller annat.

4.8 Program för miljöanpassat byggande

Syfte och omfattning

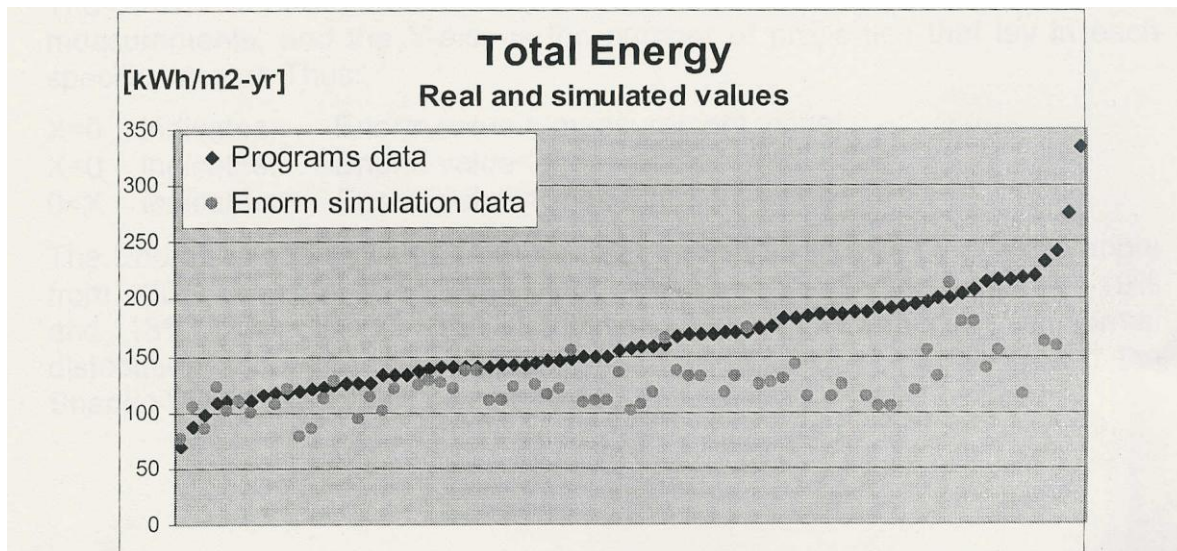
Danielski & Kunze (2008) har i ett examensarbete vid KTH undersökt 77 fastigheter i Stockholm högst 10 år gamla. Avsikten var bland annat att undersöka fastigheternas energianvändning och om målsättningen uppfylls för Stockholms Stads "Program för miljöanpassat byggande" som avser att begränsa den totala energianvändningen, dvs summa energianvändning för byggnadsuppvärmning, varmvatten, fastighetsel och hushållsel i nya flerbostadshus till högst 140 kWh/m² år.

Resultat



Figur 4.13. Uppmått total energianvändning och delposter för byggnadsuppvärmning, varmvatten, fastighetsel och hushållsel. Källa: Danielski & Kunze (2008).

Den totala energianvändningen för byggnadsuppvärmning, varmvatten, fastighetsel och hushållsel uppmättes till mellan 70 kWh/m² år och 340 kWh/m² år med medelvärdet 163 kWh/m² år och standardavvikelsen 36 kWh/m² år, figur 4.13. Uppmätta värden blev i genomsnitt 20 % högre än beräknade bland annat beroende på ett systematiskt fel i beräkningsprogrammet. Energianvändningen det första året var upp till 26 % högre än värden under senare år. Det tar tid för energianvändningen att stabilisera sig, främst på grund av byggfukt men också på grund av injusteringsproblem. Därför bör man vänta minst 2 år innan relevanta mätningar sker. Energianvändningens delposter uppmättes i medeltal till 94 kWh/m² år för byggnadsuppvärmning, 27 kWh/m² år för varmvatten, 16 kWh/m² år för fastighetsel och 28 kWh/m² år för hushållsel.



Figur 4.14. Uppmätt och beräknad total energianvändning, summa för byggnadsuppvärmning, varmvatten, fastighetsel och hushållsel i 77 fastigheter. Källa: Danielski & Kunze (2008).

Areabegrepp

Som nyckeltal för energianvändningen används i första hand kWh per m² boendearea eller uppvärmd area. Svårigheter är emellertid att det finns olika slags ytor i varje fastighet samt att olika definitioner och begrepp används i olika undersökningar. I undersökningen av Danielski & Kunze (2008) har energianvändningen dividerats med byggnadens totala uppvärmda area. Lägenheterna förväntas per ytenhet ha högre energibehov än gemensamma utrymmen (korridorer, källare etc), vilket beror på högre temperatur, högre luftflöde, varmvattenanvändning, elektrisk utrustning etc.

Genom att öka andelen gemensamma ytor vid utformning av byggnader kan man således sänka fastighetens energivärden. I undersökningen upptäcktes ett exempel där det var möjligt att minska med upp till 35 kWh/m² år på detta sätt. Därför rekommenderar Danielski & Kunze (2008) att dela den totala energianvändningen endast med bostadsarean, vilket ger mer korrekta jämförelser mellan olika fastigheter.

Flera av de studerade fastigheterna hade extremt hög energianvändning sommartid. Den högre energianvändningen pekade på brister i energisystemet, vilket kunde undvikits genom bättre

design (utformning) eller genom bättre underhållsarbete. I samband med att energisystem blir mer komplicerade ställs allt högre krav på välutbildad personal.

Ett intressant resultat var den starka korrelationen mellan den totala energianvändningen och fastighetens omslutande yta (bottenvåning/golv + fasad + tak). Lågenergihus bör ha så liten relation/kvot som möjligt mellan omslutande yta och bostadsyta. I studien beräknades en reduktion på 60 kWh/m² år om kvoten minskades från 1,4 till 1,0. Fler personer per m² bostadsyta kan minska energianvändningen för byggnadsuppvärmning. El och varmvatten är beroende av brukarvanor, men också av antalet boende. Fler personer per m² bostadsyta ökar energianvändningen per ytenhet både för el och varmvatten. Dessa delposter blir delvis gratisvärme i fastigheten, vilket minskar behovet för byggnadsuppvärmning. Därigenom minskas energianvändningen för byggnadsuppvärmning medan energianvändningen per person för varmvatten och el kan komma att förbli densamma.

Slutord

En total energianvändning av högst 140 kWh/m² år för byggnadsuppvärmning, varmvatten, fastighetsel och hushållsel är inget lätt mål att uppfylla enligt Danielski & Kunze (2008). Trots olika och nya tekniska lösningar lyckades inte de flesta fastigheterna uppnå målet. Ännu färre lyckades uppnå tillräckligt bra inomhusmiljö. Fastighetens design (utformning) kan ha en avgörande betydelse för att minska energianvändningen. Målet 140 kWh/m² år är möjligt att uppnå, men ställer högre krav på nytänkande.

4.9 Energieffektiva flerbostadshus - erfarenheter

Projektet har syftat till att underlätta för energieffektiva system och produkter att komma ut tidigare på marknaden, Levin (2008). Detta ska ske genom att presentera goda exempel med effektiv energianvändning samtidigt som funktion och komfort inte får försämrats utan snarare ska förbättras. Erfarenheter har tagits fram, dokumenterats och utvärderats för energirelaterade tekniska lösningar, som ska fungera under lång tid och ha litet underhållsbehov. Underlag har tagits fram dels för att finna och dokumentera sådana lösningar, dels vara vägledande för åtgärder i befintliga hus.

Förfrågningar har gjorts hos SABO-företagen, HSB, Riksbyggen och privata fastighetsägare för att få in goda exempel på byggnader byggda 1992-2004. Utifrån de företag som anmält sitt intresse valdes 11 byggnader av de cirka 20 inkomna svaren. Dessutom togs byggnaden Jöns Ols i Lund med som referens. Byggnader ur serieproduktion/standardproduktion har undersökts. Tänkbara hypoteser för att förklara den låga (eller höga) energianvändningen har bearbetats.

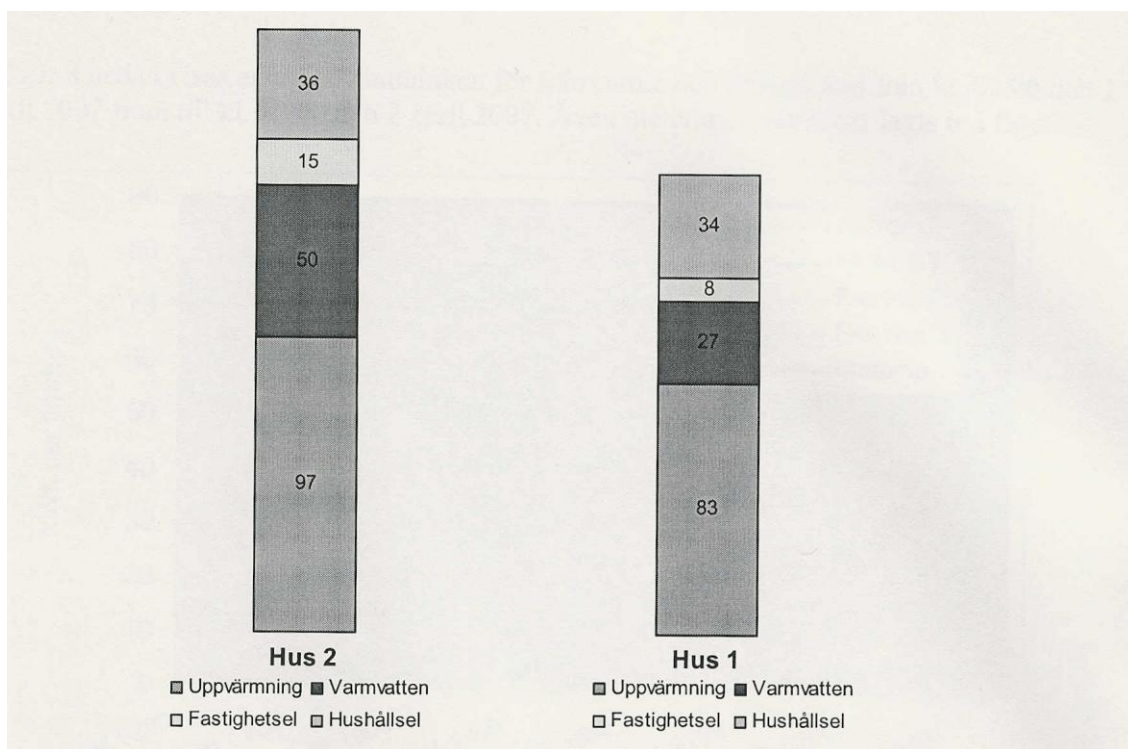
Många faktorer påverkar energianvändningen. Det är viktigt hitta de faktorer som går att påverka och har stor inverkan samt de som gör att man kommer nära ideala (projekterade) förhållanden. Exempel på framgångsfaktorer förutom tekniska systemfaktorer som typ ventilationssystem och återvinning kan finnas inom delområden som:

- byggnadernas kvalitet
- idrifttagning och injustering
- förvaltningsorganisationen
- brukarmotivation

Det är mer regel än undantag att energianvändningen skiljer sig åt mellan likadana byggnader. Orsaker till detta är bland annat olika:

- noggrannhet vid uppförandet av en byggnad eller precisionen vid injustering av husets installationer
- brukarvanor

Det är svårt jämföra energistatistik som baseras på olika areabegrepp. Enligt Levin (2008) har Boverkets praktikergrupp tagit fram omräkningsfaktorer från BOA och LOA till A_{temp} . Provmätningar visar stor spridning mellan olika flerbostadshus. När man inte har någon uppmätt A_{temp} föreslår Boverket att korrektionsfaktor 1,25 används för byggnader med uppvärmd källare och 1,15 för byggnader utan källare. För radhusen och småhusliknande byggnader korrigerades i Levins (2008) undersökning endast genom att arean för undercentraler lades till.



Figur 4.15. Energianvändning för Malmkronans byggnader uppdelat på olika poster, kWh/m² normalår. Hus 2 är hyresrättshus och hus 1 bostadsrättshus. Källa: Levin (2008).

Det är angeläget hitta en metod som kan likställa beteendefaktorerna så långt som möjligt för att kunna hitta de skillnader i drift och förvaltning som påverkar energianvändningen. För två likadana byggnader är skillnaderna i energiprestanda anmärkningsvärda, figur 4.15. Den stora skillnaden utgörs främst av användningen av tappvarmvatten, vilken verkar vara mycket stor i hyresrättshuset (hus 2). Den totala vattenanvändningen är nästan dubbelt så stor i detta hus som i bostadsrättshuset (hus 1). Övriga skillnader i dessa båda hus avser uppvärmningen, där underlaget dock inte riktigt räckte till för att fastställa orsaken, samt fastighetselen, där skillnaden troligen beror på tvättstugans användning. Om byggnaderna uppförs enligt de nya byggreglerna skulle tvättstugornas energianvändning kunna överföras till hushållsel. En korrigering för onormalt hög varmvattenanvändning borde därför kunna medges för hyresrättshuset. Uppgifter om hushållselanvändningen är relativt svårt att få tag på, eftersom

tillstånd krävs från samtliga brukare. I vissa fall kan man istället från eldistributören få en uppgift om byggnadernas sammanlagda hushållselanvändning.

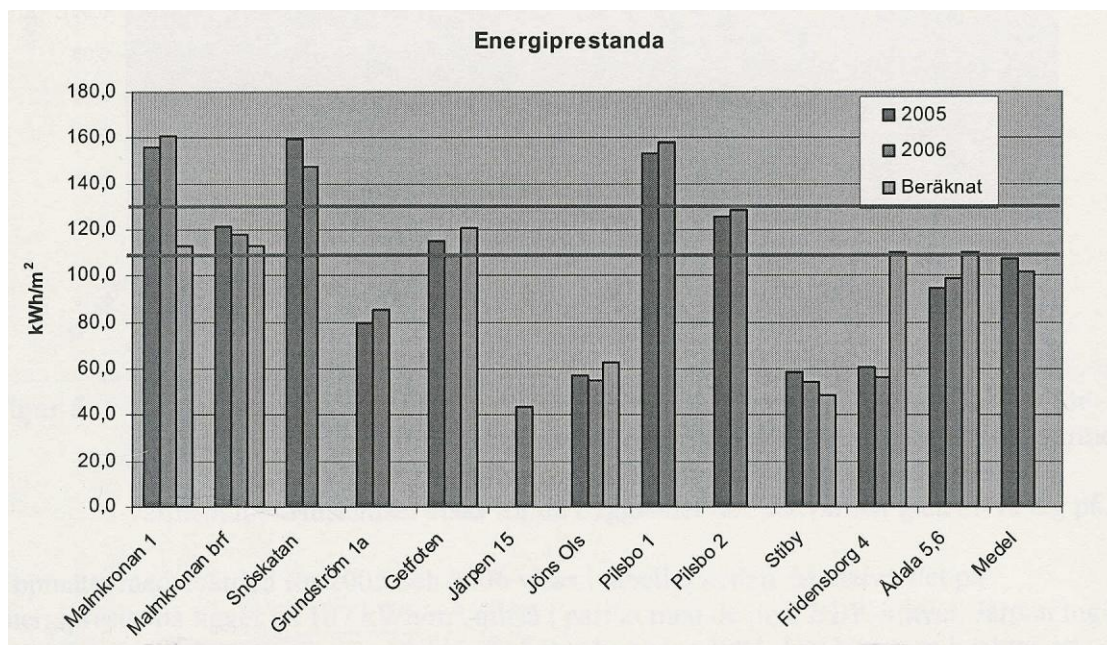
När arbetet med energideklarationerna blivit rutin och användandet av den s k e-Nyckeln blivit vanligt kommer denna typ av information bli betydligt mer lättillgänglig, vilket kan underlätta genomförandet av eventuella uppföljningsprojekt.

Stor betydelse för energianvändningen har lägenhetens placering i byggnaden, dvs hur stor klimatskärmsarean är med luftläckage och transmissionsförluster. Tryckprovning tillsammans med termografering är bra hjälpmedel för att kontrollera klimatskärmens lufttätethet och värmeisolering.

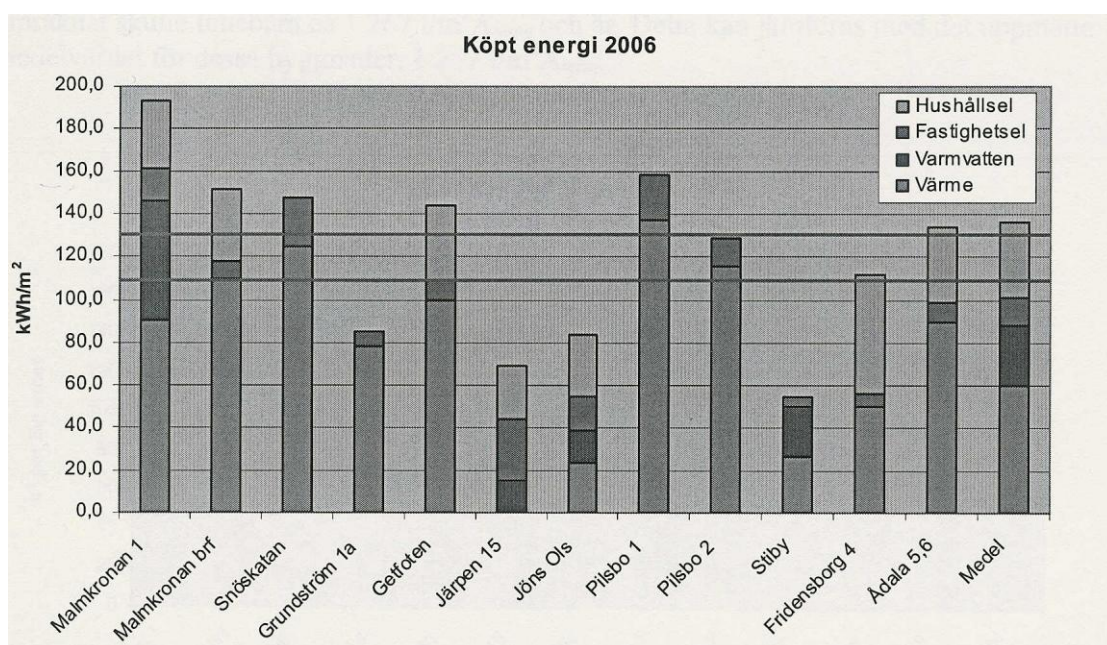
Förevisning/utbildning av byggande personal tidigt i produktionskedet kan höja kvaliteten avsevärt på framtida produktion. Det är utomordentligt viktigt med ett fungerande uppföljningssystem och att någon person har som uttalad uppgift att regelbundet bearbeta och analysera statistiken och ge återkoppling till entreprenadföretagets organisation. Flera företag har sådana personer, några med inriktning på att hitta fel i själva byggnaderna medan andra kan ha mer administrativa uppgifter.

Exempel finns (Snöskatan i Norrtälje) på att energianvändningen minskat betydligt sedan fastighetsbolaget beslutat sig för att säkerställa rätt innetemperatur. Energianvändningen för byggnadsuppvärmning och varmvatten var före åtgärd (2005) 133, (2006) 124 kWh/m² år medan den efter åtgärd (2007) blev 108 kWh/m² år, dvs en minskning med 13 %. Cirka hälften av byggnaderna i studien har en lägre energianvändning än kravet enligt BBR2006. Byggnader med värmepump ligger som förväntat lågt i köpt energi. De redovisade byggnaderna med värmepump klarar kraven för elvärmda byggnader (55 respektive 75 kWh/m² år för klimatzon 3 respektive 2). En del anmärkningsvärda energiuppgifter och skillnader mellan beräknade och uppmätta värden har kommit fram och kan inte förklaras med tillgänglig information. Man kan alltså inte avgöra om det är fel i byggnaden eller fel på mätaren.

En jämförelse mellan energiberäkningar för 7 av byggnaderna visar att 5 av beräkningarna stämmer överens med uppmätta värden inom ca 10 % skillnad, vilket måste betraktas som ett resultat över förväntan, figur 4.16. I en byggnad underskattas dock energianvändningen med cirka 30 % och i en överskattas den med nästan 50 %. Dessa båda projekt har likadana byggnader. Beräkningsresultaten, åtminstone summan, stämmer ganska bra med uppmätta värden för de andra likadana husen.



Figur 4.16. Byggnadernas energiprestanda, dvs summa energianvändning för värme, varmvatten och fastighetsel för åren 2005 och 2006, normalårskorrigerade uppmätta värden för respektive ort samt beräknade värden. Area = A_{temp} . Källa: Levin (2008).



