Erfarenheter och rekommendationer:

Variationer i energianvändning och innemiljökvalitet hos flerbostadshus med olika tekniska lösningar

Bostadssektorn svarar för cirka 40 procent av Sveriges totala energianvändning. Det finns ungefär 2,4 miljoner lägenheter i flerbostadshus och 2 miljoner i småhus. Såväl energianvändning som produktionskostnad är flera tiotals procent högre i flerbostadshus än i gruppbyggda småhus räknat per kvadratmeter boarea. Ett forskningsprojekt vid Örebro universitet visar att möjligheterna att spara energi i flerbostadshus med bibehållen eller förbättrad innemiljö är stora, med en potential kring 50 procent såväl i äldre som nyare hus.

Innemiljö, energianvändning och livscykelkostnad för flerbostadshus har studerats i många undersökningar utan någon vältäckande och enhetlig utvärderingsmetodik. Uppföljning och utvärdering görs bara sällan eller endast i begränsad omfattning. Följaktligen är det 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 inneboende möjligheter, lönsamhet och risker behöver närmare utredas såväl vid nybyggnad som vid ombyggnad. Inte minst därför att många flerbostadshus uppförda under miljonprogrammet 1964 till 1975 nu är i stort behov av renovering.

Ett projekt har genomförts med finansiering av SBUF, Peab, NCC och Örebro universitet, omfattande litteraturinventering, kunskapssammanställning och analys av ett antal genomförda undersökningar av flerbostadshus. Undersökningarna omfattar flerbostadshus med olika byggsätt och tekniska lösningar. Analysen har inriktats på innemiljö, 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 lämnas för total energianvändning, delposter och vattenanvändning.

Många olika tekniska lösningar förekommer. Några av dessa är bättre än andra, varför försök har gjorts att rangordna dessa. Med beräkningar kan man relativt snabbt bedöma inverkan av olika lösningar och energisparåtgärder. Genom att upprätta energibalanser kan man förklara avvikelser mellan beräknade och uppmätta värden. Gängse beräkningsmetoder liksom avvikelser mellan beräknade och uppmätta värden har därför studerats.

Arbetet har inriktats på jämförelser mellan uppmätta och beräknade energiuppgifter samt värdering av olika tekniska lösningar för isolering, täthet, värme och ventilation inklusive värmeåtervinning. Beskrivning av olika metoder för kvalitetssäkring och uppföljning har också ingått samt förslag till angelägna forsknings- och utvecklingsuppgifter. Huvudsakligen har energianvändningen under driftskedet behandlats, eftersom den normalt utgör 80 till 90 procent av energianvändningen under en byggnads livslängd.

Avsevärda besparingsmöjligheter

Sedan oljekrisen 1974 har ett stort antal undersökningar genomförts avseende innemiljö och energianvändning i flerbostadshus. Undersökningarna omfattar såväl serieproducerade flerbostadshus som mer eller mindre utpräglade prov- och experimenthus. Resultaten visar att potentialen för energibesparing i flerbostadshus är stor, cirka 50 procent, med nivåer på 80 till 100 kWh/m^2 år som rimliga mål för såväl nyare som äldre flerbostadshus. Exempel finns på lågenergihus med frånluftsvärmepump och passivhus som 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 om hur dessa mål ska nås finns, men används inte i tillräcklig utsträckning.

Energianvändningen under driftskedet är hög i flerbostadshus, i medeltal cirka 200 kWh/m^2 år totalt för byggnadsuppvärmning, varmvatten, fastighetsel och hushållsel. Det finns dock nyare flerbostadshus som ligger runt 100 kWh/m^2 år. Energistatistik visar att flerbostadshus per kvadratmeter boarea har drygt 50 procent högre total energianvändning än gruppbyggda småhus. Dessutom har flerbostadshusen upp mot 30 procent högre produktionskostnad. Kostnadsbesparande åtgärder gör det möjligt för allt fler medborgare att ha råd med en god bostad. Uppgifter finns i litteraturen som visar att såväl produktions- som driftkostnaderna kan sänkas med 30 procent.

