

Energi i bebyggelsen – tekniska egenskaper och beräkningar

– resultat från projektet BETSI



Energi i bebyggelsen – tekniska egenskaper och beräkningar

– resultat från projektet BETSI

Titel: Energi i bebyggelsen – tekniska egenskaper och beräkningar
– resultat från projektet BETSI,

Utgivare: Boverket december 2010

Upplaga: 1

Antal ex: 100

Tryck: Boverket internt tryckeri

ISBN tryck: 978-91-86559-83-0

ISBN pdf: 978-91-86559-84-7

Sökord: BETSI, byggnaders tekniska utformning, energi, bebyggelsen, småhus, flerbostadshus, lokaler, värmeförsörjning, ventilation, inomhus-temperatur, tekniska egenskaper, beräkningar, kalkyler, besparingar, effektiviseringar, kostnader, konsekvensanalyser, byggregler

Dnr: 10124-5246/2006

Omslagsfoto: första raden – Conny Fridh/Johnér bildbyrå, Stephan Berglund/Bildarkivet.se, Dan Lepp/Johnér bildbyrå. Övriga bilder Boverket.

Publikationen kan beställas från:

Boverket, Publikationsservice, Box 534, 371 23 Karlskrona

Telefon: 0455-35 30 50 eller 35 30 56

Fax: 0455-819 27

E-post: publikationsservice@boverket.se

Webbplats: www.boverket.se

Rapporten finns som pdf på Boverkets webbplats.

Rapporten kan också tas fram i alternativt format på begäran.

Boverket 2010

Förord

Boverket har på uppdrag av regeringen tagit fram en beskrivning av det svenska byggnadsbeståndet. Särskilt fokus har lagts på att få fram underlag om skador och bristande underhåll, samt uppgifter för utveckling av miljökvalitetsmålet God bebyggd miljö.

Boverkets projekt BETSI, (Byggnaders energianvändning, tekniska status och inomhusmiljö), har samlat in uppgifter om det svenska byggnadsbeståndet med hjälp av besiktningar och mätningar i byggnader samt enkäter till boende. Dessa uppgifter ligger till grund för Boverkets svar på regeringens frågor.

Regeringsuppdraget om byggnaders tekniska utformning m.m. överlämnades till regeringen i september 2009 och kommer att kompletteras med ett antal fördjupningsrapporter varav denna, *Energi i bebyggelsen – tekniska egenskaper och beräkningar – resultat från projektet BETSI*, är en av dem.

Rapporten är sammanställd av Björn Mattsson, Anders Carlsson, Meng Seng Te och Suzanne Pluntke.

Karlskrona december 2010

Martin Storm
verksamhetschef

Innehåll

Sammanfattning	9
<i>Resultat</i>	10
1 Inledning.....	15
1.1 Undersökningen	15
1.2 Osäkerhet i resultaten	15
1.3 Innehållet i rapporten	16
2 Byggnadernas klimatskal.....	17
2.1 Småhusens klimatskal	19
2.1.1 Platta på mark/källargolv.....	19
2.1.2 Krypgrundsbjälklag.....	21
2.1.3 Ytterväggar	23
2.1.4 Fönster	26
2.1.5 Horisontellt vindsbjälklag	28
2.1.6 Övriga klimatskalsdelar	30
2.1.7 Diskussion om värmebehov i småhusen	31
2.2 Flerbostadshusens klimatskal	35
2.2.1 Platta på mark/källargolv.....	35
2.2.2 Krypgrundsbjälklag.....	37
2.2.3 Ytterväggar	37
2.2.4 Fönster	40
2.2.5 Horisontellt vindsbjälklag	42
2.2.6 Övriga klimatskalsdelar	45
2.2.7 Diskussion om värmebehov, graddagar och balanstemperatur i flerbostadshusen.....	45
2.3 Lokalbyggnadernas klimatskal	47
2.3.1 Platta på mark/källargolv.....	48
2.3.2 Krypgrundsbjälklag.....	50
2.3.3 Ytterväggar	50
2.3.4 Fönster	52
2.3.5 Horisontellt vindsbjälklag	54
2.3.6 Övriga klimatskalsdelar	55
2.3.7 Diskussion om värmebehov i lokalbyggnaderna	56
3 Värmeförsörjning, distribution och inomhustemperatur	57
3.1 Småhus	57
3.1.1 Värmeförsörjning	57
3.1.2 Värmepumpar	60
3.1.3 Distribution av värme.....	60
3.1.4 Termostatventiler.....	61
3.1.5 Inomhustemperatur.....	62
3.1.6 Tappvattenarmaturer.....	63
3.2 Flerbostadshus	63
3.2.1 Värmeförsörjning	63
3.2.2 Distribution av värme.....	64
3.2.3 Termostatventiler.....	65
3.2.4 Inomhustemperatur.....	66
3.2.5 Tappvattenarmaturer.....	66
3.3 Lokalbyggnader.....	67
3.3.1 Värmeförsörjning	67
3.3.2 Distribution av värme.....	67
3.3.3 Termostatventiler.....	68

4 Ventilationssystem och luftomsättning	71
4.1 Småhus	71
4.1.1 Ventilationssystem	71
4.1.2 Luftomsättning	72
4.2 Flerbostadshus	75
4.2.1 Ventilationssystem	75
4.2.2 Luftomsättning	75
4.3 Lokalbyggnader	78
4.3.1 Ventilationssystem	78
4.3.2 Styr- och reglersystem m.m.	78
5. Styrmedel vid nybyggnad och ändring	81
5.1 Inledning	81
5.2 Byggregler – en avvägning mellan olika krav	82
5.2.1 Energiregler vid nybyggnad	84
5.2.2 Energiregler vid ändring	86
5.3 Subventioner	90
5.3.1 Additionalitet	90
5.3.2 Bidragseffektivitet	92
5.3.3 Resultaten från Boverkets sammanställning	92
5.4 Referenser	93
6 Beräkningar av åtgärders energibesparing och kostnad	95
6.1 Regeringsuppdraget	95
6.1.1 God bebyggd miljö, delmål energi	95
6.1.2 Uppföljning av delmålet 2009	96
6.1.3 Olika utgångspunkter i statistiken försvårar jämförelser	96
6.2 Utgångspunkt för beräkningar av åtgärder för energieffektivisering	97
6.3 Beräkningar i bostadsbeståndet	98
6.3.1 Åtgärder	99
6.3.2 Energibesparingar för att uppnå delmålen	101
6.3.3 Kostnader för prövade åtgärder	102
6.3.4 Kostnader för åtgärder som inte kan förväntas ske spontant	104
6.4 Beräkningar i lokalbeståndet	104
6.4.1 Metodik för beräkningarna	105
6.4.2 Åtgärder	107
6.4.3 Rangordning av åtgärderna	110
6.4.4 Kostnader för prövade åtgärder	111
6.4.5 Beräkningsresultat	112
6.5 Nollalternativ, utvecklingen om inga ytterligare styrmedel införs	118
6.5.1 Tolkningar och definitioner i nollalternativet	119
6.5.2 Energi för värme, varmvatten, drift, hushåll och verksamhet	119
6.5.3 Normalårskorrigerig	120
6.5.4 Utgångsläge för energi och areor 1995 - 2007	120
6.5.5 Uppvärmda areor 1995 - 2007 i statistiken	121
6.5.6 Uppgifter om värme 1995 - 2007 i den officiella statistiken	122
6.5.7 Elanvändning 1995 - 2007	123
6.5.8 Energianvändning 1995 - 2007	123
6.5.9 Utvecklingen 2007 – 2050, tre olika scenarier	124
6.5.10 Sammanfattning av nollalternativen	133
6.6 Övriga kostnader för en energieffektivisering i bebyggelsen	134
6.6.1 Följdåtgärder för att säkerställa en god inomhusmiljö	134
6.6.2 Kunskap bevarar kulturvärden vid åtgärder	135
6.7 Slutsatser och diskussion	135

6.7.1 Kostnader för att halvera energianvändningen i bostäder och lokaler.....	135
6.7.2 Diskussion kring målet om en minskad energianvändning.....	136
6.7.3 Diskussion kring åtgärder och kostnader för att energieffektivera i bebyggelsen	138
7 Diskussion	139
7.1 Energieffektivisering i befintligt bestånd.....	139
7.1.1 Olika strategier.....	140
7.2 Nya byggnader	141
7.2.1 Dagens byggregler	141
Bilaga 1 Energieffektiviseringens samhällsekonomiska intäkter och kostnader.....	145
1.1 Inledning.....	145
1.2 Marknadshinder och marknadsmisslyckanden	146
1.2.1 Marknadsmisslyckanden.....	147
1.2.2 Marknadshinder	149
1.2.3 Avvägning mellan energieffektivitet och samhällsekonomisk effektivitet	151
1.3 Samhällsekonomiska kalkyler	152
1.3.1 Samhällsekonomisk effektivitet	152
1.3.2 Samhällsekonomisk kostnadseffektivitet	154
1.4 Intäkter och kostnader.....	156
1.4.1 Intäkter	156
1.4.2 Kostnader	159
1.5 Svårt att beräkna potentialer	161
1.6 Referenser.....	163
Bilaga 2 Tabeller klimatskalens U-värden och areor mm	165
Bilaga 3 Levererad energi	177
Bilaga 4 – Utdrag ur Boverkets rapport "Så mår våra hus. Redovisning av regeringens uppdrag beträffande byggnaders tekniska utformning m.m."	179
Sammanfattning	179
Bakgrund	179
Uppdragets genomförande	181
Boverkets svar på regeringens frågor	182
Boverket föreslår:.....	183
Fortsatt arbete.....	186
Bilaga 5 – M2006/5756/Bo Uppdrag till Boverket beträffande byggnaders tekniska utformning m.m.....	187

Sammanfattning

I föreliggande rapport redovisas huvudsakligen delar i Boverkets projekt BETSI (*Byggnaders Energianvändning Tekniska Status och Innemiljö*) som kan relateras till energianvändning i bostäder och lokaler. De områden som tas upp beskriver klimatskalens U-värden och areor, värmeförsörjning, ventilation samt distributionen av värme. Dessutom redovisas beräkningar av kostnader för att nå beslutat miljömål om en minskad energianvändning i bebyggelsen. De byggnader som omfattas av undersökningen är småhus, flerbostadshus och lokaler.

Syftet med att i denna rapport ingående redovisa bebyggelsens klimatskal och installationstekniska system är att informera om vilka tekniska egenskaper dessa delar har. Den senaste motsvarande undersökningen är daterad 1991/92. Mycket har hänt i den befintliga bebyggelsen sedan dess. Dessutom har många nya byggnader tillkommit.

Syftet med energibalansberäkningarna är att på ett förenklat sätt uppskatta hur mycket energibehovet kan minskas genom olika åtgärder i klimatskal, installationer och ett ändrat brukarbeteende. Därtill har ett försök gjorts att uppskatta kostnaderna för dessa åtgärder. Tillsammans visar dessa beräkningar vad som fordras för att uppnå av riksdagen beslutat miljömål när det gäller energi i bebyggelsen. Förutom dessa beräkningar har även en ansats gjorts att uppskatta utvecklingen om inga ytterligare styrmedel införs för att nå energimålen.

Innan en sammanfattning av resultaten från undersökningen presenteras, diskuteras miljömålet om energianvändning i bostäder och lokaler.

Diskussion om riksdagens miljömål om energianvändning i bebyggelsen
Riksdagens miljömål om en minskad energianvändning är något oklart. Det är väsentligt att precisera vilken energi som avses i målet; energibehov i bebyggelsen, köpt energi, eller primärenergi? Beroende på vilken energi som avses kan olika åtgärder vara lämpliga för att uppfylla målet.

Det är inte säkert att ett mål om en minskning av energianvändning är ändamålsenligt om det inte är energianvändningen i sig som är målet, utan det är något annat som energin endast är ett indirekt mått på. Om det är att minska energianvändningens påverkan på miljön kan målet formuleras som en minskning av de effekter på miljön som denna användning har. Om effekterna bäst beskrivs i de mängder koldioxid, svavel, kväveoxider och andra utsläpp som användandet ger upphov till kan målen också vara kvantifierade i dessa termer. Om det är av säkerhetspolitiska skäl kan målet vara i termer av den del av Sveriges energiförsörjning som är mest känslig för händelser i omvärlden, resursens knapphet, eller andra för försörjningen viktiga faktorer.

Om det främst är utsläpp av klimatpåverkande gaser som är orsaken till energimålen är en viktig utgångspunkt hur stor andel av Sveriges slut-

användning av energi bebyggelsen representerar och hur stor andel av Sveriges totala koldioxidutsläpp som beror på energianvändningen i bebyggelsen. Den uppgift som brukar användas när det gäller energi och byggnader är att 40 procent av Sveriges slutanvändning sker i dessa. Det är fel. Denna undersökning visar att andelen är knappt 30 procent. Denna andel av energianvändningen motsvaras dock inte av andelen utsläpp av växthusgaser. Någon exakt uppgift på området finns inte tillgänglig, men lite drygt tio procent av utsläppen kan hänföras till bebyggelsen om olika uppgifter från Naturvårdsverket, Energimyndigheten och Svensk fjärrvärme läggs samman¹.

Resultat

Klimatskalen

En stor del av bebyggelsens behov av energi går åt till att kompensera för de värmeförluster som sker genom byggnadernas klimatskal. Teoretiskt visar undersökningen att cirka 57 TWh värme behöver tillföras för att upprätthålla önskad inomhustemperatur utifrån beräkningar med av värmeförluster med SMHI:s graddagar. Av detta behov svarar småhusen för knappt 60 procent, flerbostadshusen för knappt 30 procent och lokalbyggnaderna för cirka 15 procent.

De delar av klimatskalen som står för störst andel av värmeförlusterna är ytterväggar och fönster. I småhusen står dessa delar för hälften av värmeförlusterna. I flerbostadshusen står de för nästan två tredjedelar och i lokalbyggnaderna för drygt hälften av förlusterna. Genom fönstren erhålls dock en del värme, så netto blir förlusterna mindre.

Jämfört med den tidigare undersökningen av bebyggelsen, ELIB, som gjordes säsongen 91/92 av Statens institut för byggforskning, har klimatskalen förbättrats något. I småhusen har ytterväggar, fönster och vindsbjälklag förbättrats. I flerbostadshusen är det främst byte av fönster under de senaste 15-16 åren som lett till minskade värmeförluster i det befintliga beståndet. Totalt kan förändringarna ha lett till ett minskat värmebehov i småhusen och flerbostadshusen på ungefär 2 TWh/år. För lokalbyggnaderna kan ingen motsvarande uppskattning göras.

Värmeförsörjning och distribution

Fyra procent av småhusen använder olja som primär värmekälla. Olika typer av värmepumpar finns installerade i en dryg tredjedel av alla småhus och svarar för en fjärdedel av småhusens värmebehov. Inklusive den el som tillförs värmepumpar svarar el för en tredjedel av småhusens värmebehov. Jämfört med ELIB har antalet värmepumpar ökat mer än fem

¹ I dessa tio procent är även utsläpp från produktion av fjärrvärme och el medräknade, i förhållande till den mängd som levereras till bebyggelsen. Enligt Svensk fjärrvärme ger varje levererad kWh upphov till 73 gram CO₂. Elproduktionen ger utsläpp på cirka 16 gram per producerad kWh enligt Energimyndighetens rapport *Energiläget i siffror 2009*.

gångar i småhusbeståndet. I flerbostadshus och lokalbyggnader dominerar fjärrvärme. Den svarar för cirka 80 procent av värmebehovet i dessa byggnader.

I småhusbeståndet finns system för vattenburen värme i byggnader motsvarande 70 procent av uppvärmd golvarea (A_{temp}). Direktel står för 25 procent och resten är luftburen värme. Nästan alla småhus med vattenburen värme har någon typ av termostatventil för att reglera rumstemperaturen. I flerbostadshusen och lokalbyggnaderna dominerar vattenburen värme. Även i dessa byggnader har majoriteten av alla byggnader rumsreglering med termostatventiler.

Ventilation och luftomsättning

I småhus uppförda före 1976 dominerar självdrag. I det övriga småhusbeståndet är olika typer av mekanisk ventilation den absolut vanligast formen för ventilation. I flerbostadshusen har knappt hälften av byggnader uppförda före 1961 självdrag. I det övriga beståndet förekommer nästan uteslutande mekanisk ventilation. I lokalbyggnaderna dominerar mekanisk ventilation. I princip förekommer självdrag endast i mindre kontorsbyggnader och allmänna byggnader.

Luftomsättningen i småhusen ligger på i genomsnitt 0,4 rumsvolymer per timme. I flerbostadshusens lägenheter är omsättningen lite drygt 0,5. I småhusen återfinns störst luftomsättning i byggnader uppförda före 1961. Fyra femtedelar av småhusen har en lägre luftomsättning än den som föreskrivs vid nybyggnad av bostäder, 0,35 l/m²/s. I flerbostadshusen underskrivs nybyggnadskravet i tre av fem lägenheter.

För att kompensera för de värmeförluster som uppstår till följd av luftomsättningen behöver värme motsvarande 7,5 TWh/år respektive 9 TWh/år tillföras småhusen respektive flerbostadshusen. Om småhusen ventilerades enligt nybyggnadskravet skulle ytterligare cirka 5 TWh värme per år behöva tillföras. För lokaler kan ingen uppskattning göras, eftersom luftomsättningen inte har mätts i dessa.

Värmeåtervinning av ventilationsluften sker bara i en mindre del av småhus- och flerbostadshusbeståndet. Hur mycket värme som totalt återvinns är svårt att uppskatta. I småhus med frånluftsvärmepumpar återvinns uppskattningsvis knappt 1 TWh/år. I flerbostadshusen finns återvinning i byggnader med mekanisk från- och tilluft. Dessa byggnader utgör cirka 13 procent av beståndet och återvinner uppskattningsvis värme motsvarande 0,5 TWh/år.

Beräkningar av åtgärder för att minska energibehovet i bebyggelsen

Beräkningar av åtgärder för att minska energianvändningen i bebyggelsen visar att det är betydligt billigare att reducera energibehovet i lokalbyggnader jämfört med att reducera behovet i bostadshusen. Det är dock inte möjligt att minska behovet i lokalbyggnaderna i högre utsträckning än det uppsatta målet, för att kompensera för en mindre minskning i bostadshusen. Anledningarna är två; dels används den största energimängden i bostäderna, dels ökar kostnaden dramatiskt i lokalbyggnaderna och är av

samma storleksordning i lokalerna som i bostäderna när energibesparingen i lokalerna når över 50 procent. För att nå miljömålen krävs därför en ungefär lika stor minskning av energianvändningen i hela bebyggelsen.

Energieffektivisering om inga ytterligare styrmedel införs

En ansats att förutsäga energieffektiviseringen i bebyggelsen fram till år 2050 visar att en minskning av energianvändningen per m² uppvärmd golvyta med 15 till 30 procent kan förväntas inträffa även om inga ytterligare styrmedel införs. En minskning med 30 procent förutsätter att nybyggda bostäder använder successivt mindre energi för att år 2050 använda 35-40 kWh/m² och år, exklusive hushållsenergi. Scenariot som ger 30 procents minskning kräver dessutom att lokalbyggnadernas energianvändning effektiviseras. Detta gäller särskilt verksamhetsenergin som måste effektiviseras motsvarande 1,1 procent per år fram till år 2050.

