



Ombyggnad av befintliga bostäder till lågenergihus

Kristina Fyhr, Monica Axell, Svein Ruud, Per Ingvar Sandberg

Ombyggnad av befintliga bostäder till lågenergihus

Kristina Fyhr, Monica Axell, Svein Ruud,
Per Ingvar Sandberg

Förord

Rapporten har skrivits för forskningsrådet Formas med syfte att belysa olika energi-effektiviserande åtgärder som är aktuella för att bygga om en bostad, en- eller flerfamiljs-
hus, till ett lågenergihus. Rapporten riktar sig främst till personer med begränsad kunskap
och erfarenhet av området.

Arbetet har genomförts av SP Energiteknik. Vi vill även tacka alla andra som har hjälpt
till med rapporten med material och synpunkter.

Borås juni 2009

Kristina Fyhr, Monica Axell, Svein Ruud, Per Ingvar Sandberg
SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Sammanfattning

Byggnadssektorn står för ungefär 40 procent av energianvändningen i Europa, och ungefär samma förhållande gäller även för Sverige. För att minska den totala energianvändningen och därigenom även koldioxidutsläppen måste effektiviseringsåtgärder på flera områden genomföras. Inom byggnadssektorn finns en stor potential för energieffektivisering eftersom åtgärder för det befintliga bostadsbeståndet har större omedelbar effekt än förbättringar som sker för de hus som byggs idag. Rapporten går igenom åtgärder för att minska energianvändningen inom sektorn genom att bygga om befintliga bostäder till hus med låg energianvändning, lågenergihus. Energieffektivisering som begrepp används flitigt i rapporten i betydelsen minskad energianvändning med bibehållen eller ökad nytta avseende termiskt komfort, luftkvalitet, bekvämlighet osv. Energieffektivisering är i allmänhet inte samma sak som energisparande eller energihushållning, där nyttan även kan tillåtas minska.

För att bygga om en befintlig bostad till ett lågenergihus krävs ofta långtgående åtgärder både på klimatskärm och installationer. Åtgärder på klimatskärmen innefattar åtgärder på tätskikt, tak och vind, fasad, fönster och dörrar samt grund. Ett väl fungerande tätskikt är en förutsättning för att få ett hus med låg energianvändning. Dessutom ger det lägre risk för problem med fukt, bra termiskt komfort samt ökad luftkvalitet (förutsatt att ventilationen är rätt dimensionerad). En vanlig åtgärd för att minska energiförlusterna i ett hus är att tilläggsisolera tak eller vind. Åtgärden bör dock utföras med försiktighet eftersom det finns risk för att bygga in problem i huset med fukt och mögel. Anledningen är att den nya miljön på vinden efter tilläggsisolering blir kallare, och den fukt som finns i luften som kommer upp från huset genom vindbjälklaget kondenserar på bjälkar och kan orsaka mögel. Fasaden skall fungera som en skyddande barriär mot omvärlden genom att stänga ute bland annat regn, fukt, kyla och vindar. Många hus har lite isolering i ytterväggarna, vilket gör att värmeförlusten genom fasaden blir onödigt stor. I så fall kan det finnas anledning till att tilläggsisolera för att minska erforderlig energi för uppvärmning. Det som avgör hur ekonomiskt fördelaktig åtgärden är beror av flera faktorer; vilken energibesparing som den extra isoleringen skulle resultera i, vilket skick den nuvarande fasaden är i, och om den ändå måste göras om på grund av skador, fukt etc. Fönster och dörrar är ofta en svag punkt i husets konstruktion. Hus med äldre fönster och dörrar har ofta höga energiförluster, och för att minska dessa kan det i vissa fall vara befogat att byta ut hela fönstret mot ett nytt. Beroende på skicket av fönstren kan det i vissa fall räcka med att komplettera och renovera det befintliga fönstret med en extra ruta, eller byta ut en av glasrutorna till en mer energieffektiv. Husets grund har främst fyra uppgifter; bära upp byggnadens stomme, hålla fukt och radon borta, samt i vissa fall även bidra till husets isolering. Beroende på vilken typ av grund som huset står på finns olika metoder för tilläggsisolering. Oavsett metod är det viktigt att tilläggsisoleringen sker på ett korrekt sätt för att minimera risken för framtida problem med fukt och mögel.

Installationer är en viktig del i ett hus och genom att förbättra och effektivisera dessa system går det att spara mycket energi. Exempel på installationer som finns i ett hus är uppvärmningssystem, värmedistributionssystem, ventilationssystem, styr- och regler-system samt tappvarmvattensystem. Även elinstallationer har en betydande inverkan på huset och dess funktion. För att huset och dess boende skall må bra, är det viktigt att dessa system fungerar tillfredställande och är anpassade till varandra. Energieffektiviseringspotentialen för ett effektivare uppvärmningssystem är mindre i ett välisolerat och tätt hus. Det som bestämmer hur mycket energi som behövs för att värma upp en byggnad är vilken rumstemperatur som vill bibehållas, klimatskalets prestanda, byggnadens placering, utomhusklimatet, samt även vilka vanor de boende i huset har avseende vädring, användning av elutrustning etc. Byte av uppvärmningssystem kan dock minska energianvändningen om ett mer energieffektivt alternativ väljs såsom exempelvis en värmepump eller ett bibränslesystem i kombination med sol. Andra drivkrafter för att

byta systemlösning i fastigheten kan vara att man önskar ett mer driftsäkert eller flexibelt system. För att distribuera värmen inom en bostad används ett distributionssystem och som värmedistributionssystem är vattenburen värme att föredra. Orsaken är att systemet som sådant är flexibelt vad gäller värmekälla, och det går att byta uppvärmningskälla utan att behöva byta ut hela distributionssystemet. Direktverkande el bör således bytas ut eller kompletteras för att få ett flexiblere system. Det finns ett flertal potentiella alternativ, varav luftburen värme med luft/luft-värmepump är ett som minskar energianvändningen till en låg investeringskostnad jämfört med byte till ett vattenburet distributionssystem. Underhåll och injustering är viktigt för att distributionssystemet skall fungera väl och ha låga driftskostnader. Ventilationssystemets uppgift är att transportera ut föroreningar och fukt från huset. Det är viktigt att detta fungerar väl för att komforten/inomhusluften skall upplevas som fullgod av de boende. Många äldre ventilationssystem uppfyller ofta inte dagens krav på innemiljö, luftflöden och energieffektivitet. Beroende på vilken typ av ventilation som finns installerad, finns olika möjligheter för energieffektivisering. Vissa ventilationssystem går att komplettera med någon typ värmeåtervinning, antingen för att förvärma tilluften i en värmeväxlare (så kallat FTX-system) eller med hjälp av en från-luftsvärmepump. Med ett FTX-system kan ventilationsförlusterna minskas med upp till 80 %. För att detta system skall vara riktigt effektivt krävs det att byggnadsskalet är ordentligt tätt så att inte varm luft från huset läcker ut genom byggnadsskalet utan att först värmeväxlas mot den kalla uteluften. Ett styr- och reglersystem är ett system som styr och reglerar värmen och i många fall även ventilationen i en byggnad. Ett första steg för att minska energianvändningen är att investera i ett styr- och reglersystem om ett sådant inte finns installerat sedan tidigare. Om ett system redan finns installerat bör det kontrolleras att det fungerar tillfredställande och vid behov bör en injustering göras, alternativt köpa in ett nytt. Vanliga åtgärder för att minska energianvändningen är nattsänkning och närvarostyrning av inomhustemperatur och ventilation. Varmvatten i en bostad används för personlig hygien, diskning, etc. Hur mycket energi som går åt för varmvattenproduktionen är starkt kopplad till den mängd varmvatten som förbrukas, men även rör-förluster och beredarförluster har viss betydelse. För att minska energianvändningen för varmvattenberedning är det enklaste sättet att minska användningen. Tekniska lösningar för att minska varmvattenanvändningen är bl.a. byte av tappvarmvattenarmaturer samt installation av perlatorer. Installation av effektivare varmvattenberedare kan minska energianvändningen för uppvärmning av tappvarmvatten ytterligare. Elutrustningen står för en betydande del av den totala energianvändningen i ett hushåll och för att minska energianvändningen är det viktigt att alltid välja bästa möjliga teknik vid byte av el-produkter. Det kan skilja en hel del i energianvändning mellan de bästa och sämsta produkterna på marknaden.

Avslutningsvis kan konstateras att det finns många möjliga åtgärder att införa för att minska energianvändningen i en bostad, men vilka som är bäst beror på vilka förutsättningar som finns. Ett allmänt råd är dock att alltid välja bästa tillgängliga teknik vid byte samt att tänka igenom möjliga konsekvenser av en förändring innan, för att minimera risken för framtida problem. *Dessutom har varje bostad unika förutsättningar så det är viktigt att studera bostaden i ett systemperspektiv.* Ofta ger en kombination av åtgärder bäst resultat. Exempel på detta är installation av värmepump samtidigt som klimatskärmen förbättras. Energibehovet minskas då och värmepumpen kan arbeta vid en lägre framledningstemperatur vilket ger högre COP. Ett annat exempel är installation av FTX-ventilation som med fördel kombineras med åtgärder för att förbättra klimatskalets täthet, såsom bättre väggar och/eller fönster. Orsaken är att luften från huset då till största del går genom aggregatet och värmeväxlas och inte genom otätheter i klimatskärmen. *Sist men inte minst har beteendet en obestridlig inverkan på energianvändningen och genom ökad medvetenhet om sitt eget beteende och tillämpning av kunskaperna finns en betydande potential för energibesparingar.* Målgruppen för rapporten är i första hand personer med begränsade kunskaper och erfarenheter inom området.

Innehållsförteckning

	Förord	i
	Sammanfattning	ii
	Innehållsförteckning	iv
1	Inledning	1
1.1	Bakgrund	2
1.2	Syfte	2
1.3	Avgränsningar	2
1.4	Definitioner	3
2	Bostäders utformning och egenskaper	6
2.1	Byggnadskonstruktion	6
2.2	Energiflöden	8
2.3	Energianvändning	11
2.3.1	Enfamiljshus	12
2.3.2	Flerfamiljshus	15
3	Krav och definitioner	17
3.1	Standarder	17
3.2	Lågenergihuskoncept	18
3.2.1	Minienergihus	18
3.2.2	Passivhus	19
3.2.3	Nollenergihus	20
3.2.4	Plusenergihus	20
4	Konvertering av enfamiljshus	21
4.1	Åtgärder av klimatskärm	21
4.1.1	Tätskikt	22
4.1.2	Tak och vind	23
4.1.3	Fasad	24
4.1.4	Fönster och dörrar	25
4.1.5	Grund	27
4.2	Åtgärder av installationer	29
4.2.1	Uppvärmningssystem	29
4.2.2	Värmedistributionssystem	33
4.2.3	Ventilationssystem	34
4.2.4	Styr- och reglersystem	36
4.2.5	Tappvarmvatten	37
4.3	Åtgärder av elutrustning	38
5	Konvertering av flerfamiljshus	42
5.1	Åtgärder av klimatskärm	42
5.1.1	Tätskikt	42
5.1.2	Tak och vind	42
5.1.3	Fasad	42
5.1.4	Fönster och dörrar	43
5.1.5	Grund	43
5.2	Åtgärder av installationer	43
5.2.1	Uppvärmningssystem	43
5.2.2	Värmedistributionssystem	44

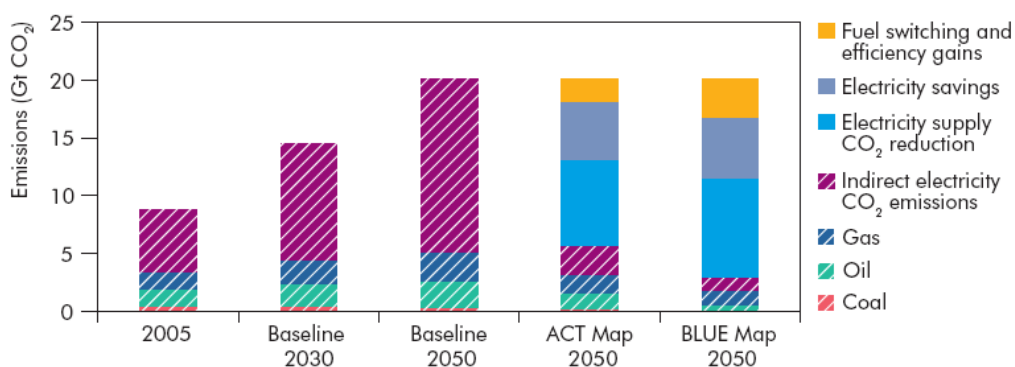
5.2.3	Ventilationssystem	44
5.2.4	Styr- och reglersystem	45
5.2.5	Tappvarmvatten	45
5.3	Åtgärder av elutrustning	46
6	Jämförelse mellan en- och flerfamiljshus	47
6.1	Enfamiljshus	47
6.2	Flerfamiljshus	50
6.3	Skillnader mellan en- och flerfamiljshus	52
7	Slutsatser	54
	Referenser	55

1 Inledning

Byggnadssektorn står för ungefär 40 procent av energianvändningen i Europa, och ungefär samma förhållande gäller även för Sverige. Ur ett europeiskt perspektiv importeras en stor del av den totala energin, och genom att minska den totala energianvändningen, kan länderna samtidigt bli mer självförsörjande. Detta är bakgrunden till det direktiv – Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) – som skall verka för att minska energianvändningen på europeisk nivå. EPBD implementerades i svensk lag 2006 och ansvarig för genomförandet är Boverket, medan kommunen är tillsynsmyndighet. I EPBD ingår följande direktiv:

”Vid åtgärder för att ytterligare förbättra byggnaders energiprestanda bör klimatförhållanden och lokala förhållanden beaktas samt även inomhusklimat och kostnadseffektivitet. Åtgärderna bör inte strida mot andra väsentliga krav på byggnader som tillgänglighet, varsamhet och byggnadens avsedda användning.”
(EUR-Lex 32002L0091)

Enligt Figur 1 skall en stor del av de minskade koldioxidutsläppen komma från effektiviseringsåtgärder. Figuren är hämtad från IEA, International Energy Agency, Energy Technology Perspective 2008. Studien visar att energieffektivisering generellt kan göras till en låg och i vissa fall till och med till en negativ kostnad. Baseline scenariot innebär att energiprestandan i bostäder kvarstår på dagens nivå, vilket innebär att koldioxidutsläppen kommer att öka dramatiskt fram till 2050. Slutsatsen är att det krävs kraftfulla åtgärder inom byggsektorn för att klara framtida energi- och miljömål. Energieffektiviseringsåtgärderna kommer att behöva genomföras inom ett flertal områden för att få den effekt, minskade koldioxidutsläpp som eftersöks. Inom byggnadssektorn finns stor potential och denna rapport kommer att gå igenom åtgärder för att minska energianvändningen inom sektorn. Energieffektivisering som begrepp kommer att användas flitigt i betydelsen minskad energianvändning med bibehållen eller ökad nytta avseende termiskt komfort, luftkvalitet, bekvämlighet osv. Energieffektivisering är i allmänhet inte samma sak som energisparande eller energihushållning, där nyttan även kan tillåtas minska.



Note: Emission reductions due to increased use of heat pumps are considered part of fuel-switching and efficiency gains.

Key point

Electricity savings dominate CO₂ reductions.

Figur 1. Olika framtidsscenarier för koldioxidemissioner.

1.1 Bakgrund

Klimatförändringarna tillsammans med en ökad medvetenhet om desamma driver utvecklingen mot lägre energianvändning i bostäder, energieffektivisering. I takt med detta uppdateras reglerna för nybyggnation av bostäder med nya och hårdare krav gällande energianvändningen, och kanske kommer snart även hårdare krav vid ombyggnation. Många äldre bostäder är dessutom snart i behov av omfattande renoveringar/underhåll vilket gör det intressant att samtidigt göra energieffektiviseringar för att minska energianvändningen och kostnaderna på lång sikt. Totalt sett behöver cirka 60 procent av det svenska flerbostadsbeståndet genomgå renovering de närmaste tio åren. Utav dessa ingår 750 000 lägenheter som byggdes under miljonprogrammet och cirka 800 000 som byggdes under de två decennierna före det (Statens Offentliga Utredningar 2008). Många av dessa hus har liknande eller till och med identisk konstruktion eftersom det ofta uppfördes hela områden med enhetliga byggnader under miljonprogrammet. Därför är det intressant att även titta närmare på helhetslösningar inte bara för ett enskilt objekt utan för ett flertal typobjekt med liknande förutsättningar/konstruktion. Detta skulle i så fall minska kostnaderna samtidigt som projekteringen kan göras grundligare för att undvika framtida problem med fukt, mögel etc. Dessutom kan gemensamma upphandlingar av produkter göras, vilket ytterligare kan sänka kostnaderna för investeringarna. Ytterligare drivkrafter för ombyggnation av en befintlig bostad till ett lågenergihus är de stigande energipriserna. Samtidigt ökar efterfrågan på de tillgängliga energikällorna, i allt snabbare takt. Tillgången på de fossila källorna minskar, samtidigt som användandet av dessa begränsas på grund av kopplingen till den tidigare nämnda klimatförändringen. De förnybara källorna hinner inte utvecklas i samma takt för att kompensera bortfallet av de fossila källorna vilket gör att energieffektivisering är en viktig del för att minska energianvändningen. I slutändan är det dock ägarens personliga eller allmännyttiga planer som styr de energieffektiviserande åtgärder som utförs på bostaden. Detta kan i sin tur påverkas genom en rad olika faktorer, såsom politiska beslut, bidrag, energipriser, kunskap, etc.

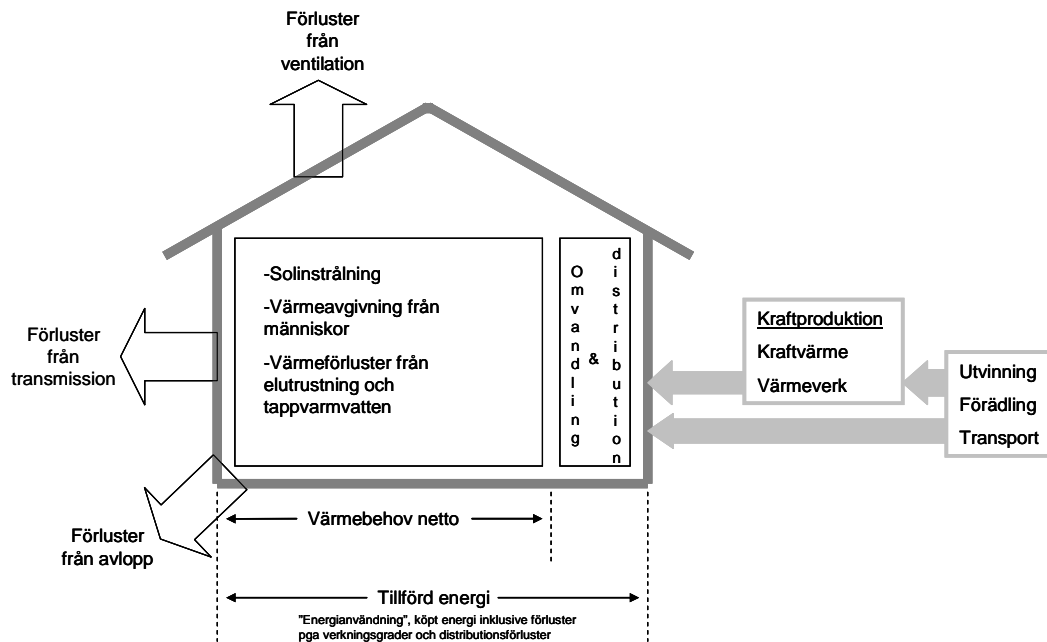
1.2 Syfte

Syftet med rapporten är att ge ägare och förvaltare till en- och flerfamiljshus och politiker information om möjliga åtgärder för att minska energianvändningen. För varje energieffektiviserande åtgärd presenteras även potential och möjliga barriärer för åtgärden.

1.3 Avgränsningar

I denna rapport är det enbart bostäder, det vill säga enfamiljs- och flerfamiljshus som beaktas, lokaler beaktas ej. Denna rapport sammanfattar endast lösningar för att bygga om till en energieffektivare bostad och omfattar inte ombyggnation av bostadens invändiga utrustning, elinstallationer, stambyten etc. som är nog så viktiga för bostadens funktion. Det går inte heller igenom i detalj hur ombyggnationen ska utföras utan endast möjliga åtgärder. Inte heller kostnader förknippade med åtgärderna redovisas eftersom dessa kan variera kraftigt. Variationerna i kostnader beror på att ägaren i varje fall har olika förutsättningar vad gäller investeringsutrymme, prisvariationer, lokala faktorer samt klimat. Det är dessutom endast tekniska åtgärder som tas upp i denna rapport, exempelvis information till brukarna som leder till ett förbättrat brukarbeteende studeras endast ytligt.

Med energieffektiva åtgärder åsyftas endast åtgärder för att minska energianvändningen inom systemgränsen, se tillförd energi i Figur 2. Åtgärder på de system som förser byggnaden med energi studeras således inte, även om potentialen för energieffektivisering där är hög.



Figur 2. En byggnads uppvärmningsbehov.

1.4 Definitioner

I det följande definieras begrepp och förkortningar. Flertalet av begreppen kommer att användas fortlöpande i rapporten, men en del av orden och beskrivningarna är enbart till för utbildningssyfte.

Annuitetslån:	Ett lån vars betalningar (ränta plus amortering), sker med lika stora belopp tills det att lånet är återbetalt.
A_{temp} :	Summan av invändig area avsedd att värmas till mer än 10°C för respektive våningsplan, enhet m ² (Boverket 2008).
BOA, BOArea:	Definieras som den bruksarea helt eller delvis ovan mark som är avsedd för boende (Boverket 2004).
Boverkets ByggRegler, BBR:	Detaljerade föreskrifter gälland ny- och tillbyggnation utgivna av Boverket.
Ekonomisk livslängd:	Tidsperiod under vilken en anläggningstillgång eller produkt är ekonomiskt lönsam. Jämför med teknisk livslängd.
Enfamiljshus:	Definieras som ett hus avsett för en familj. I statistik från Energimyndigheten presenteras oftast småhus, vilket är både en- och tvåbostadshus, det vill säga inte helt synonymt med enfamiljshus.
Fastighetsel:	Den el som används för att driva de centrala systemen i ett hus, exempelvis centrala system för uppvärmning och ventilation inklusive fläktar, pumpar och dylik utrustning (Boverket 2008). I

flerbostadshus räknas även drift av olika servicefunktioner såsom hissar, tvättstugor och allmän belysning till fastighetsel (Berglund 2007).

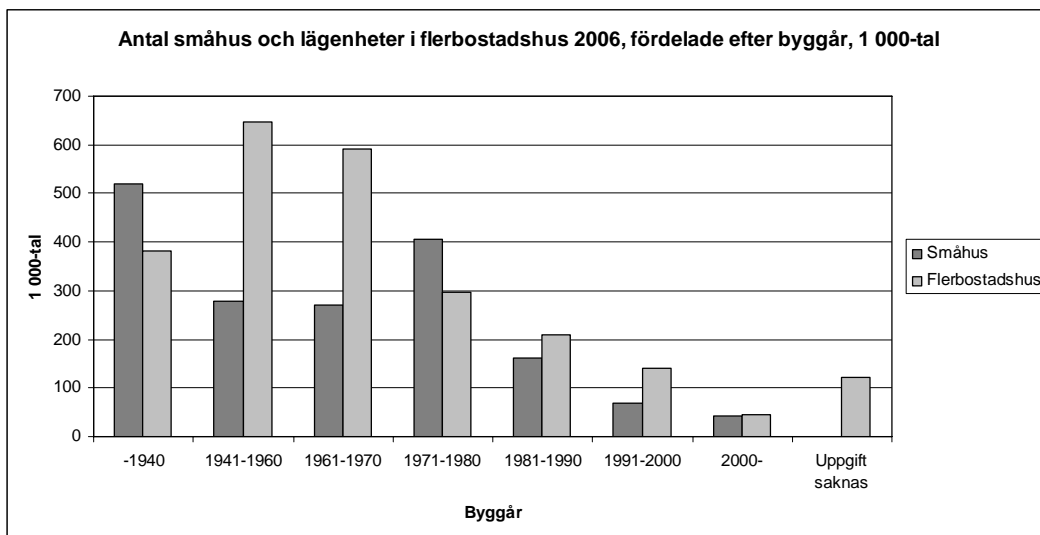
Flerbostadshus:	Definieras som en bostad avsedd för minst tre familjer, förutsatt att boarean är större än en eventuell lokalarea. Se även flerfamiljshus (Berglund 2007).
Flerfamiljshus:	Definieras som en bostad avsedd för två familjer eller fler, förutsatt att boarean är större än en eventuell lokalarea. Se även flerbostadshus (Berglund 2007).
Hushållsel:	Den el som används inom hushållet för exempelvis kyl, frys, spis, tvättmaskin, torktumlare och andra hushållsmaskiner, belysning, TV, datorer samt annan hemelektronik och dylikt (Boverket 2008). Ibland redovisas även viss el för uppvärmning och ventilation, d.v.s. fastighetsel som hushållsel, eftersom det i praktiken är svårt att särskilja dessa åt.
Klimatskal:	Benämns även klimatskärm och är de delar av en byggnad som utgör gränsen mellan inom- och utomhus. Utgörs huvudsakligen av tak, grundläggning, väggar, fönster och dörrar.
Köpt energi:	Se levererad energi. Som köpt energi räknas även exempelvis tillgång till egen ved, även om den inte har någon kostnad.
Levererad energi:	Benämns även som köpt energi och avser den energi som tillförs byggnaden utifrån och används för byggnadens energianvändning för uppvärmning, varmvatten och ventilation, exempelvis levererad el, olja, fjärrvärme, ved etc. Den levererade energin skiljer sig ofta från den energi som krävs för exempelvis byggnadens uppvärmning eftersom även verkningsgrader samt distributions- och omvandlingsförluster räknas in (Berglund 2007). Hushållsel och verksamhetsel räknas inte som levererad energi, och inte heller energi levererad från solfångare och solceller som finns på byggnaden eller dess tillhörande fastighet. Ej heller levererad värme från bergvärmehål eller dylikt.
LOA, LokalArea:	Definieras som den bruksarea avsedd för annat ändamål än boende, eller sidofunktioner till byggnader eller för byggnadens drift eller allmänna utrymmen (Boverket 2004).
Normalårskorrigerig:	Används för att jämföra energianvändning mellan olika tidsperioder med olika utomhustemperaturer.
Småhus:	Definieras som ett hus avsett för en eller två familjer. Se även enfamiljshus.
Specifik fläkteffekt, SFP-värde:	Summan av den elenergi som åtgår för att driva samtliga fläktar som ingår i byggnadens ventilationssystem dividerat med det största tilluftsflödet eller frånluftsflödet, enhet W/(l/s) eller kW/(m ³ /s) (Boverket 2008).