Under 1970-talet har energianvändningen för byggnadsuppvärmning och varmvatten i flerbostadshus sjunkit. Exempelvis har hus med fjärrvärme byggda efter början på 1980-talet cirka 20 procent lägre energianvändning för byggnadsuppvärmning och varmvatten än äldre hus, 140 kWh/m^2 år respektive cirka 170 kWh/m^2 år, *tabell 1*. Offentlig statistik visar vidare att energianvändningen i nya flerbostadshus inte har minskat sedan mitten på 1980-talet trots flera nya byggbestämmelser med mera. Orsakerna till detta är flera till exempel:

- Stora glasytor som medför komfortstörningar samt ökade värme- och kylbehov med högre effekt- och energianvändning.
- Komplicerade lösningar för värme och ventilation till exempel FTX-ventilation med liten energibesparing och föroreningsrisker samt golvvärme som kan vara både energislösande och trögreglerad.
- Kollektiv mätning och debitering av energi- och vattenanvändning i flerbostadshus.
- Att många hus med fjärrvärme saknar värmeåtervinning.
- Nya hus ofta har större ventilation än äldre.

Stora variationer i energianvändning och innemiljö

Stora variationer i energianvändning, innemiljö och livscykelkostnad förekommer mellan olika husområden. Inverkan av olika faktorer samt begrepp och definitioner för till exempel specifik energianvändning och golvyta belyses bland annat genom känslighetsanalys.

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

Tabell 1: Sammanställning av energiuppgifter och några andra parametrar från undersökningarna som ingår i detta projekt. Energiuppgifter inom parentes avser intervallet min- till maxvärden. Mv är lika med medelvärde.

Referens/ avsnitt i rapport	***Parameter*** Specifik energianvändning kWh/m² år Byggnuppv + varmv	Fastig-hetsel	Hushålls el	Totalt	Ytbegrepp	Byggår	Antal hus/lgh
SCB 2007 mv alla	170				uppvärmd yta		
SCB 2007 1985-	140				uppvärmd yta	1985-	
4.2	mv 149 (87-208) 87	mv 22 (11-34) 16	mv 31 (18-44) 31	mv 196 (134-247) 134	lägenhetsyta	1952-1994	395 lgh, 10 områden; bäst område
4.4	mv 150 1994- mv 100 -1994 (61-208)				uppvärmd yta (BOA + LOA)	1988-2002	37 hus
4.5	mv 104 + 23 = 127 mv by (58-234) mv vv (19-25)	mv 19,5 (6-52)	mv 35 (22-47)	mv 157 (100-285/356)	BRA	2001	10 hus
4.6	Summa energianvändning för byggnuppv+varmv+fastel; FTX: mv 170 (134-202), F: mv 162 (93-198), BVP: mv 81 (65-98), FVP: mv 103 (77-131)				(BOA + LOA)	1993-2002	72 hus
4.7	31 + 10 = 41 40 + 13 = 53	16 21	27 35	84 109	BRA BOA	2000	1 hus
4.8	mv 94 + 27 = 121 (31-189) (18-55)	mv16 (2-37)	mv28 (10-54)	mv163 (70-334)	uppvärmd yta	1997-2002	77 hus
4.9	mv 95	mv 12	mv 36	mv 143	A_{temp}	1992-2004	11 hus
4.10 Passivhus	mv 14,5 + 15,4 = 29,9 ? mv+14 mv (20 + 19) = 39	– mv 5 –	mv 39,1 ? mv 42	mv69[a] mv 69[b] mv 81[c] mv 80[d]	A_{temp} ? A_{temp} ? A_{temp} ? A_{temp} ?	2001 2006 2006 2004	20 lgh 40 lgh 12 lgh 35 lgh
lågen.fvp	55		25	mv 80			

Anm: [a] Lindås Park plus 8 kWh/m² år solenergi; [b] Oxtorget Värnamo plus 10 kWh/m² år solenergi; Fastighetsel 5 kWh/m² år samt byggnadsuppvärmning plus hushållsel är lika med 50 kWh/m² år. [c] Frillesås, solfångares bidrag ej redovisat; [d] Glumslöv, solfångare saknas.