Energikrav vid nybyggnad

Den energimängd som i genomsnitt kan tillåtas användas i byggnader år 2050 kommer att vara lägre än vad dagens byggregler medger för nybyggda hus (elvärmade byggnader undantaget). Den genomsnittliga målnivån för hela byggnadsbeståndet går dock inte att exakt bestämma. Anledningen är att det i miljömålet är energianvändning per m² uppvärmd golvyta som avses, och i officiell statistik ingår inte all uppvärmd golvyta.

Om data i officiell statistik används skulle energianvändningen (inklusive hushålls- och verksamhetsenergi) per m² år 1995 vara 219,2 kWh/m². I så fall skulle 110 kWh/m² och år kunna användas år 2050, enligt miljömålet. Om i stället data för uppvärmd golvyta från BETSI används ska kravet år 2050 ligga på 90-95 kWh/m² och år i bostäder och 125-140 kWh/m² och år i lokalbyggnader. Spannet beror på hur stor energieffektivisering som kan anses ha skett mellan år 1995 och år 2005.

Eftersom kraven i byggreglerna anger en maxgräns är det dock inte säkert att nuvarande krav behöver skärpas i samma utsträckning, för att de byggnader som uppförs fram till 2050 ska komma att underskrida målnivåerna enligt ovan. Hur mycket kraven måste skärpas är för tidigt att säga. Enligt statistik från energideklarationsregistret används i genomsnitt 104 kWh/m² och år i bostäder uppförda från och med 2007. I den energimängden ingår dock inte hushållsenergi, vilken i bostäder kan uppskattas ligga på 30-40 kWh/m² och år.

I lokalbyggnader ligger energianvändningen på 120-130 kWh/m² och år för byggnader uppförda efter år 2007 enligt deklarationsregistret. Till den mängden tillkommer verksamhetsenergi. Enligt Energimyndighetens undersökning, STIL2, varierar den mellan 36 och 57 kWh/m² och år för de tre största lokalkategorierna, skolor, vård och kontor.

Redan i dag har Boverket i uppdrag att skärpa energikraven. Verkningsarna av de senaste årens ändringar har heller inte slagit igenom fullt ut ännu. Det finns också andra styrmedel, t.ex. ekodesigndirektivet, som kommer att leda till en effektivare energianvändning i bebyggelsen.

Om nya byggnader inte bara ska underskrida energimålet år 2050, utan tanken också är att en del av den energi som används i den äldre bebyggelsen ska fördelas på dessa, kan kraven behöva skärpas betydligt beroende på hur mycket energi de nyare byggnaderna ska kompensera för.

Enligt ett scenario för tillkomst av ny bebyggelse skulle 175 Mm² golvarea tillkomma fram till år 2050. Om målet år 2050 för genomsnittlig energianvändning i bebyggelsen är 110 kWh/m², och de nya byggnader som tillkommer från och med i dag fram till år 2050 använde 70 kWh/m², vilket motsvarar total energianvändning (inkl. hushållsel) i ”passivhusen” i Lindås utanför Göteborg, skulle byggnaderna i det befintliga beståndet kunna använda 122 kWh/m² och år.

Skillnaden, som en så kraftig minskning av tillåten energianvändning i ny bebyggelse skulle medföra, ger alltså inte särskilt mycket högre tillåten energianvändning i det befintliga beståndet. Att dramatiskt skärpa energikraven vid nybyggnation kan alltså inte mer än marginellt leda till uppfyllandet av riksdagens delmål om energianvändning år 2050 i miljö kvalitetsmålet *God bebyggd miljö*.

1 Inledning

Rapporten utgör en del av Boverkets redovisning av regeringsuppdraget *Byggnaders Energianvändning, Tekniska Status och Innemiljö*, BETSI. I föreliggande rapport redovisas resultat från besiktningar och mätningar i sammanlagt knappt 1800 småhus, flerbostadshus och lokalbyggnader. Huvuddelen av besiktningarna och mätningarna genomfördes under uppvärmningssäsongen 2007/2008.

1.1 Undersökningen

Undersökningen är en stratifierad urvalsundersökning² i flera steg. Urvalet har gjorts av SCB. Byggnader i 30 kommuner har undersökts. Bostadsbyggnaderna, småhusen och flerbostadshusen, har delats in i och valts ut i fem åldersklasser. Lokalbyggnaderna har delats in i och valts ut i tre olika kategorier beroende på verksamhet. Skolbyggnader ingår inte i undersökningen. Ytterligare information om regeringsuppdraget och undersökningen finns i bilaga 4 och i bilaga 5.

1.2 Osäkerhet i resultaten

Eftersom resultat i rapporten baseras på en urvalsundersökning finns en statistisk osäkerhet i dessa. Osäkerheten i skattningarna ges av ett konfidensintervall. Intervallet har beräknats för 95-procentsnivån. Det betyder att sannolikheten för att det sanna värdet finns inom angivet intervall är 95 procent. I tabeller ges osäkerheten som ett skattat medelvärde, andel eller antal $\pm$ ett värde, andel eller antal. I stapeldiagrammen i figurerna ges osäkerheten i skattningen som en felstapel, en svart vertikal linje med ett horisontellt streck i linjens ändar.

Förutom den statistiska osäkerheten finns mätosäkerheter och de felbedömningar eller fel när det gäller redovisning av uppgifter som alltid förekommer i undersökningar av den här storleken.

² Boverket, (2009), *Statistiska urval och metoder i Boverkets projekt BETSI*.

1.3 Innehållet i rapporten

I föreliggande rapport redovisas uppgifter om U-värden och areor för de olika delarna av byggnadernas klimatskal. Enkla överslagsberäkningar görs för att visa hur stora värmeförluster de olika delarna av byggnadernas klimatskal står för.

Dessutom redovisas uppgifter om typ av värmeförsörjning, system för distribution av värme, tappvattenarmatur och inomhustemperatur där detta har mätts. Vidare redovisas uppgifter om ventilationssystem, och i småhus respektive lägenheter i flerbostadshus redovisas även uppmätt luftomsättning.

Förutom en redovisning av de observationer och mätningar som gjorts i byggnaderna har även beräkningar gjorts för att uppskatta omfattning och kostnader för att rusta upp bebyggelsen till de nivåer och tidpunkter för energianvändning som framgår av riksdagen beslutat mål för energianvändning i bebyggelsen. Även en uppskattning av vilken energieffektivisering som kan förväntas om inga ytterligare styrmedel införs har gjorts. Innan kapitlet med kostnadsberäkningar finns även ett kapitel med en diskussion om olika styrmedel, t.ex. byggregler och bidrag, och erfarenheter av dessa.

Läsanvisningar

I rapporten redovisas först resultat för klimatskalens U-värden och areor. Därefter följer resultat för värmeförsörjning och ventilation med mera. Sist kommer en diskussion om styrmedel och beräkningar av nivåer och kostnader för att nå de av riksdagen beslutade målen om energianvändning.

Förutom huvudinnehållet i rapporten finns bilagor med bakgrund till undersökningen, en text om kostnader förknippade med energieffektivisering och energibesparingspotential i Sveriges byggnadsbestånd samt tabeller med resultat från undersökningen.

2 Byggnadernas klimatskal

I detta kapitel redovisas klimatskalsdelarnas U-värden och areor. Dessutom uppskattas värmeförluster genom dessa delar och en jämförelse görs med ventilationsförluster och behov av tappvarmvatten med mera. Därutöver jämförs värme- och energibehov i byggnaderna med uppgifter om energianvändning i officiell statistik. De olika byggnadskategorierna, småhus, flerbostadshus och lokaler, redovisas i avsnitt var för sig.

Förutsättningar för beräkningar av U-värden

I undersökningen av byggnadernas tekniska status har besiktningspersonerna bland annat tagit fram uppgifter om typ av material och materialens tjocklek för olika delar av klimatskalet. Utifrån dessa uppgifter har sedan ett U-värde för respektive del av klimatskalet beräknats. U-värdet för grundkonstruktionerna krypgrundsbjälklag, platta på mark, platta på mark med källargrundläggning och källarvägg under mark har beräknats enligt ISO 13370:2007(E). För övriga klimatskalsdelar har U-värdet beräknats som summan av värmemotstånden för respektive materialskikt enligt:

$$U = \left(R_{si} + R_{se} + \sum_{j=1}^n R_j \right)^{-1}$$

där R_{si} och R_{se} är inre respektive yttre värmeövergångsmotstånd. För fassader, vindsbjälklag, stödbensväggar och snedtak har dessutom ett värmemotstånd för fasadmateriäl och yttertaket, tillsammans med den luftspalt som oftast finns i dessa byggnadsdelar, adderats till klimatskalsdelens totala värmemotstånd. Övergångsmotstånden har satts till 0,13 ($\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$) för R_{si} och 0,04 för R_{se} . Värmemotståndet för luftspalt och fasadmateriäl samt för luftspalt och yttertak har satts till 0,23 ($\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$).

Någon hänsyn till geometriska köldbryggor (anslutning mellan fönster och yttervägg, anslutning mellan yttervägg och golv, etc.) i konstruktionerna har inte tagits i beräkningen av de olika klimatskalsdelarnas U-värden. Inte heller har någon hänsyn tagits till att en del värmeförluster

från en platta på mark sker genom kantbalkens vertikala utsida.³ Det faktiska U-värdet för platta på mark kan därför förväntas ligga mellan 10 och 40 procent högre än det beräknade, beroende på plattans storlek och utformning.

När det gäller fönstrens U-värde har besiktningspersonerna i de flesta fall inte använt sig av några instrument för att bestämma om fönsterglasen är belagda med lågmissionsskikt eller om det finns argongas mellan glasen i isolerrutor. Om glasen är belagda med lågmissionsskikt eller inte har därför endast bedömts okulärt (färgskiftning i glaset, flera reflektioner av en låga, etc.) om det inte funnits uppgifter om detta på glaslisten mellan glasen i fönstrens isolerrutor. När det gäller argongas (eller andra gaser) mellan isolerrutorna har detta endast kunnat bestämmas om det funnits uppgifter om detta på glaslisten mellan glasen i isolerrutorna eller kunnat uppskattas utifrån ålder på fönstren.

För att förenkla besiktningspersonernas arbete med att beskriva materialen i klimatskalsdelarna och typ av fönster, har listor med material och fönstertyper använts. För att välja material har 31 olika materialkategorier tagits fram. Inom varje materialkategori har samma värmeledningsförmåga antagits trots att en viss variation mellan de olika materialen förekommer i verkligheten. För fönstren har elva olika fönstertyper funnits att välja bland.

För ytterväggar, bjälklag och snedtak, där ett eller flera skikt kan bestå av en kombination av träreglar och mineralull, har en värmeledningsförmåga på 0,052 W/(m·K) antagits för ett sådant skikt. Träreglarna har därmed antagits utgöra cirka 15 procent av materialvolymen i skiktet.

Det ska också påpekas att arean hos ytterväggarna inte utgörs av den del som vetter mot uppvärmd inomhusluft. I stället har arean hos ytterväggens (fasadens) utsida angetts i besiktningsprotokollen. Anledningen till detta är att det bedömdes vara viktigare att få med fasadarean, eftersom fokus i undersökning främst legat på skador i byggnadsbeståndet, skadornas påverkan på inomhusmiljön och kostnader för att åtgärda dessa.

I energiberäkningar används vanligtvis endast den del av klimatskalets omslutande area som vetter mot uppvärmd inomhusluft, delvis uppvärmt utrymme eller mark. Eftersom ytterväggarnas utsida använts överskattas deras påverkan på byggnadernas energibalanser. Hur mycket ytterväggarnas area överskattas beror bland annat på om det är ett småhus eller ett flerbostadshus och vilken rumshöjd byggnaden har. Uppskattningsvis överskattas ytterväggarnas areor med 10-25 procent i en enskild byggnad. Hur mycket det slår på byggnadens värmebehov beror på ytterväggarnas och övriga klimatskalsdelars U-värde i den enskilda byggnaden.

De genomsnittliga U-värden som redovisas i diagram och tabeller är viktade mot både klimatskalsdelarnas area och byggnadsvikt. Det betyder att

³ I standarden, ISO 13370:2007(E), tas ingen hänsyn till värmeflöden genom kantbalkens utsida (sockeln). För att få med denna del (köldbrygga) måste en särskild beräkning göras.

U-värdet för en byggnad med en stor area för betraktad byggnadsdel får större betydelse för det genomsnittliga U-värdet jämfört med en byggnad där betraktad byggnadsdel har en mindre area. På samma sätt påverkar byggnadsvikten det genomsnittliga U-värdet.

2.1 Småhusens klimatskal

Den undersökta populationen småhus redovisas i tabell 2.1. Ur tabellen framgår uppvärmd golvarea, uppvärmd volym och antal byggnader eller bostäder. Antal byggnader anges i tusental. Volym och area anges i miljoner m³ respektive miljoner m². Den officiella statistiken är hämtad från SCB:s statistik över nyproduktion av bostäder i småhus.

Tabell 2.1. Antal byggnader, lägenheter från några olika källor, samt uppgifter om uppvärmd volym och uppvärmd golvarea i BETSI.

Byggår	ELIB ⁴	BETSI	Officiell stat.**	BETSI	
	Antal (10 ³)	Antal (10 ³)	Antal (10 ³)	Volym (10 ⁶ m ³)	A _{temp} (10 ⁶ m ²)
-60	907	846		345	146
61-75	508	500		192	82
76-85	361*	313	295	104	44
86-95		154	158	44	19
96-05		77	77	26	11
Totalt***	1 776	1 888		713	301

* I ELIB ingår byggnader uppförda 1976-1988.

**SCB: *Lägenheter i nybyggda hus efter län och hustyp. Kvartal 1975K1-2008K4*

***Avrundning till hela miljontal och tusental gör att totalen och summan av delarna skiljer sig åt.

2.1.1 Platta på mark/källargolv

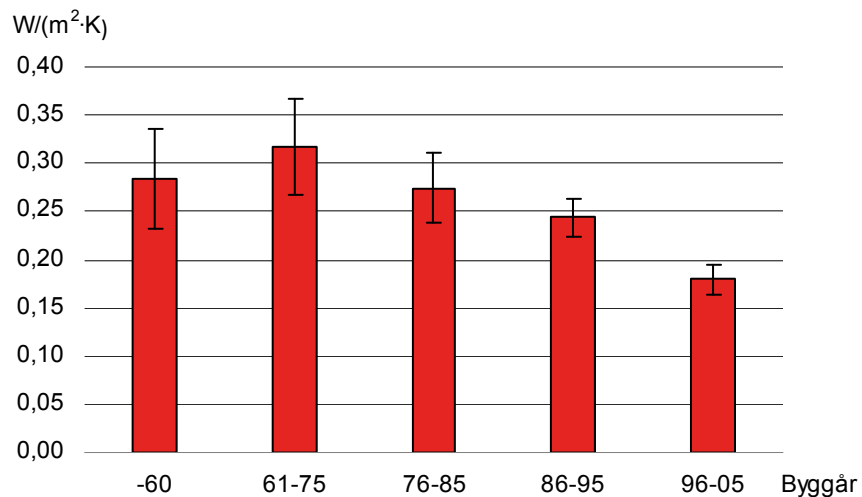
Platta på mark avser både byggnader med vad som vanligtvis benämns platta på mark, och byggnader med källargrundläggning. I besiktningssprotokollen finns uppgifter om plattornas totala area innanför ytterväggarnas insida. Det finns dock inga mått på plattornas längd och bredd. Därför har i de beräkningar som gjorts av konstruktionernas U-värde ett förhållande på 1:1,5 mellan plattornas bredd och längd antagits för småhusen.

I Figur 2.1 redovisas genomsnittligt U-värde för platta på mark/källargolv i de fem åldersklasserna. För de äldsta åldersklasserna är konfidensintervallet förhållandevis stort. En anledning till detta är att spridningen i U-värde för dessa kategorier är stor. I t.ex. de äldsta åldersklasserna är många plattor oisolerade, vilket gör att arean på plattan får stor betydelse för konstruktionens U-värde. Eftersom de minsta plattorna är 10-20 m², och de största över 200 m² varierar U-värdet från 0,20 till 1,48 W/(m²·K). Även det faktum att äldre byggnader med krypgrundsgrundläggning kan ha byggts till med välisolerade plattor på mark gör att spridningen i U-värde är stor för konstruktionsdelen i de äldsta åldersklasserna. Att U-

⁴ Statens institut för byggforskning, (1993), *Byggnadsbeståndets tekniska egenskaper*, ELIB-rapport nr 6.

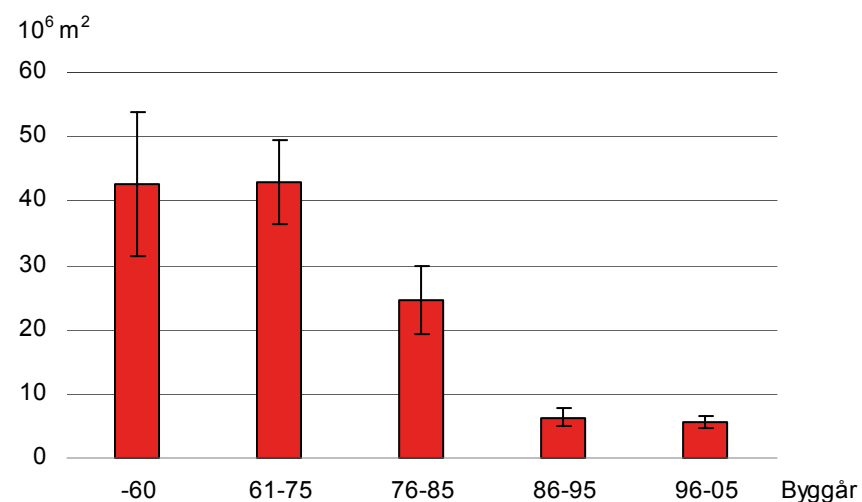
värdet är lägre i den äldsta åldersklassen jämfört med den näst äldsta beror på att fler byggnader är grundlagda med källare i den äldsta åldersklassen. Eftersom de flesta plattorna/ källargolven är oisolerade får grundläggningsdjupet stor betydelse för U-värdet.

Figur 2.1. Genomsnittliga U-värden hos platta på mark/källargolv för småhus i de fem åldersklasserna. Genomsnittligt U-värde för hela populationen är $0,29 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.



Total area för platta på mark/källargolv i de olika åldersklasserna redovisas i figur 2.2. Ungefär lika stor area, 43 miljoner m^2 , återfinns i de två äldre åldersklasserna. En anledning till att de två åldersklasserna har lika stor area för platta på mark, trots att det finns många fler småhus i den äldre åldersklassen är att ungefär hälften av all grundläggning i den äldsta åldersklassen, 38 miljoner m^2 , utgörs av krypgrund. I den näst äldsta åldersklassen uppgår arean för krypgrund till 12 miljoner m^2 .