Teknisk livslängd:	Tidsperiod under vilken en byggnad eller produkt kan utnyttjas för avsedd funktion, läs vidare om ekonomisk livslängd.
Transmission:	Samlingsnamn för tre olika typer av värmeöverföring; värmeledning, konvektion och strålning.
Verksamhetsel:	Den el (eller annan energi) som används för verksamheten i lokaler. Exempel på detta ä belysning, datorer, kopiatorer, TV samt andra apparater för verksamheten samt spis, kyl och frys och andra hushållsmaskiner och dylikt (Boverket 2008).
Värme genomgångskoefficient, U-värde:	Ger ett mått på hur bra en konstruktionsdel är på att bromsa värme flödet genom materialet, anges i enheten $W/m^2, K$. Ett U-värde på $1,0 W/m^2, K$ för ett fönster innebär att fönstret "läcker" $1,0 W$ per m^2 för varje grads temperaturskillnad mellan ute och inne. Således isolerar en byggnadsdel bättre med ett lågt U-värde.
Ψ -värde, psi-värde:	Är ett sätt att ange en köldbryggas värmeisolerande förmåga, anges i enheten $W/m, K$. Ett Ψ -värde på $1 W/m, K$ betyder att $1 W$ värme transporteras ut genom en köldbrygga som är en meter lång vid en grads temperaturskillnad mellan köldbryggans inne- och utesida.

2 Bostäders utformning och egenskaper

I bostadsbeståndet i Sverige finns totalt 397 miljoner m² bostadsarea, varav 55 % utgörs av småhus och resterande 45 % av flerbostadshus (SCB 2009; SCB 2009). Åldersfördelningen på dessa bostäder åskådliggörs i Figur 3. Av Figur 3 framgår att majoriteten av de bostäder som finns idag är av äldre årgång, och flertalet av dessa står i nuläget inför omfattande renovering och upprustning. Detta är således ett perfekt läge för att även bygga in energieffektiva lösningar. Men det är viktigt att det görs rätt från början för att minimera kostnaderna vid ombyggnation och samtidigt minimera riskerna för framtida problem. Det är även viktigt att inte bygga fast sig i en ny systemlösning, exempelvis el radiatorer.

Av de bostäder som finns idag är en stor del, över 20 procent byggda under slutet av 60-talet och början på 70-talet, som ett resultat av det så kallade miljonprogrammet. Som namnet antyder var målet att bygga en miljon nya bostäder, både en- och flerfamiljshus under en tioårsperiod, 1965-1974 (Hall 1999). Bakgrunden till miljonprogrammet var att bostadsbristen var extremt hög efter 2:a världskriget, samtidigt som bostadsstandarden var låg. Många av de bostäder som byggdes under miljonprogrammet var av liknande



Figur 3. Antal 1000-tal småhus och flerbostadshus uppdelade efter byggår (SCB 2007; SCB 2007).

karaktär och det byggdes hela områden, ofta i utkanten av städer, med hus med liknande utseende. Eftersom ett så stort antal bostäder byggdes samtidigt kunde projektering samordnas vilket gjorde att byggnadskonstruktionen kunde optimeras. Åtgången av material kunde därmed minskas med lägre byggnadskostnader som följd. När det nu är aktuellt med renoveringar av dessa bostäder skulle speciella åtgärdsprogram kunna skräddarsys för just dessa hus. En nackdel är att det i många fall är svårt eller till och med omöjligt att belasta huskonstruktionen med ytterligare last t.ex. på fasad eftersom konstruktionen helt enkelt inte klarar det. Vid ombyggnation ställs ofta specifika krav på ny utformning av infästningar mellan t.ex. fönster och vägg för att inte bygga in framtida problem med fukt, mögel, köldbryggor etc. Dessa lösningar skulle kunna bli bättre om det lades ned tid och resurser från början på en omsorgsfull projektering.

2.1 Byggnadskonstruktion

En byggnads tidskonstant, τ_b är ett mått på den tid det tar för byggnadens innetemperatur att svara på en hastig temperaturförändring utomhus eller någon annan

snabb förändring såsom avbrott i värmeförseln. Tidskonstanten beräknas enligt följande:

$$\tau_b = \frac{\sum (m_i \cdot c_i)}{\sum (U_j \cdot A_j) + \sum (l_k \cdot \psi_k) + \rho \cdot c \cdot q_{vent} (1 - v) \cdot d + \rho \cdot c \cdot q_{läck}} \quad [\text{s}]$$

$\sum (m_i \cdot c_i)$	byggnadsdelarnas värmekapacitet, för alla skikt som ligger innanför isoleringsskiktet, [J/K]
$\sum (U_j \cdot A_j)$	summan av transmissionsförluster med hänsyn till invändiga ytan, A_j , mot uppvärmd luft, [W/K]
$\sum (l_k \cdot \psi_k)$	summan av köldbryggornas effekter, vilka beräknas med hjälp av den linjära värmegenomgångskoefficienten, ψ_k , och köldbryggans längd, l_k , [W/K]
$\rho \cdot c \cdot q_{vent} (1 - v) \cdot d$	värmeeffektörluster pga. ventilation med hänsyn till systemets verkningsgrad, v , och relativ drifttid, d , [W/K]
$\rho \cdot c \cdot q_{läck}$	värmeeffektörluster pga. luftläckning, [W/K]

(Forum för Energieffektiva Byggnader 2008)

En byggnad med en hög tidskonstant innebär att det tar lång tid för byggnaden att svara på förändringen, vilket beror av flera faktorer:

- Byggnadsdelarnas värmekapacitet
- Transmissionsförluster
- Köldbryggor
- Värmeförluster pga. ventilation
- Värmeförluster pga. luftläckning

Byggnadsdelarnas värmekapacitet bestämmer hur stor energimängd som kan lagras i byggnadskonstruktionen. En byggnad som kan lagra en stor mängd energi är således energieffektiv, eftersom värme under dagen lagras i byggnadskonstruktionen, för att under natten kunna avge den upplagrade energin (värmen) tillbaka till huset. Övertemperatur som annars skulle behöva vädras ut eller aktivt kylas tas istället upp av byggnadsdelarna, vilket ger en jämnare temperatur i byggnaden och ett behagligare inomhusklimat. Detta förutsätter att de boende accepterar en viss variation i temperatur samt att byggnadsdelarna, exempelvis golvet inte skärmas av med mattor eller dylikt eftersom det försämrar lagringen av värmeenergin. En byggnad med hög värmekapacitet är dock direkt olämplig för sänkning av temperatur under kortare perioder såsom nätter och helger. Detta eftersom byggnaden reagerar väldigt trögt och temperatursänkningen infaller för sent. För att denna typ av reglering skall kunna användas krävs mycket god framförhållning.

Transmissionsförluster är den energimängd som går förlorad genom byggnadens material på grund av värmeledning, konvektion och strålning. Storleken av transmissionsförlusterna står i proportion till U-värdet på de ingående byggnadsdelarna och den invändiga arean som är i kontakt med den uppvärmda inomhusluften. En indikation på hur mycket energi en byggnad kräver, ges av den omslutande arean, A_{om} i förhållande till den uppvärmda arean A_{temp} , den så kallade formfaktorn. På senare år har trenden gått mot att formfaktorn har ökat eftersom hus med ny arkitektur ofta har högt i tak, burspråk etc.,

medan hus från miljonprogrammet ofta har en mer fördelaktig formfaktor. Med en hög formfaktor ökar förlusterna genom klimatskalets yta eftersom ytan är större än erforderligt samtidigt som ofta även fönstrens yta är stor. Fönstrens storlek har stor betydelse eftersom U-värdet för dessa är cirka 5 gånger sämre än för väggen.

Köldbryggor är en försvagning i klimatskalet med högre värmeförluster än övriga delar i klimatskalet. De ökade värmeförlusterna beror på att ett material med relativt hög värmekonduktivitet såsom stål eller betong lokalt bryter igenom ett material med bättre isolering. Köldbryggorna ger en låg temperatur på innerytan och kan medföra kondensation och kallras. Köldbryggor förekommer vanligen runt fönster och dörrar, vid infästning av balkonger, vid yttre vägghörn samt i anslutningar mellan vägg och bjälklag (Jimmy Svensson and Andreas Westberg 2006).

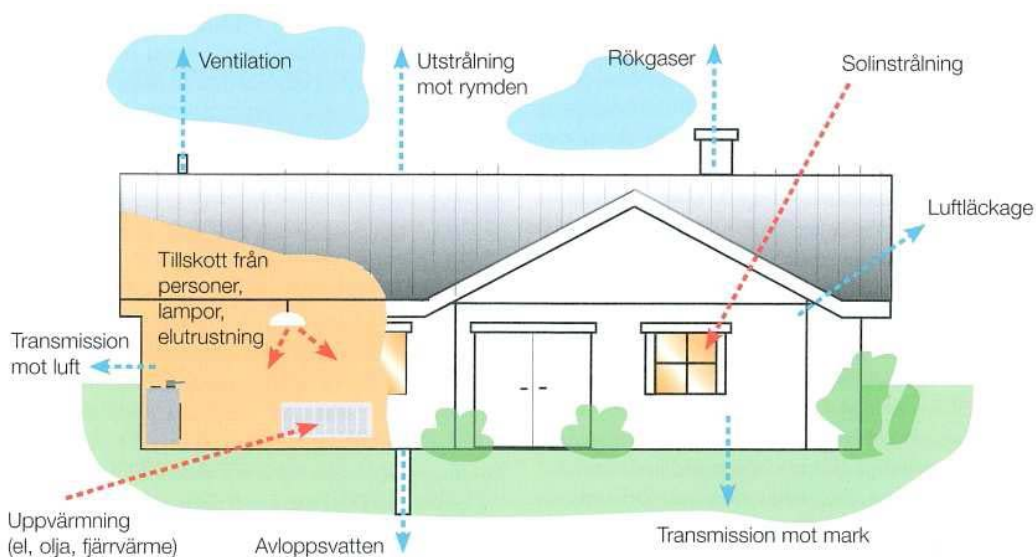
Värmeförluster pga. ventilation är den värme som går förlorad när den varma inomhusluften ventileras ut och ersätts av kall uteluft utan att värmeväxlas (Jimmy Svensson and Andreas Westberg 2006).

Värmeförluster pga. luftläckning är den värme som går förlorad när varm inomhusluft läcker ut genom klimatskalet genom ofrivilligt läckage.

Dessa faktorer påverkar tidskonstanten olika, vilket gör att önskvärd tidskonstant kan erhållas på flera sätt. Till exempel kan en svagare del i konstruktionen, exempelvis köldbryggor eller värmeförluster pga. ventilation eller luftläckning vägas upp av en hög värmekapacitet hos byggnadsdelarna, eller tvärtom.

2.2 Energiflöden

I en byggnad sker ett ständigt utbyte av energi med dess omgivning. Dessa energiflöden går i båda riktningar över byggnadsskalet och är av både positiv och negativ art sett ur ett energiperspektiv, se Figur 4. Nedan följer en beskrivning av de olika energiflödena samt deras storleksordning.



Figur 4. Energiflöden i en byggnad (Wall 2006).

Förluster är alla de energiflöden som går ut från byggnaden:

- Ventilation
- Luftläckage
- Transmission mot luft

- Transmission mot mark
- Avloppsvatten
- Rökgaser

Ventilation för ut varm ”smutsig” luft ur byggnaden vilket är nödvändigt för att uppnå en acceptabel inomhusmiljö i byggnaden. Värmeförlusterna från ventilationen kan variera mellan 20 och 50 procent av de totala förlusterna från huset beroende på system (Ruud 2009). Ett ventilationssystem med värmeåtervinning, ett så kallat FTX-system har lägst förluster. Det är inte möjligt att bygga om alla typer av ventilationssystem till FTX-system för att minska förlusterna, för mer information om olika ventilationssystem läs vidare i avsnitt 4.2.3. En möjlighet om det finns ett mekaniskt frånluftssystem installerat är att installera en frånluftsvärmepump. Värmepumpen tar då vara på energin i frånluften och använder den för att bereda tappvarmvatten och i vissa fall även varmvatten för uppvärmning.

Luftläckage sker genom de otätheter som alltid finns i klimatskalet. Läckaget kan gå i båda riktningar, dels ut från huset med varm inomhusluft, dels in i huset med kall utomhusluft. I vilken riktning som flödet går beror på vilken tryckskillnad som föreligger mellan huset och dess omgivning. Ett undertryck i huset, det vill säga lägre tryck inne i huset än utanför, innebär att kall och torr utomhusluft ”sugs” in i huset. Med denna luft kan det även komma in partiklar, eller gaser såsom radon in i huset, dessutom kan det ge upphov till drag. Mer information om radon återfinns i 4.2.3. I det andra fallet då det är övertryck i huset, kan varm och fuktig luft inifrån huset ta sig ut i byggnadsskalet och riskera att skapa fukt och mögelproblem i konstruktionen. Värmeförluster pga luftläckning och fönstervädring kan uppgå till mellan 10-30 procent (Ruud 2009). Båda flödena har således negativa konsekvenser, även om undertryck i byggnaden är att föredra för att undvika fukt och mögel i konstruktionen. Den bästa lösningen för att slippa okontrollerat luftläckage både in och ut ur byggnaden är att bygga huset tätt, vilket även har andra positiva fördelar såsom lägre energianvändning. För mer information om fördelar med täta hus, se avsnitt 4.1.1. Det är dock viktigt att ventilationen fungerar tillfredställande även efter en eventuell lufttätning.

Transmission mot luft sker genom transport av värme genom byggnadsskalet. Drivkraften för transmissionen är den temperaturskillnad som finns mellan huskroppens insida och utsida. Ju större temperaturskillnad som råder mellan luften innanför huskroppens klimatskal och luften därutån och ju högre U-värdet är, desto större blir transmissionen av värme (Berglund 2007).

Transmission mot mark sker på samma sätt som transmission mot luft, och drivkraften är densamma – temperaturskillnaden mellan luften innanför huskroppens klimatskal och den omgivande marken (Berglund 2007). Den totala transmissionen mot både luft och mark står för 30-70% av den totala förlusten (Ruud 2009).

Avloppsvatten för med sig värme ut från huset och det är väldigt liten del som kommer huset till godo. Värmeförlusterna genom avloppet kan uppgå till mellan 20 och 40 procent av de totala värmeförlusterna och här finns en stor förbättringspotential (Ruud 2009).

Rökgaser ifrån panna, kamin eller annan eldstad för med sig varm luft ut ur huset genom en skorsten. För pannor som förbränner bränslen med hög fukthalt såsom biobränslen och avfall finns möjlighet till rökgaskondensering, där ytterligare värme hos rökgaserna tas tillvara och ger pannan en högre verkningsgrad. Detta används dock främst i större pannor. Rökgasförlusterna kan uppgå till mellan 10 och 20 procent av den tillförda energin till pannan (Rönnbäck 2009).

Bidrag till uppvärmning av byggnaden sker genom:

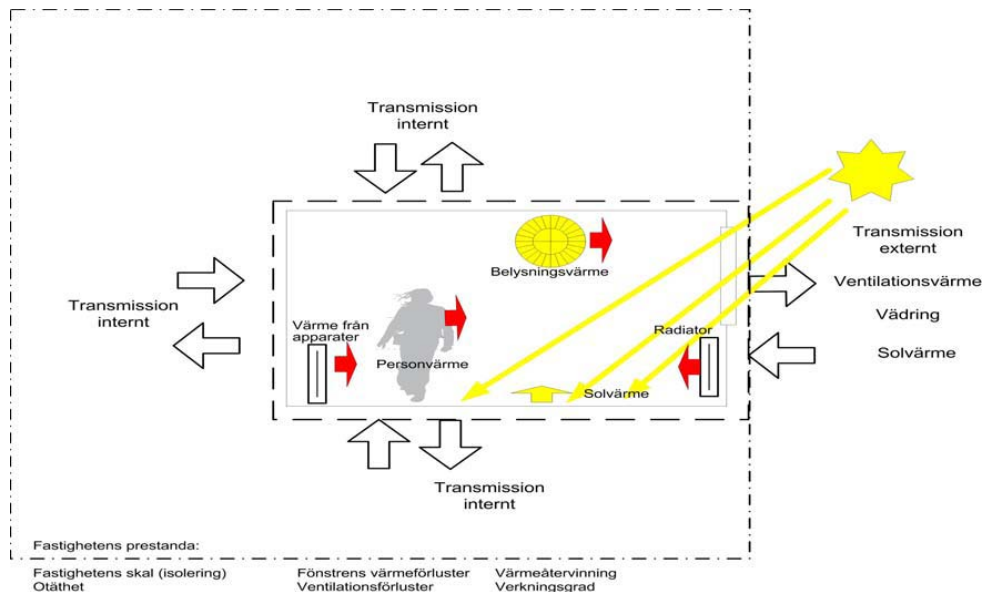
- Uppvärmning
- Solinstrålning
- Värmetillskott

Uppvärmning av byggnaden sker huvudsakligen genom radiatorer, fläktkonvektorer, luftburen värme, golv- eller takvärme. Radiatorer ger värme till byggnaden både genom strålning och konvektion. Fläktkonvektorer ger mestadels värme genom konvektion, medan golvvärme ger mestadels strålning. Luftburen värme är vanligt i s.k. passivhus då man tillför värmen genom uppvärmd tilluft. Då finns vanligen inte något annat uppvärmningssystem, mer än eventuellt golvvärme i badrum, golvvärme eller en extra radiator i utsatta utrymmen. Den uppvärmda tilluften tillförs i taket, vanligtvis med ett don som sprider luften längs taket, vilket gör att värmen lägger sig som en kudde i taket innan den blandas med luften i rummet och kyls ned och faller till golvet. För golvvärme värms luften närmast golvet upp först, sedan börjar den stiga uppåt och skapar omblandning av luften i rummet. Takvärme ger nästan enbart strålning, och eftersom det är främst luften närmast taket som värms upp sker ingen omblandning i rummet. Takvärme är således dåligt på att distribuera värmen i rummet.

Solinstrålning sker huvudsakligen genom fönster, men även genom byggnadsskalet och ger – om det används rätt – ett tillskott till värmeförsörjningen i huset. Sommartid kan dock solinstrålning orsaka problem med övertemperatur och det är då viktigt att installera solavskärmning för att minska behovet av vädring eller aktiv kylning med exempelvis ett kylsystem.

Värmetillskott sker från interna laster i byggnaden och kommer från människor, belysning, elektriska apparater etc. Värmetillskottet från dessa interna laster varierar kraftigt i storlek beroende på hur många som bor i huset, hur många elektriska apparater som finns i hemmet och hur de används, hur mycket belysning och vilken typ av lampor som används. Om värmetillskottet från de interna lasterna är väldigt stora finns risk för övertemperatur, i vart fall under sommartid. Ett välisolerat hus löper större risk för övertemperatur, om inte nödvändig solavskärmning finns installerad och används.

De ovan beskrivna energiflödena beskriver en byggnad generellt, och det som gäller för denna byggnad kan direkt överföras på ett enfamiljshus eller flerfamiljshus, dock med olika värden för förlusterna. För en del av ett hus, exempelvis en lägenhet i ett flerfamiljshus kan energiflödena se något annorlunda ut eftersom det oftast enbart är en del av lägenheten som är i kontakt med uteluften, se Figur 5. Dessutom samverkar lägenheten mer eller mindre med omgivande lägenheter. Det sker således även transmission internt mellan lägenheterna och hur stort utbytet av värme är beror av isolergrad i mellanväggar, golv, tak samt temperaturskillnaden mellan lägenheterna (Boverket 2008).



Figur 5 Energiflöden i en lägenhet i ett flerfamiljshus (Thomas Sandberg and Knut Bernotat 2008).

Förutom detta påverkar brukarbeteendet energiflödena och dess storlek i stor utsträckning. Exempelvis skiljer sig storleken på de olika energiflödena kraftigt mellan en användare som har många elektriska apparater och ingen solavskärmning i ett välisolerat och tätt hus, jämfört med en annan som har få elektriska apparater och erforderlig solavskärmning i ett oisolerat, otätt hus.

2.3 Energianvändning

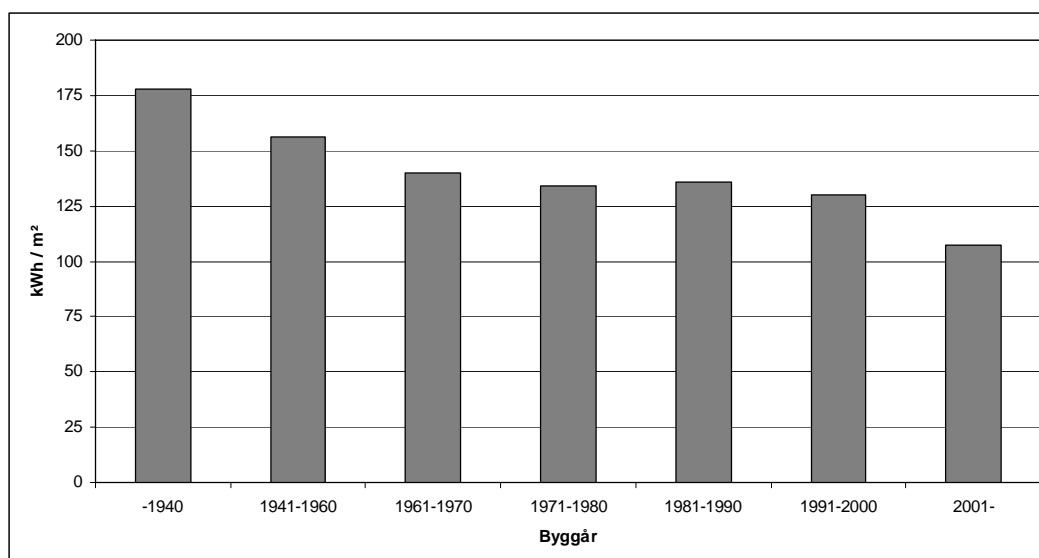
För att upprätthålla bra termisk komfort i en bostad, men även för att duscha, titta på tv, diska mm. krävs energi. Hur mycket energi som krävs för att göra detta beror av flera olika faktorer. Den första faktorn är bostadens konstruktion, hur huset är byggt, hur tätt det är, hur mycket isolering som finns, hur stor fönsteryta och ”kvalite” på dessa, etc. Den andra faktorn som påverkar energianvändningen är vilka system för uppvärmning av huset och varmvattnet som är installerat, egen förbränningspanna, värmepump, fjärrvärme, solvärme etc. Den tredje faktorn är de boendes eget beteende, det vill säga vilken innetemperatur de vill ha, hur många boende, hur ofta de är hemma, hur ofta de duschar alternativt badar i badkar, vädrar etc. Det finns ett flertal studier som visar stora skillnader i energianvändning mellan både likadana hus och lägenheter, som inte har några byggnadsrelaterade orsaker. Det är både energi för uppvärmning och el som påverkas av beteendet i stor grad. Undersökningar visar att en tredjedel av elanvändningen är beteendestyrd och att det finns en sparpotential på upp till 10 procent av den totala elanvändningen (Palmborg 1986).

Totalt inom sektorn bostäder och service år 2007 användes 143 TWh (normalårskorrigerat 149,9 TWh) energi, eller ungefär 35 procent av all använd energi i Sverige. Bostäder och service omfattar förutom bostadssektorn även lokaler (offentliga och kommersiella byggnader mm.), areella näringar och övrig service såsom gatu- och vägbelysning, avlopps- och reningsverk samt el- och vattenverk. För uppvärmning och varmvatten användes i bostäder och lokaler under år 2006 totalt 81,4 TWh, motsvarande 86 TWh normalårskorrigerat. Av detta användes 34,1 TWh i småhus och 26,1 TWh i flerfamiljshus. Totalt sett användes 19,5 TWh hushållsel år 2006, vilket är en kraftig ökning från år 1970 då endast 9,2 TWh användes. Hushållsel innefattar el till belysning, vitvaror, apparater och annan utrustning som kräver el i en bostad (Statens Energimyndighet

2008). Den kraftiga ökningen kan till viss del förklaras av en ökning av golvvärme i bl.a. badrum, kök och hall som drivs med el samt att el för drift av fläktar och pumpar av misstag smugit sig in i statistiken. Många typer av apparater har visserligen blivit mer eleffektiva, men å andra sidan har vi skaffat oss betydligt fler apparater. Bara hushållens stand-by energi uppskattas stå för mellan 5 och 10 procent av hushållselen. I Sverige används mer än dubbelt så mycket elenergi än medelvärdet för EU-15. Den främsta orsaken tros vara god tillgång på förhållandevis billig elektricitet (Elforsk 2006).

2.3.1 Enfamiljshus

Energianvändningen för uppvärmning och varmvatten i småhus beror av ett flertal olika faktorer. Generella skillnader kan dock utläsas utifrån vilket årtiondet huset är byggt. Energianvändningen i småhus från olika tidsperioder presenteras i Figur 6. Av figuren framgår att äldre hus generellt sett behöver mer energi för uppvärmning och varmvatten per kvadratmeter yta än nyare hus. Orsaker till trenden är att nyare hus ofta är mer välisolerade och tätare än äldre hus, vilket sänker energianvändningen.



Figur 6. Genomsnittlig energianvändning för uppvärmning och varmvatten i småhus fördelad efter byggår (SCB 2009).

Hushållselen går däremot mot trenden. Trots att elapparaternas specifika elanvändning minskar ökar den totala användningen av el. Enligt beräkningar har användningen av hushållsel ökat med 57 % från år 1970 till 2007 (SCB 2009). Orsaken är att hushållen har fler och fler elapparater och använder dem mer och mer (Elforsk 2006). År 2006 uppskattades användningen av hushållsel i småhus till i genomsnitt 6100 kWh per hus och år (Statens Energimyndighet 2008). Variationen mellan olika hushåll är dock stor, elanvändningen kan variera mellan 2000 och 7000 kWh/år (Statens energimyndighet 2007).