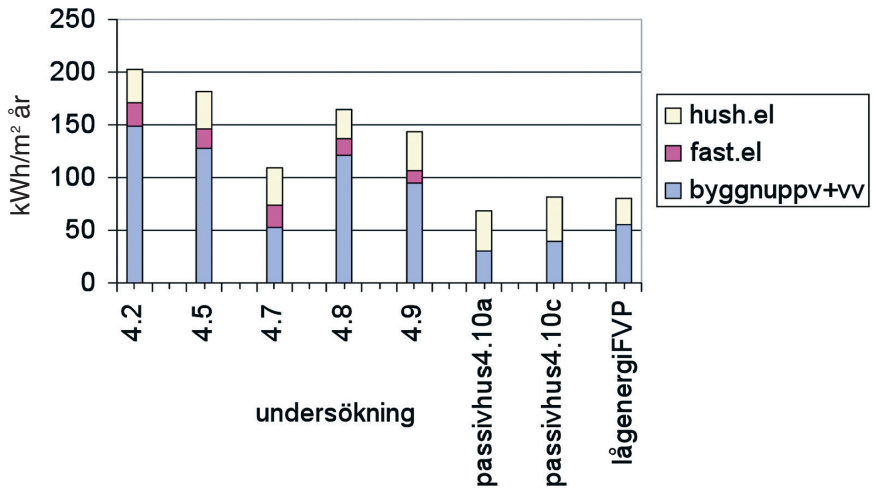
Den totala energianvändningen utgörs av delposter för byggnadsuppvärmning, varmvatten, fastighetsel och hushållsel, *figur 2 på nästa sida*. Svårigheter föreligger i regel att tolka och jämföra uppgifter från olika undersökningar när man inte klart angivit om den totala energianvändningen eller någon/några av delposterna avses. En del undersökningar saknar 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.

Stora skillnader i energianvändning, innemiljö och livscykelkostnad 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 procent.
- Brukarvanor och förvaltningens former och kvalitet mellan områden med likartad teknisk lösning kan påverka energianvändningen med 1:2.
- Kvalitet och utförande på arbetet under byggskedet 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 procent.

Anm. Samtliga uppgifter ovan avser småhus.

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



Figur 2: Specifik energianvändning i granskade undersökningar för delposterna byggnadsuppvärmning plus varmvatten, fastighetsel och hushållsel. Detaljerade uppgifter om undersökningarna finns i tabell 1 och projektrapporten. Anm. 4.10a. Solfångare bidrar med 8 kWh/m² år. 4.10c. Solfångares bidrag ej redovisat.

upplåtelseformen har betydelse. Exempel finns på likartade områden med hyresrätt som har dubbelt så hög energianvändning som för bostadsrätt.

Helhetsgrepp, samspel arkitektur-byggteknik-installationer

Förväntat resultat når man med högst tillförlitlighet genom att se byggnaden som ett energisystem och beakta samspelet byggnad-installation, överbyggnad-grund och så vidare. Systembrister kan undvikas genom bättre utformning och regelbundet underhållsarbete. Mer komplicerade lösningar ställer högre krav på välutbildad personal och brukare än enkla lösningar.

Vid utformning av nya hus måste man särskilt beakta byggnadens arkitektoniska utformning, klimatskalets värmeförluster samt hushålls- och värmeapparaters energieffektivitet, så att den tillförda energin bättre tas tillvara. Redan idag finns hus som är bättre än Boverkets energikrav. Det är viktigt sprida kunskap om goda lösningar så att alla kan få kännedom om och välja dessa samt verka mot samma mål.