Figur 4.17 Köpt energi, kWh/m² A_{temp} för 2006, korrigerat till normalår. Energianvändningen för tappvarmvatten visas för de byggnader som har mätare, annars ingår det i värme. Den redovisade andelen tappvarmvatten blir för stor för byggnaderna med värmepump. Hushållsel visas för de byggnader där mätvärden gick att få tag på. Källa: Levin (2008).

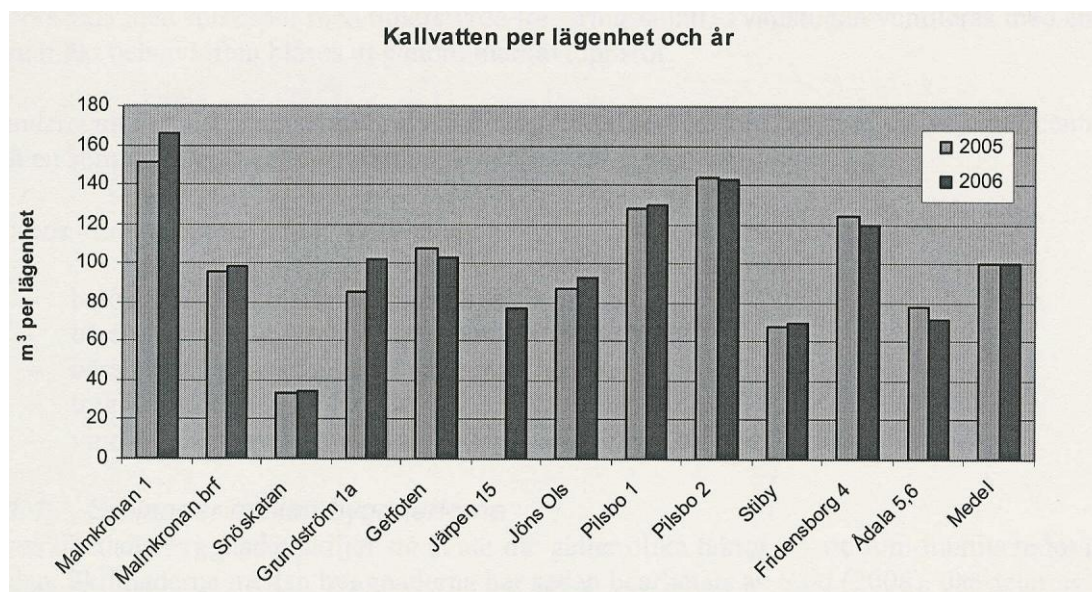
Figur 4.17 visar energianvändningen i delposter för värme, varmvatten, fastighetsel och hushållsel för 2006. Indata för varmvatten finns endast för några byggnader. Energibehovet för tappvarmvatten har beräknats utifrån antalet m^3 varmvatten som uppmätts. Varmvattenbehovet har dragits av från värmeanvändningen, vilket dock blir missvisande för byggnaderna med solfångare och värmepumpar.

Uppmätta medelvärden för 2005 och 2006 visas i tabell 4.10 nedan. Medelvärdet för summan av byggnadsuppvärmning, varmvatten och fastighetsel ligger på $107 \text{ kWh/m}^2 \text{ år}$, vilket är i nivå med kravet i BBR2006. Järpen 15 ingår inte i detta medelvärde, eftersom den fastigheten byggdes 2005. Energinvändningen för byggnadsuppvärmning har normalårskorrigerats för respektive ort men någon geografisk korrigering har inte utförts.

Tabell 4.10. Uppmätta medelvärden för värme, varmvatten, fastighetsel och hushållsel för de studerade byggnaderna exklusive Järpen 15. Källa: Levin (2008).

Delpost	Energinvändning $\text{kWh/m}^2 \text{ år}$
Värme och varmvatten	95
Fastighetsel	12
Hushållsel	36
Summa	143

Figur 4.18 visar vattenanvändningen. Spridningen är stor. Levin (2008) refererar till en nyare undersökning av Sjögren (2007). Med inmatade data till e-Nyckeln erhöles $1711 \text{ liter/(m}^2 \text{ BOA + LOA) år}$, vilket omräknat blir ca $1267 \text{ liter/m}^2 A_{\text{temp}} \text{ år}$ att jämföra med det uppmätta medelvärdet för dessa båda byggnader, $1257 \text{ liter/m}^2 A_{\text{temp}}$. I Snöskatan Norrtälje är andelen äldre boende stor och få hushåll med barnfamiljer, vilket kan vara en förklaring till den låga vattenanvändningen. Även hushållselanvändningen är liten i dessa byggnader.



Figur 4.18. Uppmätt kallvattenanvändning för byggnaderna, m^3 /lägenhet, 2005 och 2006. Källa: Levin (2008).

4.10 Passivhus

Historik, definitioner och rekommendationer

Redan på 1970-talet byggdes ett antal lågenergihus företrädesvis småhus med olika utformning. Ett av de första "passivhusen" i Sverige byggdes av Mats Wolgast 1979, Wolgast (1982). Detta hus karakteriserades av tjock isolering: mineralull 270 mm i väggar och 450 mm i tak, styrencellplast 100 mm i golv, 100 till 200 mm markisolering 1,7 m från huset till husgrunden samt fyrglasfönster och frånlufts-/tilluftsventilation med ventilationsvärmeväxlare. Tilluften förvärms via ett 25 m långt rör i marken. Över innerdörrarna och upptill i innerväggarna finns fem småfläktar, så kallade tvärströmsfläktar, som cirkulerar luften mellan rummen. Huset har dessutom en braskamin och tre lösa elradiatorer à 300 W. Wolgast (1982) uppger citat ".. huset klarar sig ner mot 0° C utan någon egentlig uppvärmning, vid sidan av energi från hushållet, personvärmen, solinflödet genom fönster och ett och annat levande ljus. Vi använder bara den lilla vedkaminen när det är riktigt kallt ute".

Det första passivhuset Tyskland, Darmstadt, byggdes 1991 av Wolfgang Feist, som utvecklade passivhustekniken efter en idé av professor Bo Adamson, LTH. Passivhus är inga nollenergihus. Grundtanken är god isolering och täthet, effektiv värmeåtervinning av ventilationsluften och utnyttjande av gratisvärme. Värmebehovet är så lågt att det enligt förespråkarna inte behövs något traditionellt värmesystem. Under kalla dagar måste dock värmeenergi tillföras för att bibehålla värmekomforten i nordiskt klimat. Passivhus har gemensamt värme- och ventilationssystem (luftvärme) i form av frånlufts-/tilluftsventilation med ventilationsvärmeväxlare och eftervärmningsbatteri, oftast elbatteri. Tillsatsenergin tillförs således oftast som "direktel" via ett elbatteri alternativt via ett vattenbatteri kopplat till fjärrvärme.

Någon nationell standard eller vilka krav som passivhus skall uppfylla finns inte. Däremot har en kravspecifikation utarbetats av Forum för energieffektiva byggnader (2008). Byggnader som uppfyller kravspecifikationen kan klassas som passivhus enligt Energimyndigheten. Den näst senaste revideringen är från 2008 och innehåller sammanfattningsvis följande uppgifter för effekt och energi i passivhus:

- Maximalt avgiven effekt vid dimensionerande utetemperatur för byggnadsuppvärmning och hela byggnadens area A_{temp} t ex via ett värmebatteri i ventilationsaggregatet för klimatzon:
 - söder 10 W/m^2
 - norr 14 W/m^2

För byggnader mindre än 200 m^2 adderas 2 W/m^2 .

- Mängden köpt energi enligt A_{temp} för byggnadens hela energianvändning exklusive hushållsel rekommenderas i respektive klimatzon till högst:
 - söder $45 \text{ kWh/m}^2 \text{ år}$.
 - norr $55 \text{ kWh/m}^2 \text{ år}$.

För byggnader mindre än 200 m^2 adderas $10 \text{ kWh/m}^2 \text{ år}$.

Normal energianvändning för varmvatten anges till cirka $3\,500 \text{ kWh/år}$.

Anm. I den senaste versionen, Forum för energieffektiva byggnader (2009), har landet indelats i tre klimatzoner med delvis andra effekt- och energiuppgifter.

Luft är emellertid en dålig värmebärare, vilket medför höga krav på klimatskalet. Detta ska vara så välisolerat och tätt att det går att värma huset med den tilluft som erfordras för ventilation, $0,35 \text{ l/s m}^2$. Klimatskalets luftläckning får vara högst $0,30 \text{ l/s m}^2$ vid tryckskillnaden $\pm 50 \text{ Pa}$ och skall även klaras mellan varje bostadsenhet (tätt mellan lägenheter). Tilluften värms i första hand av gratisvärmets, som återvinns i en ventilationsvärmväxlare med mycket hög verkningsgrad. Återluft finns ej. Om tilluften måste värmas ytterligare efter värmeåtervinningen, vid utetemperaturer under ca $+5 \text{ }^\circ\text{C}$, finns ett värmebatteri, elburet eller vattenburet, inbyggt i ventilationsaggregatet.

Luftvärmesystemet saknar rumsvis styrning och reglering av värme- och lufttillförseln. Kanalsystemen är ofta placerade i klimatskärmen. Det skall särskilt framhållas att luftvärmesystem är underhållsintensiva. För god inommiljö och fungerande system krävs omkoppling mellan sommar- och vinterläge, återkommande injustering av luftflöden och kanalrensning samt filterbyten minst två gånger per år. Många praktiskt verksamma branschföreträdare avråder från FTX-ventilation, Svensson m fl (2005).

El eller fjärrvärme?

Ett visst motsatsförhållande råder mellan energisnåla hus och energisnåla tillförselsystem. Det bästa för miljön är naturligtvis en kombination av båda. Stor oenighet råder om vad som är bäst, el eller fjärrvärme. En del anser att passivhus inte passar i fjärrvärmeområden av ekonomiska skäl. Ju energisnålare huset i sig är desto mindre intressant och lönsamt är anslutning till fjärrvärme. Undersökningar av Harrysson (2001, 2006 b) och Persson (2005) visar att fjärrvärme i värmegles villabebyggelse uppförd i slutet på 1900-talet har kulvertförluster som på årsbasis kan uppgå till mellan 25 och 40 %. Passivhusen får procentuellt sett ännu högre kulvertförluster. I vissa fall kan man ansluta passivhusen till fjärrvärmesystemets returledning och därmed uppnå bättre avkylning av returvattnet.

Projektering och byggande av passivhus ska ske genom att:

- Man ställer upp tydliga och verifierbara mål.
- Arkitekt, konstruktör och VVS-konsult ska projektera tillsammans för att få fram ett vackert, väl fungerande passivhus med genomtänkta helhetslösningar.
- Entreprenörerna deltar i projekteringen, så att man ritar något som är byggbart.
- Utbildning och information anordnas för projektörer och byggare.

Ett passivhus måste inte värmas med tilluften utan kan göras med andra värmebärare t ex radiatorer. Omsorgsfull projektering av t ex solavskärmningar och öppningsbara fönster måste ske för att man skall få en god inomhuskomfort med jämn och behaglig innetemperatur hela året. Beprövade byggmaterial bör användas med genomtänkta konstruktioner för att undvika köldbryggor och så säkert som möjligt kunna uppnå avsedd lufttätethet.

Passivhustekniken kräver särskild utbildning av projektörer och byggnadsarbetare för ett gott isolerutförande och tätt hus visar bland annat erfarenheter från Lindås Park. Speciella utbildningsbehov erfordras för att bygga extremt tätt. Såväl förespråkare för passivhus som större hus- och byggföretag ställer sig skeptiska till om man generellt kan uppfylla så höga kvalitetskrav i en stor och geografiskt spridd organisation.

Ökade risker för byggsador och inommiljöproblem

Passivhus (dokumentation!!!)

- Inne-miljö, energi, livscykelkostnad
- Ökade produktionskostnader 50 tkr? 100 tkr?
- Stora glasytor, avskärmning?
- Tjock isolering (marginalnytta, fuktförhållanden)
- Luftvärme
 - Hälsorisker (astma, allergi, irriterade slemhinnor)
 - Temp.förhåll, gratisvärmeutnyttj (en termostat)
 - Underhållskostnader (kanalrensning, filterbyte)
 - Kombinerat värme- och vent.system

Figur 4.19. Exempel på frågor som närmare måste utredas innan serieproduktion av passivhus fortsätter. Källa: Harrysson (2008b).

Några frågor som närmare måste utredas innan serieproduktionen av passivhus fortsätter har sammanställts i figur 4.19. Klagomål och ökade risker för byggsador och inommiljöproblem omfattar bland annat:

Termiskt klimat

- Termiska komfortproblem kan konstateras både sommar- och vintertid med stora fönsterytor, särskilt mot söder. Effekt- och energianvändningen ökar med ökande fönsterytor. Värmeförlusterna är störst nattetid, när det samtidigt inte pågår några värmealstrande aktiviteter i husen.
- Ökad energianvändning är vanlig på grund av större distributionsförluster med installationer placerade i klimatskärmen.
- Större temperaturvariationer och minskat gratisvärmeutnyttjande föreligger med en centralt placerad termostat både i en- och tvåplanshus.

Luftkvalitet (hygieniskt klimat)

- Hälsospekter för brukarna. Klagomålen och riskerna med kanaliserad tilluft och luftvärme (frånlufts-/tillluftsventilation såväl med som utan återvinning respektive luftvärme med värmeåtervinning och eftervärmningsbatteri) är stora, jämför med luftvärmedebatten som utmynnade i förbud mot luftvärme med återluft i Boverkets byggregler (BBR1994).
- Både hus och människor kan bli utsatta för förorenad luft från förorena(n)de tilluftskanaler/värmebatteri, frånlufts-/tillluftsventilation, luftvärme och smutsiga filter m m.
- Klagomål på lågfrekvent buller förekommer ofta.

- Frånlufts-/tillluftsventilation ökar riskerna för övertryck inne relativt ute med större risker för fuktskador i klimatskärmen, om inte från- och tilluftsflöden är noggrant injusterade för undertryck.

Ökade skaderisker och problem med tjockare isolering

Tjockare isolering kan exempelvis leda till följande ökade risker och problem:

- Nedsatt värmeisoleringsförmåga på grund av egenkonvektion eller påtvingad konvektion.
- Ökade fukt- och värmebelastningar på grund av arbetsutförandebrister (springor, spalter, otäta fogar och genomföringar m m). Uppgifter finns i Boverksundersökningen, Harrysson (1994), om att ett husområde med 340 mm isolering m m i stort sett har samma energianvändning som ett välbyggt område med 120 mm väggisolering.
- Minskad uttorkningseffekt.
- Ökad risk för fukt- och mögelproblem. Större isolertjocklekar försämrar fuktförhållandena i tak, väggar och grund samt ger större risker för fukt- och mögelproblem i klimatskalets yttre partier.
- Ju tjockare isolering desto mindre marginalnytta, dvs mindre lönsamt. Det tar minst husets livslängd för att återbetala den sista decimetern väggisolering när man går från 300 mm ($U = 0,126 \text{ W/m}^2 \text{ K}$) till drygt 400 mm ($U = 0,100 \text{ W/m}^2 \text{ K}$).
- Högre livscykelkostnad.
- Större byggnadsarea.
- Mindre boarea.

Ökade investeringskostnader för passivhus

Uppgifter föreligger om att passivhusen har ca 100 000 kr högre produktionskostnad och spar ca 5 000 kWh/år och småhus jämfört med traditionellt byggda hus. Andra uppgifter som nämnts är att produktionskostnaderna ökar med 2-5 %.

Energiniivåer nya flerbostadshus

Nya traditionellt utformade flerbostadshus har f n en total energianvändning på 140-150 kWh/m² år. Med olika förbättringsåtgärder kan man komma ner till 75-80 kWh/m² år. Detta kan exempelvis ske med åtgärder som högre lufttätet, värmeåtervinning, individuell mätning av varmvatten, solfångare för tappvarmvatten, energieffektivare fönster med U-värde 1,1 W/m² K i stället för 1,4 W/m² K, tjockare isolering: 300 mm i väggar och 400 mm i tak. Genom att göra ytterligare förbättringar till "passivhusnivå" med ännu tjockare isolering och energieffektivare fönster med $U = 1,0 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ kan ytterligare energi sparas och man är då nere på 65-70 kWh/m² år, vilket stämmer väl med vad som uppmätts i ett par passivhusområden som Lindås Park och Oxtorget Värnamo. Frillesås och Glumslöv ligger runt 80 kWh/m² år.

Oxtorget Värnamo, Jonsson (2008)

Området består av fem fastigheter med totalt 40 lägenheter från 2 RoK till 5 RoK. Lägenheterna upplåts som hyresrätter och är byggda av allmännyttan. Lägenheterna värms med tilluften och varje lägenhet har ett eget FTX-aggregat med hög verkningsgrad. Tilluften eftervärms vid behov av ett elbatteri. Elen kommer från vindkraftsverk. I händelse av svag

vind måsten elen komma från annan elproduktion. På de fem fastigheternas tak finns solfångare för tappvarmvattenvärmning. Solfångarna fungerar dåligt vintertid och vid mulet väder. Energianvändning och innetemperatur har uppmätts efter hyresgästernas inflyttning. En boendeenkät har använts för att värdera hur hyresgästerna upplever sitt boende. Den totala mängden inköpt energi har uppmätts i medeltal till 69 kWh/m² år, fördelat på 14 kWh/m² år för varmvatten, 5 kWh/m² år för fastighetsel och 50 kWh/m² år för hushållsel och värme. Dessutom har solfångarna bidragit med 10 kWh/m² år. Värdena är inte normalårskorrigerade.

Karl Johans väg, Frillesås, Jonsson (2008)

Tolv lägenheter har uppförts som passivhus med inflyttning dec 2006. Lägenheterna värms med tilluften. Varje lägenhet har ett FTX-aggregat med ventilationsvärmväxlare och vattenburet värmebatteri som värms med fjärrvärme. Tappvarmvattnet värms med solfångare, på vintern med komplettering av fjärrvärme. Mätningar påbörjades i feb 2007. Mängden köpt energi under första året ligger i medeltal på 81 kWh/m² år, fördelat på 20 kWh/m² år för värme, 19 kWh/m² år för varmvatten och 42 kWh/m² år för hushållsel.

Optimala tekniska lösningar

Stora resurser satsas på att utreda vad som karakteriserar det optimala energisystemet dvs de bygg- och installationstekniska lösningarna. Många faktorer med stora variationer och samspel inverkar, varför det föreligger stora svårigheter att göra en tillförlitlig kostnadskalkyl för hela huset. Att närmare undersöka olika delsystem kan var en framkomlig väg för en säkrare bedömning av helheten. Nedan redovisas resultaten av ett försök att utreda den optimala väggkonstruktionen från ett livscykelerspektiv samt mer traditionellt från teknisk och ekonomisk synpunkt.

Adalberth (1995) har genomfört livscykelanalyser för småhus med vanliga konstruktioner. Nedan i figur 4.20 visas hur husets energianvändning påverkas under hela livscykeln för en mineralullsisolerad träregelvägg med träpanel på utsidan och tre olika isolertjocklekar. Skillnaden i total energianvändning för byggnadens hela livscykel mellan 290 och 490 mm är mindre än 2 % och torde inte uppväga de övriga nackdelar som 200 mm ytterligare isolering medför i form av mindre invändig yta eller större utvändigt yta samt mindre uttorkningseffekt och ökade risker för fukt- och mögelproblem m m.

Hus 1	145 mm mineralull		290 mm mineralull		490 mm mineralull	
	$\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{BRA}\cdot 50\text{år}}$	%	$\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{BRA}\cdot 50\text{år}}$	%	$\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{BRA}\cdot 50\text{år}}$	%
Produktion:						
Tillverkning	870	10	900	11	940	11
Transport	40	0	40	0	40	0
Uppförande	80	1	80	1	80	1
Förvaltning:						
Uppvärmning, varmvatten, hushållsel	7600	84	7100	83	7000	82
Renovering: tillverkning	390	4	390	5	390	5
Renovering: transport	<10	0	<10	0	<10	0
Destruktion:						
Processer vid nedrivning	10	0	10	0	10	0
Transport	30	0	30	0	30	0
Total energi kWh/(m ² BRA·50år):	9000	100	8500	100	8400	100
Total energi kWh/(m ² BRA·år):	180		170		168	

Figur 4.20. Energianvändningen för hus 1 då värmeisoleringsjockleken i ytterväggen varierar. I första fallet är värmeisoleringsjockleken 145 mm, i det andra 290 mm och i det tredje 490 mm. Källa Adalberth (1995).