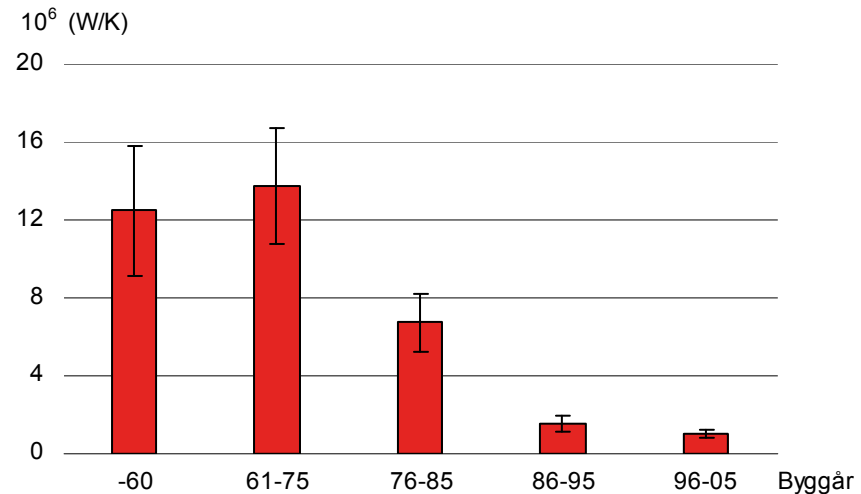
Figur 2.2. Area för platta på mark/källargolv för småhus i de fem åldersklasserna. Total area i beståndet uppgår till 122 miljoner m^2 .



I figur 2.3 redovisas totalt UA-värde, det vill säga arean för plattan/ källargolvet i respektive byggnad multiplicerad med U-värdet för plattan/

källargolvet i samma byggnad summerade över alla byggnader. De två äldsta åldersklasserna dominerar totalt, främst för att de utgör en så stor andel av total area, men också därför att de har de högsta U-värdena. Totalt UA-värde uppgår till 36 miljoner W/K. Genom att multiplicera det med genomsnittet för antal graddagar i Sveriges kommuner, där antalet graddagar viktats mot antalet invånare, erhålls värmeförluster genom konstruktionen motsvarande; $36 \cdot 3734 \cdot 24 / 10^6 = 3,2$ TWh/år.

Figur 2.3. UA-värde för platta på mark/källargolv för småhus i de fem åldersklasserna. Totalt UA-värde uppgår till 36 miljoner W/K.



2.1.2 Krypgrundsbjälklag

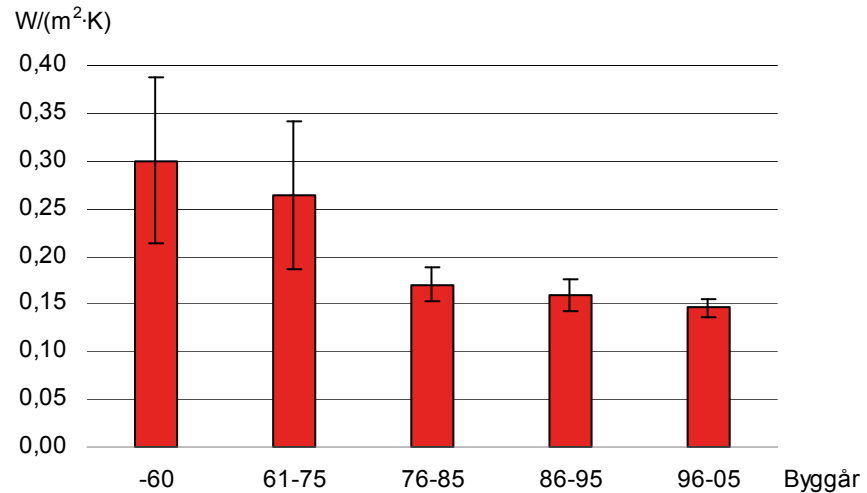
Krypgrundsbjälklagen avser alla typer av krypgrund. Där ingår alltså torpargrund, där grunden oftast inte är inspekterbar, uteluftventilerade och inneluftventilerade krypgrunder, samt plintgrunder som inte har några grundmurar. Vid beräkning av U-värdet tas även hänsyn till ventilationsgrad (uppskattad), grundmurens värmeisolering (uppskattad) och eventuell isolering på marken i krypgrunden.⁵

I Figur 2.4 redovisas genomsnittligt U-värde för krypgrundsbjälklagen i de fem åldersklasserna. För de två äldsta åldersklasserna är konfidensintervallet förhållandevis stort. En anledning till detta är att spridningen i U-värde är stort och jämnt fördelat över hela spännvidden. Genomsnittligt U-värde för hela populationen är 0,26 W/(m²·K), vilket motsvarar ungefär 180 mm isolering av mineralull i bjälklaget.

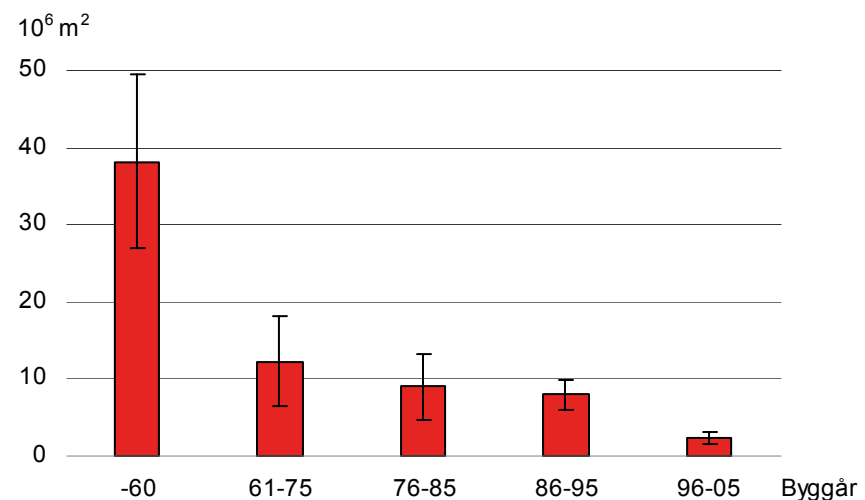
Total area för krypgrundsbjälklagen i de olika åldersklasserna redovisas i figur 2.5. Den överlägset största arean, 38 miljoner m², återfinns i den äldsta åldersklassen. I den näst äldsta åldersklassen uppgår arean för krypgrund till 12 miljoner m².

⁵ Ventilationsgrad och grundmurarnas U-värden har endast uppskattats.

Figur 2.4. Genomsnittliga U-värden hos kryppgrundbjälklag för småhus i de fem åldersklasserna. Genomsnittligt U-värde för hela populationen är $0,26 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.



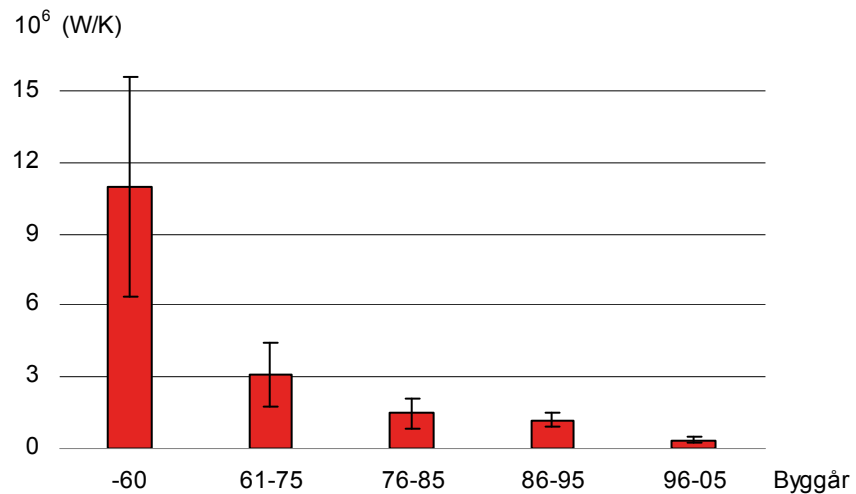
Figur 2.5. Area för kryppgrundsbjälklagen hos småhus i de fem åldersklasserna. Total area i beståndet uppgår till 70 miljoner m^2 .



I figur 2.6 redovisas totalt UA-värde, det vill säga arean för kryppgrundsbjälklaget i respektive byggnad multiplicerad med U-värdet för kryppgrundsbjälklaget i samma byggnad summerade över alla byggnader. Den äldsta åldersklassen dominerar, främst för att den utgör en så stor andel av total area, men också därför att den har bjälklagen med de högsta U-värdena.

Totalt UA-värde uppgår till 17 miljoner W/K . Genom att multiplicera det med genomsnittet för antal graddagar i Sveriges kommuner, där antalet graddagar viktats mot antalet invånare, erhålls värmeförluster genom konstruktionen motsvarande; $17 \cdot 3734 \cdot 24 / 10^6 = 1,5 \text{ TWh}/\text{år}$.

Figur 2.6. UA-värde för krypgrundsbjälklag i småhus i de fem åldersklasserna. Totalt UA-värde uppgår till 17 miljoner W/K.

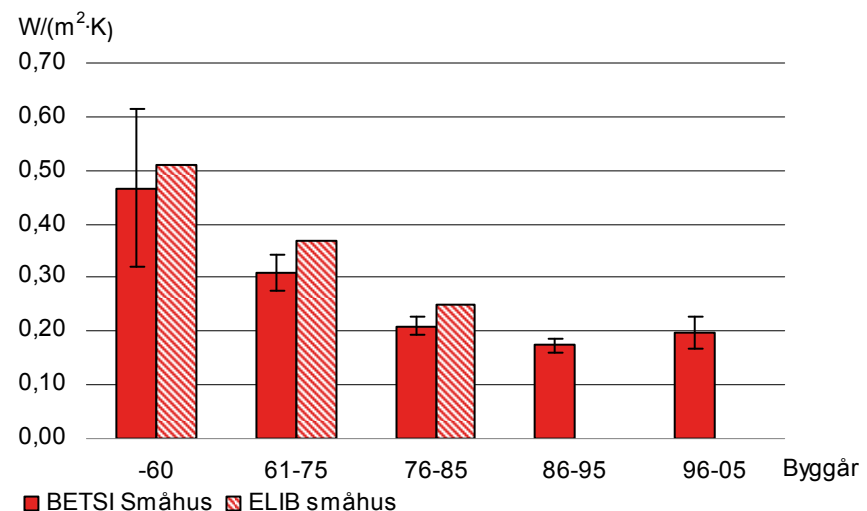


2.1.3 Ytterväggar

I Figur 2.7 redovisas genomsnittligt U-värde för ytterväggarna i de fem åldersklasserna. I figuren finns även motsvarande U-värden från ELIB-undersökningen⁶ för de tre äldsta åldersklasserna. I ELIB ingår dock i den redovisade åldersklassen 76-85 byggnader uppförda till och med 1988.

För den äldsta åldersklassen i BETSI är konfidensintervallet förhållandevis stort. En anledning till detta är att spridningen i U-värde är stort. För ELIB finns inget konfidensintervall för ytterväggarna.

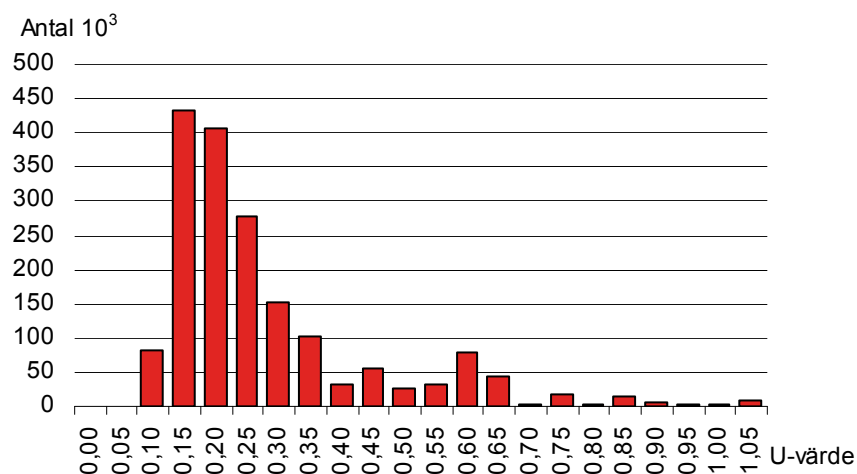
Figur 2.7. Genomsnittliga U-värden hos ytterväggar i småhus i de fem åldersklasserna.



⁶ Statens institut för byggforskning, (1993), *Bostadsbeståndets tekniska egenskaper*, ELIB-rapport Nr 6.

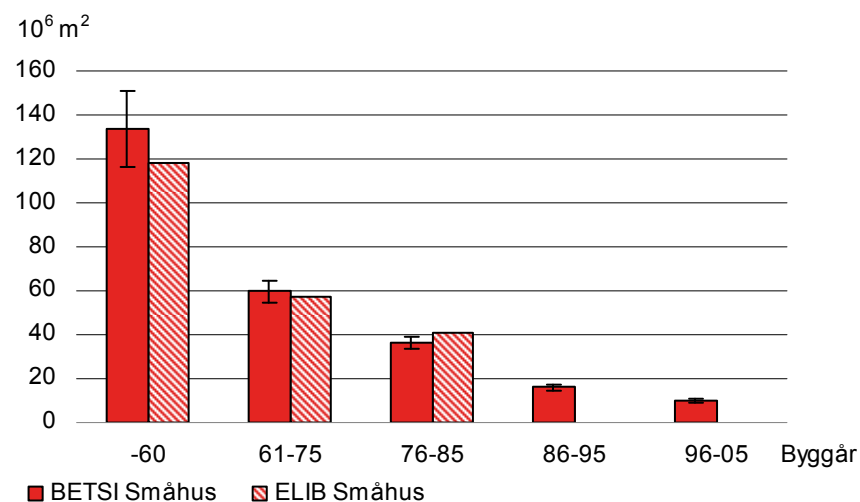
Genomsnittligt U-värde för hela populationen är $0,36 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, vilket ungefär motsvarar 125 mm isolering med mineralull mellan träreglar c/c 600 mm. Jämfört med ELIB har U-värdena förbättrats något. En beräkning utifrån punktskattningen av U-värden, och med antaganden om graddagar enligt ovan samt areor från ELIB, ger ett minskat värmebehov i de byggnader som fanns i ELIB-undersökningen motsvarande 1,1 TWh/år. Detta minskade värmebehov skulle, om de punktskattade U-värdena är sanna, vara en följd av den tilläggsisolering av fasaderna i det äldre beståndet som skett under de senaste 15-16 åren.

Figur 2.8. Fördelning av ytterväggarnas U-värden i hela populationen småhus.



I figur 2.8 redovisas spridningen hos ytterväggarnas U-värden i hela populationen småhus. Två tredjedelar av alla småhus har ett U-värde mellan 0,15 och 0,30 $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Värdena på x-axeln anger egentligen ett intervall och ska läsas som att värdet under respektive stapel är intervallets undre gräns och värdet till höger om stapeln är intervallets övre gräns.

Figur 2.9. Area för ytterväggarna i småhusen i de fem åldersklasserna.

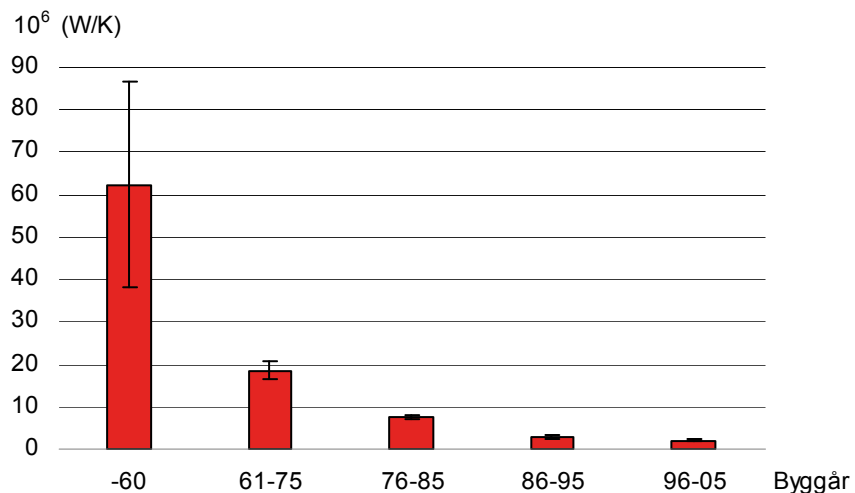


Area⁷ för ytterväggarna i de olika åldersklasserna redovisas i figur 2.9. Den överlägset största arean, 134 miljoner m², återfinns i den äldsta åldersklassen. I den näst äldsta åldersklassen uppgår arean för ytterväggarna till 60 miljoner m². Total area för hela populationen uppgår till 256 miljoner m².

Jämfört med ELIB visar punktskattningen i BETSI på att arean har ökat med 18 miljoner m² i den äldsta åldersklassen. Det finns ett antal förklaringar till detta. Bland annat har äldre byggnader byggts till och 70 000 fritidshus har blivit permanentbostäder⁸ under perioden 1991 till 2005. Bland dessa återfinns säkert en hel del äldre byggnader. Även en ändrad användning av ekonomibyggnader på jordbruksfastigheter kan ha lett till en ökad ytterväggsarea i den äldre bebyggelsen. Dessutom har arean för fasadernas utsida använts i BETSI. I ELIB redovisas kanske den del av fasadernas area som vetter mot uppvärmd inomhusluft.

I figur 2.10 redovisas totalt UA-värde, det vill säga arean för ytterväggarna i respektive byggnad multiplicerad med U-värdet för ytterväggarna i samma byggnad summerade över alla byggnader. Den äldsta åldersklassen dominerar, främst för att den utgör en så stor andel av den totala arean, men också därför att den har ytterväggar med de högsta U-värdena.

Figur 2.10. UA-värde för ytterväggarna i småhus i de fem åldersklasserna. Totalt UA-värde för populationen uppgår till 93 miljoner W/K.



Totalt UA-värde uppgår till 93 miljoner W/K. Genom att multiplicera det med genomsnittet för antal graddagar i Sveriges kommuner, där antalet graddagar viktats mot antalet invånare, erhålls värmeförluster genom konstruktionen motsvarande; $93 \cdot 3734 \cdot 24 / 10^6 = 8,3$ TWh.

⁷ Arealen överskattas något i en energiberäkning, eftersom det är fasadarean som tagits fram i undersökningen och inte area mot uppvärmd inomhusluft, som vanligtvis används när värmeförlusterna genom en klimatskalsdel uppskattas.

⁸ SCB, Statistiskt meddelande MI 69 SM 0501.