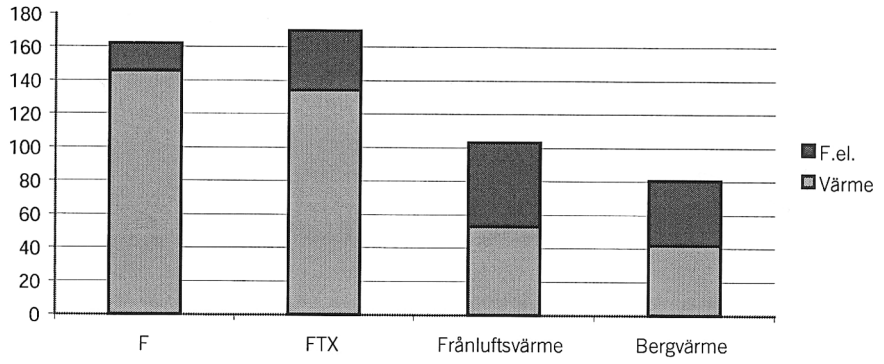
Värme- och ventilationssystem

Krav på värmeåtervinning, speciellt vid användning av ventilationsvärmeväxlare, måste vägas mot högre investeringskostnader samt kraftigt ökade drift- och underhållskostnader för filter, kanalrensning, injustering med mera. Fläktarna drar energi även när värmeåtervinning inte behövs. Problemen med övertemperaturer sommartid ökar såvida man inte har bypass-kanal. FTX-ventilation kräver stor kunnighet och noggrannhet både vid installation och drift. Det verkar som om den vinst FTX-system ger i återvinning av energi går förlorad på grund av att systemet kräver mycket el och på grund av värmeförluster från kanaler som ligger i klimatskalet eller i ouppvärmda vindsutrymmen. Fältundersökningar visar att brukarna är avsevärt mer missnöjda med frånlufts-/tilluftsventilation än enbart frånluftsventilation, eftersom brukarna ofta riktar allvarlig kritik mot frånlufts-/tilluftssystem på grund av drag, nedsmutsning i tak, buller samt att man ifrågasätter om luften är frisk.

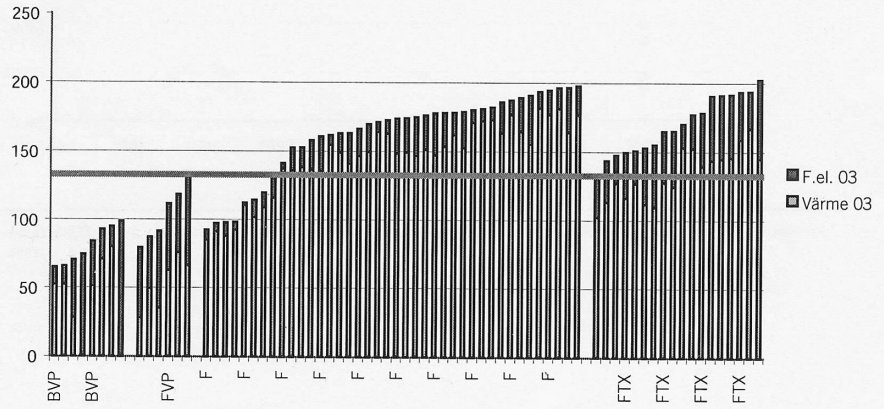
För FTX-system visar sammanfattningsvis projektet att:

- Energibesparingen helt eller delvis uteblivit på grund av olämpligt placerade samt dåligt isolerade kanaler och aggregat.
- Tilluftstemperaturen oftast styrs av en centralt placerad termostat, vilket medför lågt gratisvärmeutnyttjande.
- Ventilationsaggregatet (ventilationsvärmeväxlaren) har låg ”praktisk” verkningsgrad.
- Sannolikheten för övertryck inne relativt ute är högre med större risker för fuktskador i klimatskärmen.
- Betydande risker för hälsoproblem föreligger på grund av förorena(n)de ventilationssystem (kanaler, filter, växlare, luftvärmeaggregat med mera), vilket kan resultera i irriterade slemhinnor, astma och allergier. Dessutom kan ljudstörningar uppkomma i form av lågfrekvent buller etcetera.

En av de granskade undersökningarna, tabell 1 avsnitt 4.6, har genomförts av Sabo i 72 ”vanliga” fastigheter byggda mellan 1993 och 2002 med olika värme- och ventilationssystem. Summa energianvändning för byggnadsuppvärmning, varmvatten och fastighetsel har, *figur 3 och 4*, uppmätts för:



Figur 3: Medelvärdet för summa energianvändning, kWh/m² (boarea plus lokalarea) för värme, varmvatten och fastighetsel år 2003 för fastigheter med F- och FTX-ventilation samt fastigheter med frånlufts- och bergvärmepump. Källa: Sabo (2006).



Figur 4: Energianvändning för värme, varmvatten och fastighetsel år 2003, kWh/m² (boarea plus lokalarea), i ”vanliga” bostäder, 72 fastigheter. Den horisontella grova linjen markerar nivån för BBR 2006, södra zonen, omräknad till boarea plus lokalarea. Källa: Sabo (2006).

● FTX-ventilation: medelvärde 170 kWh/m² år med variationer mellan 134 kWh/m² år och 202 kWh/m² år.
● F-ventilation: medelvärde 162 kWh/m² år med variationer mellan 93 kWh/m² år och 198 kWh/m² år.
● Bergvärmepump: medelvärde 81 kWh/m² år med variationer mellan 65 kWh/m² år och 98 kWh/m² år.
● Frånluftsvärmepump: medelvärde 103 kWh/m² år med variationer mellan 77 kWh/m² år och 131 kWh/m² år.