De uppvärmningskällor som används i enfamiljshusen är kraftigt relaterade till bostadens byggår, se Figur 7. Det finns flera orsaker till detta; dels har husen byggts efter de lagar och direktiv som gällde vid uppförelsen, dels har olika uppvärmningsalternativ varit olika fördelaktiga ekonomiskt sett under olika tidsperioder. Till exempel så fanns inga energikrav i den svenska byggnormen (SBN) innan första oljekrisen som inträffade år 1973. Det fanns heller inga krav på värmeåtervinning och det var inga höga krav på isoleringstjocklek. Detta gjorde att husen som byggdes under årtiondena före den första oljekrisen inte byggdes med hög isoleringstjocklek eller värmeåtervinning och energianvändningen blev således hög. I hus som är byggda före 1940-talet är den vanligaste uppvärmningskällan biobränsle, antingen som enda källa eller kombinerad med el. Bland hus i ålders-

kategorin 1941-1960 är eluppvärmda hus dominerande, antingen med enbart el, med vatten- eller elradiatorer, eller kombinerat med biobränsle. Även för hus byggda mellan 1961 och 1970 är el, antingen direktverkande eller vattenburen värme vanlig. Det är även vanligt med olja och biobränsle, både som enda källa eller kombinerad med el. Olja som uppvärmningskälla var betydligt vanligare förr, men en stor del av husen som byggdes innan 1970-talet har konverterats. År 1983 stod oljan för över 35 procent av den totala energianvändningen för uppvärmning i bostads- och servicesektorn och användningen har sedan dess minskat med 70 procent. Oljan har till stor utsträckning ersatts av värmepumpar, biobränsle och fjärrvärme (Statens Energimyndighet 2008). Vid införandet av ny byggnorm 1975 infördes krav på högsta U-värde för ingående byggnadsdelar i huset och kraven var olika beroende på om huset uppfördes i norr eller söder, med hårdare regler i norr. Det infördes även krav på täthet för de ingående byggnadsdelarna och för större bostadshus och kontor som hade mer än 50 MWh/år i ventilationsförluster skulle värmeåtervinning installeras. Dock fanns inget krav på temperaturåtervinningsgraden. Självdragsventilation var dock tillåtet i enbostadshus och flerbostadshus med högst två våningar. Också för hus byggda efter 1971 är el den vanligast förekommande uppvärmningskällan, antingen direktverkande eller vattenburen, med en ökning av andelen vattenburen el ju nyare huset är. Även biobränsle är vanligt. Mellan 1975 och 1985 byggdes stora delar av den svenska kärnkraften upp, vilket ökade tillgången på koldioxidfri och billig elkraft kraftigt. Eftersom elen var väldigt billig fasades olja som uppvärmningskälla ut i nybyggnation och installerades inte i hus byggda efter år 1980.

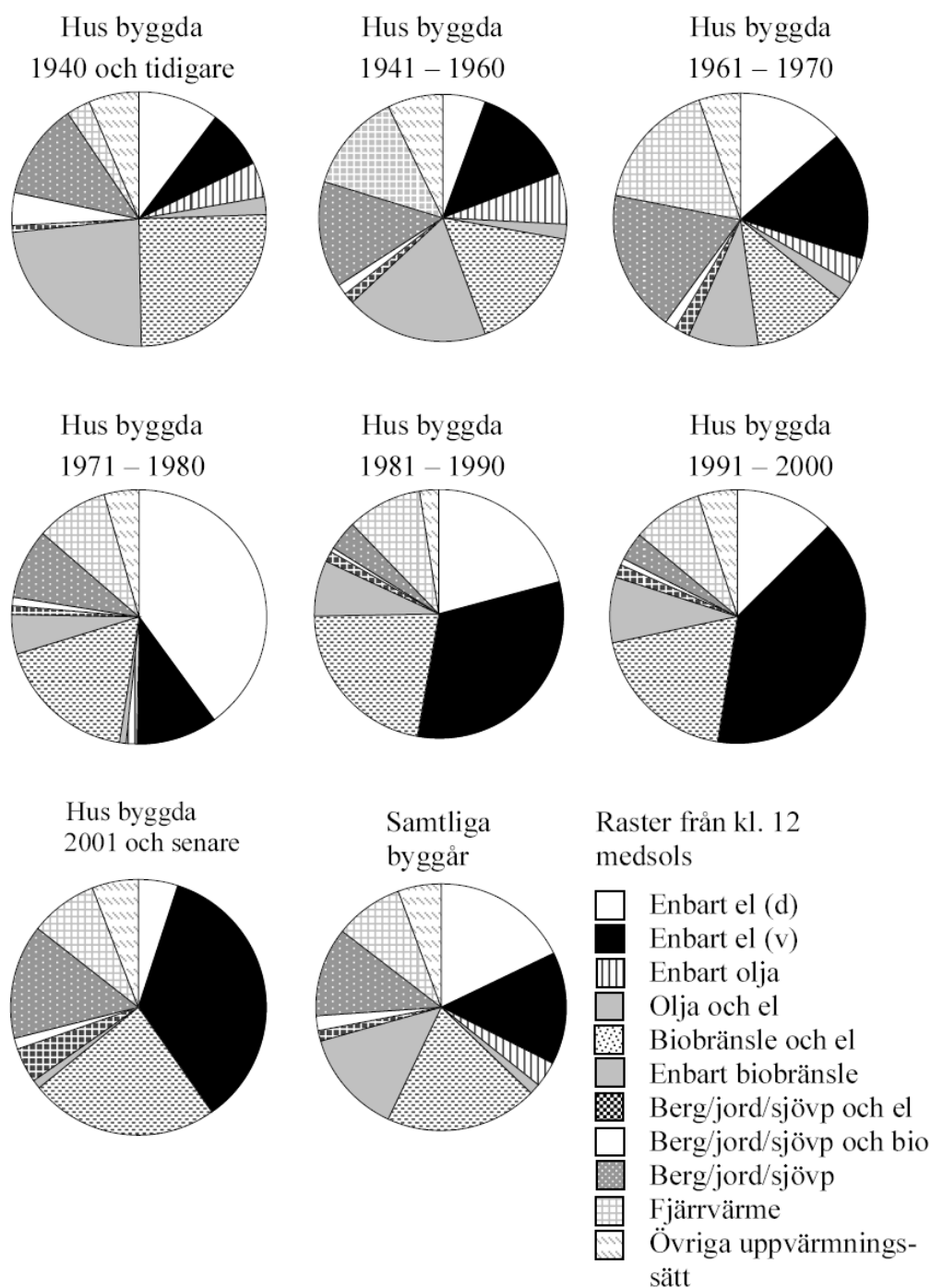
År 1988 kom Boverkets Nybyggnadsregler BFS. Där introducerades krav på ett högsta tillåtna genomsnittliga värmegenomgångstal, U_{medel} . För bostäder gällde följande genomsnittliga U-värde:

$$U_{medel} = 0,18 + 0,95 A_{fönster}/A_{omslutande} [W/m^2,K]$$

För ett hus med en golvarea på 160 m², en omslutande area på 450 m² och 24 m² fönsteryta inklusive karm, (motsvarande 15 % av golvytan), ger detta ett U_{medel} på 0,23 W/m²,K. Det infördes dessutom krav på en högsta tillåtna luftläckningskoefficient. För bostäder var denna 0,83 liter/(s, m²) vid en tryckskillnad på 50 Pa mellan huset och omgivningen. Det ställs även krav på ett lägsta ventilationsflöde på 0,35 liter/(s, m²) året runt, vilket i princip kräver ett fläktstyrt system. I hus som inte är flerbostadshus skall luftflödet kunna sänkas tillfälligt i hela eller delar av huset då ingen vistas där. Kravet på värmeåtervinning höjdes och blev ett krav i alla byggnader med högre ventilationsförluster än 20 MWh per år och återvinningen skulle uppgå till minst 50 procent.

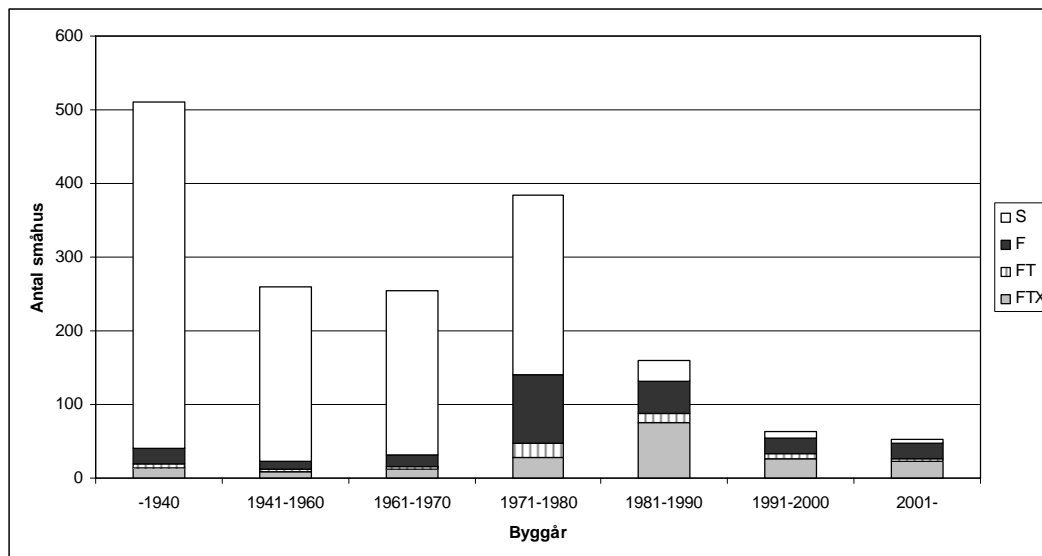
År 1994 kom Boverkets Byggregler (BBR94 – BBR99) ut. Uppdateringar från de tidigare nybyggnadsreglerna var bland annat att framledningstemperaturen i värmedistributions-system maximerades till 55°C samt råd om att kanaler i eller utanför klimatskalet bör isoleras med minst 150 mm mineralull.

I dagsläget görs stora förändringar i BBR:s krav på energihushållning för att anpassas till EPBD. Numer finns även krav på uppmätt specifik energianvändning istället för enskilda krav på isolertjocklek för olika delar av byggnadsskalet samt täthet. Dessutom inkluderas alla köldbryggor när U_{medel} beräknas.



Figur 7. Fördelning av uppvärmningssätt år 2007 för småhus, uppdelat efter byggår (SCB 2009).

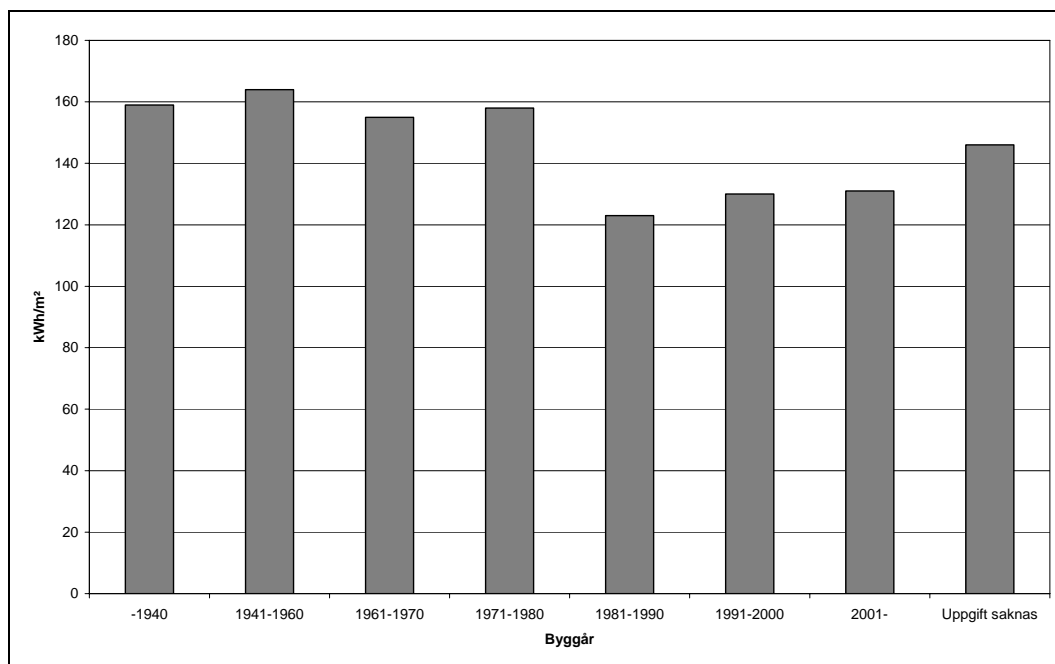
Även husens typ av ventilation är klart sammanhängande med under vilken tidsperiod huset byggdes, se Figur 8. I äldre hus, byggda före 1980, är självdragssystem (S) det ventilationssystem som dominerar, medan från- och tilluftssystem med värmeåtervinning (FTX) är vanligast i husen byggda därefter. Både från- och tilluftssystem utan värmeåtervinning (FT) och enbart frånluftssystem (F) förekommer i både äldre och yngre hus, men är inte dominerande. Den stora andelen av FTX-system som finns med i statistiken för hus byggda efter 2001, är troligen överdriven. Förklaringen är att en del frånluftsvärme-pumpar tros ha räknats som FTX-system.



Figur 8. Antal småhus år 2007 uppdelade efter typ av ventilation, 1000-tal (SCB 2009).

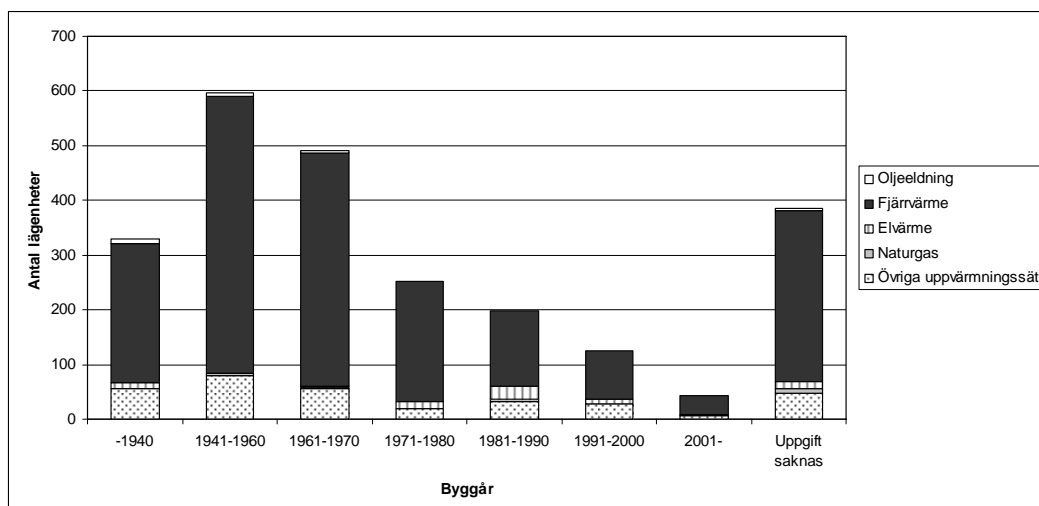
2.3.2 Flerfamiljshus

Även energianvändningen för uppvärmning och tappvarmvatten i flerbostadshus varierar med åldern på huset, se Figur 9. Generellt sett använder nyare bostäder mindre energi än äldre, precis som för småhus.



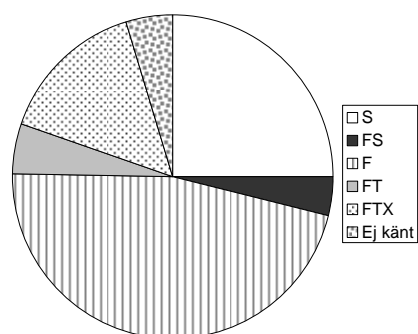
Figur 9. Genomsnittlig energianvändning för uppvärmning i flerbostadshus fördelad efter byggår (SCB 2009).

Som uppvärmningskälla är fjärrvärme helt dominerande för flerbostadshus, se Figur 10. Totalt värmdes 82 procent av den uppvärmda arean upp av fjärrvärme år 2007 (SCB 2009)



Figur 10. Fördelning av uppvärmningssätt år 2007 för flerbostadshus, uppdelat efter byggår (SCB 2009).

Hushållselanvändningen i ett flerfamiljshus är i genomsnitt cirka 40 kWh per kvadratmeter och år, men kan variera kraftigt. Anledningen till de stora variationerna är antalet elektriska apparater såsom tv som finns i hushållet och används (Statens Energimyndighet 2008). Till skillnad från hushållselen i småhus som har ökat de senaste åren, ligger användningen av hushållsel i flerbostadshus relativt stilla (Elforsk 2006).



Figur 11. Area i flerbostadshus uppdelad efter typ av ventilation (Mats Andreasson, Margaretha Borgström et al. 2008).

Av Figur 11 framgår fördelningen av olika ventilationssystem som finns installerade i flerbostadshus. I flerbostadshus är den vanligaste typen av ventilation frånluftsventilation, som används på nästan hälften av all lägenhetsyta. Självdrag är den näst vanligaste ventilationstypen.

3 Krav och definitioner

3.1 Standarder

I Sverige är Boverket den myndighet som har hand om frågor som rör byggande och boende. Boverket ansvarar även för administrationen av statliga bostadsstöd i form av olika slags bidrag eller stöd till finansiering av bostäder. Boverket ger även ut ett regel-dokument med regler och råd som kallas Boverkets Byggregler – BBR.

Kapitel 9 i BBR-samlingen innehåller regler om energihushållning och ställer krav på byggnadens energianvändning, utformning av installationer för värme och kyla så att de ger god verkningsgrad, effektiv elanvändning för de byggnadstekniska installationer som kräver elenergi och kontinuerlig uppföljning av energianvändningen genom ett mät-system. Dessa regler gäller i nuläget endast vid nybyggnation samt för tillbyggnad, det vill säga inte för ombyggnad av en befintlig bostad, men det kan komma att ändras. Kraven i BBR ändras löpande, och det kom nyligen ändringar som trädde i kraft den 1 februari 2009. Av Tabell 1 framgår de gällande energikraven för ny- och tillbyggda bostäder. I energikravet ingår inte hushållsel. Eftersom klimatet varierar kraftigt mellan olika delar av Sverige är Sverige uppdelat i tre klimatzoner, I, II och III, med olika kravnivåer. Klimatzonerna är uppdelade enligt följande:

- Klimatzon I: Norrbottens län, Västerbottens län och Jämtlands län
- Klimatzon II: Västernorrlands län, Gävleborgs län, Dalarnas län och Värmlands län.
- Klimatzon III: Västra Götalands, Jönköpings, Kronobergs, Kalmar, Östergötlands, Södermanlands, Örebro, Västmanlands, Stockholms, Uppsala, Skåne, Hallands, Blekinge och Gotlands län (Boverket 2008).

Tabell 1. Energi- och effektkraven för ny- och tillbyggnad av bostäder enligt BBR (Boverket 2008).

Klimatzon	I	II	III
Byggnadens specifika energianvändning, <i>uppvärmningsskälla el</i> , [kWh/m ² A _{temp}]	95	75	55
Byggnadens specifika energianvändning, <i>annan uppvärmningskälla än el</i> , [kWh/m ² A _{temp}]	150	130	110
Installerad eleffekt för eluppvärmning, [kW]	5,5	5,0	4,5
+ tillägg då A _{temp} är större än 130 m ²	0,035(A _{temp} -130)	0,030(A _{temp} -130)	0,025(A _{temp} -130)

Som ett komplement till energikraven får den genomsnittliga värmegenomgångskoefficienten (U_{medel}) inte överskrida ett visst värde för de omslutande byggnadsdelarna. För bostäder med annat uppvärmningsätt än elvärme gäller en värmegenomgångskoefficient på 0,5 W/m², °C, medan elvärmda bostäder endast får ha en värmegenomgångskoefficient på 0,4 W/m², °C (Boverket 2008). Som eluppvärmda bostäder räknas även bostäder med värmepump som uppvärmningskälla.

3.2 Lågenergihuskoncept

Lågenergihus är ett vitt begrepp som innefattar flera olika byggnadskoncept med gemensam nämnare att de skall ha lägre energianvändning än konventionellt byggda hus som uppfyller Boverkets Byggregler (BBR). Det finns främst fyra olika lågenergihuskoncept:

- Minienergihus
- Passivhus
- Nollenergihus
- Plusenergihus

varav passivhus är mest känt för allmänheten. Dessa fyra koncept är kopplade till en rad olika krav såsom effektkrav, energikrav etc. Om en byggnad uppfyller dessa krav, förutom de krav som finns i BBR som alltid måste uppfyllas, får de klassas som ett lågenergihuskoncept. Dessa begrepp används således för att underlätta och förenkla förmedling av prestanda för byggnaden till allmänheten, byggherrar m.fl., och det är viktigt att definitionen är entydig för att undvika missförstånd.

Det är även på gång med ett svenskt energiklassningssystem för byggnader som har en utformning som energimärkningen av exempelvis vitvaror och lampor, med klasser från A till E, där A har lägst energianvändning. Energitklassningssystemet uppförs i samarbete med myndigheter, institut, högskolor, byggföretag och tillverkare av byggkomponenter. Det är tänkt att energiklassningssystemet skall bygga på de data som tas fram när byggnader energideklarerar, men det är inte bestämt vilka faktorer som kommer inkluderas (SIS 2008).

3.2.1 Minienergihus

Minienergihus är ett lågenergihuskoncept som används främst i Schweiz där det kommer ifrån, men även till viss del i Tyskland. Konceptet startades 1998 som en frivillig kvalitetsmärkning av nybyggda och renoverade hus. Sedan starten har flera olika Minienergi koncept tagits fram förutom det ursprungliga. Kraven på energiprestanda är framtagna för viktad primärenergi. Det vill säga verkningsgrader för system i huset räknas med, och det finns även viktningfaktorer för de olika energibärare som använts.

I Sverige har Forum för Energieffektiva Byggnader tagit fram en frivillig standard för minienergihus. I Tabell 3 redovisas effekt- och energikraven för minienergihus. Hushållselen ingår inte i effekt- eller energikraven. För fristående byggnader mindre än 200 m² är effektkravet för de båda klimatzonerna 2 W/m² och år högre satta. På samma sätt skiljer sig energikravet åt beroende på storleken på byggnaden.

Tabell 2. Effekt- och energikrav för minienergihus (Forum för Energieffektiva Byggnader 2007).

Klimatzon	Minienergihus	
	Söder	Norr
Effektkrav		
P_{\max} [W/m ² A _{temp}]	15	19
$P_{\max200}$ [W/m ² A _{temp}]	17	21
Energitkrav		
E_{\max} [kWh/m ² A _{temp}]	45	55
$E_{\max200}$ [kWh/m ² A _{temp}]	55	65

Energikravet beräknas enligt följande formel:

$$\sum E_{fv} / (\eta_{fv} \cdot 2) + \sum E_{pb} / (\eta_{pb} \cdot 2) + \sum E_{el} \text{ där}$$

η_{fv} systemverkningsgrad för fjärrvärme sätts till 0,75

η_{pb} systemverkningsgrad för egen panna med bibränsle sätt till det aktuella uppvärmningssystemets årsmedelverkningsgrad, eller för ett lokalbiobränslebaserat närvärmeproduktion inklusive framledningsförluster, och med hänsyn till det tillförda bränslets värmevärde. Saknas dokumenterat värde används 0,75.

E_{index} Nettoenergi tillförd byggnaden från fjärrvärme (fv), biopanna (pb) eller köpt el (el)

Förutom detta skall följande krav uppfyllas: Luftläckning genom klimatskalet får uppgå till maximalt 0,3 l/s, m² vid ±50 Pa. Dessutom skall fönster ha ett maximalt U-värde på 0,9 W/m²,K. (Forum för Energieffektiva Byggnader 2007)

3.2.2 Passivhus

Definitionen av passivhuskonceptet med tillhörande krav som redogörs för i det följande utgår från den kravspecifikation som har tagits fram av Forum för energieffektiva byggnader. Kravspecifikation är en tillämpning av den tyska kravspecifikationen för passivhus för svenska förhållanden med ett mer nordligt klimat (Forum för Energieffektiva Byggnader 2008).

I Tabell 3 redovisas effekt- och energikraven för passivhus. Hushållselen ingår inte i effekt- eller energikraven. För fristående byggnader mindre än 200 m² är effektkravet för de båda klimatzonerna 2 W/m² och år högre satta. På samma sätt skiljer sig energikravet åt beroende på storleken på byggnaden.

Tabell 3. Effekt- och energikrav för passivhus (Forum för Energieffektiva Byggnader 2008).

Klimatzon	Passivhus	
	Söder	Norr
Effektkrav		
P_{max} [W/m ² A _{temp}]	10	14
P_{max200} [W/m ² A _{temp}]	12	16
Energikrav		
E_{max} [kWh/m ² A _{temp}]	45	55
E_{max200} [kWh/m ² A _{temp}]	55	65

Som komplement till effekt- och energikraven finns dessutom ett antal byggnadskrav. Kraven gäller bland annat luftläckning som maximalt får uppgå till 0,3 l/s vid +/- 50 Pa. Dessutom skall värden för använd hushållsel och värmeenergi kunna tas ut på månadsbas. Utöver detta får det genomsnittliga U-värdet för fönster och glaspartier maximalt uppgå till 0,9 W/m²,K. Vidare mäts även den vattenvolym som används till varmvattenberedning. För mer detaljerade krav, läs vidare i "Kravspecifikation för passivhus i Sverige – Energieffektiva bostäder" som givs ut av Forum för Energieffektiva Byggnader (Forum för Energieffektiva Byggnader 2007).

3.2.3 Nollenergihus

I dagsläget finns ingen enhetlig definition av nollenergihus, utan ett flertal olika varianter av konceptet används. Dessa hus använder sig i första hand av passiva lösningar för att minimera energianvändningen. Exempel på passiva lösningar är ett tätt klimatskal, isolering, och under sommartid används vädning och solavskärmning för att minska värmeöverskottet som annars uppstår. För installationerna i huset används bästa tillgängliga teknik, till exempel värmeväxlare med hög verkningsgrad, effektiv belysning och ett uppvärmningssystem som använder sig av förnybara källor.

En variant av nollenergihus byggs helt frikopplat från yttre energiförsörjningssystem såsom fjärrvärme, el etc. och är således självförsörjande vad gäller energi. Detta leder oftast till kraftigt överdimensionerade system eftersom energibehovet varierar över ett år i ett nordiskt klimat. En annan variant av nollenergihus är att istället koppla ihop det egna systemet; exempelvis värme från solfångare och el från solceller med fjärrvärme- respektive elnätet. Då huset genererar mer energi än vad som används kan energin säljas tillbaka till näten. Målet är då istället att huset, fördelat på ett år, inte skall behöva ha något tillskott av energi, utan istället sälja mer eller lika mycket energi som köps. I exempelvis Tyskland fås mer betalt för elen som säljs till elnätet än vad samma el kostar att köpa, vilket gör att investeringen av solceller får en kortare återbetalningstid. Även i Sverige är det tekniskt möjligt med en uppkoppling mot nätet, men det är i nuläget år 2009, dyrt och svårt att få betalt för det som går ut på nätet.