Som ett exempel på mer traditionell analys har valts en vanlig träregelvägg med träpanel på utsidan och mineralullsisolering med tjocklekarna 240, 310 respektive 430 mm. Lönsamhetsbedömning av marginalnyttan har gjorts vid ökning från 240 till 310 mm respektive från 310 till 430 mm. Indata framgår av figur 4.21 nedan. Pay-offtiden är som framgår 55 respektive 215 år vid energipriset 1 kr/kWh.

Lönsamhet väggisolering

Uppgifter per m2 väggyta					
Minull mm	U	dU	Ebesp kWh	Ökad inv kr	År
240	0,191				
310	0,125	0,066	5,3	287	55
430	0,100	0,025	2,0	430	215

- 80 000 gradtimmar/kundpris inklusive moms
- arbetsutförandet/fukt- och mögelrisiker m m

Figur 4.21. Lönsamhetsbedömning av marginalnyttan för tre olika isolertjocklekar. Antaget energipris är 1,00 kr/kWh. Vid energipriset 1,50 kr/kWh blir återbetalningstiden 36 respektive 143 år.

Nedan i tabell 4.11 redovisas diskonteringsfaktor, DIS, och energisparkostnad, ESK, för de tre olika väggalternativen och räntan (realräntan) 5, 0 och -5 % samt återbetalningstiden 50 respektive 100 år. Av resultaten framgår att isolerökningen från 240 till 310 mm är lönsam för räntan $r = 0$ och -5 % vid nuvarande energipriser medan ökningen från 310 till 430 mm endast är lönsam vid -5 %, figur 4.22.

I sammanhanget kan nämnas att Boverkets byggregler för elvärmda hus (BBR2009) bland annat bygger på 5 % ränta (diskonteringsränta) och elpriset 1 kr/kWh.

Tabell 4.11. Diskonteringsfaktor, DIS och energisparkostnad, ESK, för olika beräkningsfall.

r %	DIS		ESK kr/kWh		
	50 år	100 år	50	100	
240 till 310 mm					
5	18,26	19,88	2,97	2,72	
0	50	100	1,08	0,54	
-5	239,9	3358	0,23	0,02	
310 till 430 mm					
5			11,88	10,88	
0			4,30	2,15	
-5			0,92	0,08	

Återbetalningstid

Nedan i tabell har återbetalningstiden beräknats för de valda diskonteringsfaktorerna och räntorna. Återbetalningstiden, investeringskostnad/besparing per år, blir vid energipriset 1,50 kr/kWh: $287/1,5 \times 5,3 = 36$ år respektive $430/1,5 \times 2,0 = 143$ år.

Med energipriset 1,50 kr/kWh och diskonteringsfaktorn DIS 36 respektive 143 blir återbetalningstiden vid respektive ränta:

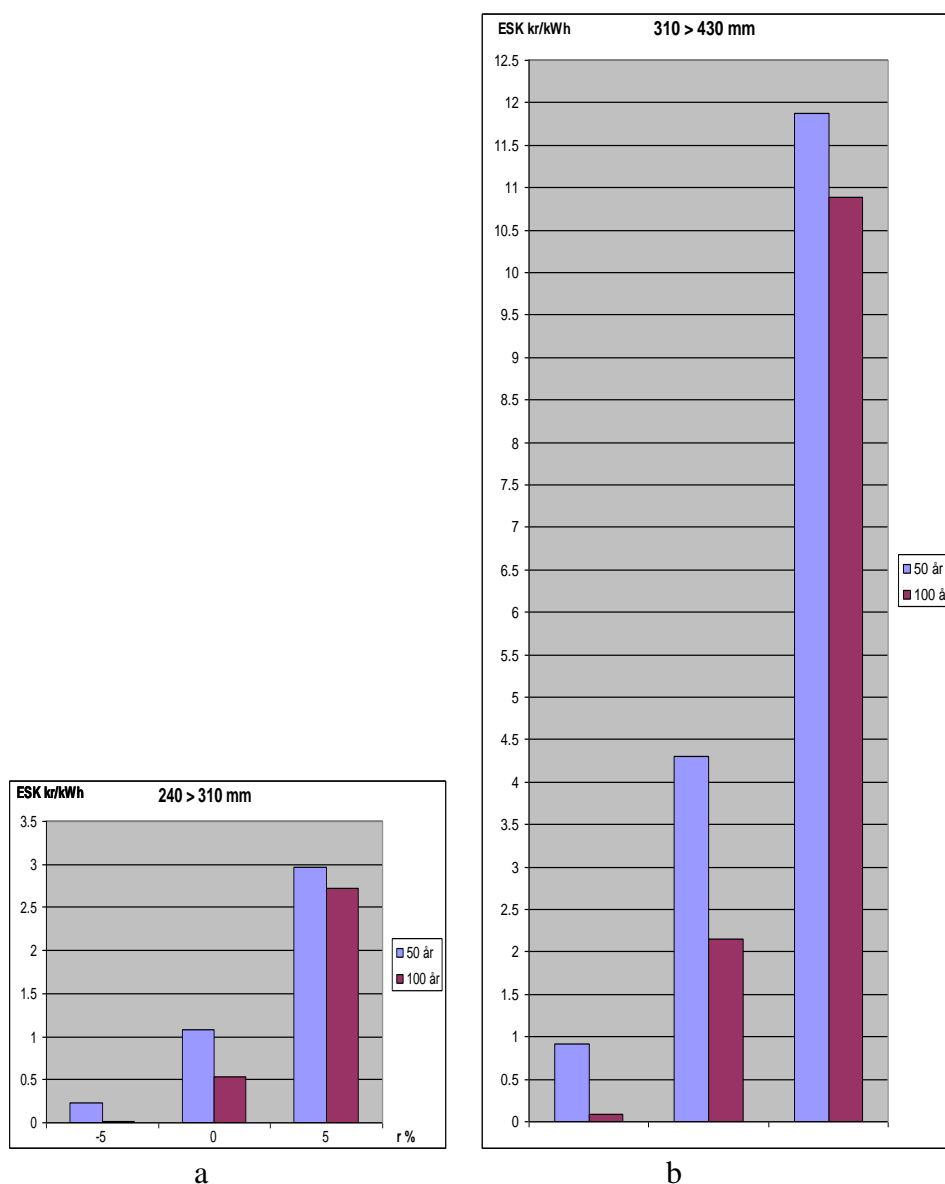
r %	Isolerökning från 240 till 310 mm DIS = 36, Återbetalningstid år	Isolerökning från 310 till 430 mm DIS = 143, Återbetalningstid år
5	> 100	> 100
0	36	143
-5	20	40

Ränta för investeringen

Livslängd år	Isolerökning från 240 till 310 mm DIS = 36, Ränta %	Isolerökning från 310 till 430 mm DIS = 143, Ränta %
50	1-2	-3
100	2-3	0

Försiktigtvis bör man räkna på en ränta r på några procent, 0 till 5 %. Av resultaten, figur 4.22, framgår att isolerökningen till 310 mm kan försvaras, men inte till 430 mm som

sannolikt behöver längre återbetalningstid än husets livslängd. Då har bara investeringskostnaden ställts mot energibesparingen. Större väggjocklekar ger nackdelar som mindre uthyrningsbar inneryta eller större ytteryta med ökad tomt- och grundläggningkostnad samt högre transportkostnader beroende framförallt på ökade materialmängder och fraktvolymer vid fabrikstillverkning som storblock eller volymentelement etc.



Figur 4.22. Energisparingskostnad, ESK, kr/kWh vid ränta $r = -5, 0$ och 5% samt livslängd 50 respektive 100 år för isolerökning i väggar
 a. från 240 till 310 mm
 b. från 310 till 430 mm

4.11 Frånlufts-/tilluftsventilation eller frånluftsventilation?

Praktiska erfarenheter

SABO (2006) har genomfört en undersökning som visar att FTX (frånlufts-/tilluftsventilation med ventilationsvärmväxlare) inte gav någon energibesparing. Några uppgifter om ventilationens storlek ges dock inte. I SABO-undersökningen uppges att den återvunna värme som FTX gav "förlorats" genom den extra elenergi som aggregaten krävde och med dåligt isolerade kanaler förlagda i ouppvärmda utrymmen. FTX kan också ge andra problem. Fläktarna drar energi även när värmeåtervinning inte behövs. Problemen med övertemperaturer sommartid ökar såvida man inte har bypass-kanal. FTX-ventilation kräver stor kunnsighet och noggrannhet både vid installation och drift. Underhållskostnaderna för filter, kanalrensning, injustering m m är betydande.

Liknande erfarenheter visar de av Harrysson (1994, 1997a) genomförda studierna i 330 småhus respektive 395 lägenheter i flerbostadshus. Baserat på dessa studier anser Harrysson för FTX-system 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 (ventilationsvärmväxlaren) har låg "praktisk" verkningsgrad.
- Sannolikheten för övertryck inne relativt ute är högre med förhöjda risker för fuktskador i klimatskärmen.
- Betydande risker för hälsoproblem föreligger på grund av förorena(n)de ventilationssystem (kanaler, filter, växlare, luftvärmeaggregat m m), vilket kan resultera i irriterade slemhinnor, astma och allergier samt ljudstörningar i form av lågfrekvent buller etc som följd.

Innemiljön viktigare än energisparande/Ett fastighetsbolags praktiska erfarenheter

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 15-20 % av de boende missnöjda med ventilationen i hus med frånlufts-/tilluftsventilation jämfört med 5 % 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 m m). Värmeåtervinning för att spara miljövänlig värme t ex fjärrvärme, medför ofta ökad elanvändning med tveksam miljönytta. Värme från kraftvärmeproduktion måste betraktas på annat sätt än ren värmeproduktion. 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 ventilationsvärmväxlare, måste vägas mot högre investeringskostnader samt kraftigt ökade drift- och underhållskostnader.

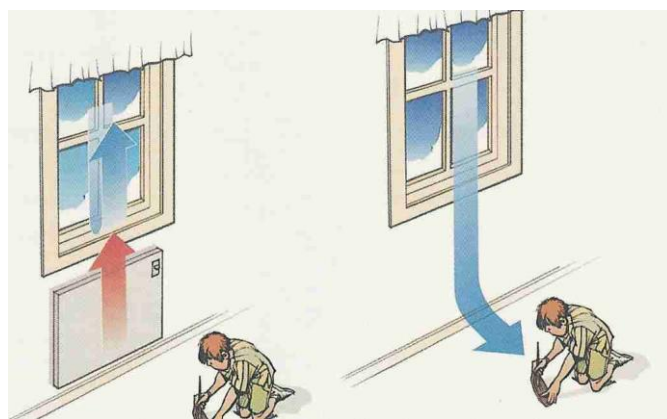
4.12 Golvvärme eller radiatorer?

Historik

Sedan början på 1990-talet installeras golvvärme i många nya byggnader, främst i småhus. Golvvärme marknadsförs med argumenten att man kan spara 10-15 % energi genom att sänka inneluftstemperaturen 1-2 °C med bibehållen komfort. Detta stämmer emellertid inte! Undersökningar, t ex Harrysson (1997b), visar att golvvärme jämfört med radiatorsystem har högre produktionskostnad, använder mer energi samt är nästan alltid ett trögare, mindre följsamt och mer svårreglerat värmesystem. Efter mer än 10 års intensiv debatt och forskning har golvvärmen blivit mer energieffektiv och komfortabel, även om såväl produktions- som driftskostnader (energi) fortfarande är avsevärt högre (minst 20 % högre total energianvändning) jämfört med radiatorsystem, vilka visat sig hålla den jämnaste innetemperaturen och bättre ta tillvara gratisvärme från solstrålning och annat. Konsensus råder sedan 2004 om att golvvärme är energislösande.

Komfort, energi och kostnader

Integrerade golv- och värmesystem (golvvärme) har beroende på konstruktion medfört avsevärt högre byggkostnad, energianvändning och komfortstörningar. Sistnämnda problem kan orsakas av hög värmetröghet i plattan samt obehag av kallras, kallstrålning och drag längs golvet, eftersom golvvärme inte på samma sätt som radiatorer under fönstren kan kompensera för kallras, kallstrålning och drag från fönster och ventilationsdon, figur 4.23. Vattenburen golvvärme ökar också riskerna för vattenskador.



Figur 4.23. Risk för kallstrålning, kallras och drag utan radiator under fönster. Källa: Energimyndigheten (2001).

Termisk komfort hänger ihop med lågt uppvärmningsbehov och välisolerade konstruktioner. Lite högre rumstemperatur behövs generellt under kalla vinterdagar än annars. Orsaker är kallras och kallstrålning på grund av kalla ytor som fönster och ventilationsdon för uteluftstillförsel. Den negativa inverkan av kallras, kallstrålning och uteluftstillförsel via väggventiler förstärks om man inte har "värmare" under fönstren. Sommartid kan solstrålning genom fönster i stället ge upphov till besvärande övertemperaturer. Förhållandena förvärras speciellt i passivhus och om ventilationsaggregatet saknar by-passkanal.

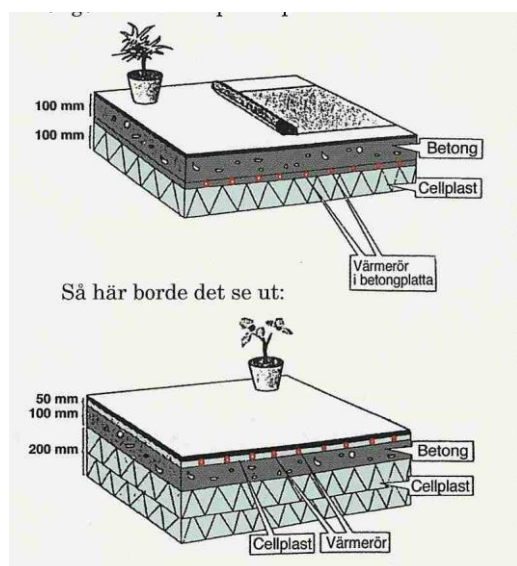
Erfarenheter av golvvärme i källarlösa småhus med platta på mark och underliggande isolering visar på betydande energiökning jämfört med radiatorsystem vid olika

isolertjocklekar, tabell 4.12. Orsaker till den ökade energianvändningen är köldbryggor, dålig isolering under plattan och längs kanterna samt stor värmetröghet, onoggrann reglering av värmeförseln och värmesystemet i drift sommartid för att golvet ska kännas varmare t ex för golv med klinkerplattor.

Tabell 4.12. Samband isolertjocklek-ökning av total energianvändning. Källa: Bygg- och Energiteknik AB (2001).

Isolertjocklek mm	Ökning av total energianvändning %
100	30
200	20
300	10

Produktionskostnaden för golvvärme med nämnda konstruktion och 100 mm isolering jämfört med ett värmesystem och radiatorer är upp mot 20 000 kr per småhus. Cellplastisolering kostar lagd och klar cirka 700 kr/m³. För att ytterligare sänka energianvändningen måste värmetrögheten minskas t ex genom att golvvärmen flyttas upp nära ytan och läggs på värmefördelade plåtar, figur 4.24. Dessa kostar cirka 700 kr/m². Först med plåtar och 300 mm isolering kommer man i närheten av den energianvändning huset skulle ha med radiatorsystem. En av Norges främsta energiexperter, Per Gundersen Norges Byggeforskningsinstitut Oslo, anser dock att även den mest energieffektiva och dyrbara golvvärmekonstruktion har högre energianvändning än radiatorsystem.



Figur 4.24. Vanlig golvvärmekonstruktion respektive energieffektiv. Källa: Bygg- och Energiteknik AB (2001).

Äldre småhus, både källarlösa och med källare, har i regel oisolerad betongplatta. Avsevärda problem har uppstått när man i efterhand installerat golvvärme för att höja komforten. Mycket av värmen försvinner ner i marken genom den dåligt isolerade betongplattan, och den totala energianvändningen ökar vanligen med upp emot 40 %. Värst har det varit för många ägare till källarhus när "förrådkällaren" med radiatorsystem har inretts som "gillestuga" med golvvärme. Dessa arbeten utförs ofta på delad entreprenad och med egna arbetsinsatser av husägaren. Konsekvenserna har blivit höga kostnader på grund av att ingen hade

"helhetsgreppet" vid val av teknisk lösning och utförande eller kände till att det behövs ordentligt med isolering i golvet för att minska värmeförlusterna till marken.

Problemen med golvvärme i flerbostadshus är för grundkonstruktionen (nedersta bjälklaget) likartade som för småhus. Mellanbjälklag har samma komfortegenskaper och störningar som i småhus, dock med skillnaden att tillförd värme avges uppåt som "golvvärme" och nedåt som "takvärme". Med andra ord är styrningen av värmeavgivningen från mellanbjälklag ännu svårare. Även i flerbostadshus har golvvärme gett upphov till en hel del komfortproblem och hög energianvändning, varför flera större byggföretag undviker golvvärme.

Golvmaterial - golvkonstruktion

Golvvärme är mycket populärt men ingalunda optimalt i byggnader med mycket låg energianvändning. Då uppvärmningsbehov inte föreligger kommer golvvärmen att vara avstängd och golvet känns kallt. Alternativt är golvvärmen i drift med energislöseri som följd. Värmeöverföringen mellan en varm yta och luft är $2-10 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ bland annat beroende på luftens rörelser. Golvvärme behövs enbart på en förhållandevis liten yta eftersom effektbehovet för att täcka värmeförlusterna från byggnaden t ex i passivhus som teoretiskt får vara högst $10-12 \text{ W/m}^2$ vid dimensionerande utetemperatur.

Golvbeläggning i form av olika typer av trägolv respektive heltäckningsmattor/äkta mattor har betydande värmemotstånd som minskar värmeflödet till rummet. Eventuellt måste värmebärartemperaturen höjas om inte värmeeffekten räcker. Detta inverkar negativt på värmepumpars energibesparing. Beroende på utförande, fuktförhållanden m m har en del problem uppstått med sprickor i trägolv i kombination med golvvärme. Klinkergolv medför ett hårt och kallt golv med större "behov" av golvvärme.

Golvbeläggingsmaterial bör därför i görligaste mån ha låg värmekapacitet, densitet och värmeledningsförmåga. Kork, trä, textilmaterial, linoleum eller liknande material bör lämpligen användas på träunderlag. Dessa material känns komfortabla att gå på även om de bara har rumstemperatur, figur 4.13.

Tabell 4.13. Termisk komfort för olika golvmaterial. Lägsta yttemperatur på golv för acceptabel termisk komfort vid barfota kontakt med golvytan.
Källa: Isover (2008).

Golvmaterial	Lägsta temperatur °C
Betong, klinkers	27
Linoleum, plastmattor	23
Trä, parkett, textila mattor	22
Kork	10

I våtrum t ex badrum, där man ofta har klinkerplattor krävs en golvtemperatur på lägst $27 \text{ }^\circ\text{C}$ och för linoleum- eller plastmattor lägst $23 \text{ }^\circ\text{C}$ för att de flesta människor ska uppleva golvet som varmt. Maximalt tillåts $27 \text{ }^\circ\text{C}$ vid dimensionerande utetemperatur enligt Boverkets byggregler. Värmeeffekten från golvytan kan då bli upp emot 70 W/m^2 beroende på aktuell rumstemperatur, framledningstemperatur, luftrörelser m m. Ytor med golvvärme bör därför begränsas till områden där man i regel brukar sätta fötterna för att inte få för varmt badrum och för hög energianvändning. Det kan också vara aktuellt med golvvärme i hallar e dyl för att torka upp golvet samt blöta kläder och skor.

4.13 Areabegrepp

Energianvändningen i flerbostadshus beror bland annat på hur utrymmena används, deras värmetekniska standard och innetemperatur. Vanliga användningsområden av utrymmena är som bostad, gemensamma ytor, lokaler m m. Energianvändningen i flerbostadshus anges ofta i sorten kWh/m² år. Begreppet kvadratmeter golvarea används dock på flera sätt i olika undersökningar vilket försvårar jämförelser. Vanliga begrepp är boarea (BOA), biarea (BIA), uppvärmd golvarea och bruksarea (BRA). Från och med Boverkets byggregler (BBR 2006) används begreppet A_{temp} som avser golvarea i utrymmen värmda till minst 10 °C. Lundborg & Göransson (1990) visar i figur 4.25 jämförelser mellan olika areabegrepp.