Arean avser (boarea plus lokalarea). Energianvändningen för byggnadsuppvärmning och varmvatten är något lägre för hus med FTX-ventilation än för F-ventilation. Å andra sidan använder FTX-systemet mer fastighetsel och energianvändningen är därför totalt sett högre. Korrigering för olika stor ventilation måste göras. Ytterligare faktorer finns som påverkar fastigheternas energianvändning. Uppvärmning med värmepumpar ger totalt sett lägre energianvändning. Fastigheterna med frånluftsvärmepumpar drar något mer energi än de med bergvärmepumpar, men då har fastigheterna med bergvärmepumpar enbart el som energikälla, medan för fastigheter med frånluftsvärmepump kan en annan energikälla användas för byggnadsuppvärmning och varmvatten.

El eller fjärrvärme?

De flesta nyare småhus har elvärme och de flesta nyare flerbostadshus fjärrvärme. Ett visst motsatsförhållande råder mellan energisnåla hus och energisnåla tillförselsystem. Det bästa för miljön är naturligtvis en kombination av dessa båda. Stor oenighet råder om vad som är bäst, el eller fjärrvärme. En del anser att passivhusen inte passar i fjärrvärmeområden av ekonomiska skäl bland annat beroende på avsevärda kulvertförluster med flera tiotal procent i områden med gles bebyggelse. Andra menar att vindkraftsbaserad elvärme är en hållbar lösning, även om kompletterande energi kan komma från kolkraftverk. Byggnadsuppvärmning medför dock ett temperaturberoende effektbehov och vindkraften har otillräckliga effektresurser för att kunna klara uppvärmning vid låga utetemperaturer. Dessutom är elenergi den mest högvärdiga energiformen. 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.

Nya hus

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 (tio till femton procent av golvytan) energieffektiva fönster med tillräcklig solavskärmning. Åsiktsskillnader föreligger naturligtvis om valet av isolertjocklek och täthet liksom för fönstrens U-värde. Klart är att energieffektivare och mindre fönster sparar både effekt och energi. Till och med en del passivhusförespråkare rekommenderar numera begränsning av fönsterytorna.

Oenigheten vid utformning av nya byggnader gäller främst valet av värme- och ventilationssystem samt energislag som fjärrvärme, el, biobränsle, sol, vind etcetera. Värmeåtervinning ur ventilationsluften sker huvudsakligen på två principiellt olika sätt:
● frånlufts-/tilluftsventilation med ventilationsvärmeväxlare
● frånluftsventilation med frånluftsvärmepump för byggnadsuppvärmning och/eller värmning av varmvatten.

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 respektive ventilationssystem vara gemensamma för hela byggnaden eller som lägenhetssystem. Nya hus uppförs enligt två huvudalternativ: lågenergihus med frånluftsvärmepump för byggnadsuppvärmning och varmvatten respektive passivhus. I *tabell 2* visas några tekniska skillnader mellan de båda huvudalternativen.

Lågenergihus med frånluftsvärmepump. En lösning som visat sig ha goda erfarenheter består av frånluftsventilation med frånluftsvärmepump eller uteluft-/frånluftsvärmepump för byggnadsuppvärmning och varmvatten samt vattenradiatorer och eventuell komfortvärme som elektrisk golvvärme i våtrum med klinkergolv.

Energieffektiva byggnader ska ha ett flexibelt värmesystem samt styr- och reglerutrustning som möjliggör ett högt gratisvärmeutnyttjande och noggrann reglering av värmetillförseln. I första hand bör man välja vattenradiatorer med 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 (alternativt uteluft-/frånluftsvärmepump) för byggnadsuppvärmning och varmvatten
● solfångare, eventuellt även solceller (hittills med låg lönsamhet).

Basenergin hämtas ur frånluften och uteluften eller under det ljusare halvåret från solen. Tillsatsenergin kan utgöras av el, fjärrvärme, biobränsle med mera. Det är en fördel om ”basenheten” i huset är en ackumulatortank till vilken olika värmekällor kan dockas.

Lågenergihus med frånluftsvärmepump har principiellt använts sedan mitten på 1980-talet samt visat sig vara fabrikatsoberoende och inte ställa särskilda krav på projektörer, byggare och brukare.