3.2.4 Plusenergihus

Plusenergihus går ett steg längre än nollenergihuskonceptet genom att huset eller byggnaden under ett år skall generera mer energi än för enbart husets behov. Detta görs genom att bygga ett hus av passivhusstandard och komplettera med exempelvis både solfångare och solceller. Den el som inte huset använder säljs tillbaka till elbolaget varmed ett plusenergihus är ett faktum.

Oavsett vilket lågenergihuskoncept som väljs så är det viktigt med kvalitetssäkring, det vill säga att säkerställa att det som projekterats även uppfylls i verkligheten. Det är även viktigt att ta med alla erfarenheter och föra dem vidare för att hela tiden bli bättre och bättre på att bygga energieffektivt.

4 Konvertering av enfamiljshus

I ett enfamiljshus bor – precis som det låter – en familj, och i allmänhet äger familjen bostaden själv. Detta gör att de boende själva kan styra investeringar och till viss del även kostnader.

Sett ur ett livscykelperspektiv används 15 procent av energin för husets byggnation och driften under hela dess livstid står för hela 85 procent. Rivningen av huset tar sedan blygsamt en knapp procent av energianvändningen. Detta visar att det är viktigt och även ger stor utdelning om möda och kraft läggs på att minska energianvändningen under byggnadens brukstid (Kungliga Ingenjörsvetenskapsakademien 2002).

I följande stycken beskrivs åtgärder som kan vara aktuella när ett enfamiljshus skall byggas om till ett lågenergihus. Förslagsvis görs ombyggnationen i samband med att renovering ändå skall ske, vilket naturligtvis minskar kostnaderna.

Det går inte att säga generellt vilken eller vilka åtgärder som är bäst, utan det beror utslutande på vilka förutsättningar som finns. De åtgärder som är mest kostnadseffektiva måste skraddarsys från fall till fall. Enbart en åtgärd behöver inte alltid vara kostnadseffektiv, men tillsammans med en annan åtgärd kan det bli lönsamt. Exempel på detta är att fönsterbyte som enskild åtgärd sällan lönar sig, men kombinerat med till exempel byte av uppvärmningssystem från el med elradiatorer till värmepump med golvvärme eller vattenradiatorer blir återbetalningstiden kortare.

4.1 Åtgärder av klimatskärm

Klimatskärmens tekniska livslängd är mellan 30 och 60 år och det är därför viktigt att tillämpa bästa tillgängliga teknik när klimatskärmen behöver bytas ut eller kompletteras eftersom tillfälle inte ges så ofta (Kungliga Ingenjörsvetenskapsakademien 2002). Dessutom är det väldigt svårt och kostsamt att rätta till misstag i efterhand på tätskikt, isolering och köldbryggor. Av Tabell 4 framgår det tydligt att utvecklingen av olika byggnadsdelar har gått framåt de senaste årtiondena. Både väggar, tak, golv och fönster är minst 3 gånger så energieffektiva år 2000 jämfört med år 1960 (IVA 2002). Det kan således finnas stora ekonomiska incitament för att förbättra klimatskärmen samt dess ingående delar.

Tabell 4. En jämförelse av isolerförmåga, U-värde för olika byggnadsdelar från år 1960 och 2000 (IVA 2002).

Byggnadsår Byggnadsdel	1960 [W/m ² , K]	2000 [W/m ² , K]
Vägg	0,6	0,2
Tak	0,5	0,1
Golv	0,6	0,2
Fönster	3,0	1,0

Allmängiltigt för all typ av tilläggsisolering är att eventuellt nytt eller befintligt tätskikt, ur fuktsynpunkt, skall placeras på den varma sidan av tilläggsisoleringen. Risken finns annars att fuktig luft kondenserar på insidan av tätskiktet och skapar mögelproblem i

isoleringen. Det är även viktigt att inte ha dubbla tätskikt för att undvika inbyggd fukt (Sikander 2009).

Åtgärder av klimatskärm innefattar åtgärder på tätskikt, tak och vind, fasad, fönster och dörrar samt grund, för mer information läs vidare.

4.1.1 Tätskikt

Något som är a och o när det gäller att få ett hus med så lite förluster som möjligt är lufttätheten i huset. Ett hus med bra lufttätning släpper inte ut så mycket värme ur huset, samtidigt som lite luft kommer in från utsidan på ett okontrollerat sätt. För att ta reda på hur tätt huset är kan en täthetsmätning göras. En befintlig byggnad bör uppnå ett högsta läckage på 0,6 l/s, m², medan ett nybyggt hus bör klara minst 0,3 l/s, m². Vid nybyggnation av så kallade passivhus där krav på täthet och verifierande mätning ställts, når man vanligtvis en täthet på 0,1-0,2 l/s, m² (Ruud 2009). Om det visar sig att huset läcker så mycket att lufttätningen behöver åtgärdas/kompletteras, kan det vara både tidskrävande och kostsamt att åtgärda om tätskiktet inte behöver eller kan bytas ut i samband med fasadbyte. För att ta reda på exakt var otätheterna finns kan en kompletterande undersökning göras med exempelvis värmekamera (förutsätter temperaturskillnad över klimatskalet), rök eller lufthastighetsmätare. Delar i byggnadskonstruktionen som ofta är otäta är anslutningar mellan olika byggnadsdelar och genomföringar, exempelvis vid fönster, dörrar, golv- och takvinklar. Ofta kan drag upptäckas på dessa ställen med enkla metoder, exempelvis genom att känna med handen. Detta förutsätter en temperaturskillnad mellan inne och ute.

Det finns många fördelar med ett lufttätt hus:

- Lägre energianvändning
- Lägre risk för problem med fukt
- Ökad luftkvalitet (förutsatt att ventilationen är rätt dimensionerad)
- Förbättrad termisk komfort
- Förbättrad ljudisolering
- Mindre spridning av brandgaser

Lägre energianvändning kan erhållas på flera sätt. Dels kan ventilationsflödena kontrolleras vilket gör att inte mer luft än nödvändigt behöver värmas upp. Dels kan ofta innetemperaturen sänkas eftersom drag från otätheter reduceras. Dessutom kan verkningsgraden för FTX-ventilation förbättras om ett sådant finns installerat och används. För mer information om FTX-ventilation, se avsnitt 4.2.3.

Lägre risk för problem med fukt åstadkommes eftersom varm fuktig luft inte längre tillåts tränga upp från huset till vinden där den kan kondensera och orsaka fukt och mögelproblem.

Ökad luftkvalitet eftersom ventilationsluften går genom don där filter kan rena luften, istället för otätheter i klimatskärmen. Dessutom kan förekomsten av föroreningar såsom radon från marken och mögel minskas i huset. Det är dock viktigt att systemet underhålls med jämna intervall samt att filter byts ut för att säkerställa en god luftkvalitet.

Förbättrad termisk komfort uppnås eftersom drag genom otätheter i klimatskärmen minimeras. Dessutom minskar risken för undertemperatur när det är kallt eller blåsigt ute.

Förbättrad ljudisolering uppnås genom att ljudet inte längre kan transporteras genom otätheterna i klimatskärmen.

Mindre spridning av brandgaser eftersom otätheterna i byggnadsskalet minimerats.

Att tänka på efter förbättringar på lufttätheten är att ventilation inte blir för låg. I ett hus med självdrag är det extra viktigt att se till att det finns tillräckligt med luftdon för att ventilationen skall fungera tillfredställande. En injustering av uppvärmningssystemet bör även utföras, vilket kan minska uppvärmningsbehovet.

4.1.2 Tak och vind

Den översta delen i ett vanligt småhus är ofta uppbyggt av ett värmeisolerat bjälklag, en uteluftsventilerad kall vind och ett vattenavledande yttertak (Ingemar Samuelson and Linda Hägerhed Engman 2006). En vanlig åtgärd för att minska energiförlusterna i ett hus är att tilläggsisolera tak eller vind. Denna åtgärd bör dock utföras med försiktighet, eftersom det finns en risk att bygga in problem i huset med fukt och mögel. Anledningen till att det kan ställa till med problem är att den nya miljön på vinden efter tilläggsisolering blir kallare, och den fukt som finns i luften som kommer upp från huset genom vindsbjälklaget kondenserar på bjälkar och kan orsaka mögel. Det är inte ovanligt att temperaturen på vinden kan kylas av nattetid så att det är kallare på vinden än utanför. För att komma förbi detta problem, kan istället vindens tak isoleras, vilket ger lägre energiförluster samtidigt som både fukt- och mögelproblem minimeras. Dessutom kan vinden fortsättningsvis användas för förvaring etc.

Vid tilläggsisolering av vindsbjälklag kan ofta isolering läggas direkt på den gamla isoleringen, förutsatt att den inte är skadad eller fuktdrabbad. Denna lösning minskar värmeförlusterna från huset genom bjälklaget och är oftast både enkel och billig att utföra. Konstruktionen kräver emellertid att bjälklaget är tätt, alternativt ett undertryck i huset, så att ingen varm fuktig luft tillåts komma upp på vinden från husets inre delar och kondensera. Efter åtgärden är det oftast omöjligt att fortsättningsvis förvara fuktkänsliga saker på vinden eftersom mögelrisken är stor i det numera kallare och fuktigare klimatet.

Isolering av vindsbjälklag kan lämpligen kombineras med en lätt isolering av det kalla, ventilerade taket. Eventuellt ska ventilationen minskas eller behovsstyras på vinden. Det finns speciella fläktsystem som är utvecklade för detta.

Vid tilläggsisolering av ventilerade kalla tak gäller i princip samma sak som för varma, oventilerade. För tilläggsisolering av varma, oventilerade tak finns två olika metoder:

- Utvändig isolering
- Invändig isolering

Utvändig isolering kan läggas direkt på det gamla taket med befintligt tätskikt. Ett nytt tätskikt fästs därefter på ovansidan av den nya isoleringen. I grunden är det fel att bygga flera täta skikt i en konstruktion, men förutsatt att de isolermaterial som används är fuktokänsliga spelar det mindre roll. Om isoleringen mot förmodan skulle bli blöt, kommer den i så fall att få något sämre isoleregenskaper (Samuelson 2009). När ny isolering läggs på kan man dessutom förbättra avrinningen av regnvatten från taket genom att exempelvis bygga ett sadeltak.

Invändig isolering är ur fuktsynpunkt en sämre metod för att tilläggsisolera tak. Eftersom den nya isoleringen hamnar innanför taket, blir det gamla taket kallare vilket ökar risken för fukt och kondens. På grund av fuktrisken väljs oftast en tunnare isolering invändigt än utvändigt. Dessutom fås köldbryggor vid mellanväggar eftersom det inte går att isolera där. Fördelen med att isolera invändigt är att det är en enklare och billigare metod.

Att tänka på är att kontrollera vinden då och då så att inte fukt eller mögel får fäste. Om kondens upptäcks på vinden är orsaken vanligen att fukt har kommit upp genom otätheter

i bjälklaget. Det är sällan som ventilationen på vinden är undermålig. Fuktansamlingen på vinden kan åtgärdas på två olika sätt; dels kan tätningen mellan vinden och huset förbättras, dels kan ett undertryck i huset skapas. Undertrycket gör att luften går åt andra hållet, det vill säga från vinden till det underliggande huset. Undertrycket skapas vanligtvis lättast genom mekanisk frånluftsventilation.

4.1.3 Fasad

För att fungera tillfredställande skall fasaden utgöra en skyddande barriär mot omvärlden genom att stänga ute bland annat regn, fukt, samt kyla och vindar. Många bostäder har för lite isolering i ytterväggarna, vilket gör att värmeförlusten genom fasaden blir onödigt stor. I en del av dessa fall kan det vara befogat att tilläggsisolera för att minska erforderlig energi för uppvärmning. Det som avgör hur ekonomiskt fördelaktig åtgärden är beror av flera faktorer; vilken energibesparing som den extra isoleringen skulle resultera i, vilket skick den nuvarande fasaden är i, och om den ändå måste göras om på grund av skador, fukt etc. De vanligaste varianterna på fasadbeklädnader är följande; betong, tegel, puts, trä och eternit. Oavsett fasadbeklädnad finns två metoder för tilläggsisolering av yttervägg:

- Invändig isolering
- Utvändig isolering

Invändig isolering är en ovanlig metod för tilläggsisolering. Isoleringen placeras på insidan av väggen, vilket för med sig flera nackdelar. Dels måste delar av ytskiktet i rummet göras om såsom eldragning, tapetsering mm., dels minskar den invändiga golvytan som i vissa fall hyran baseras på. Metoden har fler nackdelar. Bland annat blir den gamla delen av väggen utanför isoleringen kallare, vilket gör väggen mer känslig för fukt. I och med kallare vägg med högre relativ fuktighet ökar även risken för frostsprängning av fasaden. Dessutom ökar invändig isolering inverkan av köldbryggor. En fördel med metoden är att husets utvändiga utseende kan bevaras.

Utvändig tilläggsisolering av yttervägg är den vanligaste metoden, och dessutom den bästa. Fördelarna är många; bättre isolerförmåga och ibland även högre täthet hos väggen som ger lägre energiförluster. Den nya väggen blir både varmare och torrare än den gamla, samtidigt som inverkan från eventuella köldbryggor minskas effektivt. Metoden kräver dock ny fasadbeklädnad, vilket ger högre kostnader om fasaden inte är i behov av renovering. För vissa byggnader som exempelvis är K-märkta är det dessutom förbjudet att ändra utseende varför utvändig tilläggsisolering då är omöjlig. För fasader med luftspalt måste eventuellt väggen byggas om så att isoleringen hamnar innanför luftspalten.

Att tänka på vid tätning och tilläggsisolering av fasader är att tillräckliga luftflöden säkras, exempelvis genom att installera ventiler genom fasaden eller spaltventiler i fönstren (Chalmers EnergiCentrum 2005). Enbart tilläggsisolering ökar i de flesta fall tätheten på byggnaden. Detta gäller speciellt för byggnader med självdrags- och frånluftsventilation där tilluftsflödet ska tillföras genom otätheter i skalet och genom tilluftsdon. Det är även viktigt att tänka på att inte bygga in köldbryggor, samt att vara noga med tätskiktet i form av ångspärr och vindskydd. För att optimera effekterna av åtgärden bör en injustering av värmesystemet göras för att kompensera för det minskade uppvärmningsbehovet. En tätare och mer välisolerad fasad ger dessutom en bättre ljudisolering från källor utifrån, vilket gör att interna källor kan framträda tydligare och upplevas mer störande. Särskild hänsyn bör således tas då nya installationer väljs, och produkter med bra ljudegenskaper bör prioriteras.

4.1.4 Fönster och dörrar

Fönster och dörrar är ofta en svag punkt i husets konstruktion. Hus med äldre fönster och dörrar har ofta höga energiförluster både genom själva glasrutan, men även genom otäta fogar mellan båge, karm och vägg. Ett mått som beskriver fönstrets isoleringsförmågan är U-värdet, för definition av U-värdet se avsnitt 1.4. Typiska värden för olika fönster framgår av Tabell 5.

Tabell 5. U-värde för olika fönster (Energimyndigheten 2005).

Typ av fönster	U-värde [W/(m ² , K)]
2-glasfönster	3,0
3-glasfönster	2,0
Energieffektiva fönster	1,2 eller lägre

För att minska energiförlusterna genom fönstren kan det i vissa fall vara befogat att byta ut hela fönstret, men i andra fall kan det räcka med att komplettera det befintliga fönstret med en extra ruta, eller byta ut en av de befintliga till en mer energieffektiv. Vilken metod som är lämplig beror på i vilket skick de nuvarande fönstren är.

Fördelarna med att förbättra fönstren är flera. För det första minskar energiförlusterna vilket minskar uppvärmningskostnaderna. En annan fördel är att inomhusklimatet förbättras. Orsaken är att fönsterytan in mot rummet inte blir lika kall som förut vilket minskar avkylningen av luften närmast fönstret som strömmar från fönstret och ner längs golvet, så kallat kallras. Detta upplevs som ett bättre inomhusklimat eftersom temperaturen nära fönstret inte sjunker så mycket, och ofta kan temperaturen i rummet sänkas utan att komforten, den upplevda temperaturen minskar. Energieffektiva fönster har dessutom även andra fördelar. De tätare fönstren minskar till exempel ljud och buller utifrån, och det finns även energieffektiva fönster som är utrustade med speciella bullerdämpande egenskaper som kan vara värt att satsa på om huset är lokaliserat i närheten av en större väg, järnvägsspår etc. Det finns även möjlighet att komplettera de nya fönstren med säkerhetsglas som försvårar inbrott eftersom de är svårare att krossa (Energimyndigheten 2007).

Om de befintliga fönstren är dåliga energimässigt finns ett flertal olika möjliga åtgärder, varav de vanligaste är att:

- Komplettera och renovera befintligt fönster
 - o Komplettera med ett energifönster med högre värmeisoleringsförmåga
 - o Byte av en ruta (vanligtvis andra rutan) till lågmissionsglas
- Utbyte av helt fönster
 - o Byte till 3-glas
 - o Byte till energieffektiva fönster
- Reducera fönsterarean

Komplettera och renovera befintligt fönster är en åtgärd som i hög grad bevarar utseendet på fönstren, vilket kan vara viktigt om det finns ett stort kulturhistoriskt värde i de gamla fönstren. Det finns ett flertal olika möjliga åtgärder att välja mellan utifrån skicket på de befintliga fönstren. Om fönstrets båge och karmar är i gott skick finns möjligheten att byta ut ett eller flera av glasen mot bättre, energieffektivare glas, alternativt att bygga på med ett extra glas, om det endast är en- eller tvåglasfönster. Att lägga till en extra ruta till ett befintligt en- eller tvåglasfönster är ett relativt enkelt ingrepp för att minska energiförlusterna genom de befintliga fönstren. Detta förutsätter att det är möjligt rent praktiskt att sätta i en extra ruta samt att konstruktionen håller för det. Den extra rutan som sätts in kan vara av ett flertal olika varianter, exempelvis lågmissionsglas. Vid utbyte av en eller

flera av rutorna i fönstret finns flera tänkbara alternativ. För ett tvåglasfönster är ett av alternativen att ersätta antingen det befintliga inner- eller ytterglaset med ett energiglas. U-värdet går då ned till 1,8 respektive 1,9 W/m²,K baserat på att energiglas är 4 mm tjockt.

Utbyte av helt fönster är aktuellt om de befintliga fönstren är i väldigt dåligt skick. Då finns inget annat att göra än att byta ut de gamla fönstren mot nya. I en villa med vanliga tvåglasfönster förloras upp till en tredjedel av all tillförd värme genom fönstren. Moderna energieffektiva fönster isolerar i genomsnitt dubbelt så bra som vanliga treglasfönster, och ända upp till tre gånger så bra som vanliga tvåglasfönster. Det finns alltså stora energibesparingar att göra genom att byta ut till mer energieffektiva fönster. De energieffektiva fönstren är uppbyggda av en isolerruta tillsammans med ett energiglas. Isolerrutan består av två eller flera glas som sitter tätt ihop i ett paket och i mellanrummet mellan dessa finns oftast en ädelgas, som leder värme sämre än vad luft gör. Avståndet mellan glasen är vanligtvis 6, 9, 12 eller 15 mm och den värmeisolerande förmågan är högre för de längre avstånden. Energiglas som sitter innerst mot rummet har ett mycket tunt, hårt och osynligt oxidskikt. Beläggningen släpper igenom nästan all solinstrålning, samtidigt som 85-96 procent av strålningsförlusterna från rummet stoppas (Energimyndigheten 2006).

Reducera fönsterarean är ett radikalt sätt för att sänka energiförlusterna, men kan vara oundvikligt för vissa huskonstruktioner. Det finns flera nackdelar med stora fönsterareor. Vintertid när det är kallt ute ökar värmeförlusterna genom fönstren, och på sommaren när solinstrålningen är hög kan temperaturen i bostaden blir för hög om inte erforderlig solavskärmning finns installerad och fungerar tillfredställande (Wall 2006).

Att tänka på oavsett vilket alternativ man väljer för att öka energieffektiviteten på fönstren, är att det är viktigt att ventilationen blir tillfredställande även efter åtgärden. Nya energieffektivare fönster är tätare än äldre, och i hus med självdrag finns en risk att omsättningen av luft blir för låg. I hus med mekanisk ventilation bör en kontroll av luftväxlingen göras för att se till att kraven uppfylls även efter fönsterbytet (Energimyndigheten 2007). Hos vissa tillverkare går det även att få ventiler inbyggda i fönstren, för att minimera risken för låg luftväxling i ett S eller F-ventilerat hus. Tänk även på att installationen av de nya fönstren måste ske noggrant och att tätningarna utförs rätt så att det blir ordentligt lufttätt i skarven mellan vägg och fönster för att resultatet, energivinsten skall bli så hög som möjligt (Energimyndigheten 2006). För att ytterligare öka energivinsten är det viktigt att luften framför radiatorerna får fritt spelrum, vilket möjliggörs genom att placera möbler och annan inredning en bit från radiatorerna samt att se till att gardiner inte täcker radiatorerna (Energimyndigheten 2006). Dessutom kan det vara bra att veta att fönsterbyten i vissa fall kan kräva byggnadslov. För mer information om detta, tag kontakt med kommunens byggnadsnämnd.

Både fönster och dörrar med hög värmeisolering ger ökad ljudisolering, vilket gör att bullerkällor som alstras internt i bostaden ofta framträder mer. I lågenergihus är det dessutom vanligt med FTX-aggregat, värmepumpar, fläktar etc. som ger ifrån sig ljud, och det bör tas i beaktande att välja produkter med hög ljudklassning för att minimera problem med besvärande buller.

För att fönstren skall fungera på allra bästa sätt bör de kompletteras med solavskärmning. Solavskärmningen minskar risken för övertemperatur i huset när solen skiner. Det finns flera typer av solavskärmning för fönster som kan placeras antingen, innanför, emellan eller utvändigt på fönstret. Solavskärmning utvändigt skärmar av solens strålar bäst, följt av solavskärmning placerad emellan och innanför. Exempel på utvändigt solavskärmning är markiser, persienner och lameller. Vanligast för mellanliggande solavskärmning är

persienner, medan gardiner, rullgardiner och persienner är vanligast för invändig solavskärmning.

Ett annat tips är att glasa in balkonger, vilket kan ge ett lägre energibehov om det utförs rätt. Det är dock viktigt att justera in värmesystemet efter de nya förutsättningarna för att energianvändningen skall minska.

4.1.5 Grund

Husets grund har främst fyra uppgifter; bära upp byggnadens stomme, hålla fukt och radon borta, samt i vissa fall även bidra till husets isolering. Isolerförmågan är speciellt viktigt vid golvvärme. Historiskt sett har alla typer av grundläggning orsakat problem, vanligast är problem med fukt och mögel, men även problem med sättning och avtagande bärförmåga förekommer. För att huset i övrigt skall fungera tillfredställande och inte orsaka problem för de boende, är det elementärt att grunden fungerar.

För enfamiljshus finns ett flertal olika möjliga typer av grundläggningar, varav de vanligaste är:

- Krypgrund och torpargrund
- Betongplatta på mark
- Källare

Krypgrund är en grundkonstruktion som består av en grundmur och har ett utrymme som ofta används för installationer av bland annat fjärrvärme, avlopp etc. Moderna krypgrunder har en höjd om minst 60 cm medan äldre kan vara betydligt lägre. *Torpargrund* är en typ av krypgrund som precis som den moderna krypgrunden är uteluftsventilerad, men historiskt sett har ventilationen stängts till under vintertid. Denna grundtyp användes flitigt i äldre konstruktioner och värmdes då upp med hjälp av murstocken vilken gjorde att grunden hölls torr och fuktproblem eliminerades. Idag, i äldre uteluftsventilerade krypgrunder där ingen murstock finns eller används måste ofta någon form av avfuktning eller klimatstyrning användas för att förhindra fuktskador. Därför är det viktigt att ha en ordentlig ångspärr mot både grundbotten och grundmur. Nyare krypgrunder byggs därför alltid med ordentlig ångspärr och värmeisolering mot grundbotten och kantbalk.

Betongplatta på mark är idag den vanligaste grundläggningen. Betongplatta på mark är en grundläggning som förr lades på ett lager av exempelvis makadam för att leda bort vatten men numera läggs plattan som regel med underliggande isolering för att isolera grunden och minska värmeförlusterna. Ofta byggs installationerna in i grunden och underhåll i efterhand är ofta komplicerat. För att minska riskerna för fuktproblem finns oftast en dränering runtom plattan, denna bör läggas om ungefär vart 20 år. Platta på mark utan isolering var en mycket vanlig grundläggning under 70- och 80-talet för enfamiljshus, och husen från denna tid har ofta stora problem med fukt och mögel. Moderna konstruktioner är däremot bra ur fuktteknisk synpunkt eftersom isoleringen placeras under betongplattan (Hultberg 2005). Plattan antar då inneluftens temperatur vilket gör att plattan blir torr. Detta gäller dock enbart mindre hus, för hus med större utbredning måste fuktskyddet ordnas på annat sätt (Samuelson).

Källare är en grundkonstruktion som liknar platta på mark, men har ett utrymme ovanför plattan med ståhöjd. Källargolvets översida skall ligga mer än 1,5 meter under markens medelnivå för att kallas källare (Hansson, Olander et al. 2007). Väggarna är helt eller delvis täckta av omgivande jord- eller dräneringsmassor. Precis som platta på mark bör källaren ha en utanpåliggande isolering, och även dräneringen är viktig eftersom en stor del av grundläggningen är under marknivå.

Alla dessa grundläggningar har problem eller har historiskt sett varit problemdrabbade med antingen fukt eller radon. I krypgrund och torpargrund är problemen dock relativt enkla att åtgärda, medan källare och ibland platta på mark kräver större ingrepp till högre kostnader för att åtgärda fel.

Från grunden förloras upp till 15 procent av uppvärmningsenergin (Statens Energimyndighet 2007). Storleken på värmeförlusterna beror på vilken typ av grund det är samt hur stort huset är. För grunder med isolering blir förlusterna mindre. Hus med flera våningar får en procentuellt lägre förlustfaktor eftersom grunden utgör en mindre del av huset.