3.2 Samband mellan begrepp för uppvärmda ytor.
 Applicerat på generellt flerbostadshus med olika typer av ytor

	BOSTADS- LÄGENHETER	UTHYRN. LOKALER (UPPVÄRMDA)	VARM- GARAGE	GEMENS. OTR. (TVÄTTSTUGA M.M.)	TRAPP- HUS
Svensk Standard SS 02 10 51	BOA	LOA	BIA	BIA	ÖVA
Standard före 1987	BRApe	BRAp	BRA _s (?)	BRA _s	BRA _{pg}
Fastighets- taxering	Yta för bostäder	Yta för lokaler	lugår ej	lugår ej	lugår ej
SCBs energistatistik (definition)	Uppv. yta bostäder	Uppv. yta lokaler	Uppv. yta värmstuga	lugår ej	lugår ej
Uppvärmade ytor hos olika ägare, Bästa tillbehöringsyta	ca 100%	ca 50-120%	0-100%	lugår van- ligen ej	lugår van- ligen ej

Figur 4.25. Jämförelser mellan olika areabegrepp. Källa: Lundborg & Göransson (1990).

I några av de refererade undersökningarna har inverkan på energianvändningen av olika begrepp studerats. Gemensamma ytor i flerbostadshus antas till 15 respektive 25 % av BOA. Om energiuppgifterna avser BOA + BIA i stället för BOA erhålls 10-20 % lägre värde vid energianvändningsnivån 100 kWh/m² BOA år respektive 15-20 % vid 200 kWh/m² BOA år.

4.14 Några resultat från praktiska undersökningar

Störst inverkan på energianvändningen har:

- brukarvanor 10 000 kWh/år
- sättet att mäta energi- och vattenanvändningen, individuellt eller kollektivt, 30 %
- kvaliteten på arbetsutförandet 5 000 kWh/år
- brukarvanor och förvaltningens kvalitet inklusive löpande systemövervakning, 1:2

- rätt teknisk lösning 30 %

Anm. Sifferuppgifterna avser småhus.

Byggnadens ålder, teknisk lösning (bygg, installationer) och eventuella energisparåtgärder. Rätt utfört energisparande ger varken inomhusproblem eller byggsador. Som framgår har ett stort antal undersökningar genomförts i flerbostadshus. Olika huskroppar, lösningar och förhållanden har studerats. Någon enhetlig metodik för utvärdering har inte använts i de olika undersökningarna. Därmed försvåras jämförelser dem emellan. Likaså är det oftast mer än en parameter som varierar mellan områdena. Därmed försvåras jämförelserna ytterligare.

Den totala energianvändningen består av delposter för byggnadsuppvärmning, varmvatten, fastighetsel och hushållsel. Skillnaderna mellan olika områden beror både på teknisk lösning och brukarvanor.

Det är mer regel än undantag att energianvändningen skiljer sig åt mellan likadana byggnader bland annat beroende på arbetsutförandets kvalitet (täthet, isolering, injustering av värme- och ventilationssystem) samt brukarvanor. Även upplåtelseformen har betydelse. Exempel finns på likartade områden med hyresrätt som har dubbelt så hög energianvändning som för bostadsrätt.

Fastigheter har olika slags ytor. Olika definitioner och begrepp används i de olika undersökningarna. Lägenheterna förväntas per ytenhet ha högre energianvändning än gemensamma utrymmen (korridorer, källare etc), vilket beror på högre temperatur, högre luftflöden, varmvattenanvändning, elektrisk utrustning etc. Genom att öka andelen gemensamma ytor kan fastighetens specifika energianvändning sänkas. Exempel finns på upp till 35 kWh/m² år. I en undersökning rekommenderas omräkningsfaktorer från (BOA + LOA) till A_{temp} med 1,25 för byggnader med uppvärmd källare och 1,15 för byggnader utan källare.

Systembrister kan undvikas genom bättre utformning och underhållsarbete. Mer komplicerade lösningar ställer högre krav på välutbildad personal.

Korrelationen är stark mellan den totala energianvändningen och fastighetens omslutande yta. Lågenergihus bör med andra ord ha så liten kvot som möjligt mellan omslutande yta och bostadsyta. Exempel finns där energianvändningen kan minskas med 60 kWh/m² år om kvoten minskas från 1,4 till 1,0. Fler personer per m² kan minska energianvändningen för byggnadsuppvärmning. Å andra sidan är el och varmvatten beroende av brukarvanor men också av antalet boende. Fler personer per m² bostadsyta ökar energianvändningen per ytenhet både för el och varmvatten. Dessa delposter blir delvis gratisvärme i fastigheten, vilket minskar behovet av byggnadsuppvärmning. Därigenom minskas energianvändningen för byggnadsuppvärmning medan energianvändningen per person för varmvatten och el kan komma att förbli densamma.

5. STRATEGIER OCH ÅTGÄRDER FÖR OLIKA ENERGINIVÅER

5.1 Helhetssyn - Samverkan

I detta kapitel diskuteras några strategier för energisparande i nya och äldre flerbostadshus. Det är viktigt att se byggnaden som ett energisystem liksom att olika åtgärder vidtas i rätt ordning. Exempel ges på vanliga och goda lösningar samt lågenergihus. Ett avsnitt behandlar beskrivning och erfarenheter av passivhus.

Utformning av byggnader ska ske på så hög systemnivå som möjligt och beakta förhållandena under byggnadens hela livslängd, s k "vagga-till-grav-analys" respektive från primärenergi till värmeavgivningen från huset inkluderande distributions- och överföringsförluster samt kulvertförluster. Väsentligt för energieffektiv utformning är dessutom byggnadens arkitektur (gestaltning) samt bygg- och installationsteknik t ex valet av isolertjocklek, täthet, fönstrens typ och storlek liksom av ventilations- och värmesystem inklusive ev återvinning. Vanligtvis är valet av energikälla t ex fjärrvärme redan gjort när projekteringen startar.

Dagens myndighetsregler och ekonomiska incitament leder tyvärr inte alltid till de mest resurseffektiva lösningarna. Ett visst motsatsförhållande råder mellan energisnåla hus och energisnåla tillförselsystem. Det bästa för miljön är naturligtvis en kombination av båda. Politiker och myndigheter måste i ökad utsträckning styra utvecklingen mot de samhällsekonomiskt mest lönsamma lösningarna.

Flerbostadshus med god innemiljö, låg energianvändning och låg livscykelkostnad åstadkoms enklast genom att betrakta byggnaden som ett energisystem där t ex även eventuella kulvertar ingår. Då får man bättre total överblick och ökad helhetssyn inkluderande både byggteknik och installationer. Högre kvalitet och komfort samt lägre energianvändning uppnår man säkrare och lättare genom att beakta samspelet byggnad-installationer, överbyggnad-grund samt samverkan över skrågränserna under byggnadens livslängd inkluderande projektörer, byggare, förvaltare och brukare. Av stor betydelse är också entreprenadformen. Totalentreprenad, en ansvarig respektive funktionsentreprenad eller partnering inkluderande uppföljning och erfarenhetsåterföring är många gånger att föredra. Viktigt är dock att entreprenören har eller kan administrera den kompetens som krävs.

Vid utformning av nya hus måste man särskilt se över byggnadens arkitektoniska utformning, klimatskalet, hushålls- och värmeapparater så att den tillförda energin bättre tas tillvara. Det finns redan idag hus med tekniska lösningar som är bättre än gällande byggbestämmelser. Det är viktigt att sprida kunskap om goda lösningar så att alla kan välja dessa och verka mot samma mål.

5.2 Nya hus

Energಿನivåer - Åtgärdstyper

Boverkets byggregler (BBR2006) om en specifik energianvändning i södra respektive norra Sverige av högst 110 respektive 130 kWh/m² år exklusive hushållsel är relativt "lindriga" krav. Med individuell mätning och debitering av energi- och vattenanvändningen bör målet i stället sättas till högst 100 kWh/m² år totalt för byggnadsuppvärmning, varmvatten, fastighetsel och hushållsel samt högst 70 kWh/m² år för byggnadsuppvärmning, varmvatten

och fastighetsel. Boverkets byggbestämmelser för elvärmda bostäder (BBR2009) med krav på högsta energianvändning $55 \text{ kWh/m}^2 \text{ år}$ i södra Sverige exklusive hushållsel, ca $30 \text{ kWh/m}^2 \text{ år}$, leder till en total energianvändning på ca $80 \text{ kWh/m}^2 \text{ år}$.

Energianvändningen kan minskas exempelvis genom tekniska åtgärder som ökad isolering, bättre täthet, värmeåtervinning ur ventilationsluften, energieffektiva fönster, snålspolande armaturer för varmvatten och vatten, energisparlampor för belysning, närvarosensorer, värmewäxling av avloppsvatten, effektiva fjärrvärmesystem m m.

Det är i regel vardagsnära och praktiska åtgärder som är de mest fördelaktiga/tillförlitliga och har högst lönsamhet. En viktig fråga att tidigt ta ställning till i byggprocessen är vilken energinivå som skall nås genom att minska värmeavgivningen från huset respektive effektivisera energitillförseln. Ju energisnålare huset i sig är desto mindre investeringskostnader kan läggas på värme- och ventilationssystemen. Husen kan ha individuell uppvärmning eller kollektiv t ex fjärrvärme. Kulvertförlusterna i fjärrvärmesystem är i praktiken många gånger större än förväntat. Exempelvis uppger Persson (2005) och Harrysson (2006a, b) att kulvertförlusterna i värmeglesa villaområden kan uppgå till mellan 25 och 40 %.

Viktigt är att man börjar på rätt sätt vid energieffektivisering av byggnader inklusive installationer. Först ska värmeförlusterna från byggnaden minskas och efter det effektivisering av elanvändningen. Utrustning för individuell mätning och debitering av energi- och vattenanvändningen installeras. Möjligheterna för passivt solvärmeutnyttjande beaktas liksom solenergi för värmning av tappvarmvatten. Slutligen är det dags att välja installationer och energislag. Optimala isolertjocklekar är i tak ca 500 mm, väggar ca 300 mm, golv ca 300 mm och fönster med U-värden runt $1,2 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. Energitillförseln sker oftast i form av fjärrvärme, men även biobränsle och el (förnybar = vindkraftsel) kan vara aktuell.

Stor enighet råder i branschen om att man i första hand bör satsa på byggtekniska åtgärder som ökad isolering och tätning av klimatskalet samt måttligt stora (10-15 % av golvytan) energieffektiva fönster med tillräcklig solavskärmning. Åsiktsskillnader finns naturligtvis om valet av isolertjocklek och täthet liksom för fönstrens U-värde. Klart är att energieffektivare och mindre fönster sparar energi. T o m vissa passivhusförespråkare rekommenderar numera begränsning av fönstertyorna.

Oenigheten vid utformning av nya byggnader gäller främst valet av värme- och ventilationssystem samt energislag som fjärrvärme, el, biobränsle, sol, vind etc. Värmeåtervinning ur ventilationsluften sker huvudsakligen på två pricipiellt olika sätt:

- frånlufts-/tillluftsventilation med ventilationsvärmewäxlare
- frånluftsventilation med frånluftsvärmepump för byggnadsuppvärmning och/eller värmning av varmvatten

Olika lösningar

En vanlig lösning för nya flerbostadshus består av måttlig isolering, FT- eller F-ventilation med värmeåtervinning och fjärrvärme. Boverkets nya bestämmelser leder till ökad andel FTX-system. I flerbostadshus kan värmesystem och ventilationssystem vara gemensamma för hela byggnaden eller som lägenhetssystem. Ett alternativ som visat på goda erfarenheter består av frånluftsventilation med frånluftsvärmepump för byggnadsuppvärmning och varmvatten samt vattenradiatorer och ev komfortvärme som elektrisk golvvärme i våtrum med

klinkergolv. Passivhusalternativet utgörs av tjock isolering, luftvärme samt frånlufts-/tilluftsventilation med ventilationsvärmväxlare. De flesta hittills byggda passivhus är elvärmade eftersom de har ett elbatteri inbyggt i ventilationsaggregatet. I några fall har de vattenbatteri kopplat till fjärrvärme som tillsatsenergi.

En god lösning kan erhållas med frånluftsvärmepump eller utelufts-/frånluftsvärmepump. Energieffektiva byggnader ska ha ett flexibelt värmesystem samt styr- och reglerutrustning som möjliggör ett högt gratisvärmeutnyttjande och noggrann reglering av värmeförseln. I första hand bör man välja vattenradiatorer med radiatortermostater. Ventilationssystemet ska vara enkelt med litet underhållsbehov och minimala risker för hälsoproblem. Som installationstekniska åtgärder rekommenderas därför:

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

Basenergin hämtas ur frånluften och uteluften eller från solen. Tillsatsenergin kan utgöras av el, fjärrvärme, biobränsle m m. Det är en fördel om "basenheten" i huset är en ackumulatortank till vilken olika värmekällor kan dockas.

5.3 Äldre hus

Olika åtgärder/Åtgärds paket

Energisparåtgärder i byggnader skall genomföras vid en tidpunkt och vara sådana att de ger optimal påverkan för nedlagda resurser. Ett åtgärds paket, ett antal åtgärder, bör sättas in genom en koncentrerad insats som höjer huset till i det närmaste energimässig nybyggnadsstandard. Åtgärderna ska vara sådana att ytterligare sparinsatser inte behövs inom överskådlig framtid. För brukarna är detta en fördel, eftersom man därigenom undviker återkommande störningar. Dessutom kan energisparandet med denna inriktning planeras bättre och lönsamheten höjs. Sparandet blir mer genomtänkt och resultatet tillförlitligare. Flera olika åtgärder kan vidtas för att spara energi i en byggnad. Ju flera åtgärder som vidtas samtidigt desto mer reduceras oftast deras sammanlagda energibesparing. Tidigare har man ofta gjort misstaget att summera enkla åtgärders besparingar aritmetiskt. Åtgärder kan både samverka samt helt eller delvis motverka varandra.

Sedan länge har det funnits metoder för att värdera om en åtgärd är lönsam. Om flera åtgärder sätts in samtidigt adderas i många fall besparingarna aritmetiskt. I andra fall har enkla procentuella reduceringar vidtagits. För att sätta samman många åtgärder till ett paket måste man först utreda hur de adderas och ger bäst resultat när de kopplas till varandra. Exempel på lämpliga kombinationer av olika åtgärder kan vara:

- tilläggsisolering och temperaturreglering
- tilläggsisolering och tätning
- tätning och inreglering av ventilation

Systemtänkande/Helhetsgrepp

För att lösa mångfaktoriella problem som byggnaders energibalans och snabbt bedöma olika åtgärders inverkan krävs ett rejält helhetsgrepp och att byggnaden ses som ett energisystem. De mest kostnadseffektiva åtgärderna genomförs först. I görligaste mån väljs åtgärder som inte "motverkar" varandra. Baserat på besiktning, eventuellt enkla mätningar och jämförelser med beräkningar enligt en praktisk metod kan aktuellt energibehov bedömas och olika åtgärders inverkan värderas.

Åtgärder för att minska driftkostnader och spara energi kan indelas i tre grupper, Harrysson (1999):

- Energileverantör (t ex för fjärrvärme och el)
- Brukarvanor
- Tekniska åtgärder (byggnads- respektive installationstekniska)
 - närliggande (hög lönsamhet)
 - långtgående (mindre lönsamma)

En hög driftkostnad och energianvändning behöver inte bero på tekniska brister hos huset. Ofta är sparåtgärder genom ändrade boendevanor och förvaltningsformer liksom byte av energileverantör enklare och lönsammare att genomföra än tekniska åtgärder. Uppgifterna kännetecknas av stora variationer och bör därför ges som riktvärden i form av medelvärde, spridningsmått (standardavvikelse) och samspel mellan olika faktorer.

Två vanliga strategier för energibesparing i äldre flerbostadshus är:

Strategi 1:

Närliggande åtgärder

Injustera värme- och ventilationssystem. Förse värmesystemet med termostatventiler, motorshunt med utegivare och framledningskännare

Isolera vinden

Värmeåtervinning (FVP framför FTX)

Individuell mätning av energi- och vattenanvändning

Långtgående åtgärder

Låg lönsamhet har byte till energieffektiva fönster och ökad väggisolering. Dessa åtgärder kan endast motiveras när fönster och fasad ändå måste bytas t ex vid rötangrepp.

Strategi 2:

1. Åtgärda först klimatskalet. Öka isoleringen i taket. Om det är dragigt inomhus på grund av låg yttemperatur på väggars insida och stora luftströrelser kan det vara nödvändigt att höja lufttemperaturen för tillräcklig komfort med ökade värmeförluster som följd. Täta och dreva huset. Vid självdragssystem kan detta medföra kraftigt försämrade ventilation, vilket bland annat kan resultera i lukt-, fukt- och mögelproblem exempelvis i våtutrymmen, kondens på fönstrens insida m m.

2. Vid behov måste ventilationen förbättras med ökad luftväxling. Självdragsventilation har inga möjligheter till värmeåtervinning ur ventilationsluften, vilket föreligger med mekaniska system som FTX eller FVP för byggnadsuppvärmning och varmvatten. FVP + F-ventilation är att föredra och har störst besparing.
3. Efter åtgärderna på klimatskalet och ventilationen är det dags att anpassa värmesystemet till de nya värmebehoven i varje rum. Detta görs genom att injustera värmesystemet, som förses med termostatventiler på varje radiator och strypventiler. Injustering enligt lågflödesmetoden kan ge fördelar som mindre cirkulationspumpar och mindre besvärande ljud från installationer. Framledningstemperaturen styrs med motorshunt, utegivare och framledningsskännare.
5. Spara varmvatten. Individuell mätning och debitering av varmvatten och energi kan spara upp mot 30 %. Vattensnål armatur kan ge ytterligare besparingar.
6. Fasad- och fönsterbyte. Av stor betydelse vid renovering är ofta att bevara husets utseende. Tilläggsisolering av ytterväggar liksom fönsterbyte har låg lönsamhet och är endast intressant vid renovering. Däremot kan tilläggsisolering av fönster (extra ruta) ha dubbelt så hög lönsamhet som byte av hela fönstret. Fönster med U-värde ca $1,0 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ har dagsljustransmission ca 62 % och solenergitransmission 37 %. Samtliga åtgärder enligt punkt 6 har låg lönsamhet.
7. Solfångare har hyfsad lönsamhet.
8. Energieffektiva apparater och energisnål belysning kan minska energianvändningen (elanvändningen) ytterligare.

6. METODIK FÖR UPPFÖLJNING OCH KVALITETSSÄKRING

6.1 Introduktion

6.2 Uppföljning - Boverkets byggregler (BBR2006)

Sedan oljekrisen 1974 har många nya byggbestämmelser tillkommit. Deras verkliga betydelse för inomhusmiljö och energianvändning har huvudsakligen följts upp i enstaka hus. I ett fåtal undersökningar har uppföljningar gjorts av serieproducerade hus med nominellt lika och bebodda lägenheter, se exempelvis Harrysson (1994, 1997a, 1998). De refererade undersökningarna och andra erfarenheter visar på den stora betydelsen av att följa upp och utvärdera resultat. Kunskap finns om hur man bygger flerbostadshus med god inomhusmiljö, låg energianvändning och låg livscykelkostnad, 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, företroendeentreprenad och funktionsentreprenad är tre i sammanhanget lämpliga entreprenadformer.

Även ifråga 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 ökad energianvändning samt fler inomhusmiljöproblem och byggskador som följd. Även flerbostadshus byggs numera som passivhus. Det är speciellt angeläget att följa upp dessa eftersom såväl småhus som flerbostadshus med luftvärme har problem med hög energianvändning och dålig inomhusmiljö.

Nya material, konstruktioner och installationer måste vara omsorgsfullt testade innan de används i serieproduktion. I annat fall kan oväntade byggskador och inomhusmiljöproblem uppstå. Ibland har man endast utfört laborietester innan serieproduktion av hela hus påbörjas. Exempel på dylika misslyckanden är användningen av stora glasytor, luft- och golvvärme 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, tvister och reparationskostnader som följd.

Uppföljning av byggnaders energiprestanda och inomhusmiljö kvalitet har hittills sällan gjorts. Kommunerna kan dock positivt påverka utvecklingen genom ett något högre markpris med återbetalning/premie för nybyggnader med lösningar som kraftigt understiger normkravet i BBR2006. Goda lösningar kan främjas t ex genom en premie vid uppföljning enligt Boverkets modell, om man exempelvis når 30 % lägre energianvändning. Offentliga bidrag bör ges först sedan beräknade värden har verifierats och uppfyllts, jämför med miljöbilspremien. Det skulle innebära önskade satsningar på goda lösningar såväl i projekterings- som produktionskedena samt att uppföljning verkligen görs. Då finns det också ett underlag för erfarenhetsåterföring.