Passivhus. *Större risker för byggskador och innemiljöproblem.* Passivhusalternativet utgörs av tjock isolering, luftvärme samt frånlufts-/tilluftsventilation med ventilationsvärmeväxlare. De flesta hittills byggda passivhus är elvärmda eftersom de har ett elbatteri inbyggt i ventilationsaggregatet. I några fall har de ett vattenbatteri kopplat till fjärrvärme som tillsatsvärme.

Risker och nackdelar med passivhus är bland annat:
● Högre effekt- och energibehov samt kraftigt förhöjda innetemperaturer vår, sommar och höst på grund av stora glasytor.
● Ökad energianvändning på grund av större distributionsförluster med installationer placerade i klimatskalet.

Tabell 2: Några tekniska skillnader mellan de båda huvudalternativen.

Huvudalternativ	***Parameter***					
	Väggisolering mineralull mm	Ventilation typ	Värmesystem	Återvinning	Reglering av värmetillförseln	Utförandekrav
Passivhus	430	FT[c]	saknas	vvx[b]	En centralt placerad termostat	Särskilda, speciellt för täthet
Lågenergihus	300	F[d]	radiatorer[a]	FVP[e]	Radiatortermostat	Fabrikatsoberoende

Anm; [a] Golvvärme ökar den totala energianvändningen i driftskedet med 20 till 30 procent; [b] vvx är lika med ventilationsvärmeväxlare; [c] FT är lika med frånlufts-/tilluftsventilation; [d] F är lika med frånluftsventilation; [e] FVP är lika med frånluftsvärmepump för byggnadsuppvärmning och varmvatten.

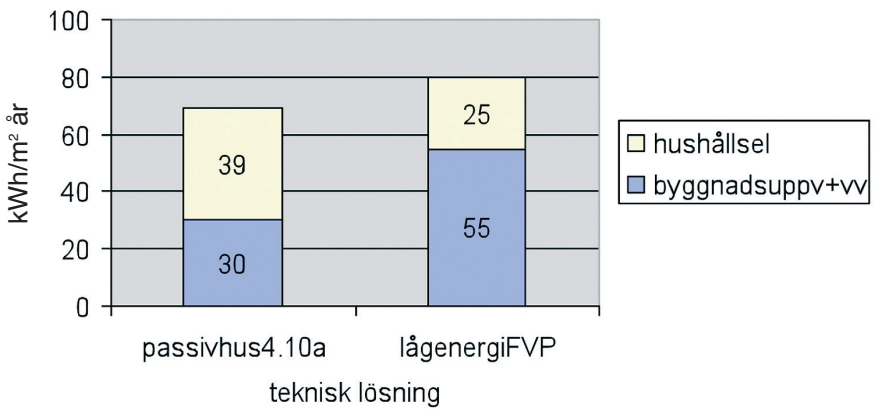
● Kombinerat värme- och ventilationssystem. Större variationer i innetemperatur och minskat utnyttjande av gratisvärmet med en centralt placerad termostat i ventilationsaggregatet, som inte har möjligheter att åstadkomma en individuell temperaturfördelning varken i en- eller tvåplanshus.
● Hälsoproblem för de boende med kanaliserad tilluft och luftvärme på grund av förorena(n)de kanalsystem och växlare samt lågfrekvent buller.
● Underhållskostnaderna är betydande för kanalrensning, filterbyte etcetera.
● Ökade risker för fukt- och mögelproblem i klimatskalets yttre partier på grund av större isolertjocklek respektive på grund av ökad risk för övertryck inne vid frånlufts-/tilluftsventilation.
● Minskad uttorkningseffekt av klimatskalet vid tjockare isolering.
● Ökad fuktbelastning av klimatskalet på grund av utförandebrister.
● Ju tjockare isoleringen är desto mindre är energibesparingen av den sista centimetern dvs marginalnyttan minskar.

Passivhusen kräver särskild utbildning av projektörer, byggare och brukare. Detta gäller speciellt för att bygga tätt. Såväl förespråkare som större hus- och byggföretag är skeptiska till om man generellt kan uppfylla så höga kvalitetskrav i en stor och geografiskt spridd organisation.