För att minska förlusterna genom grunden kan grunden isoleras. Det finns olika metoder för att isolera de olika grundtyperna, och de kan delas in i:

- Tilläggsisolering av krypgrund
- Tilläggsisolering av betongplatta på mark och källare
- Tilläggsisolering av källare

Tilläggsisolering av krypgrund kan utföras på två sätt. Antingen tilläggsisoleras bjälklaget, eller så byggs den uteluftsventilerade krypgrunden om till en varmgrund. Tilläggsisolering av bjälklaget är en relativt enkel metod där isolering fästs direkt på bjälklaget. Golvet i huset blir varmare och mindre värme försvinner ut genom golvet vilket ger både bättre termiskt klimat och lägre uppvärmningskostnader. En nackdel är att den del av krypgrunden under isoleringen blir ännu kallare efter åtgärden och risken för fukt och mögelproblem är stor. Vid ombyggnation till varmgrund isoleras marken och grundmuren, helst utanpåliggande isolering för grundmuren. Därefter förs varm luft från huset ned till grunden med en fläkt. Grunden antar då ungefär samma temperatur som huset och fuktproblem minskas. Grunden skall även ventileras, vilket lättast åstadkommes med en frånluftsfläkt. Helst bör även ett undertryck skapas, vilket eliminerar risken för att få upp dålig luft i huset.

Tilläggsisolering av betongplatta på mark och källare är en åtgärd som kan vara aktuell för helt oisolerade grunder, grunder med lite isolering, samt vid installation av golvvärme. Oisolerade grunder av dessa typer är vanligt för äldre hus. Det var först efter 1:a oljekrisen som dessa grundläggningar började isoleras under mot marken (Ruud 2009). I nybyggda hus används ofta mer än 20 centimeter isolering, vid golvvärme ytterligare 10 centimeter. Vid tilläggsisolering placeras isoleringen vanligen ovanför grundläggningen, direkt på det befintliga golvet, eventuellt med en fuktspärr mellan det gamla golvet och isoleringen. Denna metod ger ofta problem med fukt eftersom den gamla grunden då blir kallare och får därmed högre relativ fuktighet (Krögerström 2001). Isolering under grundläggningen skulle ur fukt hänseende vara bättre, men är av naturliga skäl svårt att praktiskt åstadkomma. Om golvvärme skall installeras är det lämpligt att även tilläggsisolera. Annars kommer en stor del av värmen att värma upp marken istället för huset. Det finns även risk för fuktproblem när golvvärme installeras på delar av golvytan om inte isoleringen utförs rätt. Orsaken är att den varmare delen av grunden drar till sig fukt som sedan kan falla ut på de kallare delarna där ingen golvvärme finns installerad. Istället för att använda denna osäkra metod för att minska energiförlusterna kan tilläggsisolering placeras i marken. Metoden är både enkel och billig att utföra.

Tilläggsisolering av källare kan utföras på flera sätt. Dels som beskrivet ovan genom att isolera golvplattan ovanifrån. Dels kan källarväggarna isoleras antingen invändigt eller utvändigt. Att isolera källaren invändigt är relativt enkelt, men medför stor risk för fukt i den gamla väggen eftersom den blir kallare efter isolering. Det är dessutom en avvägning mellan hur mycket isolering som skall väljas. Ju mer isolering som läggs på desto större energibesparing fås, men risken för fukt och mögelproblem i vägg och golv ökar ju

kallare väggen är utanför isoleringen. Även risken för frostsprängning av grunden ökar. Ofta finns ett tätskikt monterat på utsidan av grunden. Tätskiktet utgörs ofta av asfalt eller papp och har en begränsad livslängd. Om ett tätskikt finns är det viktigt att inte installera ytterligare tätskikt tillsammans med tilläggsisoleringen eftersom fukten då inte kan transporteras genom grunden utan riskerar att bli stående i väggen med fuktskador som följd. Dessutom bör stålreglar användas istället för exempelvis träreglar för att montera upp isoleringen. Risk finns annars att träreglarna blir fuktiga och börjar mögla. Tilläggsisolering utvändigt är att föredra framför invändig isolering. Orsaken är att fuktproblem är lättare att undvika. För utvändigt isolering finns två varianter beroende på om det finns ett tätskikt från början. Om möjligt tas det gamla tätskiktet. Om det är omöjligt kompletteras det befintliga skiktet och isoleringen monteras utanpå. Detta alternativ ger ett bra tätskikt, men det är större risk för fukt i väggen eftersom fukten inte kan vandra utåt. Ett bättre alternativ om det inte finns något tätskikt eller det går att ta bort, är att istället isolera närmast väggen. Tätskikt och luftspalt placeras därefter utanför. Detta alternativ är bättre eftersom fukten tillåts vandra ut inifrån källaren. Oavsett alternativ skall helst hela väggen isoleras, även ovan mark. Det är dock svårt att åstadkomma rent praktiskt och estetiskt.

Att tänka på när tilläggsisolering eller annan åtgärd utförs som gör grunden tätare är att säkerställa att ventilationen fungerar tillfredställande efter åtgärden för att undvika fuktproblem (Chalmers EnergiCentrum 2005).

4.2 Åtgärder av installationer

Installationer är en viktig del i ett hus och genom att förbättra och effektivisera dessa system går det att spara mycket energi. Exempel på installationer som finns i ett hus är uppvärmningssystem, värmedistributionssystem, ventilationssystem, styr- och regler-system samt tappvarmvattensystem. För att huset och dess boende skall må bra, är det viktigt att dessa system fungerar tillfredställande och är anpassade till varandra.

Att tänka på när åtgärder skall utföras av installationerna är att det kan finnas praktiska barriärer även om åtgärden i sig är teoretiskt genomförbar, exempelvis kan husstommen, det vill säga husets uppbyggnad/konstruktion begränsa valmöjligheterna när det gäller åtgärder. Även andra faktorer kan påverka valen såsom möjlighet till fjärrvärmeanslutning, om det är godkänt av kommunen att borra hål för bergvärme etc. Ett hus som har god täthet och hög värmeisolering har ofta även god ljudisolering. Huskonstruktionen stänger således ute stor del av de yttre ljudkällorna och det ljud som alstras inne i huset från dess installationer framträder tydligare och kan upplevas som störande buller. Installationer som ger upphov till ljud är exempelvis värmepumpar, fläktar, FTX-aggregat m.fl. och det är viktigt att ha detta i beaktande när nya installationer ska byggas in i bostaden. Detta gör att installationerna bör väljas så att bra ljudegenskaper uppnås för hela systemet.

4.2.1 Uppvärmningssystem

Energieffektiviseringspotentialen av ett effektivare uppvärmningssystem är mindre i ett välisolerat och tätt hus. Det som bestämmer hur mycket energi som behövs för att värma upp byggnaden är vilken rumstemperatur som vill bibehållas, klimatskalets prestanda, byggnadens placering, utomhusklimatet, samt även vilka vanor de boende i huset har avseende vädring, användning av elutrustning etc. Genom att sänka rumstemperaturen 1°C minskar energianvändningen med ungefär 5 procent (Energimyndigheten 2009). Orsaken är att energiförlusterna genom klimatskal och ventilation minskar eftersom drivkraften, temperaturskillnaden mellan luften innanför och utanför klimatskalet minskar. Dessutom minskar ofta vädringsförlusterna. Det finns även möjlighet att sänka temperaturen endast en del av dygnet, exempelvis nattetid. För enfamiljshus med kort tidskonstant,

exempelvis träregelstomme med lite isolering, kan energianvändningen sänkas med ungefär 10 procent, medan en tung välisolerad stomme, med lång tidskonstant, ger ett par procents lägre energianvändning. För mer information om vilka faktorer som påverkar tidskonstanten, se avsnitt 2.

Det som styr antalet möjliga uppvärmningssätt är för ett vattenburet värmesystem den erforderliga framledningstemperaturen. Ju lägre framledningstemperatur som behövs för att upprätthålla 20°C i bostaden, desto fler systemlösningar finns att välja emellan. I befintliga direktelvärmda hus som skall konverteras finns det en stor möjlighet att välja värmedistributionssystem som är anpassat till uppvärmningssystemet. Även om potentialen för värmebehovsminskning är relativt liten, finns det ändå andra anledningar för att byta uppvärmningssystem. En anledning kan vara att byta till ett flexiblere och mer lätt-skött system. En annan anledning är att byta från exempelvis eluppvärmning (både el- och vattenradiatorer) eller oljepannan till någon av följande miljövänliga uppvärmningsskällor:

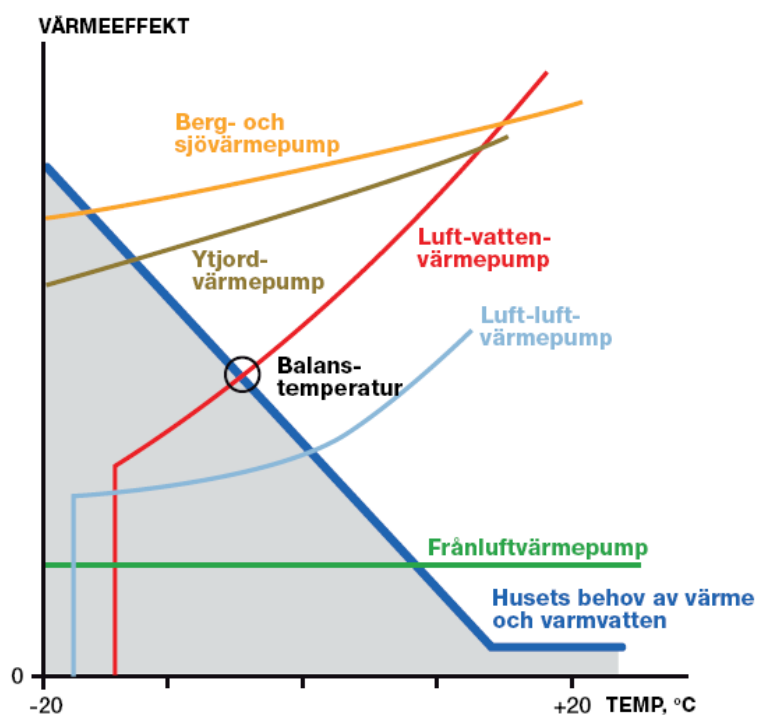
- Panna eller dylikt som förbränner förnybart bränsle
- Fjärrvärme
- Värmepump
- Solfångare

Utav dessa olika uppvärmningsskällor är det inte alla som till en rimlig kostnad kan vara en heltäckande källa för uppvärmning. De alternativ som kan stå för hela, eller en betydande del av uppvärmningen är pannor eller dylikt som förbränner förnybart bränsle, fjärrvärme samt vissa typer av värmepumpar. Solfångare är beroende av att solen skiner för att de skall alstra värme, vilken den inte alltid gör. Detta alternativ kan således endast vara ett komplement till en annan uppvärmningsskälla.

Panna eller dylikt som förbränner förnybart bränsle såsom pellets, ved mm. är ett uppvärmningssystemalternativ. Speciellt fördelaktigt kan detta alternativ vara för dem som har tillgång till eget biobränsle från egen skog etc. Alternativet kan antingen användas som enda uppvärmningsskälla eller som ett komplement till det befintliga uppvärmningssystemet. Som komplement finns följande alternativ: öppen spis, braskamin eller kakelugn (Krögerström 2001). Om det inte redan finns en skorsten i byggnaden, måste en rökkanal installeras vilket försvårar och fördyrar alternativet. I äldre hus med öppen spis tas oftast luften inifrån huset, vilket ökar ventilationen. Om möjligt bör en kassett installeras i den befintliga öppna spisen vilket minskar luftflödet och ökar verkningsgraden. Allra bäst är att även komplettera med en tilluftskanal utifrån som minskar det okontrollerade ventilationsflödet. Braskamin och kakelugn har högre verkningsgrad än en öppen spis, både med och utan kassett. Orsaken är att tilluften regleras samt att materialet är värmeackumulerande. Det finns dessutom varianter av braskaminer och kakelugnar som är vattenmantlade och värmer upp vatten som kan användas för uppvärmning (och eventuellt tappvarmvatten). För att distribuera värmen till hela huset krävs för en panna ett vattenburet distributionssystem, som slutligen fördelar värmen i rummen via radiatorer, golvvärme eller fläktkonventorer.

Fjärrvärme är en alternativ uppvärmningsskälla om det finns ett vattenburet distributionssystem installerat i huset. Andelen förnybart och miljöpåverkan beror på mixen av produktionsanläggningar i respektive fjärrvärmesystem. Det förutsätter även att det är tekniskt och praktiskt möjligt att ansluta sig på fjärrvärmenätet vilket inte är möjligt på landet eller i alla städer. En fördel med fjärrvärme är att det är underhållsfritt och ger i princip obegränsad tillgång till energi vid effekttoppar under förutsättning att anläggningen är korrekt dimensionerad.

Värmepump är en apparat som med hjälp av el överför värme från ett medie till ett annat medie som således får en högre temperatur. Det finns ett flertal olika typer av värmepumpar beroende på vilka medier som arbetet sker mellan. Antingen arbetar värmepumpen från luft till luft, från luft till vatten eller från vätska till vatten. Dessa varianter har dessutom olika verkningsgrader, eller COP (Coefficient Of Performance) som det kallas för just värmepumpar. COP beskriver förhållandet mellan den värme som fås ut och den elenergi som behövs för att uppnå denna. Ett COP-värde på 3 betyder att för 1 del elenergi fås 3 delar värme ut. Luft/luft-värmepumpar tar värme från uteluften och ur värmepumpen fås varmare luft som kan distribueras via luften i huset. Ett vanligt värde på en luft/luft-värmepumps COP är mellan 3 och 5 för utetemperaturer över 0°C (Energimyndigheten), men vid riktigt låga temperaturer kan COP sjunka ända ned till 1, vilket innebär att samma elenergimängd som erfordras för driften av värmepumpen också plockas ut som värme. En luft/vatten-värmepump tar också värme från luften utomhus, men värmer upp vatten istället för luft. Vattnet kan sedan användas för att värma huset i ett vattenburet distributionssystem eller värma upp tappvarmvatten. Det finns även frånluft/vatten-värmepumpar som använder värmen i frånluften från huset som värmekälla, en s.k. frånluftsvärmepump. Fördelen är att temperaturen på frånluften är högre större delar av året och dessutom jämnare (nackdelen är att värmekällans flöde är begränsat till ventilationsflödet). För luft/vatten-värmepumpar beror COP både på värmekällans temperatur (den tillförda luftens temperatur) och den temperatur som vattnet skall uppnå. COP på mellan 2 och 4 är vanliga om värmekällans temperatur är mellan -7 och +7°C och vatten produceras med en temperatur mellan 35 och 55°C. En vätska/vatten-värmepump tar värmen antingen från ett borrhål djupt ned i marken, från slingor nedgrävda en bit ner i marken eller från en sjö. Dessa värmepumpar kallas berg-, ytjord- respektive sjövärmepump. Dessa värmepumpar producerar vatten för värme, tappvarmvatten eller både och. Vätska/vattenvärmepumpar har COP från 2,5 upp till ca. 4 och fungerar dessutom bra även vid låga utetemperaturer då värmen behövs som mest. Orsaken är att temperaturen på värmekällan som tas från marken inte påverkas så mycket av utetemperaturer. Viktigt att notera för vattenburna värmepumpar är att energieffektiviteten förbättras avsevärt med ett vattenburet värmesystem som kräver låg framledningstemperatur. I Figur 12 åskådliggörs olika värmepumpars värmeeffekt vid olika temperaturer på värmekällan (Energimyndigheten).



Figur 12. Beskrivning av olika värmepumpars värmeeffekt vid olika temperaturer på värmekällan (Energimyndigheten).

Solfångare tar vara på solens strålar och värmer upp vatten, antingen för tappvarmvatten, värmedistribution via ett vattenburet distributionssystem eller både och. Eftersom solen inte skiner jämt kan värmeenergin från solfångarna endast stå för ett bidrag till den vanliga uppvärmningskällan. Hur stort detta bidrag blir beror bl.a. på hur stor solfångararean är, hur mycket solen skiner, vilken riktning och lutning solfångarna har samt hur stor energimängd som kan lagras i exempelvis en ackumulatortank. Hur stort bidraget blir i absoluta tal är helt beroende av användningens storlek och för att en investering skall bli lönsam är det ett absolut krav att det finns ett betydande behov av värme under perioden maj tom augusti. I ett småhus kan ett solvärmesystem stå för upp till 60 procent av tappvarmvattenanvändningen på ett år, förutsatt att systemet är väl dimensionerat och fungerar optimalt (Kovacs 2009). I ett kombisystem som dessutom bidrar till uppvärmning via ett vattenburet distributionssystem, kan solvärmen även ge ett bidrag till den övriga uppvärmningen under mars till oktober. Man brukar räkna med att upp till 20 % av det totala energibehovet för uppvärmning och varmvatten kan täckas av solvärme (Boverket and SP 1996). Det finns flera olika typer av solfångare, bland annat plana solfångare, vakuum-solfångare samt koncentrerande solfångare, varav plana solfångare är vanligast. För installation av solvärme kan det finnas bidrag att söka, mer information om detta finns hos Boverket eller Länsstyrelsen.

I många hus går det även att installera ett FTX-system som återvinner värmen i frånluften för att värma upp tilluften. Ett FTX-aggregat används vanligen som ett komplement till den vanliga uppvärmningskällan, men i många så kallade passivhus står FTX-aggregatet tillsammans med ett eftervärmningsbatteri för all värmeförsel till byggnaden, förutom de interna lasterna såsom elektrisk utrustning och människor. Ett FTX-aggregat går inte att installera i alla hus, eftersom det krävs till- och frånluftskanaler, vilket gör att det är en relativt enkel installation för hus med FT-ventilation. I vissa fall går det att bygga om från ett F-system till ett FTX-system, men tilluften måste då styras om från de befintliga tilluftsdonen till nya från FTX-aggregatet vilket kräver dragning av nya tilluftskanaler. Detta är inte alltid möjligt i praktiken på grund av dåligt med utrymme för kanaldragning och aggregat etc. För ett S-system är det ofta omöjligt att installera ett FTX-system, dels på grund av att det inte finns utrymme för att dra till- och frånluft till huset, dels för att hus med S-ventilation ofta är relativt otäta vilket minskar sparpotentialen för ett FTX-system eftersom luften kommer gå genom otätheter istället för genom aggregatet. För mer information om olika ventilationssystem, se avsnitt 4.2.3.

Att tänka på om uppvärmningssystemet i huset skall bytas ut från en panna som tidigare värmt upp murstocken till exempelvis en värmepump, fjärrvärme eller annan källa som inte värmer murstocken, är att försäkra sig om att ventilationen fungerar tillfredställande även efteråt (Chalmers EnergiCentrum 2005). Risken är annars att ventilationen försämras, problemet löses enklast med installation av fläktar, förslagsvis i skorstenen som även tidigare fungerat som frånluftskanal. Problem kan även fås på vindar eftersom klimatet på vinden efter åtgärd blir betydligt kallare, då ingen murstock med varma rökgaser längre värmer upp vinden. Varm fuktig luft som tränger upp genom taket upp till vinden kommer då troligtvis att falla ut som vatten, vilket kan leda till mögel. Dessutom kan ingreppet ge ändrade tryckförhållanden i byggnaden, vilket ger ändrade luftflöden. Detta bör således kontrolleras för att undvika problem med fukt, drag, radon etc. Dessutom har den gamla pannan värmt upp källaren, och när den inte längre används måste värme tillföras källaren på annat sätt för att förhindra fuktproblem, exempelvis med en extra radiator. På samma sätt kan problem uppkomma efter installation av öppen spis, braskamin eller kakelugn. Den luft som måste tillföras förbränningen kan tas antingen utifrån eller inifrån huset. Om luften tas utifrån förändras tryckbilderna över byggnadsskalet inte mycket, däremot om luften tas inifrån så ökar undertrycket i huset eftersom stor mängd luft förs ut genom skorstenen. Förutom höga ventilationsförluster medför detta risk för ökad radon från mark samt försämrade inomhusmiljöer p.g.a. drag.

Ett ytterligare tips är att det kan gå att söka bidrag för konvertering från direktverkande el till ett vattenburet system. Det kan även finnas ett särskilt stöd till kompletterande installation av solvärme. Mer information om de regler som gäller finns på Boverkets webbplats www.boverket.se eller hos Länsstyrelsen.

4.2.2 Värmedistributionssystem

För att distribuera värmen inom en bostad används ett distributionssystem, de vanligaste lösningarna är:

- Direktverkande el
- Vattenburen värme

Direktverkande el kan i sin tur förse bostaden med värme på en rad olika sätt, vanligast är olika typer av elradiatorer, exempelvis öppna eller slutna ”luft”-radiatorer, oljefyllda slutna radiatorer. Andra sätt att värma med direktel är golvvärme eller luftvärme.

Vattenburen värme förser oftast bostaden med värme genom radiatorer, följt av golvvärme och luftvärme.

Beroende av vilket värmedistributionssystem som används i dagsläget och hur stor värmeanvändningen är, är behovet olika stort av att byta ut till ett annat. Som värmedistributionssystem är vattenburen värme, antingen med vattenradiatorer, golvvärme eller luftburen värme att föredra. Orsaken är att systemet som sådant är flexibelt vad gäller värmekälla, och det går att byta uppvärmningskälla utan att behöva byta ut hela värmedistributionssystemet. Direktverkande el som värmedistributionssystem bör således bytas ut eller kompletteras för att få ett flexiblere system. Det finns ett flertal potentiella alternativ, varav luftburen värme med luft/luft-värmepump är ett som minskar energianvändningen till en låg investeringskostnad jämfört med byte till ett vattenburet distributionssystem. En luft/luft värmepump är dock inte heltäckande under årets kallaste dagar eftersom COP (Coefficient of Performance) då blir mycket lågt, utan måste då kompletteras med en annan energikälla. Ett annat alternativ kan vara att satsa på kompletterande värmekällor till den befintliga elvärmen såsom braskaminer, kakelugnar etc. (Ruud 2003; Statens Energimyndighet 2005).

Att tänka på för vattenburna distributionssystem, är att underhåll och injustering av systemet är a och o för att det skall fungera väl och ha låga driftskostnader. För att ytterligare sänka driftskostnaderna kan pumpar stängas av när det inte finns något värmebehov, vilket minskar elanvändningen. Pumparna stängs av antingen med hjälp av ett årsur eller mot aktuell utetemperatur. Under avstängningstiden bör pumparna motioneras med jämna mellanrum, exempelvis en gång per vecka, för att förhindra att pumpen kärvar ihop inför nästa värmesäsong. Pumpstopp av pumpar anses vara möjlig att genomföra i ungefär 69 procent av småhusen (Borgström 1993). Dessutom kan det finnas skäl att se över pumparna effektivitet, eftersom nya pumpar har betydligt bättre pumpeffektivitet, se vidare i avsnitt 4.3. Ett annat sätt att minska energianvändningen för uppvärmning om det är ett vattenburet uppvärmningssystem installerat är att installera termostatventiler på radiatorerna (Borgström 1993). Villatermostaterna reglerar vanligen flödet genom radiatorerna så att en nära konstant temperatur erhålles. Livslängden för termostatventiler brukar beräknas mellan 10 och 15 år (Borgström 1993). Läs även vidare om styr- och regleringssystem för värme i avsnitt 4.2.4. Dessutom bör man vid användning av termostatventiler alltid ha en tryckstyrd pump. En tryckstyrd pump ger en väl fungerande reglering samtidigt som elanvändningen minskar. Ibland kan det dessutom vara fördelaktigt att även byta ut fönster om vattenradiatorerna skall bytas ut. Då kan ibland mindre och billigare radiatorer väljas, utan att den termiska komforten minskar. Detta gäller dock inte alltid när uppvärmningssystemet består av en värmepump eller om systemet så

småningom kommer att övergå till en värmepump. Orsaken är att den har högre COP vid låga jämfört med höga framledningstemperaturer. En vätska/vatten-värmepump, exempelvis en berg- eller ytjordvärmepump, kan som högst producera 50-70°C vatten utan att behöva eftervärma med el, men COP minskar med ökande temperatur. En luft/vatten-värmepump som använder uteluften som arbetsmedie kommer upp i ungefär samma temperaturer som en vätska/vatten-värmepump, fast med annorlunda COP, se Figur 12. Den har högt COP vid temperaturer över 0°C och under 0°C sjunker COP. En luft/luft-värmepump har högre COP eftersom den producerar varm luft med låga temperaturer och därmed inte behöver höja temperaturen så mycket. Det är således en fördel med ett överdimensionerat distributionssystem, eftersom det gör att värmepumpen får ett högre COP vilket ger lägre driftkostnader. I de flesta hus som har vatten som distributionssystem är radiatorerna oftast något överdimensionerade, vilket är en fördel om en värmepump skall installeras. Hus från 70-talet är dock ett undantag då mindre radiatorer byggdes in, vilket gör att dessa måste förses med högre framledningstemperatur för att klara av att värma upp byggnaden, om inga andra åtgärder utförs som sänker energibehovet för uppvärmning. Ett alternativ kan vara att komplettera med fler radiatorer, alternativt installera fläktkonvektorer.

Ett ytterligare tips är att det för småhus, flerbostadshus och bostadsanknutna lokaler kan gå att söka bidrag för konvertering från direktverkande el till ett vattenburet system. Det kan även gå att få ett särskilt stöd till kompletterande installation av solvärme. Mer information om de regler som gäller finns på Boverkets webbplats www.boverket.se eller hos Länsstyrelsen.

4.2.3 Ventilationssystem

Ventilationssystemets uppgift är att transportera ut föroreningar och fukt från huset. Det är viktigt att detta fungerar väl för att komforten/inomhusluften skall upplevas som fullgod av de boende. Det är extra viktigt då det finns en förhöjd radongashalt i huset. I genomsnitt är radongashalten uppskattningsvis ungefär 100 Bq/m³ i svenska bostäder, generellt sett något högre i småhus, och något lägre i flerbostadshus. Gränsvärdet för radongashalten i luften är satt till 200 Bq/m³ luft och halter över räknas som för höga och kan innebära hälsorisker. Det finns även ett gräns- och riktvärde för radon i dricksvatten som är på 1 000 Bq/l vatten. Radonen kan komma från tre olika källor; marken under och runt om huset, byggnadsmaterialet eller från vattnet. För att minska radongashalten i inomhusluften finns ett flertal möjliga åtgärder som dock inte har någon energieffektiviseringspotential, men är nog så viktiga att vara medveten om. Möjliga åtgärder är bland annat att täta huset, förbättra ventilationssystemet, installera mekanisk frånluft eller till- och frånluftsventilation, förändra tryckförhållandena i marken under huset och att byta ut eventuellt radonalstrande byggnadsmaterial. Radon i vattnet kan minimeras genom att lufta vattnet innan det når bostaden. Vilken eller vilka av åtgärderna som är mest effektiva beror på varifrån radonet har sitt ursprung (Boverket 2007).