Kunskap finns, men används inte

Lite har hänt när det gäller energisparande i bostäder sedan 1980-talet, SCB (2007). Samhället/myndigheterna måste med "piska och morot" påverka utvecklingen. Därför måste man ställa ökade krav på omfattande dokumentation av inomhusmiljö, energianvändning och livscykelkostnad innan beslutstillfället. 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.

Beslutet ska baseras på data från många hus så att en tillförlitlig och relevant värdering kan ske. Detta beror inte minst på allehanda variationer som föreligger orsakade av t ex skillnader i brukarvanor, arbetsutförandets kvalitet och teknisk lösning.

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

1. Utgå från teoretiska utredningar, följda av laborietester 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 inomhusmiljö, energianvändning, livscykelkostnad m m 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 inomhusmiljö.
- Åtgärdsförslag utarbetas och lönsamhetsbedöms.
- Sammanvägning görs av uppgifter från ovanstående punkter.
- Uppföljning sker av genomförda åtgärder.

Inverkande faktorer kvantifieras och olika tekniska lösningar rangordnas med hänsyn till energianvändning, inomhusmiljö och livscykelkostnader. Huvudproblemet är att väga samman ett antal faktorer samt deras variationer och beroende. Olika åtgärder för att spara energi och förbättra inomhusmiljön 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.

Metoder för värdering av byggnader respektive skadeutredningar. Krav och specifikationer för inomhusmiljön

EU-direktivet och dess krav på deklarerat energiprestanda och inomhusmiljö kvalitet fordrar praktiska verktyg och metoder för effektivare energianvändning, förbättrad inomhusmiljö och rätta åtgärder/besparingsinsatser. Energideklarationen ska omfatta förslag på lämpliga åtgärder för att minska energianvändningen. Åtgärderna ska vara kostnadseffektiva och därmed lönsamma. Energideklarationen ska omfatta:

1. Byggnadens energiprestanda
2. Om OVK (obligatorisk ventilationskontroll) är utförd.
3. Om radonmätning är utförd.
4. Om byggnadens energiprestanda kan förbättras med hänsyn till god inomhusmiljö och i sådant fall rekommendationer om kostnadseffektiva åtgärder.
5. Referensvärden.
6. Övrigt.

Nedan görs en kort genomgång av några metoder som utvecklats för värdering av byggnader och för skadeutredningar jämförda av några referenser innehållande krav och specifikationer för inomhusmiljön. Framställningen baseras främst på Boverksundersökningarna, Harrysson (1994, 1997a, 1998), BEST-metoden, Ivarsson & Rengholt (2005) samt ett av Borgström (2007) utarbetat PM.

Metodik för värdering av byggnaders energianvändning och inomhusmiljö

Boverksundersökningarna, Harrysson (1994, 1997a, 1998)

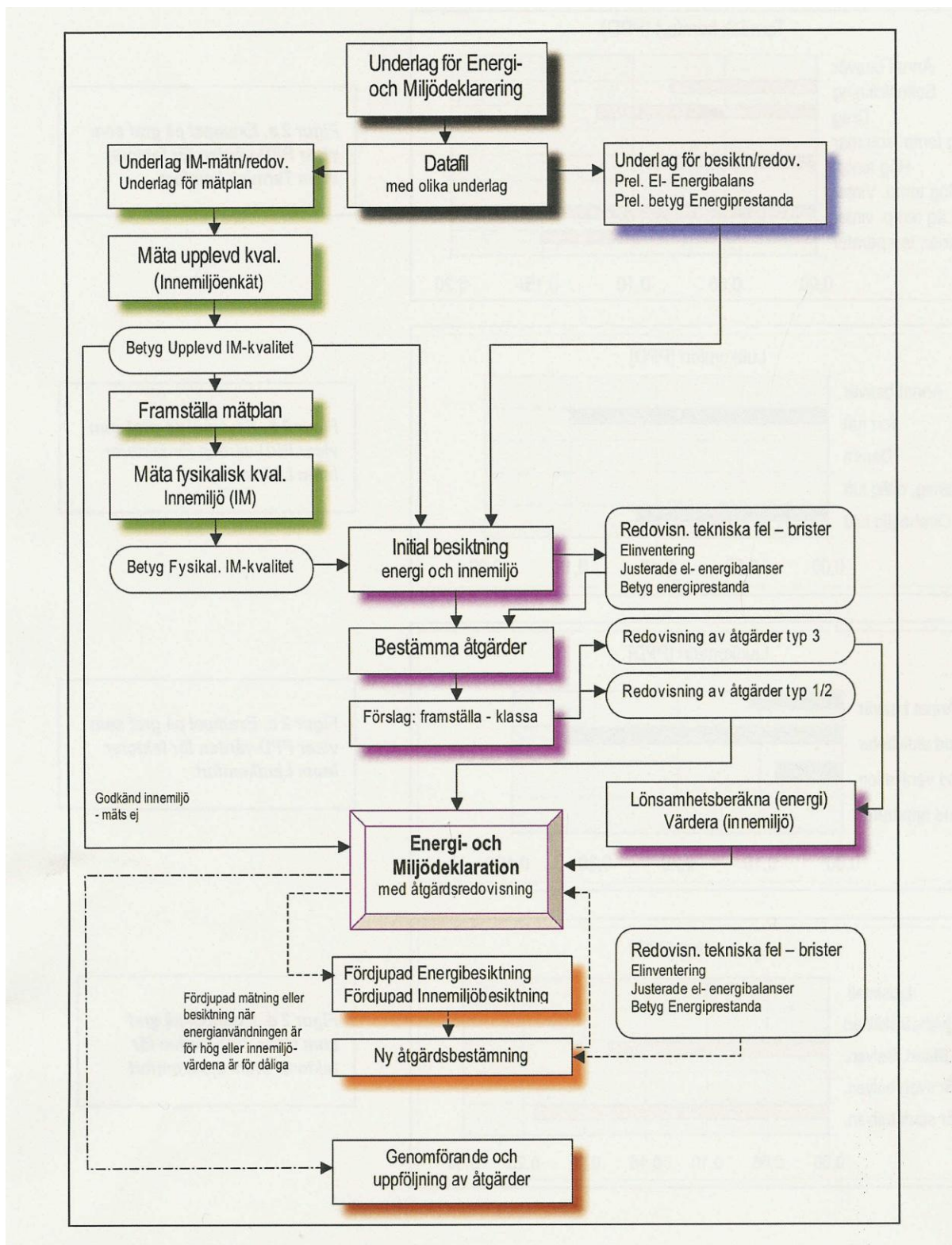
Tre likartade undersökningar har gjorts i småhus, flerbostadshus samt barnstugor och skolor. Undersökningarna omfattar uppmätt och beräknad energi- och vattenanvändning, enkätundersökning med brukare och personal, tekniska mätningar av parametrar med betydelse för energianvändning och inomhusmiljö samt syntes av resultaten. Åtgärdsförslag har utarbetats och lönsamhetsbedömning har gjorts. Resultaten har bland annat legat till grund för BEST-metoden.

BEST-metoden, Kvalitetssäkrad förvaltning Energi-Miljö, Ivarsson & Rengholt (2005)

BEST-metoden är en förvaltningsmetodik, där inomhusmiljö och energianvändning behandlas var för sig liksom samband mellan dem. EU-direktivets krav på energi- och inomhusmiljödeklarationer kan därvid uppfyllas vad gäller energi och miljö. Deklarationerna specificerar med "kvalitetsbetyg" såväl energiprestandanivån som kvaliteten för inomhusmiljöns olika faktorer. Deklarationerna omfattar även vilka åtgärder som bör vidtas för att förbättra energiprestanda och inomhusmiljö kvalitet. Ett datorprogram finns för redovisning och utvärdering av mätresultat. Metoden har ursprungligen utvecklats för barnstugor och skolor men har under senare år anpassats även för flerbostadshus. Metoden beskrivs översiktligt i figur 6.1.

Arbetsgången är som följer. Underlag för initial besiktning av energianvändning och inomhusmiljö samt redovisning framtas för el- och energibalans samt energiprestanda. Upplevd inomhusmiljö kvalitet bestäms först genom enkätundersökning. Resultat av denna och nämnda aktiviteter ligger till grund för mätning av fysikalisk kvalitet samt initial besiktning av energi och inomhusmiljö. El- och energibalanser justeras. Tekniska fel och brister dokumenteras jämte betyg för energiprestanda.

Energi- och miljödeklaration med åtgärdsredovisning presenteras jämte lönsamhetsberäkning (energi) och värdering (inomhusmiljö). Beslut fattas om olika åtgärder. Åtgärder genomförs och följs upp. Eventuellt görs fördjupad energi- och inomhusmiljöbesiktning om energianvändningen är hög eller inomhusmiljön är dålig. Tekniska fel och brister dokumenteras jämte betyg för energiprestanda, ny åtgärdsbestämning osv.



Figur 6.1. Översikt av processen. Energi- och Miljödeklarering. Källa: Ivarsson & Rengholt (2005).

Ecoeffect - miljövärdering av bebyggelse, M Glaumann

Fastighetens bidrag till olika miljöeffekter redovisas inom områdena energianvändning, materialanvändning, inne- och utemiljö samt livscykelkostnader. Resultaten redovisas i miljöbelastningstal. Metoden ger inte förslag till förbättringsåtgärder.

Den befintliga innemiljön undersöks genom:

- Enkätundersökning som genomförs bland annat med brukarna och bygger på den s k Stockholmsenkäten.
- Tekniska mätningar sker av radongashalt och gammastrålning i rumsluft, elektriska och magnetiska fält samt varmvattentemperatur. Mätningarna utförs med standardiserade mätmetoder.
- Inspektion och granskning av dokumentation görs enligt en checklista för hur vissa kritiska detaljer utformats.

Metoden är utvecklad för befintliga flerbostadshus.

P-märkning innemiljö (www.sp.se)

Byggnadens innemiljöstatus kartläggs genom besiktning och mätning. Brister och fel skall åtgärdas. Krav på riktvärden för byggnader anges i rapporten "Kriterier för sunda byggnader och material". Årliga kontroller ska ske av "innemiljösystemet".

Reglerna gäller både nyproduktion och befintliga byggnader som bostäder, skolor, daghem och kontor.

Miljöstatus för byggnader (www.miljostatus.se)

En befintlig fastighets miljöstatus fastställs genom miljöinventering, utvärdering av data och åtgärdsförslag. Före inventeringen utförs ofta en enkätundersökning. Miljöinventeringen gäller inne och ute samt energi- och naturresurser.

Miljöbedömning av fastigheter (www.tyrens.se)

Detta är ett system för inventering, bedömning och klassificering av fastigheter. Bedömningen görs genom faktainsamling, okulär besiktning, provtagning, mätningar samt en inomhusenkät.

Metoden gäller för befintliga byggnader.

MIBB

Metoden omfattar miljöinventering av innemiljö i befintlig bebyggelse. Bakom metoden står SABO, Hyresgästernas riksförbund, Sveriges fastighetsägare, Riksbyggen och HSB. Metoden består av enkäter, besiktning av lägenheter med enkla mätmetoder samt information och kommunikation mellan boende, Hyresgästföreningen och förvaltare.

MycTech (www.myctech.com)

Metoden utgörs av byggnadsdeklarationer där byggnadens status inklusive innemiljö fastställs.

Boverksundersökningarna, Harrysson (1994, 1997a, 1998)

På uppdrag av Boverket och Kommunförbundet Skåne m fl har Harrysson (1998) utfört registrering av energi- och vattenanvändning, tekniska mätningar samt utbildningsinsatser i 30 barnstugor och skolor med vanliga systemlösningar. Rapporten innehåller en praktiskt användbar inventeringsmall, mätprotokoll och checklistor. Undersökningarna som rapporterats av Harrysson (1994, 1997a) är likartat upplagda men avser småhus respektive flerbostadshus.

Metoder för skadeutredningar

Utredning av inomhusmiljöproblem, Swesiaq (2006)

Swesiaq har utarbetat en checklista för utredning av problem i inomhusmiljön där enkäter, intervjuer, mätresultat, analyser och beräkningar använts.

Örebromodellen

Enkätundersökning gällande inomhusmiljön.

Stockholmsenkäten (www.stockholm.se)

Enkätundersökning som gäller inomhusmiljön.

Krav och specifikationer för inomhusmiljön.

Systemet hållbara byggnader: Bedömningsgrunder för inomhusmiljön, IVL-Rapport B 1604:2004

Rapporten omfattar en sammanställning av de krav på byggnaders inomhusmiljö som kan användas som funktionskrav eller för att klassificera byggnader. Ett antal för inomhusmiljön komfortrelaterade funktionskrav som skall uppfyllas definieras. Klassificering sker i tre klasser: A = hållbart, B = bra val och C = acceptabel.

"Systemet hållbara byggnader" ska tillhandahålla komfort-, miljö- och energiklasser som kan användas i bygg- och förvaltningsprocessen. För att bedöma inomhusmiljön förordas att använda en fullständig inomhusmiljöenkät exempelvis Örebroenkäten, SABO-enkäten, Nordisk Industrifonds enkäter eller Stockholmsenkäten.

Funktionskrav för bostäder baseras på Boverkets skrift från 1998 "Kriterier för sunda byggnader och material".

Kriterier för sunda byggnader och material, Boverket (1998)

Kriterierna gäller både nyproduktion och befintliga byggnader. Riktvärden och rekommendationer ges för termisk komfort, luftkvalitet, val av material, radon, ventilation, fuktsäkerhet, buller, ljus och belysning, elektriska och magnetiska fält, tappvattenkvalitet samt drift och skötsel.

Miljömanualen (www.miljomanualen.se)

Innehållet i manualen gäller både nyproduktion och befintliga byggnader. Miljömanualen ska ge underlag för att fatta beslut och vidta åtgärder med hänsyn till miljöpåverkan, kostnader och funktion i alla byggskedan. Manualen består av faktablad som ger basfakta samt tekniska och ekonomiska konsekvenser av olika val.

Riktlinjer för specifikation av inneklimatkrav - R1 (VVS-tekniska föreningen 2006).

7. SLUTSATSER

7.1 Sammanfattande slutsatser

Flerbostadshus byggs på många olika sätt. Några av dessa är avsevärt bättre än andra med avseende på inomhusmiljö, energianvändning och livscykelkostnad. Den totala energianvändningen för värme, varmvatten, fastighetsel och hushållsel i flerbostadshus byggda före 1980 uppgår normalt till drygt 200 kWh/m² år och för hus byggda därefter till ca 170 kWh/m² år. Det finns dock enstaka goda lösningar som ligger kring 100 kWh/m² år.

Variationerna är dock avsevärda mellan olika områden exempelvis beroende på:

- Brukarvanor, arbetsutförande och förvaltningens kvalitet kan sammantaget ge skillnader i energianvändning i förhållande 1:2 mellan olika områden med likartad utformning.
- Individuell mätning av energi- och vattenanvändningen i stället för kollektiv kan minska den totala energianvändningen med upp mot 30 %.
- Nyare hus kan ha högre specifik total energianvändning än äldre beroende på kraftigare ventilation, avsaknad av värmeåtervinning ur ventilationsluften och större användning av fastighetsel. Hus byggda 1994-2005 med fjärrvärme, som till mer än 50 % utgörs av förnybar energi, har kunnat uppföras utan krav på värmeåtervinning.
- Rätt teknisk lösning kan spara 30 % energi med bibehållen god inomhusmiljö och oförändrad produktionskostnad.

Energisparpotentialen för flerbostadshus är avsevärd och kan uppgå till 50 % såväl i nya som äldre hus. Man bör särskilt undvika:

- Stora glasytor som medför komfortstörningar samt ökade värme- och kylbehov med högre energianvändning.
- Komplicerade lösningar för ventilation och värme t ex FTX-system med liten energibesparing och föroreningsrisker samt golvvärme som kan vara energislösande och trögreglerad.
- Kollektiv mätning och debitering av energi- och vattenanvändning.

Framgångsfaktorer för god inomhusmiljö, effektiv energianvändning och låg livscykelkostnad är bland annat:

Byggnadens gestaltning

Husform som minimerar omslutningsarean i förhållande till golvarean.

Minskad fönsteryta och energieffektiva fönster med orientering i lämpligt väderstreck och avskärmade för besvärande sol under sommarhalvåret.

Klimatskärmens utformning

God täthet och optimal isolering i tak, väggar och golv motsvarande ca 600, 300 och 300 mm mineralull.

Enkel ventilation

I första hand rekommenderas frånluftsventilation.

Värmeåtervinning

I första hand bör värmeåtervinning ske med frånluftsvärmepump för byggnadsuppvärmning och varmvatten.

Enkelt och energieffektivt värmesystem

Radiatorer rekommenderas, som har god anpassning till förändringar i värmebehovet. Rumsvis reglering av värmeförseln sker exempelvis med radiatortermostater samt motorshunt med framledningskännare och utegivare.

Individuell mätning och debitering av energi- och vattenanvändningSolfångare för tappvarmvatten under sommarhalvåretResurseffektiva installationer

Energieffektiva apparater och energisnål belysning kan minska både energianvändningen och elanvändningen. Snålspolande armaturer sparar både energi, varmvatten och vatten.

Noggrant utförande av isolering och tätningar, injustering av värme- och ventilationssystemEnergieffektivt fjärrvärmesystemEnhetlig utvärderingsmetodik och uppföljning enligt BBR2006.

Incitament behövs för att gå längre än BBR-kraven t ex med en premie som utbetalas efter verifiering av att utlovad energinivå uppnåtts. Enhetliga begrepp och definitioner behövs för t ex golvytor/areor samt energianvändningens summa och delposter.

Genom att beakta de flesta av ovanstående faktorer kan man nå en specifik total energianvändning för värme, varmvatten, fastighetsel och hushållsel på högst 100 kWh/m² år.

7.2 Angelägna FoU-uppgifter

Den genomförda undersökningen har koncentrerats på energiområdet och visar att energianvändningen kan minska med upp mot 50 % i både äldre och nya flerbostadshus jämfört med vad som är normalt. Variationerna är stora mellan olika flerbostadshus såväl med likartad som olika teknisk lösning. Detta beror huvudsakligen på skillnader i brukarvanor (inklusive sättet att mäta och debitera energi- och vattenanvändningen), arbetsutförandets kvalitet (isolering, tätningar, injustering av värme och ventilation), förvaltningens kvalitet samt valet av teknisk lösning. Det är svårt att jämföra uppgifter och resultat från olika undersökningar bland annat beroende på att enhetlig metodik saknas för uppföljning och utvärdering jämte enhetliga och entydiga begrepp och definitioner för många betydelsefulla parametrar vad avser t ex ytor, areor, energi och korrektioner för olika klimat etc.

Utifrån gjorda erfarenheter föreslås följande forskningsprojekt omfattande delmoment som:

- Fördjupad genomgång och analys av ett antal undersökningar analogt denna undersöknings uppläggning och metodik, men med ökad fokus på inomhusmiljö och livscykelkostnad.
- Värdering av några principiellt olika beräkningsmetoder. Jämförelser mellan beräknade och uppmätta värden. Särskilt behandlas metodernas tillförlitlighet och erforderliga säkerhetspåslag. Koppling görs till EU-direktivet och BBR:s krav på uppföljning.
- Utredda hur inomhusmiljö, energi och livscykelkostnad påverkas av olika faktorer och deras samspel för likartad respektive olika teknisk utformning från olika epoker. Rangordning av olika tekniska lösningar och energisparåtgärder.
- Enhetlig och entydig redovisningsteknik. Känslighetsanalys för olika begrepps och definitioners inverkan på viktiga parametrar som specifik energianvändning m m.
- Metodik för uppföljning och utvärdering av energiprestanda och inomhusmiljö kvalitet.
- Incitament för brukare respektive förvaltare som med givna tekniska koncept minskar energianvändningen.
- Energianvändningens påverkan av brukarutbildning, jämför med energieffektiv bilkörning.
- Modifiering av upplåtelseformer för lägre energianvändning.

I det följande redovisas för några av delmomenten mer detaljerade och avgränsade projektförslag.