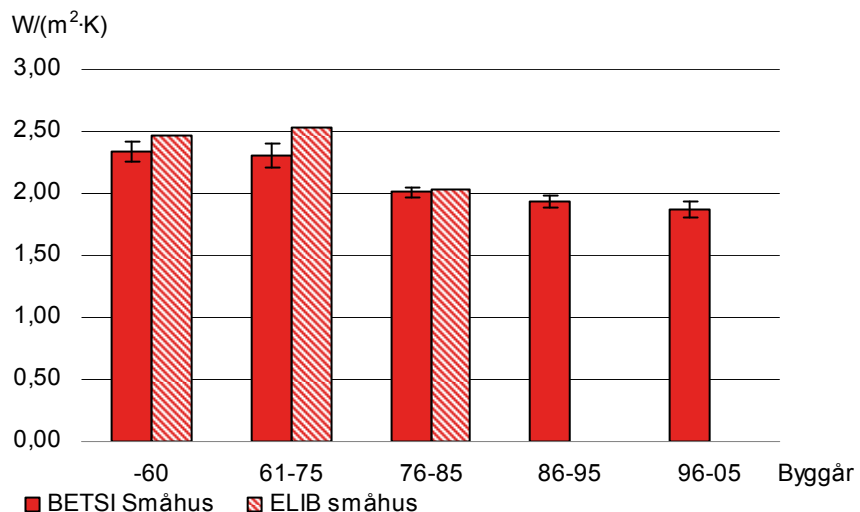
2.1.4 Fönster

I Figur 2.11 redovisas genomsnittligt U-värde för fönstren i de fem åldersklasserna. I figuren finns även motsvarande U-värden från ELIB för de tre äldsta åldersklasserna. I ELIB ingår i åldersklassen 76-85 byggnader uppförda till och med 1988. De uppgifter som lämnades i ELIB gäller inte U-värden utan antal glas i fönstren. I redovisningen av fönstren i ELIB finns två grupper; fönster med 1 eller 2 glas, respektive fönster med 3 eller 4 glas. I jämförelsen har vi antagit att U-värdet för gruppen med 1 eller 2 glas är $2,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ och för gruppen 3 eller 4 glas $1,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

De genomsnittliga U-värdena i de två äldsta åldersklasserna är i princip lika. En anledning till att de äldre byggnaderna har så pass bra U-värde är att i många av småhusen har fönstren bytts minst en gång sedan byggnaderna uppfördes. Att konfidensintervallen är så små beror främst på att det för fönstren är en förhållandevis liten variation hos variabelvärdena jämfört med andra klimatskalsdelar, där dessa kan skilja en faktor tio mellan största och minsta observerade U-värde. För fönstrens "U-värde" i ELIB finns inget konfidensintervall redovisat.

Genomsnittligt U-värde för hela populationen är $2,23 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Jämfört med ELIB har U-värdena förbättrats något. En beräkning utifrån punktskattningen av U-värden, och med antaganden om graddagar enligt ovan, samt areor från ELIB, ger ett minskat värmebehov i de byggnader som fanns i ELIB motsvarande $0,4 \text{ TWh}/\text{år}$ tack vare bättre fönster. Detta minskade värmebehov skulle, om de punktskattade U-värdena är sanna, vara en följd av de fönsterbyten och fönsterrenoveringar i det äldre byggnadsbeståndet som skett under de senaste 15-16 åren.

Figur 2.11. Genomsnittliga U-värden hos fönster i småhus i de fem åldersklasserna, samt jämförelse med ELIB i de tre äldsta. Genomsnittligt U-värde för hela populationen är $2,23 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

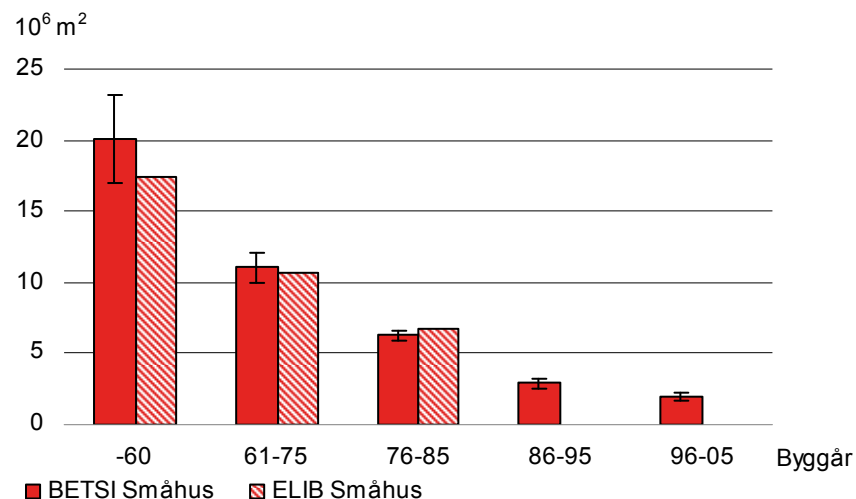


Total area för fönstren i de olika åldersklasserna redovisas i figur 2.12. Den största arean, 20 miljoner m^2 , återfinns i den äldsta åldersklassen. I

den näst äldsta åldersklassen uppgår arean för fönstren till 11 miljoner m^2 . I tabell 2.2 redovisas fönsterareor mot norr, söder, väster och öster. Areorna i de olika väderstrecken skiljer sig inte så mycket åt. Störst andel, 28 procent, vetter mot söder och minst andel, 22 procent vetter mot norr.

Jämfört med ELIB visar punktskattningen i BETSI att fönsterarean har ökat med 3 miljoner m^2 i den äldsta åldersklassen. Det finns ett antal förklaringar till detta. Bland annat har äldre byggnader byggts till och 70 000 fritidshus har blivit permanentbostäder⁹ under perioden 1991 till 2005. Bland dessa återfinns säkert en hel del äldre byggnader. Även en ändrad användning av ekonomibyggnader på jordbruksfastigheter kan ha lett till en ökad fönsterarea i den äldre bebyggelsen. Dessutom finns alltid en osäkerhet i en urvalsundersökning och skillnaden ryms inom konfidensintervallet i BETSI.

Figur 2.12. Total area för fönster i småhusen i de fem åldersklasserna. Total area för samtliga åldersklasser uppgår till 42 miljoner m^2 .



Tabell 2.2. Fönsterarea i olika väderstreck i hela populationen småhus.

Väderstreck	Norr	Söder	Väster	Öster
Andel (%)	22	28	25	25
Total area ($10^6 m^2$)	9,1	11,8	10,6	10,8

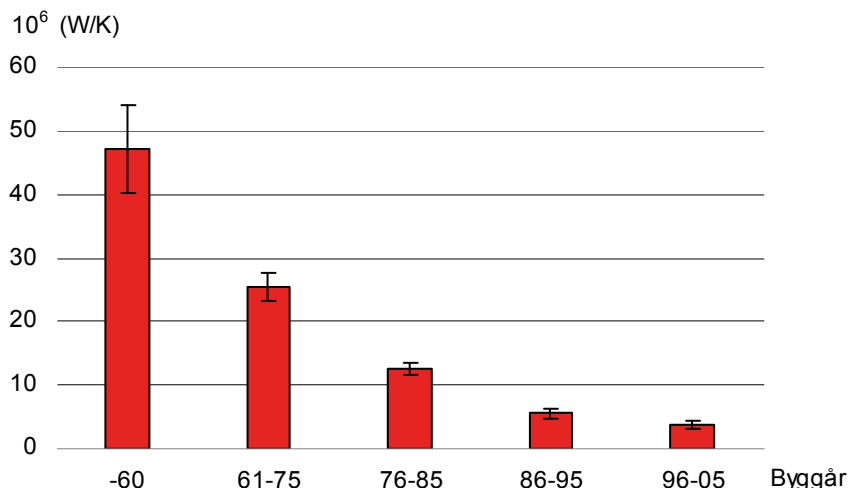
I figur 2.13 redovisas totalt UA-värde, det vill säga arean för fönstren i respektive byggnad multiplicerad med U-värdet för fönstren i samma byggnad summerade över alla byggnader. Den äldsta åldersklassen dominerar, eftersom den utgör en så stor andel av den totala arean.

Totalt UA-värde uppgår till 94 miljoner W/K. Genom att multiplicera det med genomsnittet för antal graddagar i Sveriges kommuner, där antalet graddagar viktats mot antalet invånare, erhålls värmeförluster genom

⁹ SCB, Statistiskt meddelande MI 69 SM 0501.

konstruktionen motsvarande; $94 \cdot 3734 \cdot 24 / 10^6 = 8,4$ TWh/år. Värmeförluster genom fönster utgör således en ungefär lika stor andel som förluster genom ytterväggarna. Genom fönsterglasen erhålls dock ett värmetillskott i form av solinstrålning, så den faktiska värmebalansen är till fönstrens fördel. En felkälla i jämförelsen är också att ytterväggarnas area utgörs av fasadarean och inte den arean hos ytterväggarna som vetter mot inomhusluft.

Figur 2.13. Totalt UA-värde för fönster i småhus i de fem åldersklasserna. Totalt UA-värde uppgår till 94 miljoner W/K.



2.1.5 Horisontellt vindsbjälklag

I Figur 2.14 redovisas genomsnittligt U-värde för horisontellt vindsbjälklag i de fem åldersklasserna. I figuren finns även motsvarande U-värden från ELIB för de tre äldsta åldersklasserna. I ELIB ingår i åldersklassen 76-85 byggnader uppförda till och med 1988. De uppgifter som lämnades i ELIB gäller förmodligen genomsnittliga U-värden för hela vindskonstruktionen, inklusive stödbensväggar och snedtak. I BETSI redovisas dessa separat.

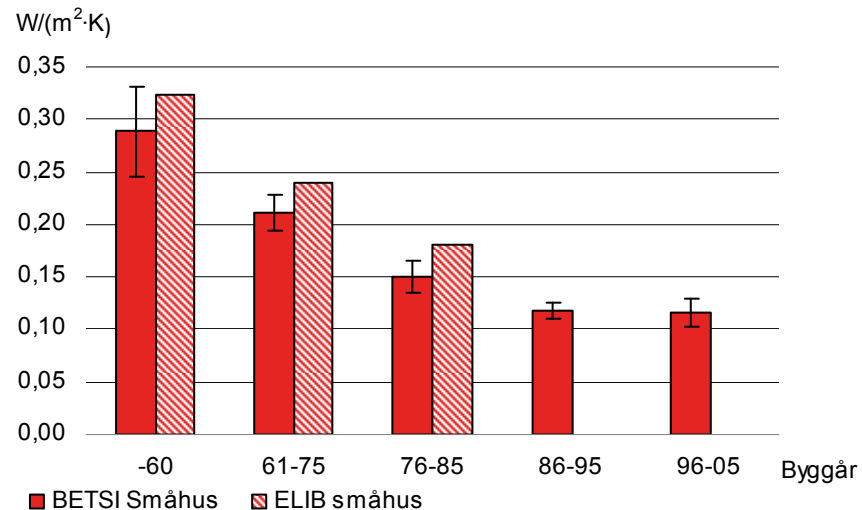
I figuren kan utläsas att U-värdet förbättrats i yngre åldersklasser fram till den näst yngsta för att därefter plana ut. Även om de äldre åldersklasserna har sämre U-värden jämfört med de yngre är de förhållandevis låga. En anledning är att i många av de äldre småhusen har vindsbjälklagen förmodligen tilläggsisolerats.

Att konfidensintervallen är så små beror främst på att det för vindsbjälklagen är en förhållandevis liten variation hos variabelvärdena jämfört med andra klimatskalsdelar, där dessa kan skilja en faktor tio mellan största och minsta observerade U-värde. För ELIB finns inget konfidensintervall.

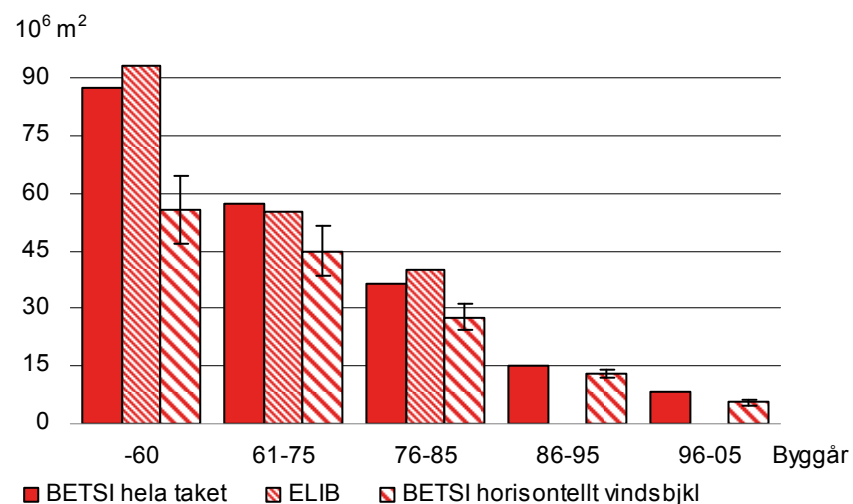
Genomsnittligt U-värde för hela populationen är $0,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Jämfört med ELIB har U-värdena förbättrats något. En beräkning utifrån punktskattningen av U-värden, och med antaganden om graddagar enligt ovan,

samt areor från ELIB, ger ett minskat värmebehov i de byggnader som fanns i ELIB motsvarande 0,5 TWh/år tack vare tilläggsisolering av vindsbjälklagen under de senaste 15-16 åren.

Figur 2.14. Genomsnittliga U-värden hos horisontellt vindsbjälklag i småhus i de fem åldersklasserna, samt jämförelse med ELIB för de tre äldsta. Genomsnittligt U-värde för hela populationen är 0,22 W/(m²·K).



Figur 2.15. Area för horisontellt vindsbjälklag samt area för hela takkonstruktionen (vindsbjälklag, stödbensväggar och snedtak) i BETSI i småhus i de fem åldersklasserna, samt area i ELIB för hela takkonstruktionen.



Om uppgifterna i ELIB¹⁰ gäller hela takkonstruktionen, det vill säga ett medelvärde för horisontellt vindsbjälklag, stödbensväggar och snedtak, är förbättringen däremot marginell. Med tanke på att arean för vindsbjälklaget är betydligt mindre i ELIB, se figur 2.15, är det troligaste att den

¹⁰ Statens institut för byggforskning, (1993), TN:29, sidan 31, Figur 4.3;2.

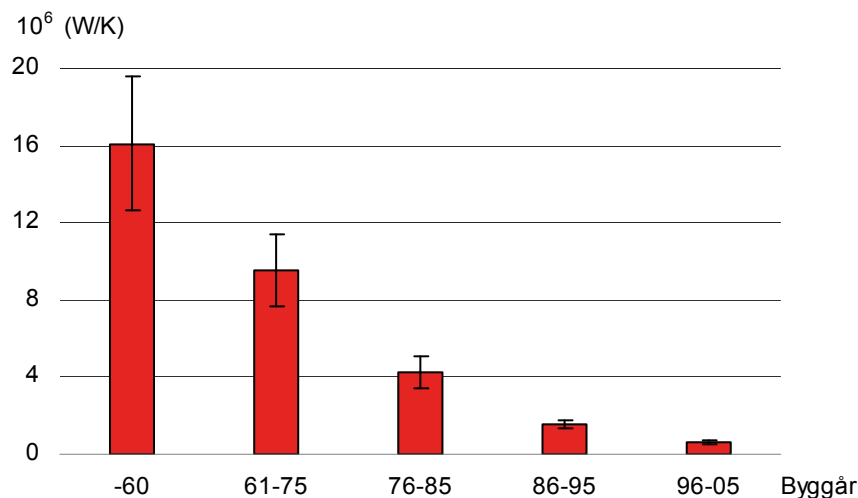
area och de U-värden som anges i ELIB gäller horisontellt vindsbjälklag, stödbensväggar och snedtak tillsammans. Därmed kan i princip ingen förbättring av de horisontella vindsbjälklagen urskiljas.

Total area för de horisontella vindsbjälklagen i de olika åldersklasserna redovisas i figur 2.15. Där redovisas även takkonstruktionens area enligt ELIB, samt sammanlagd area (hela taket i diagrammet) för horisontellt vindsbjälklag, stödbensväggar och snedtak i BETSI. Jämfört med ELIB visar punktskattningen i BETSI att hela takkonstruktionens area nu är mindre i den äldsta åldersklassen. Det är inte konsistent med fönstren och fasaderna som ökat i BETSI. Felet ryms förmodligen inom konfidensintervallen (som dock inte beräknats i BETSI eller redovisats i ELIB).

I figur 2.16 redovisas totalt UA-värde, det vill säga arean för vindsbjälklagen i respektive byggnad multiplicerad med U-värdet för dessa i samma byggnad summerade över alla byggnader. Den äldsta åldersklassen dominerar, eftersom den utgör en så stor andel av den totala arean.

Totalt UA-värde uppgår till 32 miljoner W/K. Genom att multiplicera det med genomsnittet för antal graddagar i Sveriges kommuner erhålls värmeförluster genom konstruktionen motsvarande; $32 \cdot 3734 \cdot 24 / 10^6 = 2,9$ TWh.

Figur 2.16. Totalt UA-värde för horisontellt vindsbjälklag i småhus i de fem åldersklasserna. Totalt UA-värde uppgår till 32 miljoner W/K.



2.1.6 Övriga klimatskalsdelar

Övriga klimatskalsdelar som uppgifter tagits fram för är

- bjälklag ovan ouppvärmad källare
- källarväggar under mark
- källarväggar ovan mark
- stödbensväggar
- snedtak och
- ytterdörrar

I tabell 2.3 redovisas genomsnittliga U-värden, totala areor, och totala UA-värden för de olika klimatskalsdelarna i punktlistan ovan för hela småhusbeståndet. För ytterdörrar har U-värdet ansatts till $1,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, och det finns därför inget konfidensintervall beräknat för dem. Totalt UA-värde för klimatskalsdelarna uppgår till 96 miljoner W/K. Värmeförlusterna genom dessa delar uppgår till $96 \cdot 3734 \cdot 24 = 8,6 \text{ TWh/år}$. Detta är ungefär lika mycket som värmeförlusterna genom ytterväggar eller värmeförlusterna genom fönster.

Tabell 2.3. Genomsnittliga U-värden, total area och totalt UA-värde för de klimatskalsdelarna i punktlistan ovan.

Konstruktionsdel	U-värde [W/(m ² ·K)]	Area [10 ⁶ m ²]	UA-värde [10 ⁶ W/K]
Bjälklag ovan uppvärmd källare	0,39 ± 0,07	11,7 ± 4,9	4,5 ± 1,9
Källarvägg under mark	0,74 ± 0,11	38,1 ± 8,8	28,7 ± 6,7
Källarvägg ovan mark	1,65 ± 0,30	25,1 ± 3,0	27,5 ± 9,1
Stödbensvägg	0,44 ± 0,08	13,4 ± 4,1	5,9 ± 2,2
Snedtak	0,3 ± 0,06	43,9 ± 9,7	13 ± 3,5
Ytterdörrar*	1,7	9,6	16,3
Summa	-	132	96
Övriga klimatskalsdelar	-	637	272
Totalt		769	368

* Antaget U-värde för samtliga ytterdörrar, konfidensintervall har inte beräknats för dörrarna

2.1.7 Diskussion om värmebehov i småhusen

Utifrån uppgifter om klimatskalsdelarnas areor och U-värden har värmeförlusterna för respektive del beräknats ovan med en förenklad metod. Totalt UA-värde för samtliga klimatskalsdelar uppgår till 368 miljoner W/K. Värmeförlusterna genom klimatskalet uppgår därmed till ungefär $368 \cdot 3734 \cdot 24 = 33 \text{ TWh/år}$.

Enligt de mätningar som gjorts i BETSI av luftomsättning i småhusen är den i genomsnitt 0,23 liter per sekund och kvadratmeter uppvärmd golvarea. Med ett antagande om luftens värmekapacitivitet på 1,2 kJ per m³, och 301 miljoner m² uppvärmd golvarea i småhusen, ger luftomsättningen upphov till värmeförluster motsvarande $301 \cdot 10^6 \cdot 0,23 \cdot 1,2 \cdot 3734 \cdot 24 = 7,5 \text{ TWh/år}$.