Enligt BBR skall ventilationsflödet som lägst uppgå till 0,35 l/s per m² golvarea, undantag från detta krav ges då närvaro- och behovsstyrning finns installerat. När ingen vistas i bostaden kan då flödet tillåtas gå ned till 0,1 l/s, förutsatt att reduktionen inte kan tänkas orsaka hälsorisker för de boende. Reduktionen får inte heller kunna orsaka skador på byggnaden, installationer eller de boende p.g.a. fukt, radon mm. (Boverket 2008). Detta gäller dock vid nybyggnation, för befintliga bostäder gäller de byggregler som var aktuella vid byggnadens uppförande (Boverket 2006). Detta gör att många äldre ventilationssystem ofta inte uppfyller dagens krav på inommiljö, luftflöden och energieffektivitet. Ventilationssystemets tekniska livslängd sätts ofta till 15 år, men många av de ingående komponenterna i systemet kan ha avsevärt kortare livslängd (Kungliga Ingenjörsvetenskapsakademien 2002).

Det finns ett flertal olika varianter av ventilationssystem:

- S – självdrag
- F – frånluft
- FT – från- och tilluft
- FTX – från- och tilluft med värmeväxlare

Självdragssystem innebär att lufttransport både in och ut ur huset sker genom otätheter i skalet mellan väggar, dörrar och fönster samt genom installerade luftdon. Luftdonen tillåter passage av luft i båda riktningar och är ofta placerade i fönster eller väggar. Självdragsprincipen bygger på att det finns en tryckskillnad mellan ute och inne som skapas av termik och vind. Självdrag är vanligast i äldre bostäder, främst före 1970-talet. Denna typ av ventilation går vanligen inte att kombinera med värmeåtervinning.

Frånluftssystem har en eller flera fläktar installerade – vanligen placerade i rum med smutsigare luft såsom kök, badrum och garderober – tilluften går dock genom byggnadsskalets otätheter samt genom tilluftsdon. Frånluftsventilation är vanligast i nyare enfamiljshus, främst från 1970- och 1990-talet.

Från- och tilluftssystem har fläktar både för lufttransporten från och till byggnaden. Luften till och från huset tas in och förs ut via kanaler, vanligtvis är dessa dragna på vinden eller i ett mellanbjälklag. Från- och tilluftssystem förekommer i en del enfamiljshus från främst 1980- och början av 1990-talet.

Från- och tilluftssystem med värmeväxlare har både till- och frånluftskanaler installerade med fläktar. Dessutom värmeväxlas den varma frånluften mot den kalla inkommande uteluften så att tilluften förvärms innan den går in i bostaden. Med ett FTX-system kan ventilationsförlusterna minskas med upp till 80%. För att detta system skall vara riktigt effektivt krävs det att byggnadsskalet är ordentligt tätt så att inte varm luft från huset läcker ut genom byggnadsskalet utan att först värmeväxlas mot den kalla uteluften. FTX-system är vanligast i hus från 1980-talet och framåt. Det är viktigt att underhålla FTX-systemet, det vill säga byta filter med jämna mellanrum, rengöra värmeväxlare och luftdon. Dessutom bör det kontrolleras att det inte sker något läckage från frånluften över till tilluften, vilket det annars finns risk för i bland annat värmeväxlare (Chalmers Energi-Centrum 2005).

Det första som bör göras innan några ändringar görs av ventilationen är att kontrollera vilket system som finns installerat i huset, och om det fungerar tillfredställande. Regelbunden kontroll och underhåll är ett måste för att systemet skall bibehålla sin funktion och fungera optimalt. Här följer några tips på vad som bör ses över:

- Se över och rengör alla till- och frånluftsdon eftersom det ofta samlas mycket damm på dessa platser vilket avsevärt försämrar luftflödena.
- Dessutom bör eventuella filter, gäller mekaniska FT- och FTX-system, bytas ut regelbundet för att ventilationen inte skall dra onödigt mycket ström och luften som tillförs byggnaden skall vara ordentligt renad.
- För en- och tvåfamiljshus finns inget krav på återkommande funktionskontroll för ventilationen (OVK), men upplevs brister så är det bostadsägarens skyldighet att se till att det sköts och underhålls. Därför kan det i vissa fall vara lämpligt att genomföra en OVK även i bostäder som är undantagna från regeln (Boverket 2008).
- Om ett styr- och reglersystem för ventilationen finns installerat, se avsnitt 4.2.4, bör det kontrolleras att drifttider och ventilationsflöden mm. är anpassat för det ventilationsbehov som finns.

För många äldre ventilationssystem som har en eller flera fläktar installerade kan det finnas anledning att byta ut de befintliga fläktarna till nya, mer energieffektiva. Detta kan minska den specifika elenergianvändningen i en normalstor villa med cirka 5 kWh/m². Fläktarna byts då förslagsvis ut mot direktdrivna, varvtalsstyrda fläktar som drar mindre el samtidigt som de går tystare. Boverket rekommenderar SFP-värden enligt Tabell 6 som bör uppnås.

Tabell 6. Rekommenderade SFP-värden för ventilationssystemet vid dimensionerande luftflöde (Boverket 2008).

Ventilationssystem	SFP, kW/(m ³ /s)
Från- och tilluft med värmeåtervinning	2,0
Från- och tilluft utan värmeåtervinning	1,5
Frånluft med återvinning	1,0
Frånluft	0,6

För mer information om fläktar se avsnitt 4.3.

För att minska de totala energikostnaderna är det möjligt att ersätta ett FT-system med ett FTX-system, som genom värmeåtervinningen minskar energikostnaderna. För mer information om installation av FTX-system i befintligt F- eller FT-ventilerat hus, se avsnitt 4.2.1. För både F- och FT-system finns dessutom möjligheten att använda värmen i frånluften till att bereda varmvatten med hjälp av en frånluftsvärmepump, ett så kallat FVP-system. Det finns olika varianter av FVP-system. Den ena varianten producerar endast tappvarmvatten, medan den andra både producerar både tappvarmvatten och varmvatten för uppvärmningsbehov. Det finns även ett fåtal varianter på marknaden som förutom detta kan förvärma tilluft med hjälp av det producerade varmvattnet.

Att tänka på är att ventilationen efter åtgärder *alltid* måste uppfylla kraven på bland annat luftkvalitet och erforderliga luftflöden (Krögerström 2001). Om justeringar görs på ventilationen måste således en injustering göras för att säkerställa att luftflödena uppfyller kraven. Dessutom bör ventilationen alltid ses över när någon större åtgärd har gjorts i huset, exempelvis byte av uppvärmningssystem. Mer information om detta finns i avsnitt 4.2.1. Om huset blir tätare och mer välisolerat på grund av exempelvis fönsterbyte eller tilläggsisolering, finns det risk för att de ljud inifrån huset från dess installationer som tidigare inte ansetts störande framträder mer och orsakar besvär. Speciellt gäller detta för hus med komplexa ventilationssystem samt när förändringar gjorts på det befintliga ventilationssystemet. Dessa aspekter bör därför förutses och övervägas speciellt när nya komponenter köps in och installeras. Bra ljudegenskaper hos produkter skall prioriteras och det bör tänkas igenom hur installationen bäst utförs för att minimera risken för oönskvärt buller.

4.2.4 Styr- och reglersystem

Ett styr- och reglersystem är ett system som styr och reglerar värmen och i många fall även ventilationen i en byggnad. Styr- och reglersystem kan vara utformade på flera olika sätt, dels som ett centralt system som styr samtliga eller grupper av radiatorer i byggnaden. Dels med individuella termostater på varje radiator. Effektagivelsen från varje radiator kan i sin tur styras på två olika sätt. Antingen styrs radiatorerna på utetemperatur eller på innetemperaturen i en eller flera punkter i vistelsezonen. Fördelarna med ett väl fungerande styr- och reglersystem är att inomhusklimatet kan förbättras samtidigt som energikostnaderna kan minskas med upp till 5-15 procent för el radiatorer och med 10-20 procent för vattenradiatorer. Orsaken till energibesparingen är att lufttemperaturen i bostaden med hjälp av styr- och reglersystemet kan hållas mer konstant, vilket både ger ett behagligare inomhusklimat och en lägre energianvändning. Funktionen hos äldre styr-

och reglersystem är ofta otillfredsställande med försämrade termisk komfort och alltför hög energianvändning. Framförallt gäller detta för äldre el radiatorer som är utrustade med så kallade bimetall termostater. Dessa termostater får med åren ”knäppande” ljud och stora temperatursvängningar. Genom att byta ut styr- och reglersystemet mot ett bättre kan upp till 15 procent energi sparas in, till en relativt låg kostnad, vilket ger en kort återbetalningstid.

Ett första steg för att minska energianvändningen är således att investera i ett styr- och reglersystem om ett sådant inte finns installerat sedan tidigare. Om ett system redan finns installerat bör det kontrolleras att det fungerar tillfredsställande och vid behov bör en injustering göras, alternativt köps ett nytt. En injustering är viktigt för att energibesparingen skall bli så stor som möjligt samtidigt som inomhusklimatet håller en hög kvalitet. En injustering av systemet bör göras så fort en förändring har gjorts i systemet. En förändring kan till exempel vara tilläggsisolering av någon del av huset, byte av ventilationsystem, uppvärmningssystem mm.

Vanliga inställningar som går att göra på de flesta centrala styr- och reglersystem för att minska energianvändningen är:

- Nattsänkning av inomhustemperaturen – ger en lägre energianvändning och ett bättre sovklimat (Borgström 1993).
- Närvarostyrning – reducering av ventilationsflöde samt lufttemperatur då de boende inte är hemma.
- Pumpstopp under ex. vis. sommaren (Borgström 1993).
- Vädringslås – gör att värmepådraget på elementen inte ”skenar” vid tillfällig temperatursänkning i rummet såsom vid vädring, fönster- och dörröppningar.
- Indelning av bostaden i zoner – används då inte samma temperatur eftersträvas i alla delar av huset, utan lägre temperatur kan tillåtas i exempelvis källare och sovrum jämfört med kök och vardagsrum.

Det finns ännu fler, mer avancerade system, som t.ex. framkoppling och prognosstyrning. Dessa har hög potential, men används sparsamt i nuläget. En ytterligare fördel med ett styr- och reglersystem är att det utifrån detta ofta går att utläsa hur mycket energi som har används under en viss tid. Detta gör att energianvändningen kan följas upp, och om åtgärder görs kan dessa följas upp och utvärderas på ett enkelt sätt.

Att tänka på är att det finns många olika styr- och reglersystem på marknaden. Det är viktigt att välja ett system som är kompatibelt med huset och dess installationer samtidigt som det inte är alltför komplext utan lätt går att justera. Systemet bör med andra ord ha rätt prestanda samtidigt som det är användarvänligt. Då både pris för systemet och antalet möjliga inställningar varierar mellan olika fabrikat bör flera leverantörer/tillverkare kontaktas.

4.2.5 Tappvarmvatten

Varmvatten i en bostad används för personlig hygien, diskning, etc. Hur mycket energi som går åt för varmvattenberedning är starkt kopplad till den mängd varmvatten som används, men även rörförluster och beredarförluster har viss betydelse. Tappvarmvatten bereds ofta – men inte alltid – med samma teknik som värmen i huset, exempelvis med värmepump, fjärrvärme, egen panna eller el. För att minska energianvändningen för varmvattenberedning är det enklaste sättet att helt enkelt minska sin användning. I olika hushåll med liknande förutsättningar kan användningen av tappvarmvatten skilja upp till en faktor 3-4,5 och det är till största delen vanor och beteenden som är orsaken (Johan Björkman, Roger Nordman et al. 2008). Tekniska lösningar för att minska varmvattenanvändning eller energin för att värma upp vattnet är:

- Byte av tappvarmvattenarmatur
- Installation av effektivare varmvattenberedare
- Installation av perlatorer

Byte av tappvattenarmatur till resurseffektiva engreppsblandare kan reducera energianvändningen för varmvatten med 600-750 kWh per hushåll och år. Störst blir besparingen om bytet sker från tvågreppsblandare. Orsaken till besparingen är att engreppsblandarna har både temperatur- och flödesbegränsning vilket ger en lägre energianvändning (Wahlström 2000). Den tekniska livslängden för tappvarmvattenarmaturer är cirka 10 år (Kungliga Ingenjörsvetenskapsakademien 2002). Dessutom finns snålspolande duschmunstycken och WC-stolar.

Installation av effektivare varmvattenberedare kan minska energianvändningen för uppvärmning av tappvarmvatten ytterligare. Framst genom att energiförluster genom höljet minskas på grund av bättre isolering. Dessa förluster bidrar visserligen till uppvärmningen under delar av året, men många gånger kan uppvärmningen ske mer effektivt. För varmvattenberedare brukar en teknisk livslängd på 15 år användas (Kungliga Ingenjörsvetenskapsakademien 2002). Det väntas även krav på lägre energianvändning för varmvattenberedare i och med införandet av lagen om ekodesign. Mer information om vilka krav som gäller för varmvattenberedare finns på Energimyndighetens hemsida.

Installation av perlatorer är ett mycket enkelt sätt att minska vattenanvändningen, och därmed även energianvändningen. En perlator är ett munstycke som fästs på den befintliga tappvattenarmaturen i kök, tvättställ, dusch etc. Perlatorerna blandar in luft i vattenstrålen vilket gör strålen fylligare och mjukare, vilket gör att en mindre vattenmängd behövs.

Att tänka på är att temperaturen på tappvarmvattnet inte får tillåtas sjunka så att det finns risk för legionella.

4.3 Åtgärder av elutrustning

Elutrustningen står för över 10 procent av den totala energianvändningen i ett hushåll (Statens Energimyndighet 2008). Den allra största elanvändningen från elapparaterna är den som åtgår vid driften av produkterna, tillverkningen och skrotningen av produkterna står endast för en bråkdel av den totala elanvändningen. Lagen om ekodesign som trädde i kraft den 1 maj 2008 i Sverige har bland annat som syfte att förbättra energianvändande produkters energieffektivitet. Tanken är att energieffektiviteten skall ökas utan att försämra ekonomin, säkerheten och användbarheten (Energimyndigheten 2009). Ekodesign-direktivet kommer att innebära begränsningar av elanvändningen för alla produkter i nedanstående lista.

Elutrustning kan delas in i följande huvudgrupper:

- Vitvaror och hushållsapparater
- TV, datorer, hemelektronik etc.
- Belysning
- Pumpar och fläktar

Vitvaror och hushållsapparater innefattar exempelvis kylskåp, frys, spis, ugn, diskmaskin, tvättmaskin och torktumlare/skåp. För vitvaror skall energianvändningen alltid redovisas i form av en energimärkning, och när det är dags att köpa nytt är det viktigt att välja bästa möjliga klass för att få en produkt med så låg elanvändning som möjligt. Hur

energieffektiv en produkt är redovisas med en skala från A, grön färg och låg användning, till G, röd färg och hög användning. För kylskåp och frysar finns förutom energiklasserna A-G även energiklasserna A+ och A++, där A++ har lägst elanvändning. För tvättmaskiner, torktumlare/skåp och diskmaskiner redovisas även hur bra maskinerna tvättar, torkar och diskar på en skala från A till G, där A är bäst (Statens energimyndighet 2006). För att kylskåp och frysar inte skall dra mer energi än nödvändigt är det ett tips att kontrollera vilken temperatur som uppnås. För varje grad kallare än +5°C och -18°C i kylskåp respektive frys ökar energianvändningen med 5 procent (Statens Energimyndighet 2008).

När det gäller spisar finns ett flertal olika typer av hållar att välja mellan: konventionella gjutjärnsplattor, gasspis, induktionshäll och glaskeramikhäll. Av dessa är induktionshällen mest energieffektiv och drar i genomsnitt 40 procent mindre energi än en gjutjärnhäll och 20 procent mindre energi än en glaskeramikhäll. Vid långkok minskar dock skillnaderna. Plattorna på en induktionshäll är dessutom endast varma så länge en kastrull eller stekpanna av magnetiskt material står på den (Statens Energimyndighet 2008).

Det går även att installera tvättmaskiner och torkrumsutrustning mot varmvattenssystemet vilket kan minska elanvändningen, förutsatt att varmvattnet bereds utan el. Dessutom finns det nya tvättmaskiner som anpassar vattenmängd till mängden tvätt vilket minskar energianvändningen för uppvärmning av vatten. Hur mycket energi som åtgår för att torka tvätten beror på hur bra tvättmaskinen har centrifugerat. Torkskåp och torktumlare är vanliga för att torka tvätten och torktumlare behöver ungefär 30-35 procent mindre energi, samtidigt som det går dubbelt så fort (Kungliga Ingenjörsvetenskapsakademien 2002). Vidare finns det två olika typer av torktumlare; konventionella kondensstumlare och värmepumpstumlare. En värmepumpstumlare återanvänder den varma luften genom att torka den, istället för att värma upp ny luft som kondensstumlaren gör. Detta gör att energianvändningen kan minskas med ungefär hälften (Statens Energimyndighet 2007).

Elektriska handdukstorkar och komfortgolvelvärme bör förses med t.ex. timer eller annan reglerutrustning för att tillförsäkra att de inte är igång när inget behov finns (Boverket 2008).

Slutligen är det viktigt att underhålla produkterna, tex. minskar energianvändningen för kyl och frys efter avfrostning om det bildats is i frysen. Ett annat tips är att byta tätningar på frys och kylskåp så att de sluter tätt och inte släpper in luft.

TV, datorer, hemelektronik etc. är stora energianvändare i hemmen och elanvändningen ökar i takt med antalet apparater. För att minska elanvändningen från dessa apparater bör en inventering göras över vilka produkter som finns samt när och hur de används. Bland annat bör standby-funktioner på elapparater undvikas, stäng istället av apparaterna helt. Det sparar inte bara energi, utan minskar dessutom brandrisken. Det är inte ovanligt att ett hushålls stand-by förluster motsvarar upp till 500 kWh per år i ett hushåll (Krögerström 2001). Eftersom den totala elanvändningen uppgår till i genomsnitt 6100 kWh per hus och år (Statens Energimyndighet 2008) kan användningen av hushållsel minskas med ungefär 8 procent enbart genom att stänga av produkter som inte används. Olika produkter har olika hög stand-by effekt och i.o.m. införandet av ekodesign direktivet införs begränsningar på den maximalt tillåtna stand-by effekten.

I nuläget finns två tekniker som dominerar tv-marknaden: LCD-tv och plasma-tv. En LCD-tv använder mindre energi än en plasma-tv av jämförbar storlek, och det kan skilja upp till 60 procent i elanvändning. Genom att byta ut sin gamla 28 tums bildrörs-tv till en ny 42 tums plasma-tv kan energianvändningen mer än tredubblas (Energimyndigheten 2008).

Belysning är ett område där mycket kan göras för att minska elanvändningen. Miljöbelastningen från belysningsutrustning kommer till 90 procent från driften, medan endast vardera 5 procent kommer från tillverkning och skrotning. Om istället livscykelkostnaderna under tjugo år för belysningsutrustning jämförs står investeringen för 10 procent, drift och underhåll för 20 procent och slutligen elkostnaden för resterande 70 procent. Genom utbyte av äldre belysningsutrustning från 70-talet till modern utrustning kan energianvändningen minskas med upp till 80 procent (Energimyndigheten 2005). Det finns således mycket att tjäna, både energi- och kostnadsmässigt på att effektivisera den installerade belysningsutrustningen. I och med införandet av lagen om ekodesign har ett antal genomförandeåtgärder trätt i kraft. En av dem gäller för hembelysning och innebär att alla matta glödlampor samt 100 watts klara glödlampor förbjuds från och med 1 september 2009 (Statens Energimyndighet 2009). På sikt kommer även alla andra klara glödlampor med andra effekter att förbjudas. Då finns inget annat alternativ när de gamla glödlamporna går sönder än att byta ut till mer energieffektiva. Ett alternativ till traditionella glödlampor är att byta ut dessa mot lågenergilampor. Lågenergilampor finns i två olika typer, lysrörslampor och kompaktlysror. *Lysrörslampor* är som namnet antyder ett lysrör, som har böjts och försetts med inbyggd elektronik och sockel som går att använda i traditionella glödlampsocklar. Ljusutbytet från en lysrörslampa är 4-5 gånger större per tillförd watt än för glödlampor. Detta gör att en glödlampa på 60 watt motsvarar samma ljus som en lysrörslampa på 15 watt. För en vanlig 60 watts glödlampa som används 4 timmar om dagen och byts ut till en 15 watts minskar energianvändningen med ca. 66 kWh om året. Detta motsvarar ca. 72 kronor med ett elpris på 110 öre per kWh. Eftersom investeringskostnaden för en lysrörslampa är mellan 25 och 75 kronor, är detta en investering som snabbt betalar sig. Dessutom har de en livslängd som är 6-15 gånger så lång, vilket ytterligare förbättrar kalkylen. För lysrörslampor finns energimärkning på kartongen enligt liknande system som för vitvaror, där energiklass A är bäst och bör användas. *Kompaktlysror* är också ett böjt lysrör, precis som lysrörslampor, fast utan inbyggd elektronik. De kräver således andra armaturer och går inte att använda istället för glödlampor. Vanliga lysror är också väldigt energieffektiva, men kan bara användas i speciella armaturer. Så kallade HF-don som finns installerat i moderna armaturer för lysror och kompaktlysror, minskar energianvändningen och ökar hållbarheten (Energimyndigheten 2007). Det finns även speciella HF-don som kan ljusregleras (dimbara), vilket ytterligare sänker energianvändning samtidigt som komforten för användaren ökar. För lysrörslampor, kompaktlysror och vanliga lysror gäller att det tar längre tid för dessa att uppnå full ljusintensitet. Upp till mellan 20 och 60 sekunder kan det ta innan dessa uppnår full ljusintensitet (Energimyndigheten 2007). Nytt på belysningsfronten är lysdioder, LED-belysning som växer kraftigt. Fördelen med LED-belysning är en extremt lång livslängd och ett väldigt högt ljusutbyte. Ytterligare fördelar med LED-belysning är att lamporna är väldigt små samtidigt som de är effektiva, de finns dessutom i ett flertal olika färger och går att variera i det oändliga med form. Tidigare har ljusåtergivningen varit ett problem för LED-belysningen, men det blir bättre och bättre. Störst tillämpningsområde i dagsläget är för trapp- och hiss-belysning i flerbostadshus, men användningsområdet ökar ständigt (Elforsk 2006).

Pumpar och fläktar finns installerade i praktiskt taget alla bostäder, och många pumpar som finns installerade ute i bostadsbeståndet drar onödigt mycket el. Det är inte ovanligt att verkningsgraden för en pump av äldre årgång är så låg som 5 procent, och pumpen skulle med fördel bytas ut mot en ny, mer energieffektiv. Verkningsgraden varierar även för nya pumpar, de bästa pumparna kan ha en verkningsgrad på omkring 25 procent, medan de sämsta endast har 10-15 procent i verkningsgrad (Energimyndigheten 2007). Tekniken finns alltså, men ändå är byten av pumpar relativt ovanliga trots att det snart betalar sig i lägre energianvändning. Det är inte heller de allra bästa pumparna som installeras i nyproducerade villor eller i värmepumpar etc. på grund av ett högre inköpspris. Cirkulationspumpar bör vara avstängda då inget behov av flöde finns, gäller dock ej för tappvarmvatteninstallationer (Boverket 2008).

Fläktar finns med fläkthjul med både bakåt- och framåtböjda skovlar. Många äldre installerade fläktar har fläkthjul med framåtböjda skovlar, medan sådana med bakåtböjda skovlar har högre verkningsgrad. Det är vanligt att fläktar med framåtböjda skovlar har en verkningsgrad som är 10-15 procentenheter lägre än en fläkt med bakåtböjda skovlar (Abel and Elmroth 2006). Fördelarna med fläktar med framåtböjda skovlar är att de kan byggas mindre och billigare än en dito med bakåtböjda skovlar. Genom att byta ut fläktar med framåtböjda skovlar till nya med bakåtböjda skovlar kan alltså fläktaggregatets verkningsgrad förbättras med en minskad fläktnotoreffekt som följd (Borgström 1993). Dessutom kräver fläktar med bakåtböjda skovlar mindre underhåll än dito framåtböjda. Vidare bör fläkten ha frekvensstyrd drift, dvs. att varvtalet regleras steglöst beroende på vilket motstånd som finns i kanalen och efter utetemperaturen (Energimyndigheten 2006). Även pumpar och fläktar kommer att påverkas av införandet av ekodesign direktivet, men de restriktioner som kommer att införas är i nuläget inte bestämt. Mer information om ekodesign direktivet och hur det kommer att påverka pumpar och fläktar, och även andra produkter, fås genom Energimyndighetens hemsida.

Förutom dessa energieffektiviserande åtgärder är det möjligt att installera följande lokala energiförsörjningssystem för att ersätta en del av elanvändningen:

- Småskalig vindkraft
- Solceller

Småskalig vindkraft är ovanligt i Sverige, men det finns installerat på mindre områden i Sverige. Nackdelar är att det enbart alstrar energi när vinden blåser samt att ger upphov till buller. En barriär är att det inte alltid finns möjlighet för uppkoppling mot det nationella elnätet för att kunna sälja den el som inte används i huset.

Solceller är en teknik som omvandlar energin från solens strålar till elektricitet. Det finns flera olika typer av solceller, varav de vanligaste är olika varianter av följande: solceller av kristallint kisel och tunnfilmssolceller. Verkningsgraden för de olika typerna är ganska låg, moduler av kristallint kisel har vanligen en verkningsgrad på 12-15 procent, medan tunnfilmssolceller har en verkningsgrad på 5-10 procent (Energimyndigheten 2005). Det finns ett flertal olika användningsområden för solceller, varav byggnadsintegrerade system, sk. nätanslutna distribuerande system är intressanta för bostadsområdet. Dessa system kan ge ett bidrag till husets elbehov och om solcellerna alstrar mer elektricitet än vad som behövs, kan elektriciteten säljas till elnätet. Det är även denna marknad som förmodligen kommer att vara den viktigaste marknaden för solceller de närmaste 5-10 åren (Energimyndigheten). I dagsläget är solceller relativt ovanligt i Sverige i större skala, och det svenska regelsystemet är inte anpassat till solceller. Det är inte ovanligt att kostnaderna för nätanslutningen blir större än kostnaderna för själva solcellsanläggningen (Energimyndigheten). Det kan vara värt att kolla upp om det finns möjlighet till bidrag för solcellsinstallation, information om detta finns hos Boverket eller Länsstyrelsen.

5 Konvertering av flerfamiljshus

Många av de lösningar som har beskrivits tidigare i kapitel 4 – konvertering av enfamiljshus, gäller även för flerfamiljshus, och i kommande avsnitt kommer det därför hänvisas till de delar som är gemensamma. Dock har flerfamiljshus en del speciella förutsättningar, exempelvis bor ägaren oftast inte själv i huset, utan det ägs av en bostadsrättsförening, allmännyttan med en förvaltare eller är privatägt. De boende har således oftast mycket liten möjlighet att själva styra investeringar och renoveringar, och är istället utlämnade till beslut som tas i bostadsrättsstyrelsen eller av ägaren. I bostadsrättsföreningar kan det dock finnas möjlighet till påverkan genom att engagera sig i föreningen och dess styrelse.