Innemiljö, energianvändning och livscykelkostnad i teori och praktik

Fördjupad analys och utvärdering sker av genomförda undersökningar. Uppföljning görs av ett antal husområden med olika lösningar. Urvalet sker i görligaste mån med målsättningen att så få parametrar som möjligt varieras mellan undersökta områden. Inverkande faktorer kvantifieras som medelvärde och spridning jämte samspel/samband/beroende mellan olika faktorer. En metodik för uppföljning och utvärdering utvecklas och uttestas varvid beräknad och uppmätt energi- och vattenanvändning jämförs, tekniska mätningar görs av betydelsefulla parametrar för energianvändning och inomhusmiljö, enkäter genomförs med brukare och förvaltare, åtgärder föreslås samt uppföljning sker efter åtgärdernas genomförande.

Jämförelser mellan uppmätta och beräknade värden med olika beräkningsmetoder

Bättre dokumentation av indata till energiberäkningar behöver tas fram och sammanställas med syfte att minska avvikelserna mellan uppmätta och beräknade värden för att kunna öka beräkningarnas tillförlitlighet. Indata till energiberäkningar jämförs med uppmätta värden från olika undersökningar. Noggrannheten hos olika beräkningsmetoder analyseras närmare. Hypoteser och indikationer som kommer fram undersöks genom ytterligare mätningar och beräkningar. Olika slag av avvikelser och orsaker analyseras noggrant. Av särskilt intresse är inomhusmiljö och utnyttjandet av gratisvärme från t ex solinstrålning i energisnåla byggnader och med stora fönsterytor. Beräkningsvärden från program med timupplösning jämförs med Enorm-beräkningar för att utreda om t ex solinstrålningen kan simuleras mer praktiskt. Byggnadens inverkan för olika stomkonstruktioner kvantifieras.

Kunskapsbank

Avsevärda kunskaper finns inom aktuella områden, men används inte i tillräcklig utsträckning. Framst behöver kunskap och information sammanställas och struktureras. Detta avses ske genom systematisk organisering och bearbetning av erfarenheter från genomförda undersökningar. Resultaten samlas i en nationell kunskapsbank analogt NBI Byggdetaljblad. Med datorhjälp och induktivt expertsystem undersöks därefter olika faktorerers inverkan på innemiljö och energianvändning samt deras samspel.

Metodik för uppföljning och utvärdering

Energifrågorna behöver struktureras genom hela byggprocessen. En metodik utvecklas för erfarenhetsåterföring, information, utbildning, kontinuerliga kontroller, uppföljning och utvärdering av projekt som omfattas av kvalitetsprogram/ekologiskt hållbart byggande. Det är av stor vikt att alla inblandade parter förstår vad som gäller och kan ta ansvar. Avvikelser mellan utlovat och verkligt utförande i avtal måste kunna regleras och uppnådd energianvändning verifieras med de korrekationer som krävs.

Känslighetsanalys av olika begrepps och definitioners inverkan på betydelsefulla storheter/parametrar t ex specifik energianvändning

Genom känslighetsanalys undersöks hur olika begrepp och definitioner påverkar t ex uppgifter om specifik energianvändning. Använda begrepp och definitioner i olika undersökningar är sällan entydiga eller enhetliga, vilket försvårar analys och jämförelser av resultat från olika undersökningar. Som exempel på detta kan nämnas några olika areabegrepp som används: BOA, BIA, LOA, BRA, uppvärmd golvarea, A_{temp} , m m. Ett annat exempel är om energiuppgifter avser den totala energianvändningen för värmesystem, varmvatten, fastighetsel och hushållsel eller någon/några av delposterna. Ytterligare exempel kan avse hur korrigering görs av mätdata till normalår, aktuell period/kalenderår, uppvärmningssäsong, valet av innetemperatur, inverkan av ev byggfukt de första åren. Nämnade korrektionsfaktorer kan påverka resultaten och lämnade uppgifter för t ex specifik energianvändning med flera tiotal procent.

8. REFERENSER

- Adalberth, K (1995). Bygga Bruka Riva. Energianvändning i småhus ur ett kretsloppsperspektiv. LTH, Avd för byggnadsfysik, Rapport TVBH-3027, Lund. ISBN 91-88722-04-X.
- Anderlind, G, Bankvall, C & Munther, K (1984). Energibehov i nya byggnader. Statens råd för byggnadsforskning (BFR), Rapport R 140:1984, Stockholm.
- Bagge, H (2007). Energy Use in Multi-family Dwellings. Measurements and Methods of Analysis. LTH, Building Physics, Report TVBH-3049, Lund. ISSN 0349-4950, ISBN 978-91-88722-37-9.
- Bagge, H (2008). Energianvändning i moderna flerbostadshus - resultat från mätningar i 200 lägenheter. Bygg & teknik 2/08, Stockholm.
- Bankvall, C (1981). Byggnadskonstruktioners värmeisoleringsförmåga. Inverkan av luftströmlar och arbetsutförande. Statens råd för byggnadsforskning (BFR), Rapport T18:1981, Stockholm.
- Borgström, M (2007). Metoder för värdering av byggnader. Metoder för skadeutredningar. Krav och specifikationer för innemiljön. Internt PM. Högskolan i Halmstad, Halmstad.
- Boström, T m fl (2003). Tvärvetenskaplig analys av lågenergihuset i Lindås Park. Linköpings universitet, Program Energisystem, Arbetsnotat Nr 25, Februari 2003, Linköping. ISSN 1403-8307.
- Boverket (1998). Kriterier för sunda byggnader och material, Dnr 36087-1686/96. Boverket, Publikationsservice, Karlskrona. ISBN 91-7147-498-6.
- Boverket (2001). Nyckeltal för energianvändning i byggnader. Regeringsuppdrag M2001/2226/Hs, Redovisning av uppdrag avseende nyckeltal för energianvändning i byggnader, Dnr 10127-1564/2001. Boverket, Publikationsservice, Karlskrona. ISBN 91-9147-684-9.
- Boverket (2002). Nyckeltal för energianvändning i byggnader, Del 2 - vidareutveckling. Dnr 10827-1143/2002. Boverket, Publikationsservice, Karlskrona. ISBN 91-7147-729-2.
- Bygg- och Energiteknik AB (2001). Bygg- och Energiteknik informerar, nr 1, 2001, Falkenberg, <http://home.swipnet.se/byggochenergiteknik/>.
- 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.
- Danielski, I & Kunze J (2008). Large variation in utilized energy with new buildings in Stockholm causes and solutions. KTH, Industrial Engineering and Management, Master of Science Thesis EGI 2008/ETT 439, Stockholm.
- Energimagasinet (2003). Flerbostadshus. Energitrend bruten. Energimagasinet 4/03, Halmstad.

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

Energimyndigheten (2001). Grundtips för golvvärme. Eskilstuna.

Eriksson, R (2004). Energianvändning i flerbostadshus - fallstudie av 37 hus byggda i Göteborg 1988 - 2002. CTH, Institutionen för byggnadsteknologi, Byggnadsfysik, Examensarbete för civilingenjörsutbildningen Väg- och Vattenbyggnad nr 993, E-04:10, Göteborg.

Forum för energieffektiva byggnader (2008). Kravspecifikation för passivhus i Sverige - Energieffektiva bostäder. Energimyndighetens program för passivhus och lågenergihus, Version 2008:1, LTH rapport EBD-R--08/21 Lund, IVL rapport nr A1548 Stockholm.

Forum för energieffektiva byggnader (2009). FEBY, Kravspecifikation för Passivhus. Version 2009, Framtagen inom Energimyndighetens program för Passivhus och lågenergihus, Juni 2009. LTH rapport EBD-R--09/25 Lund, IVL rapport nr A1592 Stockholm, ATON rapport 0902 Stockholm.

Harrysson, C (1988). Småhusets energiomsättning. Analys med särskild hänsyn till ingående delposters variationer. CTH, Avd för byggnadskonstruktion, Publikation 88:2, Doktorsavhandling, Göteborg.

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

Harrysson, C (1997b). Golvvärme eller radiatorsystem i småhus. Värdering genom praktiska mätningar enligt förlustfaktormetoden, registrering av el-, gas- och vattenanvändning samt enkätundersökning. Bygg- och Energiteknik AB, Falkenberg.

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 (1999). Stora möjligheter att spara energi och förbättra innemiljön i direktelvärmdda småhus. Vägledning för effektivisering av elvärmnen i stället för omställning. Bygg- och Energiteknik AB, Falkenberg.

Harrysson, C (2000). Energieffektiva golvvärmekonstruktioner kräver såväl minskad värmetröghet som ökad isolering. Bygg & teknik 4/00, Stockholm.

Harrysson, C (2001). Energieffektiva värmesystem i småhus. Energi- och vattenanvändning, enkätundersökning, tekniska mätningar och vägledning. SBUF Stockholm, DESS Kristianstad och Bygg- och Energiteknik AB Falkenberg.

Harrysson, C (2004). Byggnadsutformning och värmekapacitet. Förstudie och litteraturinventering. SBUF och Örebro universitet, Institutionen för teknik, Rapport nr 14, Örebro. ISSN 1404-7225.

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

Harrysson, C (2006b). Husdoktorn går rondan. 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 inomhusmiljö i småhus. Lösningar baserade på känd kunskap bättre än passivhus. Bygg & teknik 8/07, Stockholm.

Harrysson, C (2008a). Klimatsmarta flerbostadshus och energismarta hyresgäster kan tillsammans spara 50 % energi. Erfarenheter av inomhusmiljö, energianvändning och livscykelkostnader för några lösningar och undersökningar. Bygg & teknik 3/08, Stockholm.

Harrysson, C (2008b). Passivhus kräver aktiva byggare och brukare. Möjligheter och risker med passivhus och olika lågenergikoncept. Bygg & teknik 6/08, Stockholm.

Harrysson, C (2008c). Bättre golv och grunder i källarlösa småhus genom ökat systemtänkande. Erfarenheter och rekommendationer. Bygg & teknik 8/08, Stockholm.

Isover (2008). Isover Multi-Comfort House. Nordiskt klimat. Handbok B4-01 2008-03, Billesholm.

Ivarsson, H-Å & Rengholt, U (2005). Kvalitetsstyrd förvaltning. Projektrapport 2005-12-30. Göteborgs Stad, Lokalförvaltningsförvaltningen, Göteborg.

Jonsson, U (2008). Nya passivhus i Sverige. Väg- och vattenbyggaren nr 5/2008, 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 (2008, 2009). Personlig kommunikation.

Levin, P (2008). Energieffektiva flerbostadshus - erfarenheter. BeBo, Energimyndighetens beställargrupp för energieffektiva flerbostadshus, www.bebostad.se, Stockholm.

Lundborg, H & Göransson, A (1990). Areabegrepp vid bestämning av byggnaders specifika energianvändning. Statens råd för byggnadsforskning (BFR), Rapport R 63:1990, Stockholm.

Nilsson, A (2003, 2004). Energianvändning i nybyggda flerbostadshus på Bo01-området i Malmö. LTH, Avd för byggnadsfysik, Rapport TVBH-3045, Lund. ISBN 91-88722-30-9.

Nilsson, A & Larsson, R (2004). Nybyggda bostäder klarar inte energikravet. Hade detta kunnat förutses med tillförlitligt beräkningsverktyg? Bygg & teknik 2/04, Stockholm.

Nässén, J & Holmberg, J (2003). Energy efficiency - a forgotten goal in the Swedish building sector. Energy Policy, Elsevier Ltd (www.sciencedirect.com).

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. 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. Lund Institute of Technology, Division of Energy Economics and Planning, Department of Heat and Power Engineering, Doctoral Thesis, Lund. ISBN 91-628-6504-8.

Ruud, S & Lundin, L (2004). Bostadshus utan traditionellt uppvärmningssystem - resultat av två års mätningar. Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, SP Rapport 2004:31, Borås. ISBN 91-85303-07-0, ISSN 0284-5172.

SABO (2006). Energiförbrukning i nybyggda flerbostadshus - hög förbrukning, fyra slående undantag samt ett gott exempel. Stockholm.

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

Sjögren, J-U (2007). Personlig kommunikation med Levin, även i Energi & Miljö, nr 11, 2007, Stockholm.

Svensson, B, Järvégren, P-O, Ekelund, H & Sandin B. (2005). Inomhusklimatet viktigare än energisparande. VVS-Forum nr 5-2005, Stockholm.

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

Warfvinge, C & Nilsson, A (2008). Undvik fel och fallor som ökar energianvändningen i byggnader. Sveriges Byggindustrier, FoU-Syd, Malmö. ISSN 1652-6392.

Westmar, B (2000). Ekologiska hus slukar energi. Svenska Dagbladet 7 maj 2000, Stockholm.

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

BILAGA Peabs områden inklusive broschyr Peab Energismart

BILAGA HUS OMRÅDEN

- 1. Sammanfattning**
- 2. Beskrivning av projekt**
- 3. Beräknad energianvändning**
- 4. Uppmätt energianvändning**
- 5. Peab broschyr, ENERGISMART**

1. Sammanfattning

Med bakgrund av de beräknade och uppmätta värdena för genomförda projekt kan man se att teoretiska och verkliga värden ligger inom acceptabla ramar och krav.

Inom Peab Sverige AB Region Örebro har utvecklats ett bra sätt att genomföra projekt som både energimässigt och byggnadstekniskt uppfyller de krav som ställs. Ständigt pågår ett arbete att ytterligare förbättra företagets projekt både vad gäller energianvändning, byggnadsteknik och utförandets kvalitet.

Hållbart byggande handlar till viss del om kostnader, men också om att bygga för framtiden på lång sikt. Ambitionen är att utveckla och bygga energismarta bostäder med låg energianvändning och låg miljöbelastning.

Erfarenhet från genomförda projekt återförs sedan vidare till ännu inte genomförda projekt. Detta gäller både det byggnadstekniska samt det energiarbete som har utförts i projekt.

Kundlöftet inom Peabs bostadssegment är som bekant Hem som håller. Det handlar om kostnadseffektivt byggande och förvaltning, kvalitet med funktionalitet och inte minst att just bygga energismart. Ambition är att utveckla och bygga bostäder med låg energianvändning och låg miljöbelastning till nytta för kommande generationer.

Broschyren ENERGISMART tar upp exempel på hur vi kan bygga energismart genom rätt konstruktioner, installationer och tekniska lösningar. Genom att både bygga och leva energismart minskar vi tillsammans energianvändningen avsevärt.

Eventuella frågor besvaras av undertecknad.

Peab Sverige AB
Anders Yourstone
Region Örebro
Box 985
701 33 Örebro
Telefon 019-19 61 82, Mobil 073-337 29 99
anders.yourstone@peab.se
peab.se

Örebro 2008-12-18

2. Beskrivning av projekt

Ingående projekt

Laurentiusgården

101st lägenheter, Seniorbostäder åt Svenska Kyrkan i Örebro. Producerade under åren 2004-2006.

Teknisk beskrivning:

- Grundläggning Pålrad platta på mark, 150mm styrolite floormate 300
- Fasader 20 Puts, 50 cellplast, 13 Gips U, 45x170 Stomme c600, 170 Minull, 13 Gips
- Tak Plåt, 400 Lösull
- Fönster Max U=1,4 W/m² K
- Ventilation Frånluft med tilluftsventiler bakom radiatorer
- Värme Fjärrvärme, 1 mät punkt. Invändigt förlagd kulvert

Antal lgh	101 st	Fördelat på 5st huskroppar
BTA	11 170 m ²	
BOA	7 963 m ²	
Uppvärmd golvarea	10 450 m ²	

Se även bilaga 1.

Kv Senapen

48st lägenheter. Beställare, ÖrebroBostäder AB. Producerade under åren 2003.

Teknisk beskrivning:

- Grundläggning Pålrad platta på mark, 150mm styrolite floormate 300
- Fasader 20 Puts, 50 cellplast, 13 Gips U, 45x170 Stomme c600, 170 Minull, 13 Gips
- Tak Plåt, 400 Lösull
- Fönster Max U=1,4 W/m²K
- Ventilation Frånluft med tilluftsventiler bakom radiatorer
- Värme Fjärrvärme, 1 mät punkt. Utvändigt förlagd kulvert

Antal lgh	48 st	Fördelat på 4st huskroppar
BTA	4 970 m ²	
BOA	3 572 m ²	
Uppvärmd golvarea	4 650 m ²	

Se även bilaga 1.

Ännu inte påbörjade projekt

Stämjärnet

32st bostadsrätter i Örebro. Egen regi. Produceras under 2008-2009.

Teknisk beskrivning:

- Grundläggning Pålad platta på mark
- Fasader 20 Puts, 50 Minull, 13 Gips U, 45x170 Stomme, 170 Minull, 13 Gips
- Tak Papp, 400 Lösull
- Fönster Max U=1,3
- Ventilation F-system
- Värme Fjärrvärme, 1 mät punkt. Frånluftsvärmepump

Antal lgh	32 st	Fördelat på 2st huskroppar
BTA	7 256m ²	
BOA	5 152m ²	
Uppvärmd golvarea	6 820m ²	

Ekängsparken

38st bostadsrätter i Örebro. Egen regi. Produceras under 2008-2009.

Teknisk beskrivning:

- Grundläggning Pålad platta på mark
- Fasader 20 Puts, 50 Minull, 13 Gips U, 45x170 Stomme 170 Minull, 13 Gips
- Tak Papp, 400 Lösull
- Fönster Max U=1,3
- Ventilation F-system
- Värme Fjärrvärme, 1 mät punkt. Frånluftsvärmepump

Antal lgh	38 st	Fördelat på 1st huskroppar
BTA	4 634m ²	
BOA	3 766m ²	
Uppvärmd golvarea	4 330m ²	

3. Beräknad energianvändning

Studerade projekt

Laurentiusgården

Seniorbostäder (hyresrätter) åt Svenska Kyrkan i Örebro. Producerade under åren 2004-2006.

		Energianvändning
Antal lgh	101 st	1 100 000 kWh *
BTA	11 170 m ²	
BOA	7 963 m ²	Energianvändning/m²
Uppvärmd golvarea	10 450 m ²	105kWh/m ²

* Byggnadsuppvärmning, varmvatten, fastighets el

Kv Senapen

Hyresrätter åt ÖrebroBostäder i Örebro. Producerade under åren 2003.

		Energianvändning
Antal lgh	48 st	477 200 kWh *
BTA	4 970 m ²	
BOA	3 572 m ²	Energianvändning/m²
Uppvärmd golvarea	4 650 m ²	103kWh/m ²

* Byggnadsuppvärmning, varmvatten, fastighets el

Stämjärnet (Ännu ej påbörjade projekt)

Se bilaga 4.

Ekängsparken (Ännu ej påbörjade projekt)

Se bilaga 5.

Sammanfattande tabell

	<u>BOA</u> (m ²)	<u>BTA</u> (m ²)	<u>Uppvärmd</u> <u>golvarea</u> (m ²)	kWh/m ² per år
Laurentiusgården	7 963	11 170	10 450	105
Kv Senapen	3 572	4 970	4 650	103

4. Uppmätt energianvändning

Laurentiusgården

Se bilaga 2.

Senapen

Se bilaga 3.

5. Peab broschyr, EnergiSmart



ENERGISMART.

En broschyr om att utveckla och bygga hållbara bostäder för kommande generationer.



PEAB



ENERGISMARTA BOSTÄDER.

Många bostadsbyggare pratar om att bygga effektivt. Det gör vi på Peab också. Vi säger dessutom att vi bygger hållbart och det handlar till viss del om kostnader, men också om att bygga för framtiden. Vår ambition är att utveckla och bygga energismarta bostäder med låg energianvändning och låg miljöbelastning till nytta för kommande generationer.

Detta gör vi genom att välja rätt konstruktioner, installationer och tekniska lösningar i våra bostäder. Hur stor bostadens energianvändning blir påverkas dock både av valda byggtekniska lösningar och beteendet hos den eller de som bor i bostaden. Genom att både bygga och leva energismart minskar vi tillsammans energianvändningen avsevärt.

Vi i Peab har varit med och utvecklat flera energismarta byggnader. Till exempel så var vi med under 2001 och uppförde Sveriges första bostadshus i Lindås med så kallad passivhusteknik. Nyligen färdigställde vi också Sveriges, och Europas, första förskola med samma teknik i Alingsås.

I våra projekt samarbetar vi med en rad strategiska leverantörer med fokus på energismarta produkter som sammantaget bidrar till bostadens minskade energianvändning. Detta kan exempelvis vara vitvaror, fönster och snålspolande blandare.