Den helt dominerande värmeförlusten i småhus sker således genom klimatskalet. Totalt skulle, med antaganden om graddagar enligt ovan, värmebehovet i våra småhus uppgå till ungefär 40,5 TWh/år, exklusive energi för tappvarmvatten. Energimyndigheten har mätt användning av tappvatten och varmvattnets andel i 35 småhus¹¹. I rapporten uppskattas energi för tappvarmvatten till 781 kWh/person och år. Om vi antar att 60 procent av befolkningen bor i småhus skulle ytterligare 4,3 TWh värme

¹¹ Energimyndigheten, (2009), *Mätning av kall- och varmvattenanvändning i 44 hushåll*, rapport ER 2009:26.

per år behöva tillföras för att täcka varmvattenbehovet. Totalt blir värmebehovet i småhusen 45 TWh/år.

Förutom energi för värme används även energi för hushållsändamål och för drift av installationsteknisk utrustning. Enligt Energimyndighetens undersökning¹² av hushållsel i småhus används i genomsnitt 4 000 kWh el per år i ett småhus. I undersökningen är dock småhusen inte slumpmässigt valda över hela riket, utan koncentrerade till Mälardalen. Om uppgifterna trots det får representera ett riksgenomsnitt skulle 7,6 TWh hushållsel används per år i småhusen i Sverige.

När det gäller energi till fläktar och pumpar finns inga uppgifter i Energimyndighetens undersökning. Knappt 30 procent av småhusen har mekanisk ventilation. Genom att anta att genomsnittet för fläkteffekten i dessa hus är 120 W erhålls ungefär 0,6 TWh/år. Vattenburen värme finns i knappt 70 procent av småhusen. Med en antagen genomsnittlig pump-effekt på 50 W erhålls ytterligare 0,6 TWh/år.¹³

Totalt skulle således 45 TWh värme och 9 TWh el för drift och hushållsändamål behöva tillföras. Enligt SCB:s och Energimyndighetens undersökning av energianvändningen i småhus år 2005 användes det året 46,9¹⁴ TWh. Det är betydligt mindre än den överslagsberäkning som gjorts här. I myndigheternas undersökning ingår 1,74 miljoner småhus, att jämföra med de 1,89 miljoner som ingår i BETSI. Uppvärmad area i småhusen i den officiella statistiken uppgår till 256¹⁵ miljoner m². I BETSI uppgår den uppvärmda arean till 301 miljoner m².

Andra skillnader är att den energimängd som uppskattats ovan är ett energibehov¹⁶ och inte mängden köpt energi. Beroende på om förluster vid förbränning och förluster från t.ex. varmvattenberedare är större än upptaget av värme i värmepumpar kommer skillnaden mellan behov och köpt energi att öka eller minska i motsvarande grad. I överslagsberäkningarna ovan har heller ingen hänsyn tagits till att en del av värmen i ventilationsluften återvinns i frånluftsvärmepumpar och i FTX-system.

Diskussion kring graddagar, värmepumpar och antal byggnader

En faktor som har stor betydelse för uppskattningen av värmebehov är antalet graddagar. SMHI:s beräkning av antalet graddagar är mycket generell. I de enskilda byggnaderna är variationen stor, och det genomsnitt

¹² Energimyndigheten, (2009), *End-use metering campaign in 400 households In Sweden -Assessment of the Potential Electricity Savings*, sid. 318-319, rapport om hushållens elanvändning.

¹³ Markusson, C. (2009), *Effektivisering av pump- och fläktdrifter i byggnader*, Chalmers tekniska högskola, Installationsteknik, Institutionen för Energi och Miljö, Göteborg.

¹⁴ SCB, (2006), *Energistatistik för småhus 2005*, Sveriges officiella statistik EN 16 SM 0601.

¹⁵ Energimyndigheten, (2009), *Energistatistik för småhus, flerbostadshus och lokaler 2007*, rapport ES 2009:06.

¹⁶ Här avses den energimängd som behöver tillföras sedan hänsyn tagits till solinstrålning och människors värmeavgivning.

som använts i beräkningarna är kanske för högt. Småhusen har antagligen blivit mer välisolerade sedan metoden för att beräkna antalet graddagar togs fram. Med dagens datorbaserade beräkningsprogram, där timvärden används, finns det egentligen ingen anledning att använda sig av graddagar i en beräkning av en byggnads värmebehov.

De genomsnittliga värmeförlusterna genom klimatskalet, $\Sigma U_i A_i / \Sigma A_{temp,i}$, är $1,22 \text{ W/m}^2 A_{temp}$ och Kelvin. För ventilationen är motsvarande värmeförluster $0,23 \cdot 1,2 = 0,28 \text{ W/m}^2 A_{temp}$ och Kelvin. För att höja inomhustemperaturen en grad måste därmed i genomsnitt $1,5 \text{ Watt per m}^2 A_{temp}$ tillföras småhusen. Under antagande att användningen av hushållsel är ojämnt fördelad över året med 25 procents amplitud och att användningen når sitt maximum vintertid, skulle hushållselen tillföra i genomsnitt $3,2 \text{ Watt per m}^2 A_{temp}$ under vinterhalvåret om all el nyttiggjordes som värme i småhusen. Om dessutom värmetillskottet från driftel antas motsvara $0,5 \text{ W/m}^2$ och att tillskottet från personvärme motsvarar $0,7^{17} \text{ Watt per m}^2$ skulle ett totalt värmetillskott på ungefär $4,4 \text{ Watt per m}^2$ erhållas. Sammantaget skulle dessa tillskott ge en temperaturhöjning på $2,9 \text{ }^\circ\text{C}$.

Med antagandet att värme från direkt solinstrålning och diffus kortvågig strålning genom fönster under oktober till och med april ger $75^{18} \text{ kWh per m}^2$, skulle solinstrålningen omräknat till $\text{W/m}^2 A_{temp}$ ge ett värmetillskott på ungefär 2 W/m^2 . Totalt erhålls därmed ett värmetillskott motsvarande $6,4 \text{ Watt per m}^2 A_{temp}$ i småhusen. Detta tillskott skulle i genomsnitt höja temperaturen med $(6,4/1,5)$ lite drygt $4 \text{ }^\circ\text{C}$.

Den genomsnittliga inomhustemperaturen i småhusen ligger i undersökningen på $21,3 \text{ }^\circ\text{C}$. Det är därför möjligt att SMHI:s graddagar, som baseras på skillnaden i temperatur mellan 17° och utomhusluftens temperatur, stämmer bra för ett genomsnitt av småhusen.

En förklaring till skillnaden mellan överslagsberäkningarna och officiell statistik skulle kunna vara upptagen värme i värmepumpar, som inte kommer med i statistiken. Med hjälp av enkla överslagsberäkningar samt antaganden om värmefaktorer i värmepumpar och verkningsgrader i förbränningspannor kaminer söks en förklaring nedan.

I tabell 2.4 finns uppgifter om typ av värmeförsörjning i förhållande till uppvärmd golvarea. Där finns också antaganden om verkningsgrader och värmefaktorer. I beräkningarna antas att det även i byggnader med elvärme och fjärrvärme finns vissa förluster i t.ex. ledningar för tappvarmvatten och varmvattenberedare vid tider på året när inget värmebehov föreligger. För värmepumpar antas i en första överslagsberäkning en årsvärmefaktor på 2,5 alternativt 2,0.

¹⁷ Avgiven effekt per person 70 Watt. Ungefär 60 % av befolkningen på 9,4-miljoner bor i småhus och dessa är hemma ungefär 50 % av tiden. Uppvärmd golvarea utgör 301 miljoner m^2 . $(70 \cdot 0,6 \cdot 9,4 \cdot 10^6 \cdot 0,5 / 301 \cdot 10^6 = 0,7 \text{ W/m}^2)$

¹⁸ Diffus och direkt kortvågig strålning mot horisontell yta omräknad till vertikal yta med antaganden om 50 % skuggning, 70 % glasarea i förhållande till fönstrets storlek och 65 % av strålningen som träffar glasytan nyttiggörs i byggnaden.

Tabell 2.4. Typ av värmeförsörjning i småhusen i förhållande till A_{temp} och verkningsgrader respektive värmefaktorer för dessa.

Värmeförsörjning	Olja/gas	El	VP	FJV	Bio	Övrigt
Andel av A_{temp}	4%	26%	29%	22%	17%	6%
Verkningsgrad	0,85	0,98	X*	0,98	0,7	0,4

* Årsvärmefaktor i värmepumpar (VP). Varieras i beräkningsexemplen

Med en värmefaktor på 2,5 blir mängden värme som tillförs småhusen 34 procent högre jämfört med mängden köpt energi. Eftersom luft/luft värmepumpar och frånluftsvärmepumpar utgör en förhållandevis stor andel är en genomsnittlig årsvärmefaktor på 2,0 kanske mer trolig. Med en faktor på två skulle 20 % eller 9 TWh/år mer värme tillföras jämfört med den energimängd som köps in. Även med en årsvärmefaktor på 2,0 blir upptaget således alltför stort. En ny ansats görs därför nedan.

Om alla frånluftsvärmepumpar, som egentligen under större delen av året främst fungerar som återvinnare av värme i ventilationsluften tas bort, kvarstår 13 procent markvärmepumpar och 11 procent luftvärmepumpar, varav större delen utgörs av luft/luft värmepumpar. Om frånluftsvärmepumparna, som finns installerade i småhus motsvarande fem procent av uppvärmd golvyta, förutsätts minska behovet av köpt energi för värme och varmvatten med 35 procent, skulle det ge $(0,35 \cdot 0,05 \cdot 47 = 0,8)$ knappt 1 TWh/år.

Ett antagande om en årsvärmefaktor på 2,2 i markvärmepumpar och 1,8 i uteluftsvärmepumpar skulle ge en värmetillförsel som överstiger mängden köpt värme med 15 procent. Med antagandet att frånluftsvärmepumpar minskar behovet av köpt energi med 1 TWh och att FTX-systemen minskar värmebehovet med 0,5 TWh skulle 7 TWh mer värme tillföras per år jämfört med den mängd energi som köps. Det betyder att ungefär 10 TWh/år skulle vara värme upptagen från mark, vatten och luft. I en undersökning¹⁹ beställd av Energimyndigheten anges att värme motsvarande ungefär 15 TWh/år tas upp av värmepumpar från luft, mark och vatten.

I BETSI ingår fler småhus, 1,89 miljoner mot 1,74 miljoner, jämfört med den officiella statistiken. Dessutom är i BETSI uppvärmd golvyta 301 miljoner m², jämfört med mot 256 miljoner m² i officiell statistik. Så med tanke på dessa skillnader och att en stor del av den värme som tillförs småhusen är värme upptagen från mark, luft och vatten i värmepumpar, är ett värmebehov på 45 TWh/år kanske inte ett alldeles felaktigt antagande för Sveriges småhus uppförda till och med år 2005.

¹⁹ Energimyndigheten, (2006),

<http://www.energimyndigheten.se/sv/Press/Pressmeddelanden/Pressmeddelanden-2007/Varmepumpar-fangar-15-TWh-fornybar-energi-i-Sverige/>

2.2 Flerbostadshusens klimatskal

Den undersökta populationen flerbostadshus redovisas i tabell 2.5. I tabellen anges uppvärmd golvarea, uppvärmd volym, antal byggnader och antal lägenheter. Antal byggnader och antal lägenheter anges i tusental. Volym och area anges i miljoner m³ respektive miljoner m². Den officiella statistiken är hämtad från SCB:s statistik över byggande och rivning av flerbostadshus.

Tabell 2.5. Antal byggnader, lägenheter från några olika källor samt uppgifter om uppvärmd volym och uppvärmd golvarea i BETSI.

Byggår	ELIB		BETSI		Officiell statistisk	BETSI	
	Antal hus (10 ³)	Antal lgh (10 ³)	Antal hus (10 ³)	Antal lgh (10 ³)	Antal lgh (10 ³)	Volym (10 ⁶ m ³)	A _{temp} (10 ⁶ m ²)
-60	84	1 111	77	1 031		247	99
61-75	29	698	32	768		185	76
76-85	12*	192	12	130	165**	35	14
86-95			31	364	234**	95	38
96-05			12	102	112**	28	11
Totalt***			165	2 396		588	238

* I ELIB ingår byggnader uppförda 1976-1988.

**SCB: *Lägenheter i nybyggda hus efter län och hustyp. Kvartal 1975K1-2008K4*

*** Avrundning till hela miljontal och tusental gör att totalen och summan av delarna skiljer sig åt

2.2.1 Platta på mark/källargolv

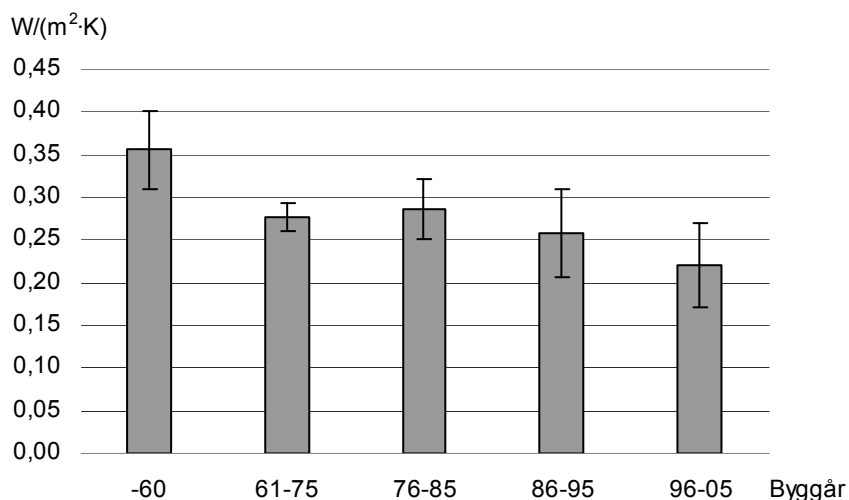
Platta på mark avser både byggnader med vad som vanligtvis benämns platta på mark, och byggnader med källargrundläggning. I besiktningsprotokollen finns uppgifter om plattornas totala area innanför ytterväggarnas insida²⁰. Det finns dock inga mått på plattornas längd och bredd. Därför har i de beräkningar som gjorts av konstruktionernas U-värde ett förhållande på 1:2 mellan plattornas bredd och längd antagits för flerbostadshusen.

I Figur 2.17 redovisas genomsnittligt U-värde för platta på mark/källargolv i de fem åldersklasserna. Eftersom marken utgör en stor del av den värmeisolerande effekten, och plattornas areor spänner från 15 till 6400 m², varierar U-värdet från 0,08 till 1,66. Genomsnittligt U-värde för hela populationen flerbostadshus är 0,30 W/(m²·K).

Total area för platta på mark/källargolv i de olika åldersklasserna redovisas i figur 2.18. Störst area, 25 miljoner m², återfinns i den äldsta åldersklassen. I åldersklassen 86-95 finns en förhållandevis stor area, 12 milj. m². Uppräknat till riksnivå innehåller åldersklassen 32 000 byggnader och 364 000 lägenheter. Förmodligen är antalet byggnader och även antalet lägenheter överskattat i BETSI för denna åldersklass.

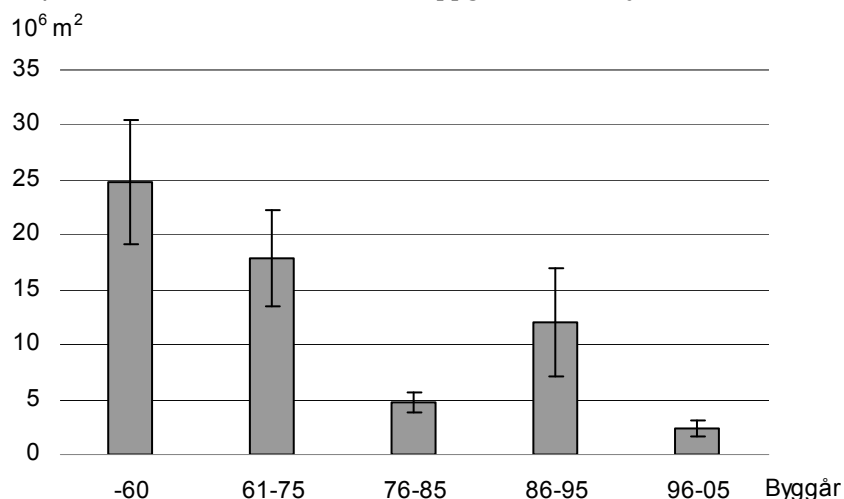
²⁰ Ibland har besiktningspersonerna angett arean inklusive ytterväggarna.

Figur 2.17. Genomsnittliga U-värden hos platta på mark/källargolv för flerbostadshus i de fem åldersklasserna.



En annan orsak till att grundläggningsareorna inte skiljer sig så mycket åt är att de byggnader som uppfördes under rekordåren, 61-75, i genomsnitt har fler våningar än de byggnader som uppfördes 86-95. Enligt uppgifter från besiktningsprotokollen är det viktade genomsnittliga antal våningsplan 4,04 i åldersklassen 61-75. I åldersklassen 86-95 är antalet våningsplan 2,88. Utifrån uppgifter om antal lägenheter i officiell statistik och antal våningsplan borde åldersklassen 61-75 ha lite drygt två gånger så stor area för platta på mark/källargolv, jämfört med åren 86-95. I BETSI är förhållandet 1:1,5.

Figur 2.18. Total area för platta på mark/källargolv för flerbostadshus i de fem åldersklasserna. Total area uppgår till 62 miljoner m².

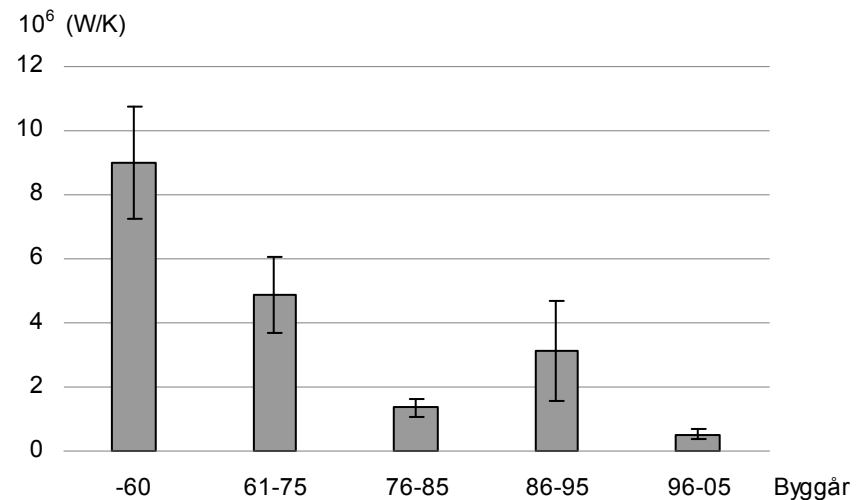


I figur 2.19 redovisas totalt UA-värde, det vill säga arean för plattan/ källargolvet i respektive byggnad multiplicerad med U-värdet för plattan/ källargolvet i samma byggnad summerade över alla byggnader. De två

äldsta åldersklasserna dominerar, främst för att de utgör en så stor andel av total area. U-värdena däremot skiljer sig inte så mycket åt mellan de olika åldersklasserna.

Totalt UA-värde uppgår till 19 miljoner W/K. Genom att multiplicera det med genomsnittet för antal graddagar i Sveriges kommuner, där antalet graddagar viktats mot antalet invånare, erhålls värmeförluster genom konstruktionen motsvarande; $19 \cdot 3734 \cdot 24 / 10^6 = 1,7 \text{ TWh/år}$.