5.1 Åtgärder av klimatskärm

De möjliga förbättringar på klimatskärmen som beskrivs i avsnitt 4.1 är till stor del direkt överförbara på flerfamiljshus. Däremot har flerfamiljshus flera egenskaper som i många fall försvårar eller fördyrar ingrepp på klimatskärmen. Mer om detta går igenom i följande avsnitt som behandlar de ingående delarna i klimatskärmen; tätskikt, tak och vind, fasad, fönster och dörrar och grund.

Speciellt för flerfamiljshus är att formfaktorn, det vill säga förhållandet mellan den omslutande arean (A_{om}) och den uppvärmda arean (A_{temp}) ofta är lägre än för enfamiljshus. En låg formfaktor är mer fördelaktigt ur energisynpunkt. Orsaken är att flerfamiljshus ofta har fler våningar och således en mindre andel omslutande area (väggar, tak, grund), jämfört med uppvärmd area (golvyta).

5.1.1 Tätskikt

Täthet är en precis lika viktig faktor för ett flerfamiljshus som ett enfamiljshus för att ge huset rätt förutsättning för ett lågt energibehov. I avsnitt 4.1.1 återfinns allmän information om olika åtgärder på tätskikt. Speciellt för flerfamiljshus är att husen är större, och således även klimatskärm och eventuellt tätskikt. Dessutom är det svårt att utföra en täthetsmätning i stora byggnader, och en avgränsad del exempelvis en lägenhet får istället provas. Om tätningen måste kompletteras kan det i många fall vara svårt eftersom delar av huset kan vara svåra att komma åt utan avancerad utrustning såsom lyftkran.

5.1.2 Tak och vind

De möjliga energieffektiviserande åtgärderna på tak och vind är i princip desamma för en- och flerfamiljshus, mer information om dessa finns i avsnitt 4.1.2. Det som skiljer mellan hustyperna är storleken på energieffektiviseringspotentialen. Andelen tak och vind utgör oftast en betydligt mindre del för (höga) flerfamiljshus jämfört med enfamiljshus. Det gör att energivinsten vid exempelvis tilläggsisolering av taket inte ger lika stort utslag för fler- som enfamiljshus. Dessutom är det i flerfamiljshus ofta begränsat utrymme på vind p.g.a. vindsförråd till lägenheter, fläktrum etc., vilket försvårar eller t.o.m omöjliggör en tilläggsisolering.

5.1.3 Fasad

För generell information som gäller fasader läs vidare i avsnitt 4.1.3.

Vilken fasadbeklädnad som är vanligast skiljer sig väsentligt åt mellan en- och flerfamiljshus. Till skillnad från enfamiljshus är det väldigt ovanligt med träfasader för flerfamiljshus. Istället används i stor utsträckning andra material såsom tegel och puts. Det

som är utmärkande för flerfamiljshus när det gäller åtgärder på fasader är att det ofta är svårt att belasta väggkonstruktionen med mer last. Exempel på detta är hus byggda under miljonprogrammet eftersom de ofta byggdes mycket optimerade materialmässigt.

5.1.4 Fönster och dörrar

I avsnitt 4.1.4 presenteras allmän information om fönsterbyten, och dessa råd och tips gäller i sin helhet även för flerfamiljshus. Det som skiljer en- och flerfamiljshus åt är att antalet fönster som måste bytas vanligen är fler eftersom husen är större. Detta gör att inköpspriset ofta kan pressas.

5.1.5 Grund

För flerfamiljshus är antalet typer av grunder som används för grundläggning mindre. Den absolut vanligaste grunden vid nybyggnation är platta på mark, men för de befintliga husen är grund med källare dominerande. Energiförlusterna som sker genom grunden beror till stor del på hur stor randen är mellan grund och mark och hur bra den är konstruerad. För hus med många våningar i förhållande till grundens storlek, blir randens inverkan mindre än för hus med få våningar i förhållande till grunden. Däremot kan problem med fukt och mögel vara nog så stora i flerfamiljshus som i enfamiljshus. Orsaken är att fukten har svårare att torka ut eftersom grunden är stor.

5.2 Åtgärder av installationer

Även för flerfamiljshus är installationerna viktiga, och det finns en väldigt stor energisparpotential. Mer om detta kan läsas i följande avsnitt, samt i avsnitt 4.2 där åtgärder för enfamiljshus beskrivs. Det finns dock en del skillnader mellan en- och flerfamiljshus som i många fall försvårar och/eller fördyrar åtgärder av installationerna. Till exempel så sätter ofta husstommen gränser för vilka åtgärder som går att utföra. Detta och mer går igenom i följande avsnitt.

5.2.1 Uppvärmningssystem

Det är stora skillnader mellan uppvärmningssystem som används för enfamiljshus jämfört med flerfamiljshus. Till skillnaderna hör att uppvärmningssystemet oftast är storskaligare eftersom ett större värmebehov ligger till grund. Dessutom är fjärrvärme den helt dominerande värmekällan och stod år 2007 för 82 procent av den uppvärmda arean (SCB 2009), till skillnad från i enfamiljshus där varianterna är fler, läs vidare i avsnitt 4.2.1. En åtgärd för att minska energianvändningen för uppvärmning är individuell mätning och debitering av värme, IMD. Historiskt sett har IMD varit relativt ovanligt i flerfamiljshus, och uppvärmningskostnaderna har istället fördelats ut mellan lägenheterna utifrån deras golvarea. Intresset för IMD ökar stadigt eftersom det ger de boende incitament för att minska sin egen värmeenergianvändning då de själva får betala för den. Flera studier har visat på en minskning av värmeanvändningen med 10-20 procent genom installation av IMD (Boverket 2008). För individuell mätning av värmeenergianvändning finns två olika principiella metoder:

- Mätning av tillförd radiatorvärme
- Mätning av rumstemperatur (komfort)

Båda metoderna har både fördelar och nackdelar och vilket av systemen som lämpar sig bäst påverkas till stor del av fastighetens egenskaper (Jagemar and Bergsten 2003). IMD av värme är ganska problematiskt eftersom den boende bara till mindre del kan påverka energianvändningen och eftersom mätmetoderna har svagheter (Boverket 2008). Det kan

även bli fråga om en orättvis fördelning eftersom lägenheterna har olika placering i huset. Till exempel är lägenheter i hörn, bottenplan och längst upp i huset mer utsatta och har ett större uppvärmningsbehov för att erhålla samma temperatur. Dessutom är värmeanvändningen i vissa fastigheter så hög (>200 kWh/m², år), att åtgärder för att minska användningen måste utföras först, innan IMD av värme kan vara aktuellt (Boverket 2008). Hyresgästerna skall troligtvis annars ställa större krav på att förbättringar på klimatskal och drift utfördes för att acceptera IMD. Detta minskar dock inte förutsättningarna för IMD av varmvatten som beskrivs mer ingående i avsnitt 5.2.5.

5.2.2 Värmedistributionssystem

De olika principer som finns för värmedistribution, se avsnitt 4.2.2, förekommer i både en- och flerfamiljshus. Däremot är system med vattenburen värme och radiatorer dominerande i flerfamiljshus, möjligen kompletterat med golvvärme i badrum. Men det finns fortfarande en del flerbostadshus som värms med direktverkande el i elradiatorer. Dessa fasas dock ut sakta men säkert, vanligtvis installeras då ett vattenburet distributionsystem med fjärrvärme som uppvärmningskälla.

Flera åtgärder för att förbättra värmedistributionssystemet går igenom i avsnitt 4.2.2. En åtgärd som minskar energianvändningen både i en- och flerfamiljshus är pumpstopp (gäller för vattenburet värmedistributionssystem). Under delar av året är det möjligt att genomföra denna åtgärd, och den beräknas vara genomförbar i 63 procent av flerbostadshusen (Borgström 1993). Under pumpstoppet är det emellertid viktigt att motionera pumpen med jämna mellanrum för att minska risken för att pumpen kärvar ihop. Precis som i enfamiljshus är det viktigt att distributionssystemet är korrekt injusterat, men i flerfamiljshus finns ofta större potential för effektivisering eftersom systemet är mer komplext.

5.2.3 Ventilationssystem

I avsnitt 4.2.3 finns olika typer av ventilationssystem och möjliga ventilationsåtgärder allmänt beskrivna.

Speciellt för flerfamiljshus är att funktionskontroller av ventilationssystemet, OVK, är obligatoriska med återkommande intervall. Detta är väldigt viktigt eftersom det ofta sker förändringar i ett flerfamiljshus som påverkar ventilationen, och det som görs i en lägenhet påverkar oftast även de andra lägenheterna. Exempel på detta är byte av köksfläkt etc. Intervallerna för OVK för flerfamiljshus med FT-ventilation är 3 år, F-ventilation 6 år, S-ventilation 9 år, och det är byggnadens ägare som skall se till att detta efterlevs. I samband med OVK:n skall möjliga energisparåtgärder i ventilationssystemet fastställas. Dessa protokoll kan vara en mycket viktig utgångspunkt när olika energieffektiviseringsåtgärder skall tas fram. Utöver dessa regelbundna kontroller är det viktigt att kontinuerligt underhålla och injustera systemet samt att byta eventuella filter mm. Att tänka på när det gäller filter är att det finns olika filterklasser som är olika bra på att fånga upp de partiklar som finns i luften. Det finns även filter som är P-märkta. Ett ventilationssystem som fungerar optimalt ger låg elanvändning och ett bra inomhusklimat.

Jämfört med enfamiljshus, där det ofta finns en vind eller något annat oinrett utrymme, är det oftast svårare att göra åtgärder i efterhand i ett flerfamiljshus. Vid ett flertal av åtgärderna behöver oftast ny kanaldragning göras och i ett flerfamiljshus är oftast utrymmet för detta begränsat. Om det finns tekniska och praktiska förutsättningar för renoveringar finns en stor förbättringspotential. Det som är viktigt att tänka igenom är hur systemet utformas på bästa möjliga sätt. Till exempel handlar det om att bygga ett ventilationssystem med så små tryckfall som möjligt, vilket minskar den erforderliga

energimängden för drift av fläktar. Fläktarna som installeras är lämpligen frekvensstyrda med bakåtböjda skovlar vilket ger en hög verkningsgrad. Dessutom kan ett styr- och reglersystem byggas in som möjliggör behovsstyrning av ventilationen, det vill säga när ingen är hemma i en lägenhet så kan ventilationen minskas, vilket minskar ventilationsförlusterna. Detta måste i så fall utföras så att varje lägenhet individuellt kan styras utan att det påverkar ventilationen i de andra lägenheterna.

5.2.4 Styr- och reglersystem

I avsnitt 4.2.4 beskrivs möjliga åtgärder för att minska energianvändningen i huset med hjälp av ett styr- och reglersystem. Ett styr- och reglersystem i ett flerfamiljshus, är oftast mer komplicerat och svårare att justera in så att alla lägenheter får acceptabla förhållanden, jämfört med ett enfamiljshus. Vinsterna med ett effektivt och väl fungerande system är däremot stora. Som alltid är det viktigt att systemet regleras och injusteras så att det alltid fungerar tillfredställande. I de olika lägenheterna i ett flerfamiljshus finns dessutom möjlighet till individuell justering och eventuellt även mätning med ett bra styr- och reglersystem. Ett styr- och reglersystem skulle också kunna användas för att reglera ventilationen och temperaturen och ställa ned både ventilation och temperatur då de boende inte är hemma. Det är då viktigt att varje lägenhet kan styras individuellt utan att påverka andra lägenheter.

5.2.5 Tappvarmvatten

De åtgärder för att minska varmvattenanvändningen som beskrivs i avsnitt 4.2.5 gällande enfamiljshus, gäller även för flerfamiljshus. Det som är specifikt för flerfamiljshus är till stor del beredningen och distributionen av vattnet. Det är dessutom vanligare med gemensamma tvättstugor. Vidare finns en stor potential för individuell mätning och debitering av varm- och kallvatten.

Precis som för uppvärmningssystem, så är det väldigt vanligt med fjärrvärme som uppvärmningskälla för tappvarmvatten i flerbostadshus. Fördelen är att ingen ackumulator-tank behövs eftersom uppvärmningen av vattnet sker momentant i en genomströmningsblandare. Risken att varmvattnet tar slut är således minimal. I flerfamiljshus är det dessutom vanligt med varmvattencirkulation, vilket har ett flertal fördelar. En av fördelarna är att varmvattnet kommer ur kranen nästan direkt, utan lång väntetid, vilket minskar vattenanvändningen. Nackdelar är att det krävs energi till pumparbetet för att cirkulera vattnet, samt att värmeförluster sker från rören (Axell 2009). Dessutom ökar risken för legionellatillväxt (Janusz Wollerstrand and Tommy Persson 2004).

Studier i ett flerbostadshus har visat att byte från tvågreppsblandare till engreppsblandare samt installation av termostatblandare i dusch eller badkar kan minska energianvändningen för både vattenberedning och vattenanvändning med upp till 40 procent i flerbostadshus (Wall 2006). I flerfamiljshus är det vanligt med gemensamma tvättstugor, och där finns skäl att gå över till uppvärmning av vattnet med fjärrvärme etc. istället för direktel. Detta är dock ingen energieffektiviserande åtgärd, men däremot förbättras sättet som varmvattnet bereds.

Antalet lägenheter med någon form av individuell mätning och debitering av tappvarmvatten, IMD ökar snabbt, men finns i dagsläget endast installerat i drygt 1 procent av lägenhetsbeståndet. IMD av varmvatten kan mycket väl införas som en självständig åtgärd, och hittills så har den största ökningen kommit från installation i befintliga bostäder (Boverket 2008). De hittillsvarande erfarenheterna pekar på att IMD medför en minskad varmvattenanvändning på 15-30 procent (Statens Offentliga Utredningar 2008). I framtiden kommer troligtvis priset för IMD att minska eftersom den tekniska utveck-

lingen går framåt samtidigt som nya företag kommer till (Boverket 2008). Barriärer för IMD kan vara att det är svårt/krångligt att mäta varmvattenanvändning per lägenhet eftersom stammarna ibland inte är uppdelade per lägenhet, utan en och samma lägenhet förses med varmvatten från flera stammar. I så fall måste mer än en mätare installeras per lägenhet vilket leder till ökade installationskostnader. Mellan år 1980 och 1988 installerades dock en ”passbit” som är förberedd för att installera individuell vattenmätning, vilket nu skulle kunna användas för att installera mätare för att debitera varje lägenhets användning (Ruud 2009).

5.3 Åtgärder av elutrustning

Elanvändningen i flerfamiljshus ökar precis som i enfamiljshus. Ökningen beror till stor del på ökningen av antalet produkter och den ökade användningen av produkterna. De åtgärder som går att göra för att minska elanvändningen i enfamiljshus, gäller även för flerfamiljshus, se avsnitt 4.3. Det som är specifikt för flerfamiljshus är att de boende i lägenheterna inte alltid själva betalar för den el som används, utan elen ingår i hyran med ett schablonbelopp. Detta gör att de boende inte har något eget incitament för att minska sin elanvändning, då detta inte resulterar i en lägre elräkning. Dessutom kan de boende i hyreslägenheter inte påverka vilka vitvaror som finns installerade, trots att de i många fall betalar för dess elanvändning. Det råder således delade incitament, fastighetsägaren vill ha så låg investeringskostnad som möjligt, medan hyresgästen vill ha en lägre energikostnad.

Precis som individuell mätning och debitering av värme och vattenanvändning gav lägre användning, bedöms IMD av el i lägenheter leda till en minskning av elanvändningen med 10-15 procent (Statens Offentliga Utredningar 2008). Det finns även möjlighet att gå ett steg längre och installera en display inne i lägenheten eller lättåtkomligt i trappuppgången som visar elanvändningen. Då har de boende själva möjlighet att direkt se hur mycket energi deras utrustning använder, hur användningen påverkas vid förändringar och de blir ännu mer medvetna om kopplingen mellan beteende och elanvändning.

Det som ytterligare skiljer mellan en- och flerfamiljshus är att det dessutom finns belysning i trappuppgångar, hissar samt andra allmänna utrymmen. Då det i många flerfamiljshus inte finns någon styrning för denna belysning och armaturerna i många fall är ineffektiva, finns det stora besparingspotentialer. Möjliga åtgärder för belysningen är:

- Installation av styrutrustning för belysning
- Byte till eleffektiv belysning

Installation av styrutrustningen för belysning innefattar ett flertal olika tekniker; tidur, rörelsestyrning, etc. Dessa tekniker har samma syfte, det vill säga att minska den totala belysningstiden och därmed även energianvändningen. Detta görs utan att minska nyttan för användarna.

Byte till eleffektiv belysning är ett hett ämne och det är ett område som det händer mycket på just nu. En stor förändring på belysningsfronten är införandet av ekodesign direktivet. Med start 1 september 2009 träder förändringarna för hembelysning i kraft. Då införs den första förändringen och alla matta glödlampor samt klara 100 watts glödlampor förbjuds. I förlängningen kommer alla glödlampor att förbjudas. Som ersättning för vanliga glödlampor finns en variant av lågenergilampa som har samma sockel, och mer information om olika belysningsalternativ finns i avsnitt 4.3.

6 Jämförelse mellan en- och flerfamiljshus

I detta kapitel görs en kortfattad jämförelse mellan enfamiljshus och vilken energieffektiviseringspotential olika byggnadstekniska åtgärder har. Samma sak görs därefter för flerfamiljshus, och sist jämförs enfamiljshus med flerfamiljshus. Detta görs genom att jämföra U-värden för olika konstruktionssdelar samt hur de påverkar det genomsnittliga U-värdet för en typbyggnad som är antingen en- eller flerfamiljshus. Utifrån dessa värden genomförs olika byggnadstekniska åtgärder och en jämförelse görs utifrån vilken effekt de har på specifik energianvändning, kWh/(m², år). Vid beräkningarna har ett beräkningsprogram, TMF:s energiberäkningsprogram version 1.5 använts. I det följande tas enbart hänsyn till olika åtgärders energieffektiviseringspotential och inte den kostnad den medför.

6.1 Enfamiljshus

I Tabell 7 presenteras två enplansvillor med 160² golvyta, och en omslutande area på 450 m². Husen är lokaliserade i klimatzon III. Det som skiljer mellan de båda villorna är att den ena villan har en fönsterarea motsvarande 15 procent av den tempererade arean, A_{temp} , medan den andra villan har en fönsterarea på 30 procent. Innan åtgärd har enplansvillorna U-värden på de ingående byggnadsdelarna enligt kolumn A i Tabell 7, vilket motsvarar en nivå som en vanlig villa från 1970-talet uppfyller. Detta resulterar i en genomsnittlig värmegenomgångskoefficient, U_m på 0,44 W/(K,m²) för huset med mindre fönsterytor och 0,62 för huset med större fönsterytor. Dessa värden kan jämföras mot dagens krav i BBR på ett maximalt U_m värde på 0,5 W/(K,m²) för hus utan elvärme och 0,4 W/(K,m²) med elvärme (Boverket 2008). Huset med mindre fönsterytor klarar alltså dagens krav gällande U_m -värdet utan några kompletterande åtgärder, förutsatt att det inte är eluppvärmt. Däremot uppfyller inte huset med de större fönsterytorerna BBR kravet.

Ett flertal åtgärder B-E utförs på husen utifrån det befintliga utförandet, A:

- A Befintligt utförande, det vill säga U-värden för respektive byggnadsdel: vägg 0,4 W/(K,m²), fönster 2,8 W/(K,m²), tak 0,2 W/(K,m²) och bottenplatta 0,2 W/(K,m²).
- B Tilläggsisolering av vägg vilket ger ett U-värde på 0,2 W/(K, m²)
- C Utbyte av fönster till bättre med U-värde 1,2 W/(K, m²)
- D Tilläggsisolering av tak vilket ger ett U-värde på 0,1 W/(K, m²)
- E Åtgärderna B, C och D genomförs samtidigt

Resultatet av åtgärderna och de nya U_m -värdena presenteras i Tabell 7. Huset med de större fönsterytorerna måste antingen byta till bättre fönster (C) eller göra flera av åtgärderna för att uppfylla nybyggnadskravet. För båda husen ger byte till mer energieffektiva fönster (C) en stor förbättring av U_m och därmed en minskning av de specifika transmissionsförlusterna. Det kan även konstateras att för huset med större fönsterytor måste alla åtgärder utföras för att ge lika låga transmissionsförluster som huset med mindre fönsterytor som endast realiserat en åtgärd, byte till mer energieffektiva fönster (C).

Tabell 7. Beskrivning av en enplansvilla med 15 respektive 30 % andel fönsterarea av den tempererade arean.

		Enplansvilla									
$A_{\text{tempererad}}$, [m ²]	160					160					
$A_{\text{omslutande}}$, [m ²]	450					450					
Formfaktor $A_{\text{om}}/A_{\text{temp}}$, [-]	2,8					2,8					
A_{tak} , [m ²]	160 (36 % av $A_{\text{omslutande}}$)					160 (36 % av $A_{\text{omslutande}}$)					
$A_{\text{bottenplatta}}$, [m ²]	160 (36 % av $A_{\text{omslutande}}$)					160 (36 % av $A_{\text{omslutande}}$)					
$A_{\text{vägg}}$, [m ²]	106 (24 % av $A_{\text{omslutande}}$)					82 (18 % av $A_{\text{omslutande}}$)					
$A_{\text{fönster}}$, [m ²]*	24 (15 % av $A_{\text{tempererad}}$)					48 (30 % av $A_{\text{tempererad}}$)					
Åtgärd	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	
$U_{\text{vägg}}$, [W/(K,m ²)]	0,4	0,2	0,4	0,4	0,2	0,4	0,2	0,4	0,4	0,2	
$U_{\text{fönster}}$, [W/(K,m ²)]*	2,8	2,8	1,2	2,8	1,2	2,8	2,8	1,2	2,8	1,2	
U_{tak} , [W/(K,m ²)]	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	
$U_{\text{bottenplatta}}$, [W/(K,m ²)]	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	
$U_{\text{m netto}}$ [W/(K,m ²)]	0,39	0,34	0,30	0,35	0,22	0,51	0,48	0,34	0,48	0,27	
Köldbryggor [%]	15	15	15	15	15	20	20	20	20	20	
$U_{\text{m total}}$, [W/(K,m ²)]**	0,44	0,39	0,35	0,40	0,25	0,62	0,57	0,41	0,57	0,33	
$U_{\text{A total}}$ [W/K]**	200	175	155	181	113	277	258	185	258	146	
$P_{\text{trans spec}}$, [W/(K,m ²)]***	1,25	1,10	0,97	1,13	0,70	1,73	1,61	1,16	1,61	0,92	
% minskning	-	12	22	9,6	44	-	6,9	33	6,9	47	

* inklusive karm

** inklusive köldbryggor. Då fönster täcker 15 % av A_{temp} , antas köldbryggorna vara 15 procent, och då fönster täcker 30 procent av A_{temp} antas köldbryggorna vara 20 procent.

*** Specifik transmissionsförlust per m² A_{temp}

Utgående från enplansvillan med mindre fönsterytor jämförs olika uppvärmningssystem och olika åtgärder på installationer och klimatskärm. Typhuset som används antas ha frånluftsventilation. De olika uppvärmningssystem som jämförs är:

- Bergvärmepump
- Luft/vatten-värmepump
- Luft/luft-värmepump
- Frånluftsvärmepump
- Biobränslepanna
- Fjärrvärme

Dessa alternativ kombineras sedan med följande åtgärder på installationerna:

- Före åtgärd, det vill säga inga åtgärder utförda
- Bättre väggar
- Bättre fönster
- Bättre tak
- Bättre väggar, fönster och tak
- Effektiva tappvattenblandare
- Nattsäkning av inomhustemperatur
- Reducerat ventilationsflöde vid frånvaro
- Installation av FTX-ventilation*
- Installation av solvärme

*Observera att det inte alltid är möjligt att installera FTX-ventilation i ett hus, dels på grund av att inget utrymme finns för att dra nya till- och frånluftskanaler, dels för att huset kan vara för otätt. Om huset är otätt minskar energibesparingen med FTX eftersom en del av frånluftflödet går ut igenom väggen utan att först värmeväxlas. Många hus med

självdrag är relativt otäta och måste tätas för att ett FTX-aggregat skall vara en bra investering.

Resultatet av jämförelsen framgår av Tabell 8 där specifik energianvändning [kWh/(m², år)] för uppvärmning redovisas för de olika varianterna. De presenterade värdena i Tabell 8 skall inte tas som absoluta siffror, utan mer som en jämförelse mellan olika åtgärder. Notera att värdena för den specifika energianvändningen avser köpt energi, och inte det verkliga energibehovet. Detta blir särskilt tydligt för alternativ med värmepumpar som har COP:n på över 1. Dessutom bör de olika alternativen ställas i proportion till de kostnader som de olika åtgärderna för med sig.

Av Tabell 8 kan konstateras att installation av någon variant av värmepump i huset minskar den köpta energin med över 50 procent i vissa fall. Eftersom reduktionen är så stor, ger inte andra åtgärder, såsom förbättringar av huset klimatskärm, så stort utslag om de utförs tillsammans med installation av en värmepump. I hus med högre mängd köpt energi i utgångsläget, såsom hus med direktelvärm, bibränslepanna eller fjärrvärme ger åtgärder på klimatskärmen större effekt och det finns i dessa hus således generellt större ekonomisk potential för dessa åtgärder. Även andra åtgärder på de befintliga installationerna såsom nattsänkning av inomhustemperaturen eller reducering av ventilationsflödet ger ett större utslag på den specifika energianvändningen. Det kan även konstateras att det krävs långtgående åtgärder för att komma ned till nivåer i klass med passivhusstandard, där maximalt 45 kWh/(m² A_{temp}, år) får användas.

Tabell 8. Specifik energianvändning för olika uppvärmningsformer och åtgärder.