Dessutom har vi nyligen startat upp Peab Energi AB. Ett fristående men ändå närstående konsultbolag inom Peabkoncernen som kan bidra med kompetens inom våra projekt. För mer information kontakta Eskil Hartman, Peab Energi AB, 0733-37 30 71.



PROVA NYA TEKNIKER.

Bostads- och servicesektorn står i dag för nästan 40 procent av Sveriges energianvändning. Att minska energianvändningen för uppvärmning av bostäder är därför en viktig åtgärd för att minska den totala energianvändningen. För att lyckas måste vi redan i projektering och upphandlingskedan vara bestämda över vilka system och vilken teknik som våra installatörer ska använda. Peabs mål är att systematiskt höja energi- och miljökraven med fortsatt fokus på funktionalitet och kvalitet.

I ett normalt bostadhus står själva uppvärmningen för hälften av energianvändningen. Resten fördelar sig på beredning av varmvatten och drift av tekniska system. Inom bostadssektorn diskuteras framför allt hur energibehovet kan minskas genom att effektivisera elektriska installationer, varmvatten och uppvärmning. Benämningen för dessa är "Byggnadens energianvändning" och regleras av Boverkets Byggregler (BBR). Dessa regler skiljer sig beroende på om bostaden finns i södra eller norra Sverige. Energianvändningen anges kWh/kvm A_{temp} och år.

Utöver ovanstående energianvändning tillkommer hushållsenergi i form av belysning och elektrisk utrustning. Hur stor denna förbrukning är beror på bostadens utformning och standard, men framförallt är det beteendet hos de boende i huset som påverkar storleken. I normalfallet förbrukar ett hushåll omkring 25-40 kWh/kvm A_{temp} och år.

FAKTA

DEFINITION FÖR A_{TEMP}

GOLVAREAN I TEMPERATURREGLERADE UTRYMMEN AVSEDD ATT VÄRMAS TILL MER ÄN 10°C BEGRÄNSADE AV KLIMATSKÄRMENS INSIDA (KVM).

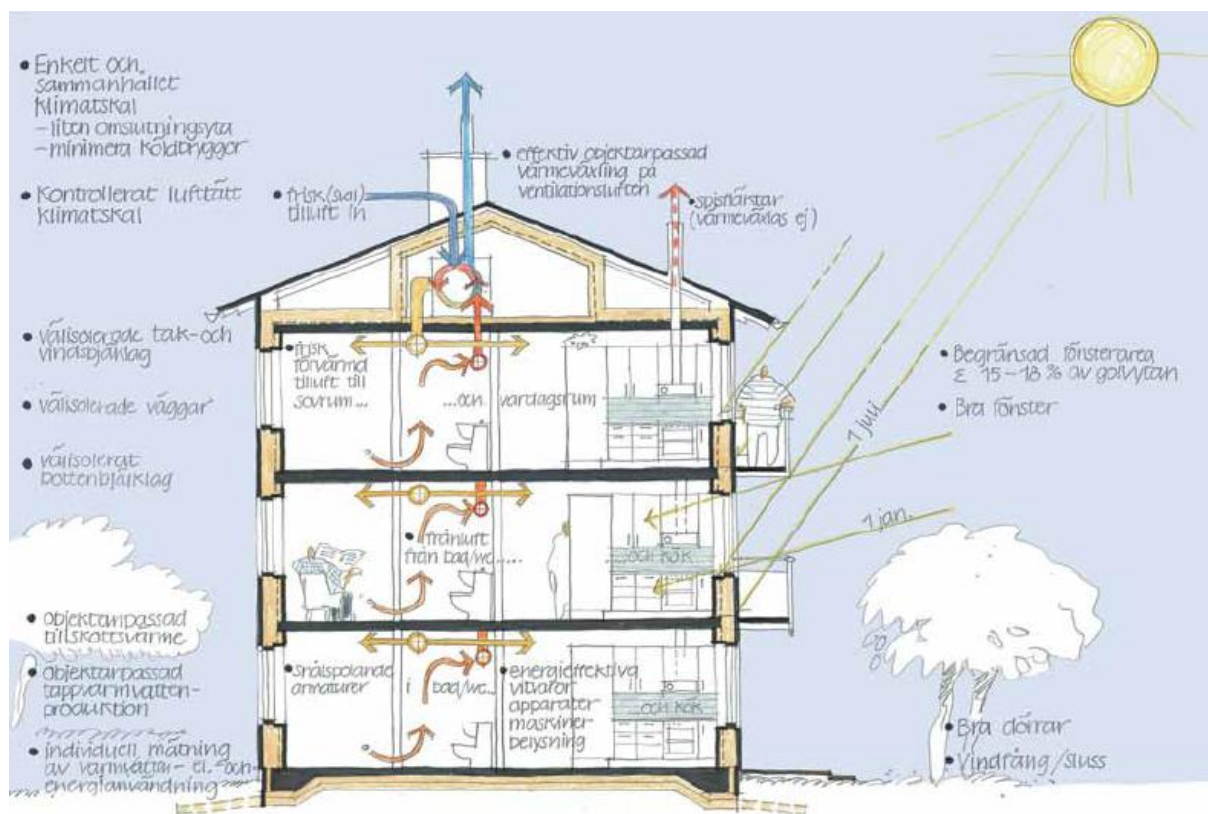
ENERGIANVÄNDNING I BOSTÄDER KWH/KVM A_{TEMP} OCH ÅR

	NORR	SÖDER
NYBYGGD 05	140	125
KRAV ENLIGT BBR	130	110
LÄGENERGIHUS	85	75
PASSIVHUS*	55	45

* FORUM FÖR ENERGIEFFEKTIVA BYGGNADER.

PEABS DEFINITION PÅ LÄGENERGIHUS

KLIMATZON NORR 85 KWH/KVM A_{TEMP} OCH ÅR
KLIMATZON SÖDER 75 KWH/KVM A_{TEMP} OCH ÅR



VÅRA LÅGENERGIHUS.

FAKTA

GENOM ATT TILLÄMPA ETT VAL AV PUNKTERNA TILL HÖGER MINSKAR VI ENERGIÄTGÅNGEN FÖR VÅRA BOSTÄDER MED CIRKA 35 KWH/KVM A_{temp} OCH ÄR JÄMFÖRT MED BOVERKETS BYGGREGLER. DET INNEBÄR ATT DESSA HUS UPPFYLLER KRAVEN FÖR LÅGENERGIHUS.

NYFIKEN PÅ MER?

FÖR DIG SOM VILL VETA MER FINNS DET EN SPECIELL PEAB PROJEKTPLATS FÖR ENERGISMARTA BOSTÄDER.

KONTAKTA NÅGON AV AMBASSADÖRERNA PÅ SISTA SIDAN FÖR TILLGÅNG TILL PROJEKTPLATSEN.

Med ett starkt personligt engagemang och kunskap skapar vi på Peab varje projekt utifrån dess unika förutsättningar. Genom att tillämpa punkterna nedan skapar vi våra energismarta bostäder.

KUNSKAP OCH NOGRANNHET

Byggnaden utformas på ett sådant sätt att antalet köldbryggor minskas. Det kan till exempel handla om att minska antalet hörn i byggnaden, att ta extra hänsyn till konstruktioner vid balkongplattor och bjälklagskanter, fönstersättning etc. Men det kan också handla om att optimera arean på väggar, tak och fönster i förhållande till golvytan.

Vi är noggranna och medvetna vid val av isolering till väggar, golv och tak. Bra isolering i kombination med energieffektiva fönster och tätt husskal minskar värmeförlusterna jämfört med traditionella byggnader. Genom effektiv återvinning av värme ur frånluft minskas också värmeförlusterna i ventilationsanläggningen.

För att ligga steget före och bidra till utvecklingen måste vi kontinuerligt göra utbildningsinsatser inom hela produktionskedjan i hur man utvecklar och bygger energismarta bostäder. Det räcker inte bara att vi inom Peab vet detta, våra ambitioner, tankar och lösningar måste även implementeras hos våra underentreprenörer och deras underentreprenörer, hos projektörer och arkitekter med flera. Vi måste också i våra projekt samarbeta och skapa nätverk med konsulter och leverantörer som har spetskompetens inom energismart byggande. Dessa frågor hanteras i projekterings- och produktionsprocessen.

BERÄKNINGAR OCH NYA LÖSNINGAR

Redan i projekteringskedjet gör vi noggranna beräkningar och datasimuleringar av kommande byggnaders energiförbrukning med välkända program som IDA och BV2. Genom att använda energieffektiva lösningar för uppvärmning av varmvatten samt tekniska system för övrig fastighetsdrift minskar vi energianvändningen. Vi kan också installera individuella hushållsmätare som visar enskilda bostäders energianvändning för varmvatten, uppvärmning och hushållsel.

PROCESS FÖR ENERGIDIMENSIONERING.

BESTÄLLARE	ARKITEKT	KONSTRUKTÖR	VVS-PROJEKTÖR	BYGGENTREPRENÖR	FÖRVALTARE
KRAV PÅ ENERGI	HUSENS FORM	STOMTYP	VENTILATION	UTFÖRANDE	JUSTERING
KRAV PÅ INNERKLIMAT	HUSENS PLACERING	ISOLERING	VÄRME	PROVNING	SERVICE
KRAV PÅ ANVÄNDNING	FÖNSTERSTORLEK	KÖLDBRYGGOR	ÅTERVINNING	KONTROLL	UPPFÖLJNING AV ENERGI OCH INNERKLIMAT
	FÖNSTERORIENTERING	TÄTHET	MÄTSYSTEM		
	SOLSKYDD				

KÄLLA: CATARINA WARPVINGE, BEHOT DAHLGREN AB

RANGORDNING FÖR ATT SÄNKA ENERGIANVÄNDNINGEN.

ÅTGÄRD	EFFEKT
1) HÖGRE LUFTTÄTHET	- 10 KWH/ÅTEMP
2) ÅTERVINNING AV VÄRME	- 30 KWH/ÅTEMP
3) FÖNSTER UP 1,1 I STÄLLET FÖR 1,4 WKVM, K	- 5 KWH/ÅTEMP
4) ISOLERING PÅ 310 MM I STÄLLET FÖR 200 MM	- 5 KWH/ÅTEMP
5) MÄTNING AV VARMVATTEN PER LÄGENHET	- 10 KWH/ÅTEMP
6) SOLFÄNGARE	- 10 KWH/ÅTEMP
YTTERLIGARE ÅTGÄRDER FÖR PASSIVHUS	
7) ISOLERING PÅ 400 MM	- 5 KWH/ÅTEMP
8) FÖNSTER UP 0,9 WKVM, K	- 5 KWH/ÅTEMP
9) LUFTBUREN VÄRME MED FTX (INGA RADIATORER)	-

KÄLLA: CATARINA WARPVINGE, BEHOT DAHLGREN AB

VI ÄR STOLTA ATT PRESENTERA.



RADHUS I LINDÅS

20 RADHUS
 TYP: PASSIVHUS
 BYGGHERR: EGNAHEMSBOLAGET AB
 ARKITEKT: EFEM
 BYGGTID: 2000-2001
 KONTAKTPERSON: PEHR-OLOF OLOFSSON, 031-700 84 02

Radhusen i Lindås är inte bara Peabs utan också Sveriges första passivhus! Husen färdigställdes under 2001. Projektet har bedrivits i nära samarbete med byggare och forskare. Husen är utrustade med en effektiv ventilationsvärmväxlare och varje bostad har en värmväxlare med värmepatron för extra tillsatsvärme. Varje radhuslägenhet har 5 kvm solfångare som täcker cirka 40 procent av värmebehovet för tappvarmvatten.



APELLIDEN, BÅSTAD

SMÅHUS
 TYP: LÅGENERGIHUS
 ARKITEKT: WHITE ARKITEKTER
 BYGGSTART: HÖSTEN 2007, INFLYTTNING: SOMMAREN 2008
 KONTAKTPERSON: ROBERT CARDELL, 042-25 10 35

Apelliden ligger centralt i Båstad med en fantastisk utsikt över Laholmsbukten. Totalt byggs tre huskroppar med parhus som äganderätt. Varje bostad har en värmepump med återvinning på frånluften. Ytterväggar, fönster och yttertak är normalisolerade. Energianvändningen ligger på 24 procent under normkravet.



BRF ANNEBERG, DANDERYD

14 RADHUS OCH 36 PARHUS
 TYP: LÅGENERGIHUS
 BYGGHERR: BRF ANNEBERG
 ARKITEKT: ASKERGREN ARKITEKTKONTOR
 BYGGTID: 2000 - 2002
 KONTAKTPERSON: TOMAS POUSETTE, 08-623 20 79

Bostäderna uppfördes med solceller motsvarande 2400 kvm och bergvärmelagring på 24 kbm. Systemet bygger på att en miljövänlig glykolblandning värms upp av solfångarna och används att ladda tappvarmvattenberedaren, varefter värmen går till golvvärmsystem och därefter fortsätter resterande värme till bergvärmelagret. Värmen från bergvärmelagret används sedan under vintertid. Med detta systemberäknas man ha gjort besparing av 45 procent av energikostnaden jämfört med ett normalt projekt.



FÖRSKOLA ALINGSÅS

937 KVM, FEM AVDELNINGAR
 TYP: PASSIVHUS
 BYGGHERR: FABS
 ARKITEKT: GLANTZ ARKITEKTSTUDIO AB
 BYGGTID: MAJ 2007 - MAJ 2008
 KONTAKTPERSON: PEHR-OLOF OLOFSSON, 031-700 84 02

I maj 2008 färdigställdes Sveriges och Europas första förskola i passivhusteknik i Stadsskogen i Alingsås. Byggnaden är extremt välisolerad och värmeläckaget genom väggar och ventilationssystem är minimalt. Byggnaden värms upp av den energi som alstras inom husets väggar; belysning, elektrisk utrustning och de hundratalet barn och vuxna som vistas där. Ett barn avger lika mycket värme som en 60 watts glödlampa, en vuxen något mer.

NÅGRA AV VÅRA PÅGÅENDE PROJEKT.



JUNGFRUN, UMEÅ

SMÅHUS
TYP: LÅGENERGIHUS
ARKITEKT: LUND & VALENTIN
BERÄKNAD BYGGSTART: VÅREN 2009
INFLYTTNING 2010
KONTAKTPERSON: LEIF MARKLUND, 090-71 20 44

Tavleliden i stadsdelen Tomtebo, är Umeås nyaste villaområde. I Kv Jungfrun planerar Peab att uppföra 28 småhus med äganderätt. Arkitektens grundidé är enkelhet, funktionalitet och flexibilitet. Denna grundidé kombineras med hög boendekomfort och låg energianvändning. Grundmodellen är ett kedjehus i två plan med boarea 115 kvm och vidbyggd carport. Kunderna erbjuds val som till exempel ett extra sovrum, inglasat uterum, balkong, förstukvist och garage.



BRF SJÖRÄET, UMEÅ

FLERBOSTADSHUS
TYP: LÅGENERGIHUS
ARKITEKT: SWECO
BERÄKNAD BYGGSTART: VÅREN 2009, INFLYTTNING 2010
KONTAKTPERSON: LEIF MARKLUND, 090-71 20 44

I stadsdelen Tomtebo, vid södra änden av Nydalasjön planerar Peab att bygga 72 lägenheter med inflyttning i en första etapp under 2010. Tomtebo är den stadsdel i Umeå som växer snabbast. Kvarteren bebyggs vardera med ett 4-våningshus och två 2-våningshus. Husen utformas med fokus på boendekvalitet och låg energiförbrukning.



BRF KATRINEBERG PARK, MÖLNDAL

FLERBOSTADSHUS
TYP: LÅGENERGIHUS
ARKITEKT: JONSSON ARKITEKTKONTOR
BYGGSTART: HÖSTEN 2008, INFLYTTNING: 2009/2010
KONTAKTPERSON: PEHR-OLOF OLOFSSON, 031-700 84 02

Brf Katrineberg Park ligger centralt i Mölndal. Huset består av 41 lägenheter fördelade på tre trapphus och fem våningar. För att möta morgondagens krav på energianvändning har huset utrustats med fjärrvärme samt mekanisk till- och frånluft med återvinning. Varje lägenhet har individuell mätning på vattenförbrukningen för att öka möjligheten att påverka. Ytterväggarna är välisolerade och i kombination med bra fönster och återvinning har energiförbrukningen kunnat sänkas till cirka 40 procent under normkravet.



TJUVSUNDSBERGET, KUNGSHAMN

16 HYRESRÄTTER
TYP: PASSIVHUS
BYGGHERRE: SOTENÄSBOSTÄDER AB
ARKITEKT: EFEM ARKITEKTKONTOR
BYGGTID: FEBRUARI 2008 - JANUARI 2009
KONTAKTPERSON: PEHR-OLOF OLOFSSON, 031-700 84 02

Från Tjuvsundsberget har man en vidunderlig utsikt över västerhavet. Här bygger Peab 16 hyresrätter åt Sotenäsbostäder med passivhusprofil. Det traditionella uppvärmningssystemet har ersatts med mekaniskt ventilationssystem där inkommande luft värms av den utgående i en värmeväxlare. Husen är välisolerade vilket gör att tillvaratagen energi från människor och apparater, belysning och varmvatten bibehålls på ett optimalt sätt.

**VILL DU VETA MER OM PEABS ENERGISMARTA BOSTÄDER?
KONTAKTA VÅRA AMBASSADÖRER.**

ROBERT CARDELL, SYD
PROJEKTLEDARE, HELSINGBORG
TELEFON: 042-25 10 35, 0733-37 42 31

TOMAS POUSETTE, ÖST
REGIONCHEF, SOLNA
TELEFON: 08-623 20 79, 0733-37 20 91

PEHR-OLOF OLOFSSON, VÄST
PROJEKTUTVECKLARE, GÖTEBORG
TELEFON: 031-700 84 02, 0733-37 30 02

LEIF MARKLUND, NORDOST
PROJEKTUTVECKLARE, UMEÅ
TELEFON: 090-71 20 44, 0733-37 12 15

**LARS ÖSTBERG, VERKSAMHETSSTÖD,
FÖRSLÖV**
TELEFON: 0431-892 85, 0733-37 11 33

PEAB ENERGI AB
ESKIL HARTMAN, VD
TELEFON: 0431-893 16, 0733-37 30 71

Bilaga 1

Tabell 1 Teknisk data för studerade objekt

	Geografiskt läge	Objekt	Byggår	Energislag	Ventilations system	Total ventilation Mv/lgh l/s	Rumshöjd (mm)	Anm.
1.	Örebro	Laurentiusgården	2006	Fjärrvärme	Frånluft	37	2500	Hyresrätter Seniorboende
2.	Örebro	Kv Senapen	2003	Fjärrvärme	Frånluft	31	2500	Hyresrätter

Tabell 2.1 Tekniska uppgifter för studerade objekt. Hyresrätter

	Geografiskt läge	Objekt	Byggår	Energislag	Ventilations system	Fönster	Anm. Energimätare Antal hus+ våningar
1.	Örebro	Laurentiusgården	2006	Fjärrvärme	Frånluft	Max U=1,4W/m ² K	Invändig kulvert En energimätare 5 hus med 6 vån
2.	Örebro	Kv Senapen	2003	Fjärrvärme	Frånluft	Max U=1,4W/m ² K	Utvändig kulvert, 60m En energimätare 4 hus (2st 2 vån, 2st 3vån)

Tabell 2.2 Tekniska uppgifter för studerade objekt. Hyresrätter

	Geografiskt läge	Antal vån Huskroppar	Grundläggning	Rumshöjd (mm)	Antal st	R o K	Storlek m ²	Mv m ²
1.	Örebro	6 5	Platta på mark	2500	101			
					5	1	250	50
					26	2	1755,5	67,5
					46	3	3680	80
					24	4	2268	94,5
2.	Örebro	2 & 3 4	Platta på mark	2500	48			
					12	2	728,4	60,7
					22	3	1575,2	71,6
					14	4	1226,4	87,6

Bilaga 1 forts.