Figur 2.19. Totalt UA-värde för platta på mark/källargolv för flerbostadshus i de fem åldersklasserna. Totalt UA-värde uppgår till 19 miljoner W/K.



2.2.2 Krypgrundsbjälklag

En mindre andel flerbostadshus är anlagda med krypgrund. Osäkerheten i data är alltför stor för att det ska vara någon idé att redovisa arean för de enskilda åldersklasserna. Totalt uppgår arean i hela flerbostadshusbeståndet till ungefär 6 miljoner m² och U-värdet till 0,30 W/(m²·K). Osäkerheten är dock relativt stor, så uppgifterna bör användas med försiktighet.

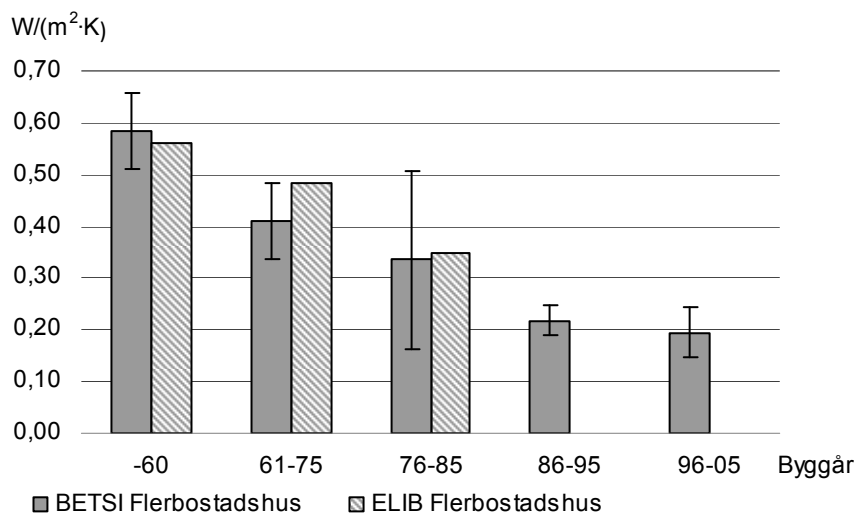
2.2.3 Ytterväggar

I Figur 2.20 redovisas genomsnittligt U-värde för ytterväggarna i de fem åldersklasserna. I figuren finns även motsvarande U-värden från ELIB-undersökningen för de tre äldsta åldersklasserna. I ELIB ingår dock i åldersklassen 76-85 byggnader uppförda till och med 1988.

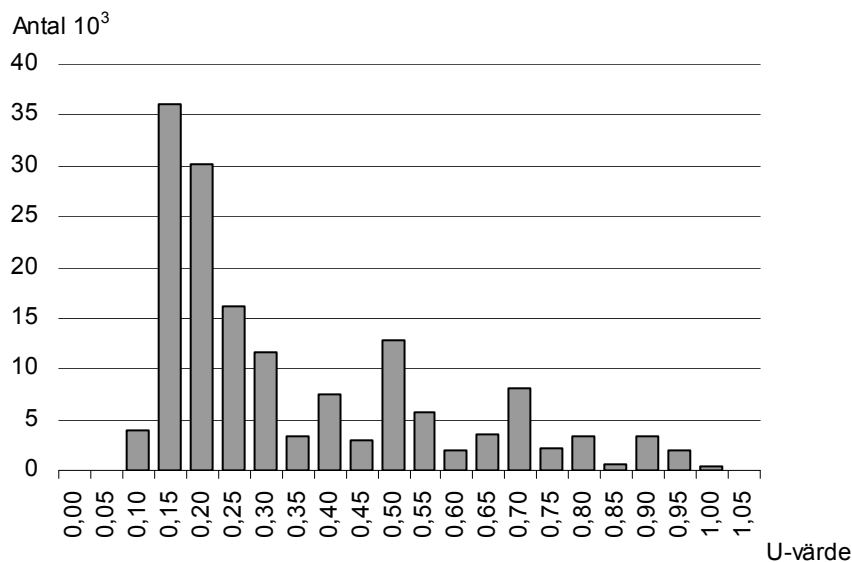
För åldersklassen 76-85 är konfidensintervallet förhållandevis stort. En anledning till detta är att spridningen i U-värde är stort. Genomsnittligt U-värde för hela populationen är 0,44 W/(m²·K), vilket motsvarar ungefär 95 mm isolering med mineralull mellan träreglar c/c 600 mm. Jämfört med ELIB har U-värdena förbättrats något. En beräkning utifrån punktskattningen av U-värden, och med antaganden om graddagar enligt ovan, samt areor från ELIB, ger dock en försumbar förändring av värmebehovet

i de byggnader som fanns i ELIB-undersökningen. Tilläggsisolering av fasaderna i flerbostadshusen verkar således inte ha skett i någon större utsträckning de senaste 15-16 åren.

Figur 2.20. Genomsnittliga U-värden hos ytterväggar i flerbostadshus i de fem åldersklasserna. Genomsnittligt U-värde för hela populationen är $0,44 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.



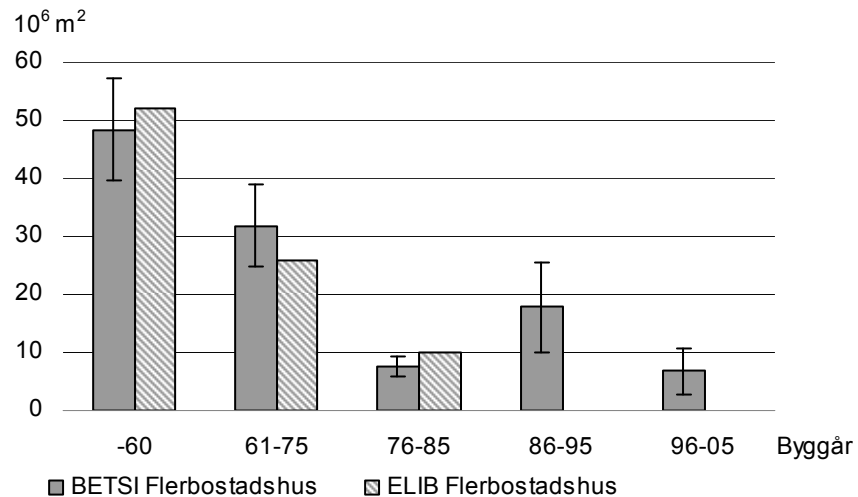
Figur 2.21. Fördelning av ytterväggarnas U-värden för hela populationen flerbostadshus. Antalet byggnader anges i tusental.



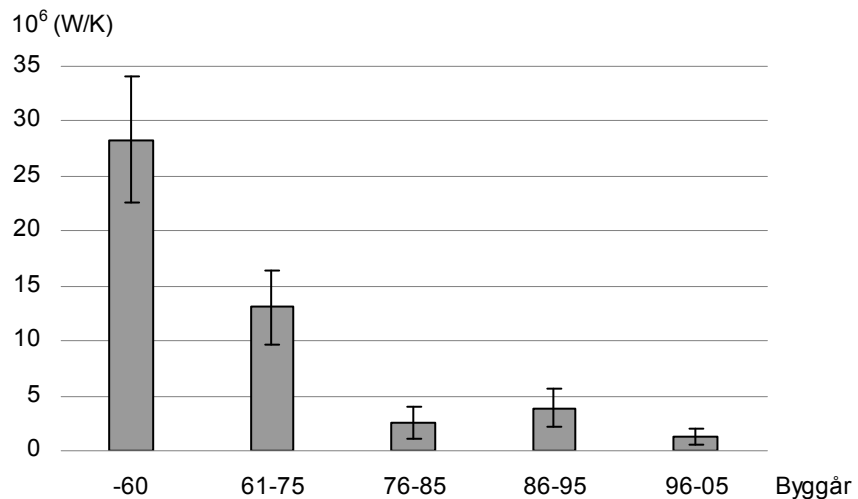
I figur 2.21 redovisas spridningen hos ytterväggarnas U-värden i hela populationen flerbostadshus. Hälften av alla byggnaderna har ett U-värde mellan 0,15 och 0,30 $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Värdena på x-axeln anger egentligen ett intervall och ska läsas som att värdet under respektive stapel är intervall-ets undre gräns och värdet till höger om stapeln är intervall-ets övre gräns.

Total area för ytterväggarna i de olika åldersklasserna redovisas i figur 2.22. Den största arean, 48 miljoner m^2 , återfinns i den äldsta åldersklassen. I den näst äldsta åldersklassen uppgår arean för ytterväggarna till 32 miljoner m^2 . På samma sätt som för platta på mark/källargolv är förmodligen ytterväggsarean för åren 86-95 överskattad i BETSI.

Figur 2.22. Area hos ytterväggarna i flerbostadshusen i de fem åldersklasserna. Total area för samtliga åldersklasser uppgår till 112 miljoner m^2 .



Figur 2.23. UA-värde för ytterväggarna i flerbostadshus i de fem åldersklasserna. Totalt UA-värde uppgår till 49 miljoner W/K.



Jämfört med ELIB visar punktskattningen i BETSI på att arean har minskat med 4 miljoner m^2 i den äldsta åldersklassen. Konfidensintervallet i BETSI täcker dock gott och väl in skillnaden i area. Det är också möjligt att en del flerbostadshus i den äldre bebyggelsen rivits. För åren 61-75 är förhållandet det omvända. Här skulle en förklaring, förutom osäkerheten, kunna vara att hus byggts till genom att vindar inretts eller att nya vå-

ningsplan byggts till på taken. Dessutom har arean för ytterväggarnas utsida, fasadarean, använts, istället för area mot uppvärmd inomhusluft.

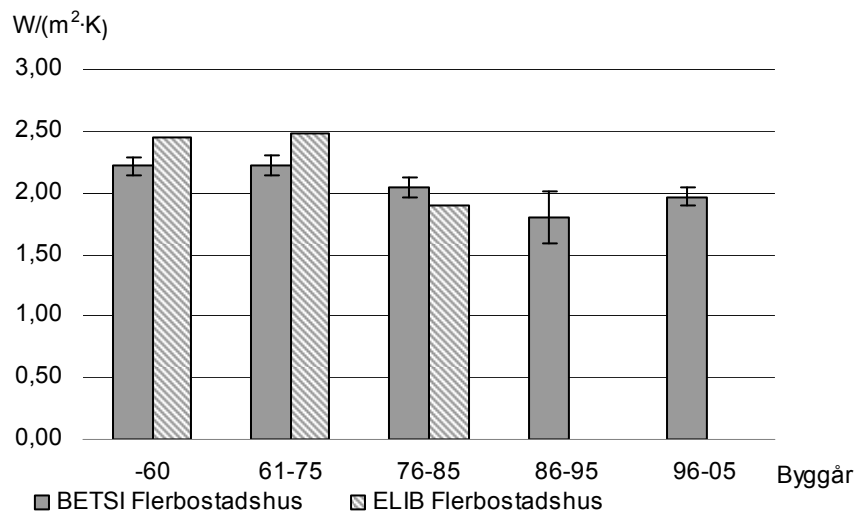
I figur 2.23 redovisas totalt UA-värde, det vill säga arean för ytterväggarna i respektive byggnad multiplicerad med U-värdet för ytterväggarna i samma byggnad, summerade över alla byggnader. Den äldsta åldersklassen dominerar, främst för att den utgör en så stor andel av den totala arean, men också därför att den har ytterväggarna med de högsta U-värdena.

Totalt UA-värde uppgår till 49 miljoner W/K. Genom att multiplicera det med genomsnittet för antal graddagar i Sveriges kommuner, där antalet graddagar viktats mot antalet invånare, erhålls värmeförluster genom konstruktionen motsvarande; $49 \cdot 3734 \cdot 24 / 10^6 = 4,4$ TWh/år.

2.2.4 Fönster

I Figur 2.24 redovisas genomsnittligt U-värde för fönstren i de fem åldersklasserna. I figuren finns även motsvarande U-värden från ELIB för de tre äldsta åldersklasserna. I ELIB ingår i åldersklassen 76-85 byggnader uppförda till och med 1988. De uppgifter som lämnades i ELIB gäller inte U-värden utan antal glas i fönstren. I redovisningen av fönstren i ELIB finns två grupper; fönster med 1 eller 2 glas, respektive fönster med 3 eller 4 glas. I jämförelsen har antagits att U-värdet för gruppen med 1 eller 2 glas är $2,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ och att U-värdet för gruppen med 3 eller 4 glas är $1,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Figur 2.24. Genomsnittliga U-värden hos fönster i flerbostadshus i de fem åldersklasserna, samt jämförelse med ELIB i de tre äldsta. Genomsnittligt U-värde för hela populationen är $2,13 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.



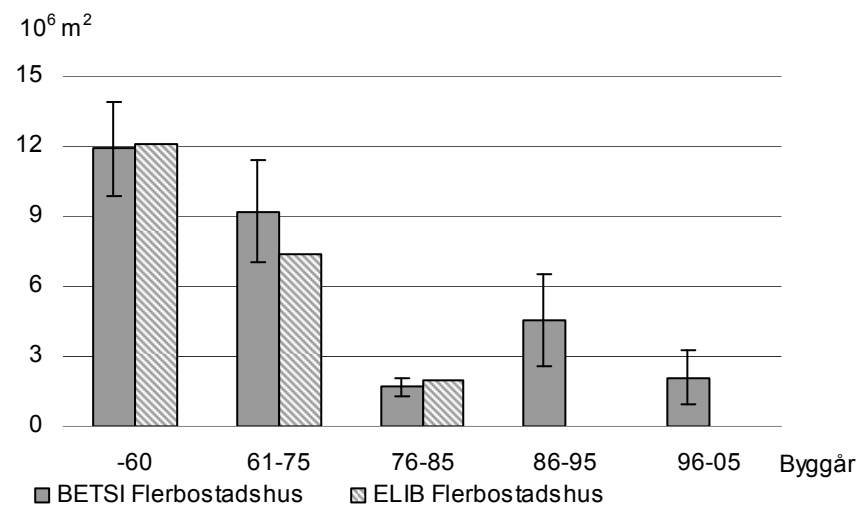
U-värdena i de fem åldersklasserna varierar inte särskilt mycket. En anledning till att de äldre byggnaderna har så pass bra U-värde är att i många hus har fönstren förmodligen bytts sedan byggnaderna uppfördes. En annan förklaring till den lilla skillnaden är att besiktningspersonerna antagligen inte alltid kunnat avgöra om fönsterglasen i det nyare beståndet är belagda med lågmissionsskikt eller om det finns argongas mellan

glasen i isolerrutorna. Det är därför möjligt att U-värdena i verkligheten är lite lägre i de två yngre åldersklasserna än vad som framgår av undersökningen.

Att konfidensintervallen är så små beror främst på att det för fönstren är en förhållandevis liten variation hos variabelvärdena jämfört med andra klimatskalsdelar, där dessa kan skilja en faktor tio mellan största och minsta observerade U-värde. För ELIB finns inget konfidensintervall angivet i rapporten.

Genomsnittligt U-värde för hela populationen är $2,13 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, vilket är något bättre än småhusens genomsnittliga U-värde. Jämfört med ELIB har U-värdena förbättrats något. En beräkning utifrån punktskattningen av U-värden, och med antaganden om graddagar enligt ovan, samt areor från ELIB, ger ett minskat värmebehov för de byggnader som fanns med i ELIB-undersökningen motsvarande $0,4 \text{ TWh/år}$. Detta minskade värmebehov skulle, om de punktskattade U-värdena överensstämmer med det faktiska, vara en följd av de fönsterbyten och de fönsterrenoveringar i det äldre byggnadsbeståndet som skett under de senaste 15-16 åren.

Figur 2.25. Area för fönster i flerbostadshus i de fem åldersklasserna. Den totala arean för samtliga åldersklasser uppgår till 29 miljoner m^2 .



Arean hos fönstren i de olika åldersklasserna redovisas i figur 2.25. Den största arean, knappt 12 miljoner m^2 , återfinns i den äldsta åldersklassen. I den näst äldsta åldersklassen uppgår arean för fönstren till 9 miljoner m^2 . Jämfört med ELIB visar punktskattningen i BETSI på att fönsterarean har ökat med knappt 2 miljoner m^2 i den näst äldsta åldersklassen. Det finns ett antal förklaringar till detta. Bland annat har äldre byggnader byggts till. Dessutom finns alltid en osäkerhet i en urvalsundersökning och skillnaden ryms inom konfidensintervallet.

I tabell 2.6 redovisas fönsterareor mot norr, söder väster och öster. Areorna i de olika vädersträcken skiljer sig inte så mycket åt. Störst andel, 28 procent, vetter mot väster och minst andel, 21 procent vetter mot norr.

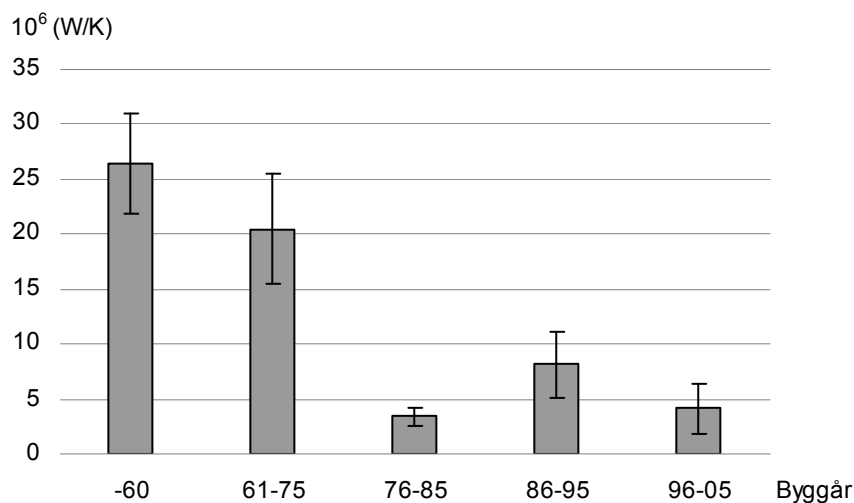
Tabell 2.6. Fönsterarea i olika väderstreck i flerbostadshusen.

Väderstreck	Norr	Söder	Väster	Öster
Andel (%)	21	25	28	26
Totalt area (10^6 m^2)	6,2	7,5	8,4	7,7

I figur 2.26 redovisas totalt UA-värde, det vill säga arean för fönstren i respektive byggnad multiplicerad med U-värdet för fönstren i samma byggnad summerade över alla byggnader. Totalt UA-värde uppgår till 63 miljoner W/K. Genom att multiplicera det med genomsnittet för antal graddagar i Sveriges kommuner, där antalet graddagar viktats mot antalet invånare, erhålls värmeförluster genom konstruktionen motsvarande; $63 \cdot 3734 \cdot 24 / 10^6 = 5,6 \text{ TWh/år}$.

Värmeförluster genom fönster är knappt 30 procent större än förluster genom ytterväggarna. Genom fönstren erhålls dock ett värmetillskott i form av solinstrålning, så skillnaden i faktisk värmebalans behöver inte vara till fönstrens nackdel. En felkälla i sammanhanget är dock att ytterväggarnas area utgörs av fasadarean och inte den area av ytterväggarna som vetter mot uppvärmd inomhusluft. Värmeförluster genom ytterväggarna överskattas därför i BETSI.