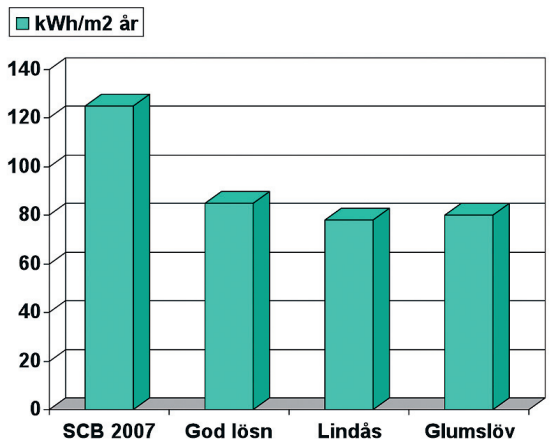
Ökad isolertjocklek. Livscykelanalys av ytterväggar med träpanel och mineralullsisolering med tjocklekarna 290 respektive 490 mm visar att skillnaden i total energianvändning för byggnadens hela livslängd (50 år) är mindre än två procent. Detta torde inte uppväga de nackdelar som ytterligare 200 mm mineralullsisolering medför. Större väggtjocklekar ger ökade risker för byggskador och innemiljöproblem enligt ovan, mindre inneryta eller större ytteryta med ökade tomt- och grundläggningskostnader samt högre transportkostnader framförallt beroende på större materialmängder och fraktvolymer vid fabrikstillverkning som storblock eller volymelement etcetera. Dessutom är tillverkningen av mineralull inte fri från miljöpåverkan. Inte minst avges stora mängder koldioxid, när exempelvis diabas smälts med koks för att kunna spinnas till stenull.

Kostnader. Uppgifter finns om att passivhusen kostar cirka 100 000 kronor mer per lägenhet/småhus med åtgärder som spar cirka 5 000 kWh/år jämfört med traditionellt utförda hus. Andra uppgifter som nämnts är cirka tio procent högre produktionskostnad. Det är osäkert om alla merkostnader ingår i dessa uppgifter.

Slutsatser. Passivhusen ställer speciella krav på projektörer, byggare och brukare för att man i praktiken ska nå avsedda kvaliteter. Praktiska erfarenheter visar att den totala energianvändningen i driftskedet ligger runt 80 kWh/m² år, obetydligt under lågenergialternativet med frånluftsvärmepump, *figurerna 5 till 7*. Livscykelanalys för ökning av isoleringen i ytterväggar från 290 till 490 mm visar på en energivinst med drygt en procent vid livslängden 50 år. Nämnda energivinster uppväger inte de ökade riskerna för byggskador, innemiljöproblem eller den miljöpåverkan som tillverkningen ger upphov till.



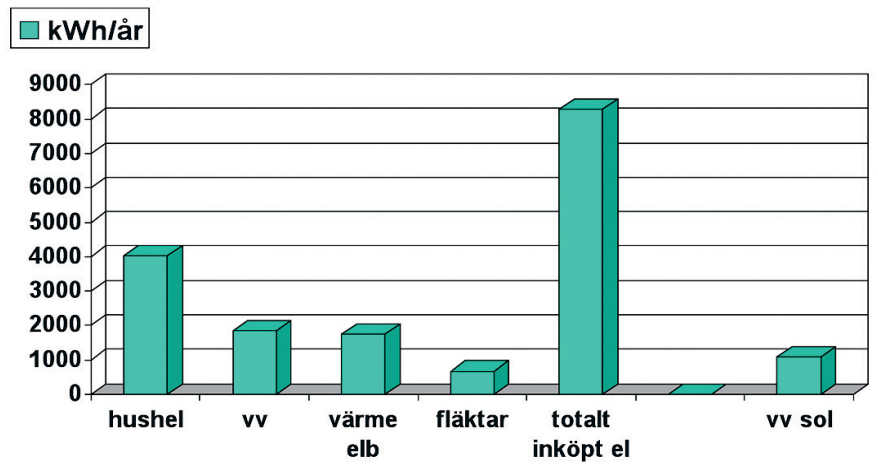
Figur 5: Total energianvändning i passivhus 4.10a och lågenergihus med frånluftsvärmepump för delposterna byggnadsuppvärmning plus varmvatten samt hushållsel.
För passivhus 4.10a tillkommer 8 kWh/m² år från solfångare.



Figur 6: Total energianvändning för vanliga småhus enligt SCB, lågenergihus (god lösning) med frånluftsvärmepump respektive passivhusområdena Lindås och Glumslöv.