Tabell 2.3 Tekniska uppgifter för studerade objekt. Hyresrätter

	Geografiskt läge	Antal vån Huskroppar	Grundläggning	Fönster U-värde	Y.vägg konstruktion	Anm.
1.	Örebro	6 5	Platta på mark	1,4	Puts 50 Cellplast 9 Gips U 45x170 c600 Stomme 170 Minull 0,2 Plastfolie 13 Gips	Inglasning av vissa balkonger
2.	Örebro	2 & 3 4	Platta på mark	1,4	Puts 50 Cellplast 9 Gips U 45x170 c600 Stomme 170 Minull 0,2 Plastfolie 13 Gips	

Tabell 3.1 Uppgifter om energislag, uppvärmd golvyta

	Geografiskt läge	Objekt	Energislag	Uppvärd golvyta (m ²)	Antal lgh	Uppmätt energiförbrukning kWh
1.	Örebro	Laurentiusgården	Fjärrvärme	10 450	101	* Se bilaga 1
2.	Örebro	Kv Senapen	Fjärrvärme	4 650	48	* Se bilaga 2

Bilaga 2

År	Jan	Feb	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
2007	143780	145788	115536	75533	44392	6472	6500	17001	46567	91535	0	693104
2006	0	0	4372	106764	44386	15992	15992	16054	19348	69135	112871	115777

Norrbackavägen "Laurentiusgården"

Summa nov 2006-okt 2007 **921752**

Bilaga 3

Örebrobostäder

2008-06-13

Senapen 1 (Start under 2006),

Senapen 1 (Start under 2006)

Fjärrvärme

Normalårskorrigerad förbrukning (MWh)

	2006	2007	2008	Diff/period	Diff/år
jan	0	70	68	-3%	-2%
feb	28	61	58	-4%	-9%
mar	45	57	55	-3%	-11%
apr	42	39	40	+3%	-10%
maj	26	24	21	-10%	-10%
jun	24	11		0%	0%
jul	7	10		0%	0%
aug	18	12		0%	0%
sep	30	23		0%	0%
okt	42	38		0%	0%
nov	59	53		0%	0%
dec	74	62		0%	0%
Summa:	396	459	242		
Ackum.:	141	250	242	-3%	

Fjärrvärme, flöde

Normalårskorrigerad förbrukning (m3)

	2006	2007	2008	Diff/period	Diff/år
jan	0	1 061	1 106	+4%	-4%
feb	461	899	959	+7%	-8%
mar	691	931	959	+3%	-10%
apr	772	614	595	-3%	-9%
maj	471	372	336	-10%	-8%
jun	511	263		0%	0%
jul	183	257		0%	0%
aug	419	298		0%	0%
sep	526	429		0%	0%
okt	710	658		0%	0%
nov	1 001	913		0%	0%
dec	1 259	1 005		0%	0%
Summa:	7 003	7 699	3 955		
Ackum.:	2 394	3 876	3 955	+2%	

Fjärrvärme, energi

Normalårskorrigerad förbrukning (MWh)

	2006	2007	2008	Diff/period	Diff/år
jan	0	70	68	-3%	-2%
feb	28	61	58	-4%	-9%
mar	45	57	55	-3%	-11%
apr	42	39	40	+3%	-10%
maj	26	24	21	-10%	-10%
jun	24	11		0%	0%
jul	7	10		0%	0%
aug	18	12		0%	0%
sep	30	23		0%	0%
okt	42	38		0%	0%
nov	59	53		0%	0%
dec	74	62		0%	0%
Summa:	396	459	242		
Ackum.:	141	250	242	-3%	

Bilaga 3 forts.

Senapen 1 (Start under 2006),

Senapen 1 (Start under 2006)**El övrig, schablon****Förbrukning (kWh)**

	2006	2007	2008	Diff/period	Diff/år
jan		6 522	2 475	-62%	-40%
feb	0	5 694	2 386	-58%	-49%
mar	128	6 048		0%	0%
apr	9 495	4 032		0%	0%
maj	8 597	3 159		0%	0%
jun	7 370	2 386		0%	0%
jul	4 980	1 868		0%	0%
aug	4 649	1 434		0%	0%
sep	3 306	1 458		0%	0%
okt	4 211	1 901		0%	0%
nov	4 096	3 948		0%	0%
dec	10 917	4 477		0%	0%
Summa:	57 749	42 927	4 861		
Ackum.:	0	12 216	4 861	-60%	

Vatten**Förbrukning (m3)**

	2006	2007	2008	Diff/period	Diff/år
jan	0	453	384	-15%	+16%
feb	25	388	366	-6%	+6%
mar	104	436	400	-8%	-1%
apr	221	416	382	-8%	-6%
maj	327	461	401	-13%	-10%
jun	412	584		0%	0%
jul	425	345		0%	0%
aug	449	377		0%	0%
sep	419	380		0%	0%
okt	445	370		0%	0%
nov	443	363		0%	0%
dec	459	359		0%	0%
Summa:	3 730	4 931	1 934		
Ackum.:	678	2 154	1 934	-10%	

Bilaga 4

Structor

Energiteknik

Nybyggnad Bostäder

Stämjärnet D1 och D2

Energiberäkning

2008-03-13

Structor Hulthén Stråth AB
Bettorpsgatan 10, 703 69
Örebro

Telefon	Telefax	Org.nr.
019-676 26 00	019-676 26 29	556 571-9100

Bilaga 4 forts.

2008-03-13

Sida 2 (3)

Nybyggnad Bostäder**Förutsättningar:**

Nybyggnad av två byggnader D1 och D2 med respektive 16 lägenheter per byggnad samt vindsförråd. Båda byggnaderna värms med värmepump med tillskottsvärme från fjärrvärme. Luftbehandlingen styrs med frånluftssystem med placering på vinden samt återvinning via batteri för värmepump. Tilluften sker via spaltventiler vid fönstren.

Uppvärmad area D1 och D2

Verksamhet	Area
Bostad D1	1407 m ² /byggnad

Temperaturer D1 och D2

Verksamhet	Temperatur
Bostad	21 °C

Köldbryggor D1 och D2

Verksamhet	Köldbryggor [W/K]
Bostad	95,28

U-värden D1 och D2

Byggnadsdel	Bostad	[W/m ² ,K]
Takbjälklag	0,120	
Väggar	0,183	
Golvbjälklag	0,176	
Fönster (inkl. karm)	1,300	
Dörrar (inkl. karm)	1,300	
Vägg pelare	0,311	

Ventilation F-system D1 och D2

Verksamhet	Flöde [l/s och Byggnad]	Drifttid
Bostad	600	Må-Sön 24h

Bilaga 4 forts.

Structor

2008-03-13

Sida 3 (3)

Beräkningsresultat:

Energianvändning

Enligt beräkningar	86	kWh/m ²
Krav enligt BBR	110	kWh/m ²

Beräkningen visar att BBR:s krav på energianvändning uppfylls. Osäkerheten i energiberäkningar är dock stor och osäkerheten bör normalt antas ligga kring 10 %.

Structor Hulthén Stråth AB
Energiteknik

Johanna Fridenberger

Beräkningarna har gjorts i Enorm tillsammans med excel-programmet Fastighetsenergi.

Structor Hulthén Stråth AB
Bettorpsgatan 10, 703 69
Örebro

Telefon	Telefax	Org.nr.
019-676 26 00	019-676 26 29	556 571-9100

Bilaga 4 forts.

Structor

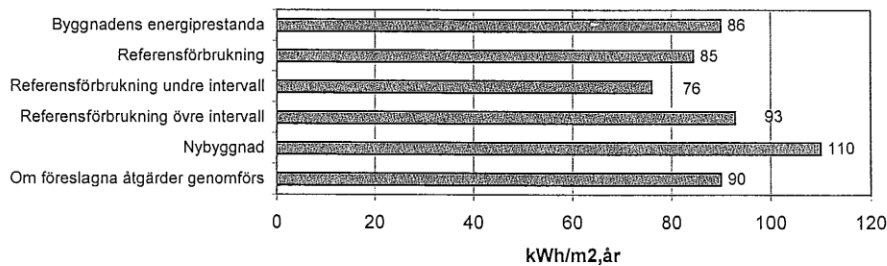
Bilaga 1

Fastighetsenergiprogrammet

Rapport: Energideklaration sammanfattning

Byggår:	Nybyggt hus	Byggnadskategori:	Flerbostadshus
Uppvärmning area:	1407 kvm	Byggnadstyp:	Friliggande fastighet
Normalkorrigerad förbrukning	120 933 kWh/år	Åtgärdsförslag	Åtgärdsförslag
Byggnadens energiprestanda	86 kWh/kvm och år	Referensförbrukning	85 kWh/kvm och år
Varav el	83 kWh/kvm och år	Referensförbrukning undre intervall	76 kWh/kvm och år
Referensförbrukning	85 kWh/kvm och år	Referensförbrukning övre intervall	93 kWh/kvm och år
Referensförbrukning undre intervall	76 kWh/kvm och år	Nybyggnad	110 kWh/kvm och år
Referensförbrukning övre intervall	93 kWh/kvm och år	Om föreslagna åtgärder genomförs	86 kWh/kvm och år
Nybyggnad	110 kWh/kvm och år		
Om föreslagna åtgärder genomförs	86 kWh/kvm och år		

Byggnadens energiprestanda. Jämförelsevärden



Energianvändning

Energi för uppvärmning och varmvatten $\Sigma 1$	92 793 kWh/år
El totalt $\Sigma 2$	120 933 kWh/år
Värme, kyla och fastighetsel $\Sigma 3$	120 933 kWh/år
El exkl. hushållsel och verksamhetsel $\Sigma 4$	120 933 kWh/år
Totalt kyleffektbehov	0,0 kW
Projekterat kyleffektbehov	0,0 kW
Förslag till åtgärder	

CO₂-utsläpp

Denna byggnad	2 kg/m ² ,år
Referensbyggnad	2 kg/m ² ,år

Värme-och kylsystem

Uppvärmning: Frånluftsvärmepump

Ventilation: F-system

Luftkonditioneringsanläggning finns inte

Förslag till åtgärder fortsättning

Bilaga 5

Fastighetsenergiprogrammet

Rapport: Fastighetsuppgifter

Kalkylerna grundas på följande uppgifter om fastigheten

Fastighetsbeteckning	Ekängsparken
Ägarens namn	0
Adress	0
Postadress	0
Energiexpert	Johanna Fridenberger
Datum	2007-12-04

Byggnadsuppgifter

Nybyggnadsår	2007
Typ av fastighet	Flerbostadshus
Byggnadstyp	Friliggande fastighet
Antal lägenheter	38
Momsplikt	Fastigheten är momspliktig
Nuvarande uppvärmning	Fjärrvärme
Typ av ytterväggar	Blandat material eller träkonstruktion
Antal våningsplan över bottenplanet	3
Antal källarplan	0

Ytuppgifter

Flerbostadshus	4330 m ²
Husets planform	Kvadratisk/Rektangulärt
Ventilation	F-system
Genomsnittligt ventilationsflöde under uppvärmningssäsongen	0,35 l/s kvm

Areauppgifter

Ytterväggar (inkl fönsterarea)	2104,4 m ²
Tak mot kall vind eller mot det fria, yttertak	1024 m ²
Golv	1024 m ²
Fönster	809,8 m ²
Volym	10500 m ³

U-värden

Platta på mark	0,145
Betongvägg	0,227
Vägg puts	0,186
Vägg träpanel	0,183
Tak	0,102
Fönster	1,3
Dörr	1,9

Bilaga 5 forts.

Energiförbrukning	
Årlig förbrukning av el	129900 kWh
Årlig förbrukning av fjärrvärme	296200 kWh
El kylproduktion/Fjärrkyla	kWh/år
Andel energi till varmvatten av kallvattenförbrukningen	38 %

Intresse för energieffektiviseringsåtgärder

Installation av frånluftsvärmepump

--

Bilaga 5 forts.

Fastighetsenergiprogrammet

Rapport: Sammanfattning av resultaten

Nuvarande energistatus Ekängsparken **Samtliga kostnader visas exkl. moms.**

Senaste årets energianvändning är (omräknat till kilowatt-timmar) 296 200 kWh.

Den årliga medelförbrukningen enligt SCB-statistik är 888 516 kWh.

Nuvarande årlig energikostnad är 306 644 kr.

Energikostnad genomsnitt 70,8 kr/kvm

Energiförbrukning genomsnitt 68,4 kWh/m²

Medelförbrukning SCB-statistik 205,2 kWh/m²

Årligt energibehov

Uppvärmning 215 742 kWh

Varmvatten 99 180 kWh

Fastighetsel 129 900 kWh

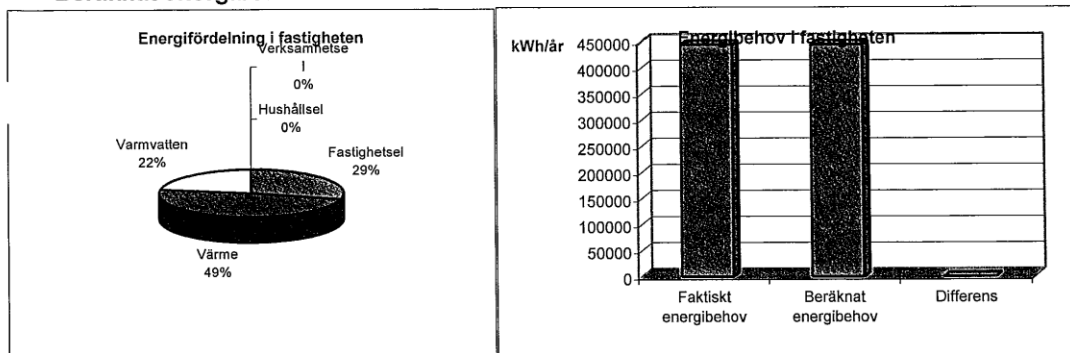
Hushållsel 0 kWh

0 kWh

Beräknat effektbehov 113,1 kW

Faktiskt energibehov 444 822 kWh

Beräknat energibehov 444 822 kWh



Utifrån valda åtgärder minskar energiförbrukningen med 153 400 kWh/år.

Om valda åtgärder utförs, kan kostnaden första året minska med 22 900 kr.

Att genomföra de valda energieffektiviseringsåtgärderna beräknas kosta 1 520 000 kr.

Energieffektiviseringsåtgärderna återbetalar sig på 66 år.

Uppvärmningskostnaderna omfattar kostnaderna för energi (värme, varmvatten och fastighetsel) kapitalkostnader samt service. Grund-, åter-, samt utbyteskostnader har beaktats i nuvärdeskalkylerna förutom energi- och servicekostnader.

Genomsnittliga kostnader under år 2008-2027

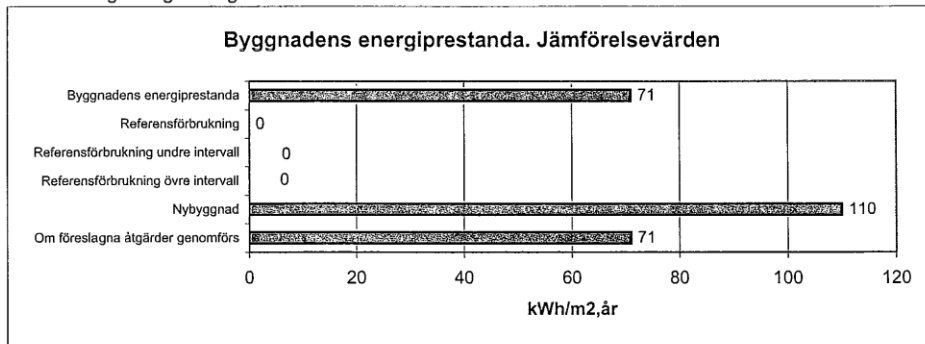
Uppvärmningsalternativ	Energi-kostnad	Kapital-kostnad	Service	Summa
				Summa
				nuvärde
				år 2008-
				2027

Bilaga 5 forts.

Structor

Rapport: Energideklaration sammanfattning

Byggår:	Efter 1990	Byggnadskategori:	Flerbostadshus
Uppvärmd area (A-temp):	4330 kvm	Byggnadstyp:	Friliggande fastighet
Normalkorrigerad förbrukning		307 329 kWh/år	Åtgärdsförslag
Byggnadens energiprestanda		71 kWh/kvm och år	samtliga åtgärder
Varav el		67 kWh/kvm och år	Minskad energianvändning
Referensförbrukning			0 kWh/år
Referensförbrukning undre intervall			Kostnad per sparad kWh
Referensförbrukning övre intervall			0,00 kr/kWh
Nybyggnad		110 kWh/kvm och år	Minskat utsläpp av CO2
Om föreslagna åtgärder genomförs		71 kWh/kvm och år	



Energianvändning

Energi för uppvärmning och varmvatten $\Sigma 1$	204 700 kWh/år
El totalt $\Sigma 2$	291 300 kWh/år
Värme, kyla och fastighetsel $\Sigma 3$	291 300 kWh/år
El exkl. hushållsel och verksamhetsel $\Sigma 4$	291 300 kWh/år
Totalt kyleffektbehov	0,0 kW
Projekterat kyleffektbehov	0,0 kW
Förslag till åtgärder	

CO₂-utsläpp

Denna byggnad	4 kg/m ² ,år
Referensbyggnad	#DIVISION/0!

Värme- och kylsystem

Uppvärmning: Frånluftsvärmepump
Ventilation: F-system
Luftkonditioneringsanläggning finns inte
Förslag till åtgärder fortsättning

Bilaga 5 forts.

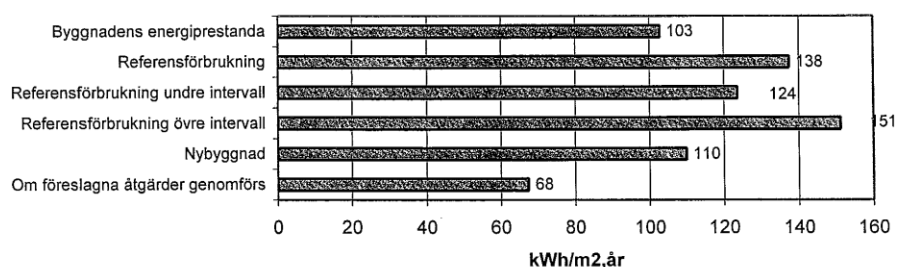
Fastighetsenergiprogrammet

Rapport: Energideklaration sammanfattning

Fastighetsbeteckning: Ekängsparken

Byggår:	Nybyggt hus	Byggnadskategori:	Flerbostadshus
Uppvärmd area:	4330 kvm	Byggnadstyp:	Friliggande fastighet
Normalkorrigerad förbrukning	445 709 kWh/år		Åtgärdsförslag
Byggnadens energiprestanda	103 kWh/kvm och år		samtliga åtgärder
Varav el	30 kWh/kvm och år		Minskad energianvändning
Referensförbrukning	138 kWh/kvm och år		153 400 kWh/år
Referensförbrukning undre intervall	124 kWh/kvm och år		Kostnad per sparad kWh
Referensförbrukning övre intervall	151 kWh/kvm och år		0,80 kr/kWh Lönsamt
Nybyggnad	110 kWh/kvm och år		Minskat utsläpp av CO2
Om föreslagna åtgärder genomförs	68 kWh/kvm och år		21 900 kg/år

Byggnadens energiprestanda. Jämförelsevärden



Energianvändning

Energi för uppvärmning och varmvatten $\Sigma 1$ 296 200 kWh/årEl totalt $\Sigma 2$ 129 900 kWh/årVärme, kyla och fastighetsel $\Sigma 3$ 426 100 kWh/årEl exkl. hushållsel och verksamhetsel $\Sigma 4$ 129 900 kWh/år

Totalt kyleffektbehov 0,0 kW

Projekterat kyleffektbehov 0,0 kW

Förslag till åtgärder

Installation av frånluftsvärmepump

CO₂-utsläppDenna byggnad 7 kg/m²,årReferensbyggnad 10 kg/m²,år

Värme- och kylsystem

Uppvärmning: Fjärrvärme

Ventilation: F-system

Luftkonditioneringsanläggning finns inte

Förslag till åtgärder fortsättning

Bilaga 5 forts.

Fastighetsenergiprogrammet

Rapport: Energibehov i fastigheten

Fastighetsbeteckning Ekängsparken

Beräknat årligt energibehov		Inköpt energi	
Transmissionsförluster	56 712 kWh	Värme	191 096 kWh
Ventilationsförluster	223 499 kWh	Tappvarmvatten	99 180 kWh
Värmetillskott	- 64 469 kWh	Produktionsförluster	5 924 kWh
Summa	215 742 kWh	Summa	296 200 kWh
Tappvarmvatten	99 180 kWh	Fastighetsel	129 900 kWh
		Hushållsel	0 kWh
		Verksamhetsel	0 kWh
Summa värme-och tappvarmvattenbehov	314 922 kWh	Totalt	426 100 kWh
		Totalt exkl. hushållsel och verksamhetsel	426 100 kWh