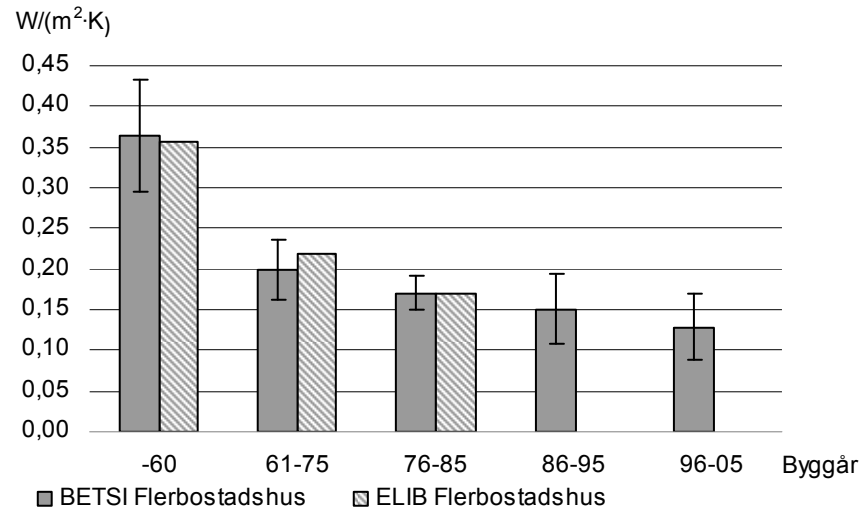
Figur 2.26. UA-värde för fönstren i flerbostadshus i de fem åldersklasserna. Totalt UA-värde uppgår till 63 miljoner W/K.



2.2.5 Horisontellt vindsbjälklag

I Figur 2.27 redovisas genomsnittligt U-värde för horisontellt vindsbjälklag i de fem åldersklasserna. I figuren finns även motsvarande U-värden från ELIB för de tre äldsta åldersklasserna. I ELIB ingår i åldersklassen 76-85 byggnader uppförda till och med 1988. De uppgifter som lämnades i ELIB gäller förmodligen genomsnittliga U-värden för hela vindskonstruktionen, inklusive stödbensväggar och snedtak. I BETSI redovisas dessa separat.

Figur 2.27. Genomsnittliga U-värden hos horisontellt vindsbjälklag i flerbostadshus i de fem åldersklasserna. Genomsnittligt U-värde för hela populationen är $0,24 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.



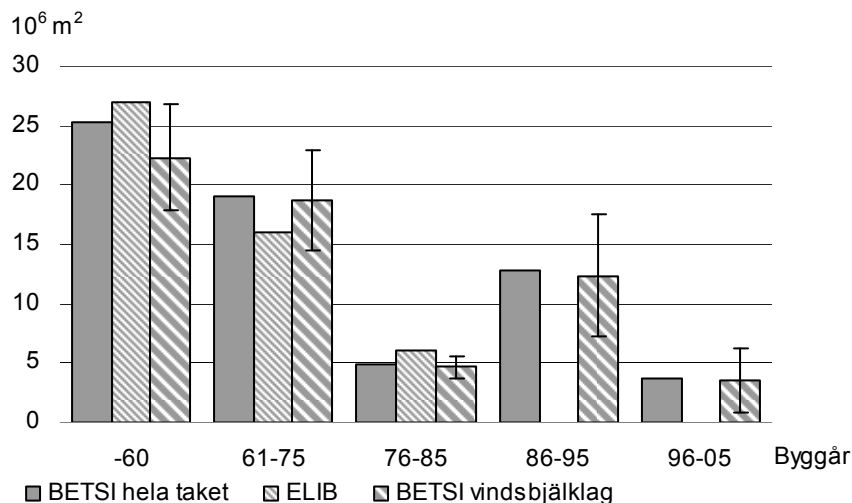
Att konfidensintervallen är så små beror främst på att det för vindsbjälklagen är en förhållandevis liten variation hos variabelvärdena jämfört med andra klimatskalsdelar, där dessa kan skilja en faktor tio mellan största och minsta observerade U-värde. För ELIB finns inget konfidensintervall.

Genomsnittligt U-värde för hela populationen är $0,24 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Jämfört med ELIB har U-värdena förbättrats något för byggnader uppförda 61-75. I övrigt verkar det dock inte som om tilläggsisolering av vindsbjälklagen skett i någon större omfattning i flerbostadshusen under de senaste 15-16 åren.

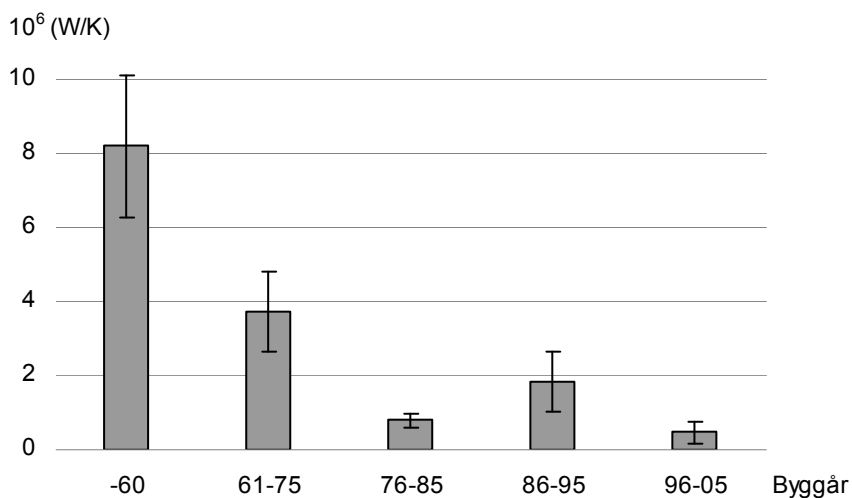
Total area för de horisontella vindsbjälklagen i de olika åldersklasserna redovisas i figur 2.28. Där redovisas även takkonstruktionens area enligt ELIB, samt sammanlagd area (hela taket) för horisontellt vindsbjälklag, stödbensväggar och snedtak i BETSI. I den yngsta ålderklassen är osäkerheten stor. Medelfelet är 38 procent och observationen skulle egentligen inte redovisas. Anledningen till det stora medelfelet är dels att en byggnad har stor vikt, dels att spridningen i area är förhållandevis stor inom populationen.

Jämfört med ELIB visar punktskattningen i BETSI att hela takkonstruktionens area nu är mindre i den äldsta ålderklassen. Det är inte koncistent med fönstren och fasaderna som ökat i BETSI. Felet ryms förmodligen inom konfidensintervallet, som varken beräknats i BETSI eller finns redovisat i ELIB.

Figur 2.28. Area för horisontellt vindsbjälklag samt hela takkonstruktionen (vindsbjälklag, stödbensväggar och snedtak) i BETSI i flerbostadshus i de fem åldersklasserna, samt uppgifter om takareor i ELIB för hela takkonstruktionen. Total area för hela takkonstruktionen uppgår till 66 miljoner m^2 i BETSI.



Figur 2.29. UA-värde för horisontellt vindsbjälklag i flerbostadshus i de fem åldersklasserna. Totalt UA-värde uppgår till 15 miljoner W/K.



I figur 2.29 redovisas totalt UA-värde, det vill säga arean för vindsbjälklagen i respektive byggnad multiplicerad med U-värdet för dessa i samma byggnad summerade över alla byggnader. Den äldsta åldersklassen dominerar, eftersom den utgör en så stor andel av den totala arean och U-värdet är betydligt sämre jämfört med övriga åldersklasser. Totalt UA-värde uppgår till 15 miljoner W/K. Genom att multiplicera det med genomsnittet för antal graddagar i Sveriges kommuner erhålls värmeförluster genom konstruktionen motsvarande; $15 \cdot 3734 \cdot 24 / 10^6 = 1,3$ TWh/år.

2.2.6 Övriga klimatskalsdelar

Övriga klimatskalsdelar som uppgifter tagits fram för är

- krypgrundsbjälklag
- bjälklag ovan ouppvärmad källare
- källarväggar under mark
- källarväggar ovan mark
- stödbensväggar
- snedtak och
- ytterdörrar

I tabell 2.7 redovisas genomsnittliga U-värden, totala areor och totala UA-värden för de olika klimatskalsdelarna för hela flerbostadshusbeståndet. För ytterdörrar har U-värdet ansatts till $1,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, och det finns inget konfidensintervall beräknat för dem. Totalt UA-värde för klimatskalsdelarna uppgår till 32 miljoner W/K. Värmeförlusterna genom dessa delar uppgår till $32 \cdot 3734 \cdot 24 = 2,9 \text{ TWh/år}$.

Tabell 2.7. Genomsnittliga U-värden, total area och totalt UA-värde för de klimatskalsdelar i flerbostadshus som anges i punktlistan ovan.

Konstruktionsdel	U-värde [W/(m ² ·K)]	Area [10 ⁶ m ²]	UA-värde [10 ⁶ W/K]
Krypgrundsbjälklag*	0,31 ± 0,12	6,5 ± 3,9	1,9 ± 1,1
Bjälklag ovan ouppvärmad källare*	0,38 ± 0,12	1,3 ± 0,9	0,5 ± 0,4
Källarvägg under mark	0,75 ± 0,09	15,2 ± 2,9	11,5 ± 2,2
Källarvägg ovan mark	1,62 ± 0,28	7,5 ± 1,4	12,1 ± 3,4
Stödbensvägg	0,36 ± 0,13	1,5 ± 0,6	0,5 ± 0,3
Snedtak	0,42 ± 0,23	2,8 ± 0,9	1,1 ± 0,8
Ytterdörrar**	1,7	2,9	4,9
Summa punktskattning		35	32
Övriga delar		265	146
Totalt för samtliga delar		300	178

* Osäkerheten i skattningen är egentligen för stor för att observationen ska redovisas. Resultaten redovisas trots det för att ge viss information. Uppgifterna bör dock användas med försiktighet.

** U-värdet för samtliga ytterdörrar är satt till $1,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, utan någon särskild analys.

2.2.7 Diskussion om värmebehov, graddagar och balanstemperatur i flerbostadshusen

Utifrån uppgifter om klimatskalsdelarnas areor och U-värden har värmeförlusterna för respektive del med en förenklad metod beräknats ovan. Totalt UA-värde för samtliga klimatskalsdelar uppgår till 178 miljoner W/K. Värmeförlusterna genom klimatskalet uppgår därmed till ungefär $178 \cdot 3734 \cdot 24 = 16 \text{ TWh/år}$, att jämföra med småhusens 33 TWh/år .

Enligt de mätningar som gjorts i BETSI är luftomsättning i genomsnitt $0,35$ liter per sekund och kvadratmeter uppvärmd golvarea i flerbostadshusen. Med antagande om att luftens värmekapacitivet är $1,2 \text{ kJ per m}^3$ och Kelvin samt 238 miljoner m^2 uppvärmd golvarea, ger luftomsättningen värmeförluster motsvarande $238 \cdot 10^6 \cdot 0,35 \cdot 1,2 \cdot 3734 \cdot 24 = 9,0$

TWh/år. Luftomsättningen ger således ett något större värmebehov i flerbostadshusen jämfört med i småhusen, oaktat den värmeåtervinning av ventilationsluften som sker i en del av dessa byggnader.

I flerbostadshusen är värmeförlusterna genom klimatskalet ungefär två gånger större, jämfört med ventilationsförlusterna. (I småhusen är förhållandet drygt fyra till ett.) Totalt skulle, med antaganden om graddagar enligt ovan, värmebehovet i landets flerbostadshus uppgå till ungefär 25 TWh/år, exklusive energi för tappvarmvatten, och utan hänsyn tagen till den värmeåtervinning som sker i FTX-system och i frånlufts-värmepumpar.

Energimyndigheten har mätt användning av tappvatten och varmvattnets andel i nio lägenheter i ett flerbostadshus. I rapporten uppskattas energi för tappvarmvatten i genomsnitt till 979 kWh/person och år. Med ett antagande om att 40 procent av befolkningen bor i flerbostadshus, skulle ytterligare 3,6 TWh värme per år behöva tillföras. Totalt blir därmed värmebehovet i flerbostadshusen 29 TWh/år.

Förutom energi för värme används även energi för hushållsändamål och för drift av installationsteknisk utrustning. Enligt Energimyndighetens undersökning²¹ används i genomsnitt 2 600 kWh per lägenhet och år. I undersökningen är dock flerbostadshusen inte slumpmässigt valda över hela riket, utan koncentrerade till Mälardalen. Om uppgifterna trots det ses som ett riksgenomsnitt skulle 6,3 TWh/år el för hushållsändamål användas i flerbostadshusen.

När det gäller el till fläktar och pumpar finns inga uppgifter i Energimyndighetens undersökning. Ungefär 60 procent av flerbostadshusen har mekanisk frånluftsventilation och knappt 20 procent har mekanisk från- och tilluftsventilation²². Om genomsnittet för specifik fläkteffekt är 1,5 kW/m³ för frånluftssystem respektive 3 kW/m³ för från- och tilluftssystem erhålls ungefär 0,9 TWh/år för el till fläktar. Vattenburen värme finns i drygt 90 procent av flerbostadshusen. Under antagande att pump-effekten i genomsnitt är 25 W/lägenhet erhålls ytterligare 0,3 TWh el per år.²³

Förutom el till fläktar och pumpar används även fastighetsel till belysning i trapphus och andra gemensamhetsutrymmen, i tvättstugor, till hissar och till avisning av vattengångar m.m. Att uppskatta den delen är svårare. I undersökningen finns inte tillräckligt detaljerade data för detta.

²¹ Energimyndigheten, (2009), *End-use metering campaign in 400 households In Sweden -Assessment of the Potential Electricity Savings*, sid. 318-319, rapport om hushållens elanvändning.

²² Andel av uppvärmd golvarea.

²³ Markusson, C. (2009), *Effektivisering av pump- och fläktdrifter i byggnader*, Chalmers tekniska högskola, Installationsteknik, Institutionen för Energi och Miljö, Göteborg.

Totalt skulle således 29 TWh värme och 8 TWh el för drift och hushållsändamål behöva tillföras. Enligt officiell statistik²⁴ användes år 2005 29,2 TWh för värme och tappvarmvatten i flerbostadshusen, vilket stämmer väl överens med den överslagsberäkning som gjorts här. I statistiken ingår 2,4 miljoner lägenheter och en uppvärmd area på 180 miljoner m², att jämföra med de 238 miljoner m² i BETSI. I den officiella statistiken redovisas dock endast BOA och LOA i flerbostadshusen.

Jämfört med småhusen skiljer sig inte ovan uppskattat värmebehov och faktisk värmeanvändning enligt officiell statistik så mycket åt. En anledning till bättre överensstämmelse kan vara att det inte förekommer så många värmepumpar i flerbostadshusen och att fjärrvärme dominerar värmeförseln. Enligt uppgifter i BETSI finns det värmepumpar²⁵ i åtta procent av flerbostadshusen. FTX-ventilation finns i byggnader motsvarande ungefär 15 procent av den uppvärmda golvarean.

När det gäller balanstemperatur och antal graddagar i flerbostadshusen skulle den kunna skilja sig från småhusens balanstemperatur. Enligt uppgifter ovan om luftomsättning och UA-värden för klimatskalet är värmebehovet ungefär $(178/236 + 1,2 \cdot 0,35) 1,17 \text{ W/m}^2 A_{\text{temp}}$ och Kelvin. Med antagandet att värmeförlustkottet i flerbostadshusen är lika stort som i småhusen, $6,4 \text{ W per m}^2 A_{\text{temp}}$, erhålls ett värmeförlustkott på $(6,4/1,17=5,5)$, vilket ger en temperaturhöjning på ungefär $5,5 \text{ }^\circ\text{C}$.

I småhusen motsvarar värmeförlustkottet ungefär $4 \text{ }^\circ\text{C}$. Den genomsnittliga uppmätta inomhustemperaturen i flerbostadshusen ligger dock på $22,4^\circ\text{C}$, vilket är drygt en grad högre än småhusens $21,2 \text{ }^\circ\text{C}$. Så i praktiken verkar det som om SMHI:s balanstemperatur på $17 \text{ }^\circ\text{C}$ när de beräknar antal graddagar ligger ganska rätt även för genomsnittet av flerbostadshusen.

2.3 Lokalbyggnadernas klimatskal

Tabell 2.8. Antal lokalbyggnader samt uppgifter om uppvärmd volym och uppvärmd golvarea.

Lokalbyggnader	Antal (10 ³)	Uppvärmd volym (10 ⁶ m ³)	Uppvärmd area (10 ⁶ m ²)
Kontor, hotell, restaurang	24	131 ± 46	49 ± 17
Vård	13	79 ± 23	31 ± 9
Allmänna, bad, sport och idrott, kultur	9	27 ± 12	7 ± 3
Totalt*	47	244 ± 51	89 ± 19

* Totalen överensstämmer inte exakt med de enskilda delarna på grund av avrundning och att några byggnader inte är kategoriserade.

Den undersökta populationen lokalbyggnader redovisas i tabell 2.8. Ur tabellen framgår uppvärmd golvarea, uppvärmd volym, och antal bygg-

²⁴ SCB, (2006), *Energistatistik för flerbostadshus 2005*, Sveriges officiella statistiska meddelanden EN 16 SM 0602.

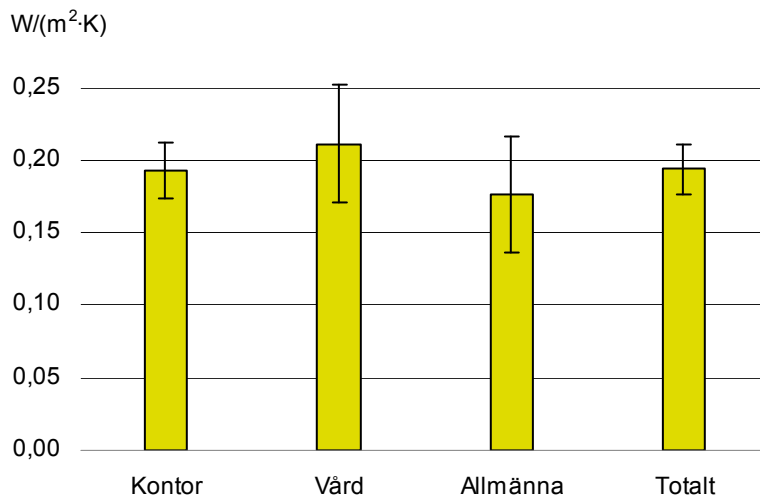
²⁵ Ungefär 6 av dessa 10 procent utgörs av frånluftsvärmepumpar.

nader. Antal byggnader anges i tusental. De lokalkategorier som omfattas av undersökningen framgår av tabellen. Volym och area anges i miljoner m^3 respektive i miljoner m^2 . I undersökningen ingick inte skolor. För uppgifter om dessa hänvisas till Energimyndighetens undersökning²⁶.

2.3.1 Platta på mark/källargolv

Platta på mark avser både byggnader med vad som vanligtvis benämns platta på mark, och byggnader med källargrundläggning. I besiktningsprotokollen finns uppgifter om plattornas totala area innanför ytterväggarnas insida²⁷. Det finns dock inga mått på plattornas längd och bredd. Därför har ett förhållande på 1:2 mellan plattornas bredd och längd antagits för lokalbyggnaderna, i de beräkningar som gjorts av konstruktionernas U-värde.

Figur 2.30. Genomsnittliga U-värden hos platta på mark/källargolv för lokalbyggnader i de tre kategorierna.