Äldre hus

Energisparåtgärder ska genomföras vid ett och samma tillfälle och vara sådana att de ger optimal påverkan för nedlagda resurser. Ett åtgärdspaket, ett antal åtgärder, bör sättas in genom en koncentrerad insats som höjer huset till i det närmaste energimässig nybyggnadsstandard. Åtgärder kan både samverka alternativt helt eller delvis motverka varandra exempelvis ökad isolering kombinerat med värmepump. Ytterligare insatser ska inte behövas inom överskådlig framtid, vilket är en fördel för bru-



Figur 7: Källa: 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.

karna, då man därigenom undviker återkommande störningar. Sparandet blir mer genomtänkt, lönsamheten högre och resultatet tillförlitligare.

Åtgärder för att minska driftkostnader och spara energi kan indelas i tre grupper:

- Energileverantör, till exempel för fjärrvärme och el
- Brukarvanor
- Tekniska åtgärder, byggnads- respektive installationstekniska
  - ❍ närliggande med hög lönsamhet
  - ❍ långtgående med låg lönsamhet.

I rapporten redogörs för principiellt olika strategier tillämpliga på äldre hus. Exempel på lämpliga kombinationer av närliggande åtgärder kan vara:

- injustera värme- och ventilationssystem. Förse värmesystemet med termostatventiler samt motorshunt med utegivare och framledningskännare
- värmeåtervinning, i första hand med frånluftsvärmepump
- individuell mätning och debitering av energi- och vattenanvändning
- tilläggsisolering av vindsbjälklag och temperaturreglering
- tilläggsisolering av vindsbjälklag, tätning av byggnad samt injustering av ventilationssystem.

Exempel på långtgående åtgärder är byte till nya energieffektiva fönster och ökad väggisolering. Dessa åtgärder kan endast motiveras när fönster och fasad ändå måste bytas till exempel vid rötangrepp.

Uppföljning och kvalitetssäkring

Uppföljning av byggnaders energiprestanda och innemiljökvalitet 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 normkraven, om man exempelvis når 30 procent lägre energianvändning. Offentliga bidrag bör ges först sedan beräknade värden har verifierats och uppfyllts, jämför med miljöbilspremien. Det skulle innebära ökade satsningar på goda lösningar såväl i projekterings- som produktionsskedena samt att uppföljning verkligen görs. Då finns det också ett underlag för erfarenhetsåterföring som kan medföra stora vinster. Partnering, funktionsentreprenad och förtroendeentreprenad är i sammanhanget lämpliga entreprenadformer.

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

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

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

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

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

Resultatsammanfattning

Erfarenheter från ett antal genomförda undersökningar i flerbostadshus har analyserats och sammanställts i detta projekt. Därvid har olika huskroppar, lösningar och förhållanden studerats. Någon enhetlig metodik för utvärdering har inte använts i de granskade undersökningarna, vilket försvårar jämförelser mellan dem. Likaså är det oftast mer än en parameter som varierar mellan områdena, vilket försvårar jämförelserna ytterligare. Klart är emellertid att rätt utfört energisparande ger varken innemiljöproblem eller byggskador. Resultaten från det genomförda projektet visar bland annat att:

- Energisparpotentialen i såväl äldre som nyare flerbostadshus kan uppgå till 50 procent.
- Skillnaderna i energianvändning och innemiljö är avsevärda mellan olika tekniska utformningar. Det finns tekniska lösningar som kan spara flera tiotal procent energi med bibehållen innemiljö utan högre produktionskostnad.
- Brukarvanor, arbetsutförandets och förvaltningens kvalitet kan ha stor inverkan. I två områden med likartad teknisk lösning kan den 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). Energianvändningen 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 till exempel 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 golvarea, A_{temp} med mera. Den specifika energianvändningen (per ytenhet) kan, beroende på använt areabegrepp, påverkas med flera tiotal procent.
  - ❍ Oklarheter i fråga om energiuppgifter till exempel 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 etcetera.
  - ❍ 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 innemiljön kräver enhetliga och tillförlitliga metoder för kvalitetssäkring och uppföljning. I rapporten beskrivs flera praktiskt inriktade metoder för kvalitetssäkring och uppföljning som kraftigt kan minska driftkostnaderna. ■

Referens

Harrysson, C (2009). *Variationer i energianvändning och innemiljökvalitet. Erfarenheter och rekommendationer*. Örebro universitet, Studies from the school of science and technology, Nr 5, June 2009, Örebro. Rapporten kan laddas ner som pdf-fil på www.oru.se/nt.