Uppvärmningsform	Åtgärder									
	Inga åtgärder, U _m =0,44 W/(K,m ²)	Bättre väggar, U _m =0,39 W/(K,m ²)	Bättre fönster, U _m =0,35 W/(K,m ²)	Bättre tak, U _m =0,40W/(K,m ²)	Bättre väggar, fönster och tak, U _m =0,25 W/(K,m ²)	Effektiva tappvattenblandare	Nattsänkning av inomhustemperatur	Reducerat ventilationsflöde vid frånvaro	Installation av FTX-ventilation ***	Installation av solvärme
Bergvärmepump, [kWh/(m ² , år)]	63	55	50	57	40	62	60	58	55	-
Luft/vatten-värmepump LVVP, [kWh/(m ² , år)]	92	80	72	83	52	91	87	85	75	-
Luft/luft-värmepump LLVP, [kWh/(m ² , år)]	127	114	105	117	83	124	122	119	109	-
Frånluftsvärmepump, [kWh/(m ² , år)]	134	119	107	122	78	132	127	-	-	-
Biobränsle, [kWh/(m ² , år)]*	200	183	169	186	134	198	192	190	174	160
Fjärrvärme, [kWh/(m ² , år)]**	183	167	154	170	121	181	175	173	162	158

* För biobränslepannan antas en verkningsgrad på 95 procent under vintern och 80 procent under sommaren.

** Notera att nattsänkning av inomhustemperatur inte är lämpligt att använda i stora fjärrvärmeområden eftersom effektbehovet blir väldigt högt om alla stänger av nattsänkningen samtidigt, och dessutom kan den fasta avgiften höjas för fjärrvärmern.

*** För FTX-aggregatet antas en temperaturverkningsgrad på 80 procent vid +2°C och 70 procent vid -15°C. Dessutom antas en lufttäthet på 0,6 l/s, m² (0,8 l/s, m² utan FTX).

6.2 Flerfamiljshus

Samma jämförelse som ovan görs även för ett typiskt flerfamiljshus. Flerfamiljshuset är ett punkthus med tio våningar lokaliserat i klimatzon III. På samma sätt varierar fönsterarean, i det ena huset motsvarar fönsterarean 15 procent av den tempererade arean, medan det är dubbelt så stor fönsterarea i det andra huset, se Tabell 9. Före någon åtgärd på klimatskärmen har de ingående byggnadsdelarna i husen U-värden enligt Tabell 9 och kolumn A vilket motsvarar ett typiskt flerfamiljshus från 1970-talet. Före någon åtgärd har flerfamiljshusen en genomsnittlig värmegenomgångskoefficient, U_m på 0,83 och 1,29 W/(K,m²) för huset med 15 respektive 30 procent fönsterarea. Dessa värden kan jämföras mot dagens krav i BBR på ett maximalt U_m värde på 0,5 W/(K,m²) för hus utan elvärme och 0,4 W/(K,m²) med elvärme (Boverket 2008). Inget av husen klarar således dagens gällande krav avseende U_m -värde i originalutförande.

Följande åtgärder utförs utifrån det befintliga utförandet, A:

- A Befintligt utförande, det vill säga U-värden för respektive byggnadsdel: vägg 0,4 W/(K,m²), fönster 2,8 W/(K,m²), tak 0,2 W/(K,m²) och bottenplatta 0,2 W/(K,m²).
- B Tilläggsisolering av vägg vilket ger ett U-värde på 0,2 W/(K, m²)
- C Utbyte av fönster till bättre med U-värde 1,2 W/(K, m²)
- D Tilläggsisolering av tak vilket ger ett U-värde på 0,1 W/(K, m²)
- E Åtgärderna B, C och D genomförs samtidigt

Resultatet av åtgärderna presenteras i Tabell 9. För huset med liten fönsterarea behöver åtminstone fönsterna bytas ut till bättre med lägre U-värde, medan huset med stor fönsterarea inte uppfyller nybyggnadskravet ens om alla åtgärder utförs. Om nya fönster med låga U-värden installeras, sjunker U_m till 0,55 respektive 0,72 W/(K,m²) för huset med liten respektive stor fönsterarea. Intressant att notera är att huset med stor fönsterarea måste byta till fönster med lägre U-värde för att komma ned i U_m som är lägre än för huset med liten fönsterarea i originalutförande. Om huset med liten fönsterarea byter till bättre fönster fås ett U_m -värde på 0,55 W/(K,m²), vilket huset med den större arean inte kommer ned till ens om både väggar, fönster och tak åtgärdas.

Tabell 9. Beskrivning av flerfamiljshus med 15 respektive 30 % andel fönsterarea av den tempererade arean.

		10-vånings punkthus									
$A_{\text{tempererad}}$, [m ²]	1600					1600					
$A_{\text{omslutande}}$, [m ²]	1620					1620					
Formfaktorn $A_{\text{om}}/A_{\text{temp}}$, [-]	1,0					1,0					
A_{tak} , [m ²]	160 (10 % av A_{om})					160 (10 % av A_{om})					
$A_{\text{bottenplatta}}$, [m ²]	160 (10 % av A_{om})					160 (10 % av A_{om})					
$A_{\text{vägg}}$, [m ²]	1060 (65 % av $A_{\text{omslutande}}$)					820 (51 % av $A_{\text{omslutande}}$)					
$A_{\text{fönster}}$, [m ²] *	240 (15 % av $A_{\text{tempererad}}$)					480 (30 % av $A_{\text{tempererad}}$)					
Åtgärd	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	
$U_{\text{vägg}}$, [W/(K,m ²)]	0,4	0,2	0,4	0,4	0,2	0,4	0,2	0,4	0,4	0,2	
$U_{\text{fönster}}$, [W/(K,m ²)]*	2,8	2,8	1,2	2,8	1,2	2,8	2,8	1,2	2,8	1,2	
U_{tak} , [W/(K,m ²)]	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	
$U_{\text{bottenplatta}}$, [W/(K,m ²)]	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	
$U_{\text{m netto}}$ [W/(K,m ²)]	0,72	0,59	0,48	0,71	0,34	1,07	0,97	0,60	1,06	0,49	
Köldbryggor [%]	15	15	15	15	15	20	20	20	20	20	
$U_{\text{m total}}$, [W/(K,m ²)]**	0,82	0,67	0,55	0,81	0,39	1,29	1,16	0,72	1,27	0,58	
$U_{\text{A total}}$ [W/K]**	1334	1090	892	1316	630	2083	1886	1162	2064	946	
$P_{\text{trans spec}}$, [W/(K,m ²)]***	0,83	0,68	0,56	0,82	0,39	1,30	1,18	0,73	1,29	0,59	
% minskning	-	18	33	1,2	53	-	9,2	44	0,8	55	

* inklusive karm

** inklusive köldbryggor. Då fönster täcker 15 % av A_{temp} , antas köldbryggorna vara 15 procent, och då fönster täcker 30 procent av A_{temp} antas köldbryggorna vara 20 procent.

*** Specifik transmissionsförlust per m² A_{temp}

De presenterade värdena i Tabell 10 skall inte tas som absoluta siffror, utan mer som en jämförelse mellan olika åtgärder.

Tabell 10 presenterar den specifika energianvändningen [kWh/(m², år)] från jämförelsen mellan olika energieffektiviserande åtgärder uppdelat på olika uppvärmningalternativ. Det skall poängteras att den specifika energianvändningen avser den köpta energin och inte det verkliga energibehovet. I de fall där en värmepump finns installerad blir detta tydligt eftersom de har ett COP över 1. I den här jämförelsen har endast hänsyn tagits till den energiminskning alternativet innebär, för att ge ett rättvisande resultat bör detta även viktas mot den kostnad alternativet innebär.

Av Tabell 10 kan konstateras att installation av någon variant av värmepump i huset minskar den köpta energin med över 50 procent i vissa fall. Eftersom reduktionen är så stor, ger inte andra åtgärder, såsom förbättringar av husets klimatskärm, så stort utslag om de utförs tillsammans med installation av en värmepump. I hus med högre mängd köpt energi i utgångsläget, såsom hus med direktelvärm, bibränslepanna eller fjärrvärme ger åtgärder på klimatskärmen större effekt och det finns i dessa hus således generellt större ekonomisk potential för dessa åtgärder. Även andra åtgärder på de befintliga installationerna såsom nattsänkning av inomhustemperaturen eller reducering av ventilationsflödet ger ett större utslag på den specifika energianvändningen. Det kan även konstateras att det krävs långtgående åtgärder för att komma ned till nivåer i klass med passivhusstandard, där maximalt 45 kWh/(m² A_{temp} , år) får användas.

Tabell 10. Specifik energianvändning för olika uppvärmningsformer och åtgärder.

Uppvärmningsform	Åtgärder									
	Inga åtgärder, $U_m=0,82$ W/(K,m ²)	Bättre väggar, $U_m=0,67$ W/(K,m ²)	Bättre fönster, $U_m=0,55$ W/(K,m ²)	Bättre tak, $U_m=0,81$ W/(K,m ²)	Bättre väggar, fönster och tak, $U_m=0,39$ W/(K,m ²)	Effektiva tappvattenblandare	Nattsänkning av inomhustemperatur	Reducerat ventilationsflöde vid frånvaro	Installation av FTX-ventilation ***	Installation av solvärme
Bergvärmepump, [kWh/(m ² , år)]	46	41	37	46	33	45	44	41	42	-
Luft/vatten-värmepump LVVP, [kWh/(m ² , år)]	54	47	42	53	36	53	52	48	43	-
Luft/luft-värmepump LLVP, [kWh/(m ² , år)]	88	81	76	87	69	84	86	81	76	-
Frånluftsvärmepump, [kWh/(m ² , år)]	64	55	49	64	42	63	61	-	-	-
Biobränsle, [kWh/(m ² , år)]*	146	128	114	145	98	143	140	131	118	111
Fjärrvärme, [kWh/(m ² , år)]**	130	113	100	129	83	127	125	116	107	110

* För biobränslepannan antas en verkningsgrad på 95 procent under vintern och 80 procent under sommaren.

** Notera att nattsänkning av inomhustemperatur inte är lämpligt att använda i stora fjärrvärmeområden eftersom effektbehovet blir väldigt högt om alla stänger av nattsänkningen samtidigt, och dessutom kan den fasta avgiften höjas för fjärrvärmens.

*** För FTX-aggregatet antas en temperaturverkningsgrad på 80 procent vid +2°C och 70 procent vid -15°C. Dessutom antas en lufttäthet på 0,6 l/s, m² (0,8 l/s, m² utan FTX).

6.3 Skillnader mellan en- och flerfamiljshus

Tabell 11 är en sammanställning av resultaten för en- och flerfamiljshuset i utförandet med liten fönsterarea. Utifrån tabellen kan konstateras att det finns stora skillnader avseende deras potential för olika åtgärder. Skillnaden ligger till stor del i utformningen av husen. Av Tabell 11 framgår att U_m -värdet blir nästan dubbelt så högt för 10-våningshuset jämfört med enplansvillan i fall A, trots att U -värdet på de ingående delarna är desamma. Orsaken är att den omslutande arean med stor andel fönster med högt U -värde, är stor i förhållande till tak och bottenplattans area som har lägre U -värde. För att 10-våningshuset skall nå ned i U_m -värde som uppfyller nybyggnadskravet krävs åtgärder på både väggar, fönster och tak.

Tabell 11. Beskrivning av en- och flerfamiljshus med 15 % andel fönsterarea av den tempererade arean.

	Enplansvilla					10-vånings punkthus				
$A_{\text{tempererad}}$, [m ²]	160					1600				
$A_{\text{omslutande}}$, [m ²]	450					1620				
Formfaktor $A_{\text{om}}/A_{\text{temp}}$, [-]	2,8					1,0				
A_{tak} , [m ²]	160 (36 % av $A_{\text{omslutande}}$)					160 (10 % av A_{om})				
$A_{\text{bottenplatta}}$, [m ²]	160 (36 % av $A_{\text{omslutande}}$)					160 (10 % av A_{om})				
$A_{\text{vägg}}$, [m ²]	106 (24 % av $A_{\text{omslutande}}$)					1060 (65 % av $A_{\text{omslutande}}$)				
$A_{\text{fönster}}$, [m ²]*	24 (15 % av $A_{\text{tempererad}}$)					240 (15 % av $A_{\text{tempererad}}$)				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
$U_{\text{vägg}}$, [W/(K,m ²)]	0,4	0,2	0,4	0,4	0,2	0,4	0,2	0,4	0,4	0,2
$U_{\text{fönster}}$, [W/(K,m ²)]*	2,8	2,8	1,2	2,8	1,2	2,8	2,8	1,2	2,8	1,2
U_{tak} , [W/(K,m ²)]	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
$U_{\text{bottenplatta}}$, [W/(K,m ²)]	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
$U_{\text{m netto}}$ [W/(K,m ²)]	0,39	0,34	0,30	0,35	0,22	0,72	0,59	0,48	0,71	0,34
Köldbryggor [%]	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
$U_{\text{m total}}$, [W/(K,m ²)]**	0,44	0,39	0,35	0,40	0,25	0,82	0,67	0,55	0,81	0,39
UA_{total} [W/K]**	200	175	155	181	113	1334	1090	892	1316	630
$P_{\text{trans spec}}$, [W/(K,m ²)]***	1,25	1,10	0,97	1,13	0,70	0,83	0,68	0,56	0,82	0,39
% minskning	-	12	22	9,6	44	-	18	33	1,2	53

7 Slutsatser

Avslutningsvis kan konstateras att det finns många möjliga åtgärder att införa för att minska energianvändningen i en bostad, men vilka som är bäst beror på vilka förutsättningar som finns. Det krävs således en noggrannare undersökning för att reda ut vilken eller vilka åtgärder som har bäst effekt. Ett första steg för att ta reda på utgångsläget kan vara att gå över huset och dess kondition samt att jämföra den nuvarande användningen av varmvatten, värme, el etc. mot genomsnitt på energianvändningen för andra liknande byggnader. Utifrån detta kan en uppfattning fås om standarden på huset och hur energieffektiv den är. Först därefter kan beslut om lämpliga åtgärder tas.

Det finns ett flertal åtgärder som kan göras utan vare sig investering eller gedigen utbildning. Exempel på detta är att ändra sitt beteende, gäller främst de som äger sin egen bostad. Enbart förändrat beteende kan i de flesta fall ge en märkbar reduktion av energianvändningen. För de som inte själva bor i huset och aktivt kan förändra beteendet, går det att genom information försöka påverka de boende. Det kan visserligen vara svårt om de boende inte har något eget incitament, det vill säga om de inte själva kommer att ta del av den eventuella kostnadsminskningen. Förändrat beteende kan exempelvis vara att sänka inomhustemperaturen, släcka lampor som inte används, vädra mindre och duscha kortare tid. En annan åtgärd som inte heller behöver medföra kostnader är att optimera driften av de system som finns installerade i nuläget. Detta är en åtgärd som gäller både en- och flerfamiljshus. Kontrollera att värme- och ventilationssystemet är rätt insturerat. Installera eventuellt någon styrning, exempelvis nattsänkning av rumstemperatur etc.

När dessa relativt enkla och billiga insatser har gjorts, är det läge att se över vilka tekniska åtgärder på huset som kan komma i fråga. Det gäller då att gå över huset systematiskt för att få fram möjliga åtgärder för de fel och brister som huset har. Till detta kan behövas hjälp av exempelvis en besiktningsman eller energirådgivare om rätt kunskaper saknas. För flerfamiljshus kan energieffektiviserande råd finnas med i dokumentationen från föregående OVK. Ofta finns det ett flertal möjliga åtgärder och det är ofta svårt att rangordna alternativen. Ibland har åtgärderna dessutom helt olika resultat, till exempel kan en åtgärd vara att minska varmvattenanvändningen medan en annan istället ersätter delar av den befintliga varmvattenanvändningen med tappvarmvatten från solfångare. Båda har dock positiv inverkan på energianvändningen (levererad energi) för uppvärmning av tappvarmvatten. Att välja rätt alternativ är alltså inte helt lätt och fel kombinerade åtgärder kan få motsatt verkan. Det är även viktigt att åtgärderna utförs i rätt ordning. Exempel: Åtgärder som minskar energiåtgången för värme såsom tilläggsisolering, byte av fönster etc. skall alltid utföras före byte av distributionssystem från t.ex. elradiatorer till vattenradiatorer. Orsaken är att mindre radiatorer kan väljas vilket minskar investeringskostnaderna. Ett allmänt råd är dock att alltid välja bästa tillgängliga teknik vid byte samt att tänka igenom möjliga konsekvenser av en förändring innan den utförs, för att minimera risken för senare problem.

Slutligen är det viktigt att studera sin bostad i ett systemperspektiv. Beräkningarna i tabell 8 och 10 visar att det ur energisynpunkt är klokt att kombinera flera typer av åtgärder på både klimatskal och installationer för att uppnå bästa möjliga effekt. Exempel på detta är:

- Installation av någon typ av värmepump tillsammans med förbättringar på klimatskalet, exempelvis byte/komplettering till bättre fönster.
- Installation av FTX-ventilation ger (då det är möjligt) en minskning av energianvändningen och kombineras med fördel med åtgärder för att förbättra klimatskalets täthet, såsom bättre väggar och/eller fönster.
- Installation av solvärme ger en betydande minskning av energianvändningen, förutsatt att användningen av varmvatten är hög under sommaren och ingen värmepump finns installerad.

Referenser

- Abel, E. och A. Elmroth (2006). Byggnaden som system.
- Axell, M. (2009).
- Berglund, E. (2007). Lågenergihus i Sverige - Teknik och ekonomi. Institutionen för Fastigheter och Byggnade. Avd för Bygg- och fastighetsekonomi. Stockholm, Kungliga Tekniska Högskolan. **Master of Science**.
- Borgström, M. (1993). Energisparpotentialer i bostadsbeståndet Effektivisering av installationer. ELIB-rapport nr 10. S. i. f. byggnadsforskning.
- Boverket (2004). Areabegrepp i bygg- och bostadsstatistiken.
- Boverket (2006). Allmänna råd om ändring av byggnad, BÄR. Tabergs Tryckeri AB, Jönköping.
- Boverket (2007). Åtgärder mot radon i bostäder.
- Boverket (2008). Boverkets föreskrifter om ändring i verkets byggregler (1993:57) – föreskrifter och allmänna råd. Boverket. **BFS 2008:20, BBR 16**.
- Boverket (2008). Individuell mätning och debitering i flerbostadshus.
- Boverket (2008). Regelsamling för byggande, BBR 2008.
- Boverket (2008). Regelsamling för funktionskontroll av ventilationssystem, OVK.
- Boverket and SP (1996). Solvärme i småhus. Ordförrådet Alfa Print AB, Sundbyberg.
- Chalmers EnergiCentrum (2005). Åtgärder för ökad energieffektivisering i bebyggelsen. Göteborg.
- Elforsk (2006). Energi- och elanvändning i byggnader - Förstudie Chalmers EnergiCentrum. **Elforsk rapport 06:43**.
- Energimyndigheten. "Test av luft/luft-varmepumpar." Retrieved 2009-03-13, 2009, from <http://www.energimyndigheten.se/sv/Hushall/Testresultat/Husets-varmesystem--/Test-av-luftluft-varmepumpar/>.
- Energimyndigheten Solceller Teknik, marknad och svensk forskning 2000–2005.
- Energimyndigheten (2005). Modern belysningsteknik – sparar energi och pengar. ET2005:16.
- Energimyndigheten (2005). Nya fönster Spar energi och pengar. ET 2005:13.
- Energimyndigheten (2005). Solceller i byggnader – nya möjligheter! ET 2005:11.
- Energimyndigheten (2006). Fläkt gav bra luft till lägre kostnad. ET 2006:16.
- Energimyndigheten (2006). Fönsterrenovering med energiglas. ET 2006:27.

- Energimyndigheten (2007). Bra belysning i bostaden.
- Energimyndigheten (2007). Fönster. ET 2007:05. Energimyndigheten.
- Energimyndigheten. (2007). "Test av cirkulationspumpar." from [http://www.swedishenergyagency.se/WEB/STEMFe01e.nsf/V_Media00/C12570D10037720FC12573B000472009/\\$file/cirkulationspumpar_total.pdf](http://www.swedishenergyagency.se/WEB/STEMFe01e.nsf/V_Media00/C12570D10037720FC12573B000472009/$file/cirkulationspumpar_total.pdf)
- Energimyndigheten. (2008). "Stora skillnader i energiförbrukningen mellan LCD och plasma-tv " Retrieved 2009-03-17, from <http://www.energimyndigheten.se/sv/Hushall/Testresultat/Hemelektronik1/Tv2/Stora-skillnader-i-energiforbrukningen-mellan-LCD-och-plasma-tv/>.
- Energimyndigheten. (2009). "Presseminarium om Ekodesign och Energimärkning 2009-02-27."
- Energimyndigheten. (2009). "Värmedistribution och reglersystem." Retrieved 2009-03-16, from <http://www.energimyndigheten.se/sv/Hushall/Din-uppvarmning/Varmedistribution-och-reglersystem/>.
- Forum för Energieffektiva Byggnader (2007). Definitioner av energieffektiva bostäder - Minienergihus. Dokument 4, Remissversion.
- Forum för Energieffektiva Byggnader (2007). Kravspecifikation för passivhus i Sverige — Energieffektiva bostäder. Energimyndighetens program för passivhus och lågenergihus.
- Forum för Energieffektiva Byggnader (2008). Kravspecifikation för passivhus i Sverige — Energieffektiva bostäder. Energimyndighetens program för passivhus och lågenergihus.
- Hall, T. (1999). Rekordåren – en epok i svenskt bostadsbyggande, Boverket.
- Hansson, B., S. Olander, et al. (2007). Begrepp i bygg- och fastighetssektorn. Lunds Tekniska Högskola and Lunds Universitet. Lund, Avdelningen för Byggproduktion.
- Hultberg, P.-Å. (2005). "Obehaglig källardoft? Kan vara första tecknet på fuktskada." Retrieved 2009-03-17, from http://www.villatidningen.se/index.php?file=view_art.php&name=art_2005_04_05_4_fukt_05_4_fukt.
- Ingemar Samuelson and Linda Hägerhed Engman (2006). "Kalla vindar – problem och förbättringar." Bygg & teknik **4/06**.
- IVA, K. I. (2002). Energianvändning i bebyggelsen, Kungliga Ingenjörsvetenskapsakademien.
- Jagemar, L. and B. Bergsten (2003). Individuell värmemätning i flerbostadshus.
- Janusz Wollerstrand and Tommy Persson (2004). Injustering av VVC-kretsar. Lunds Tekniska Högskola.
- Jimmy Svensson and Andreas Westberg (2006). Köldbryggors inverkan på energianvändningen. EBD-R--06/12. Lund, Institutionen för arkitektur och byggd miljö, Energi och ByggnadsDesign,.

- Johan Björkman, Roger Nordman, et al. (2008). Mätning av kall- och varmvatten i 44 hushåll. Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.
- Kovacs, P. (2009).
- Krögerström, L. (2001). Minska energikostnaderna. i ditt hus. Statens Energimyndighet.
- Kungliga Ingenjörsvetenskapsakademien (2002). Energianvändning i bebyggelsen.
- Mats Andreasson, Margaretha Borgström, et al. (2008). Värmeanvändning i flerbostadshus och lokaler 2006.
- Palmborg, C. (1986). Social habits and energy consuming behaviour in single-family houses. Documet D24:1986. Swedish Council for Building Research. Stockholm.
- Ruud, S. (2009).
- Ruud, S. (2003). Reglerstrategier och beteendets inverkan på energianvändningen i bostäder. EFFEKTIV.
- Rönnbäck, M. (2009).
- Samuelson, I. (2009).
- Samuelson, I. "Fuktsäkra konstruktioner." Retrieved 2009-03-17, from <http://www.sp.se/sv/index/services/moist/constr/Sidor/default.aspx#vägg>.
- SCB (2007). Energistatistik för flerbostadshus 2006. Sveriges officiella statistik Statistiska meddelanden.
- SCB (2007). Energistatistik för småhus 2006. Sveriges officiella statistik Statistiska meddelanden.
- SCB (2009). Energistatistik för flerbostadshus 2007. ES 2009:02.
- SCB (2009). Energistatistik för småhus 2007. ES 2009:01.
- Sikander, E. (2009).
- SIS (2008). Ny energiklassning av byggnader.
- Statens Energimyndighet (2005). Förbättrad energieffektivitet i bebyggelsen Rapport till Boverket. Statens energimyndighet.
- Statens energimyndighet (2006). Grönare vitvaror. ET 2006:30.
- Statens energimyndighet (2007). Energiläget 2007. ET 2007:49.
- Statens Energimyndighet (2007). Fönster som spar energi och pengar. 2007:09.
- Statens Energimyndighet. (2007). "Vitvaror." Retrieved 2009-03-23, from <http://www.energimyndigheten.se/sv/Hushall/Din-ovriga-energianvandning-i-hemmet/Vitvaror/>.

Statens Energimyndighet (2008). Energiläget 2008.

Statens Energimyndighet. (2008). "För dig som bor i lägenhet." Retrieved 2009-03-23, from <http://www.energimyndigheten.se/sv/Hushall/For-dig-i-lagenhet/>.

Statens Energimyndighet. (2008). "T06I – Oljeanvändningen per sektor " Retrieved 2009-02-03, from <http://www.energimyndigheten.se/Energifakta/Statistik/Energiindikatorer/Foregaende-ars-temaenergiindikatorer--/T06I--Oljeanvandningen-per-sektor--/>.

Statens Energimyndighet. (2008). "Test visar att induktionshällar är energieffektivast " Retrieved 2009-03-23, from <http://www.energimyndigheten.se/sv/Press/Pressmeddelanden/Pressmeddelanden-2008/Test-visar-att-induktionshallar-ar-energieffektivast-/>.

Statens Energimyndighet (2009). "Eu fasar ut glödlamporna." Retrieved 2009-05-18 from <http://www.energimyndigheten.se/sv/Press/Nyheter/EU-fasar-ut-glodlamporna/>.

Statens Offentliga Utredningar (2008). Vägen till ett energieffektivare Sverige. SOU 2008:110.

Thomas Sandberg and Knut Bernotat (2008). Individuell mätning och debitering i flerbostadshus. Karlskrona: Boverket, Industriell ekonomi och organisation, Kungliga Tekniska Högskolan.

Wahlström, Å. (2000). Water and energy saving by installation of new water taps, SP Energy Technology.

Wall, M. (2006). Bygg energieffektivt - Kunskapen finns!

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut utvecklar och förmedlar teknik för näringslivets utveckling och konkurrenskraft och för säkerhet, hållbar tillväxt och god miljö i samhället. Vi har Sveriges bredaste och mest kvalificerade resurser för teknisk utvärdering, mätteknik, forskning och utveckling. Vår forskning sker i nära samverkan med högskola, universitet och internationella kolleger. Vi är ca 870 medarbetare som bygger våra tjänster på kompetens, effektivitet, opartiskhet och internationell acceptans.



SP är organiserat i åtta tekniska enheter och fem dotterbolag.



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Box 857, 501 15 BORÅS

Telefon: 010-516 50 00, Telefax: 033-13 55 02

E-post: info@sp.se, Internet: www.sp.se

www.sp.se

Energiteknik

SP Rapport 2009:25

ISBN 978-91-86319-12-0