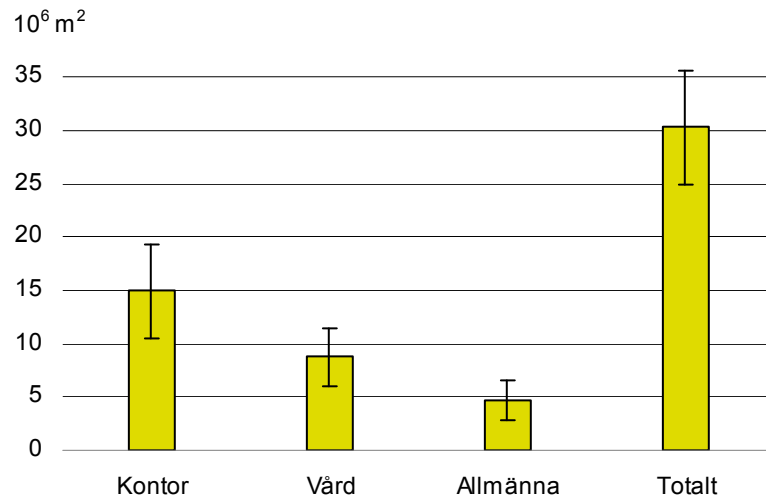
I Figur 2.30 redovisas genomsnittligt U-värde för platta på mark/källargolv i de tre lokalkategorierna. Eftersom byggnadernas genomsnittliga grundläggningsarea är stor, 790 m^2 , och marken utgör en stor del av den värmeisolerande effekten får plattorna ett förhållandevis lågt U-värde trots att många av konstruktionerna inte innehåller något särskilt värmeisolerande material som cellplast eller mineralull. I stället är det den långa sträckan för värmetransport genom marken som utgör huvudsaklig värmeisolering. Genomsnittligt U-värde för hela populationen lokaler är $0,19 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Area för platta på mark/källargolv i de olika kategorierna redovisas i figur 2.31. Kontorens grundläggningsarea, 15 miljoner m^2 , utgör ungefär hälften av de tre kategoriernas totala grundläggningsarea på 30,3 miljoner m^2 .

²⁶ Energimyndigheten, (2007), *Energianvändning & inomhusmiljö i skolor och förskolor - förbättrad statistik i lokaler*, STIL2, rapport ER 2007:11.

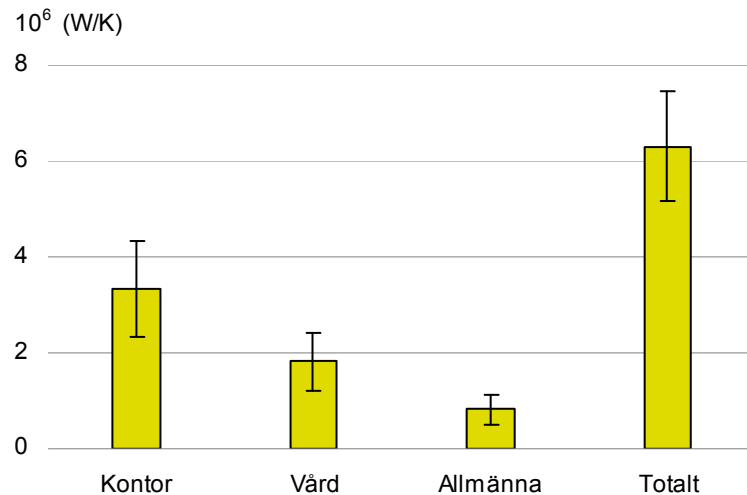
²⁷ I bland har besiktningspersonerna angett arean inklusive ytterväggarna.

Figur 2.31. Area för platta på mark/källargolv för lokaler i de tre lokal-kategorierna, samt total area för hela populationen.



I figur 2.32 redovisas totalt UA-värde, det vill säga arean för plattan/ källargolvet i respektive byggnad multiplicerad med U-värdet för plattan/ källargolvet i samma byggnad summerade över alla byggnader. Totalt UA-värde uppgår till 6,3 miljoner W/K. Genom att multiplicera det med genomsnittet för antal graddagar i Sveriges kommuner, där antalet graddagar viktats mot antalet invånare, erhålls värmeförluster genom konstruktionen motsvarande; $6,3 \cdot 3734 \cdot 24 / 10^6 = 0,6$ TWh/år.

Figur 2.32. Totalt UA-värde för platta på mark/källargolv för lokalbyggnadernas tre kategorier, samt totalt värde för hela populationen.



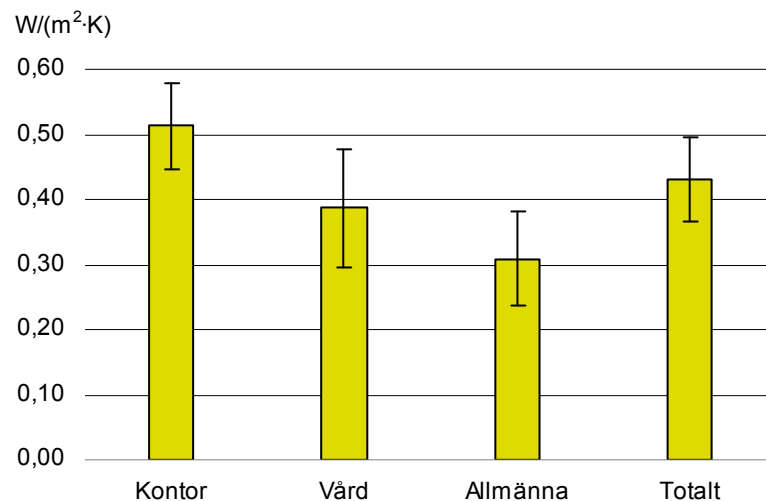
2.3.2 Krypgrundsbjälklag

En mindre andel lokalbyggnader är grundlagda med krypgrund. Osäkerheten i data är alltför stor för att det ska vara någon idé att redovisa arean för de enskilda åldersklasserna. Totalt uppgår arean i hela det undersökta lokalbeståndet till ungefär 3,6 miljoner m² och det genomsnittliga U-värdet är 0,28 W/(m²·K). Osäkerheten i uppgifterna är dock stor, så de bör användas med försiktighet.

2.3.3 Ytterväggar

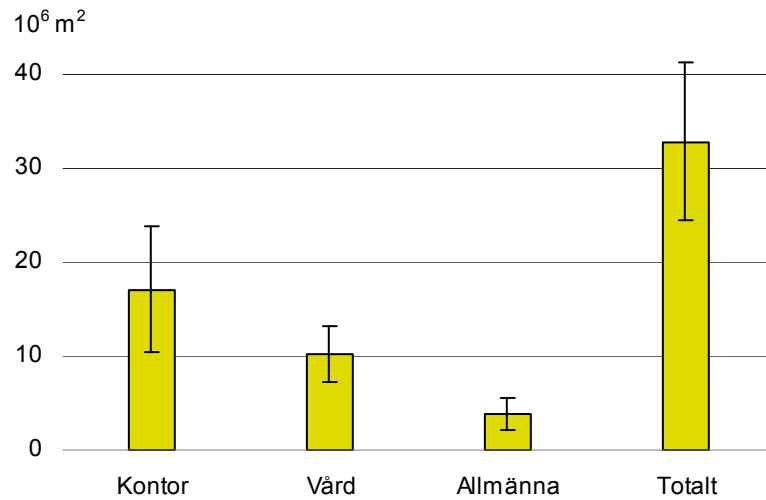
I Figur 2.33 redovisas genomsnittligt U-värde för ytterväggarna i de tre lokalkategorierna. Genomsnittligt U-värde för hela populationen är 0,43 W/(m²·K), vilket motsvarar ungefär 95 mm isolering med mineralull mellan träreglar c/c 600 mm. Kontorsbyggnaderna, som utgör drygt hälften av kategorin har högst genomsnittligt U-värde, 0,52 W/(m²·K). Det motsvarar en 80 mm träregelvägg isolerad med mineralull.

Figur 2.33. Genomsnittliga U-värden hos ytterväggar i de tre lokalkategorierna, samt genomsnittligt värde för hela populationen.



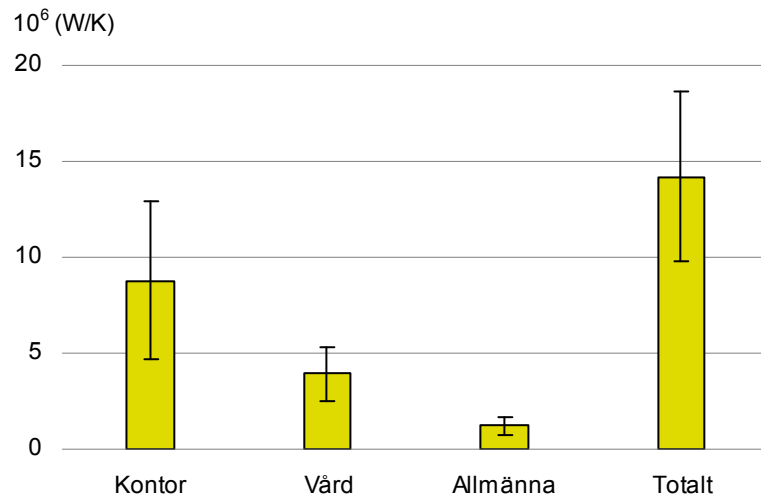
Area hos ytterväggarna i de olika kategorierna redovisas i figur 2.34. För hela den undersökta populationen uppgår den totala arean till 32,9 miljoner m².

Figur 2.34. Area hos ytterväggarna i de tre lokalkategorierna, samt total ytterväggsarea för hela populationen lokaler.



I figur 2.35 redovisas totalt UA-värde, det vill säga arean för ytterväggarna i respektive byggnad multiplicerad med U-värdet för ytterväggarna i samma byggnad summerade över alla byggnader. Totalt UA-värde är 14,2 miljoner W/K. Genom att multiplicera det med genomsnittet för antal graddagar i Sveriges kommuner, där antalet graddagar viktats mot antalet invånare, erhålls värmeförluster genom konstruktionen motsvarande; $14,2 \cdot 3734 \cdot 24 / 10^6 = 1,3$ TWh/år.

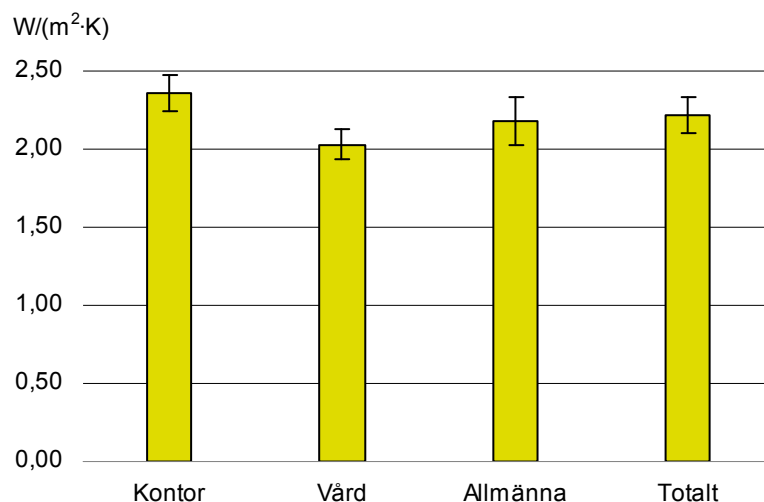
Figur 2.35. UA-värde för ytterväggarna i lokalbyggnadernas tre kategorier, samt totalt UA-värde för hela populationen.



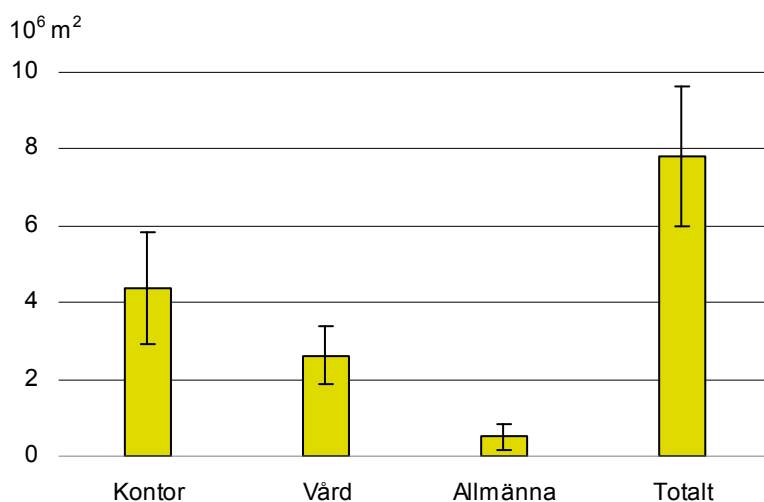
2.3.4 Fönster

I Figur 2.36 redovisas genomsnittligt U-värde för fönstren i de tre lokalkategorierna. För hela populationen är det genomsnittliga U-värdet 2,2 W/(m²·K). Att konfidsintervallen är små beror främst på att det för fönstren är en förhållandevis liten variation hos variabelvärdena jämfört med andra klimatskalsdelar, där dessa kan skilja en faktor tio mellan största och minsta observerade U-värde.

Figur 2.36. Genomsnittliga U-värden hos fönster i de tre lokalkategorierna, samt för hela populationen.



Figur 2.37. Area för fönster i de tre lokalkategorierna, samt area för hela populationen.



Arean för fönstren i de tre kategorierna redovisas i figur 2.37. Total area för fönstren uppgår till 7,8 miljoner m². I tabell 2.9 redovisas fönsterareor

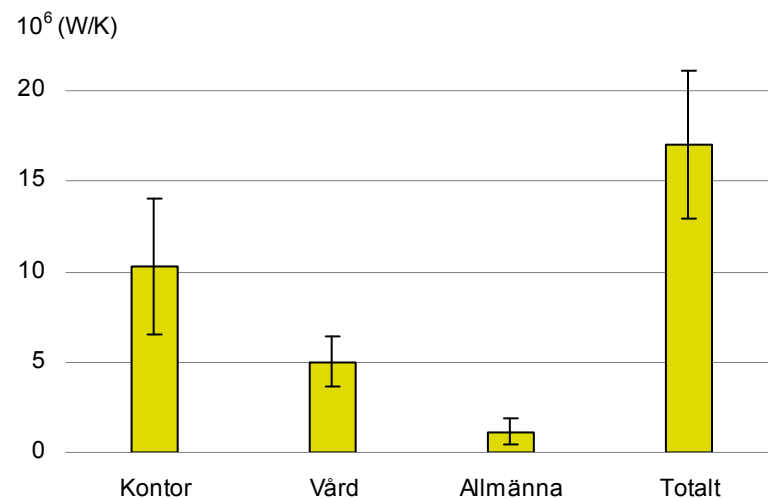
mot norr, söder, väster och öster. Areorna i de olika väderstrecken skiljer sig inte nästan inte alls åt.

Tabell 2.9. Fönsterarea i olika väderstreck i lokalbyggnaderna.

Väderstreck	Norr	Söder	Väster	Öster
Andel (%)	25	25	25	25
Total area (10^6 m^2)	1,8	2,0	1,9	2,0

I figur 2.38 redovisas totalt UA-värde, det vill säga arean för fönstren i respektive byggnad multiplicerad med U-värdet för fönstren i samma byggnad summerade över alla byggnader. Totalt UA-värde uppgår till 17 miljoner W/K. Genom att multiplicera det med genomsnittet för antal graddagar i Sveriges kommuner, där antalet graddagar viktats mot antalet invånare, erhålls värmeförluster genom konstruktionen motsvarande; $17 \cdot 3734 \cdot 24 / 10^6 = 1,5 \text{ TWh/år}$.

Figur 2.38. UA-värde för fönstren i de tre lokalkategorierna, samt för hela populationen lokalbyggnader.

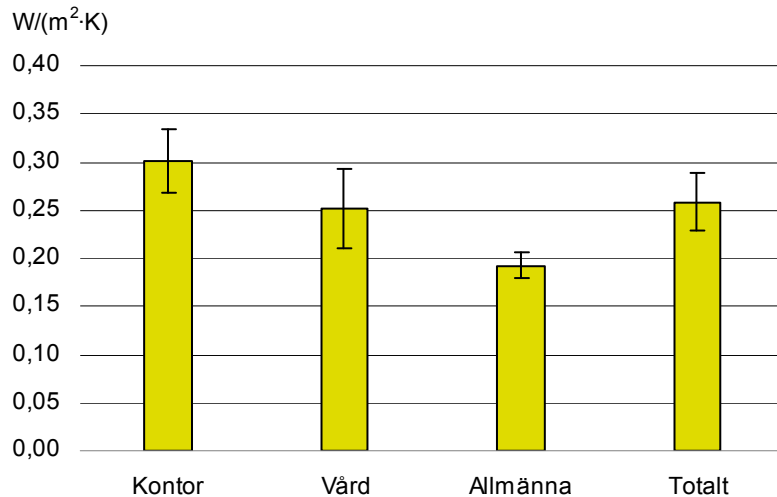


Uppskattade värmeförluster genom fönster är ungefär 15 procent större än förluster genom ytterväggar. Genom fönstren erhålls dock ett värmetillskott i form av solinstrålning, så skillnaden i faktisk värmebalans behöver inte vara till fönstrens nackdel. En felkälla i sammanhanget är också att ytterväggarnas area utgörs av fasadarean och inte den arean av ytterväggarna som vetter mot uppvärmd inomhusluft. Värmeförluster genom ytterväggarnas överskattas därför i BETSI.

2.3.5 Horisontellt vindsbjälklag

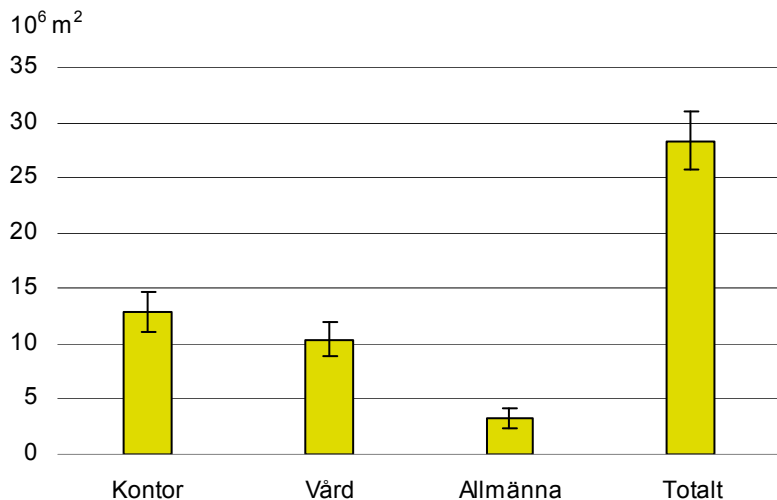
I Figur 2.39 redovisas genomsnittligt U-värde för horisontellt vindsbjälklag i de tre lokalkategorierna. Genomsnittligt U-värde för hela populationen är $0,26 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$.

Figur 2.39. Genomsnittliga U-värden hos horisontellt vindsbjälklag i de tre lokalkategorierna, samt för hela populationen.



Total area för de horisontella vindsbjälklagen i de tre lokalkategorierna redovisas i figur 2.40. För hela populationen uppgår arean till 28,3 miljoner m^2 .

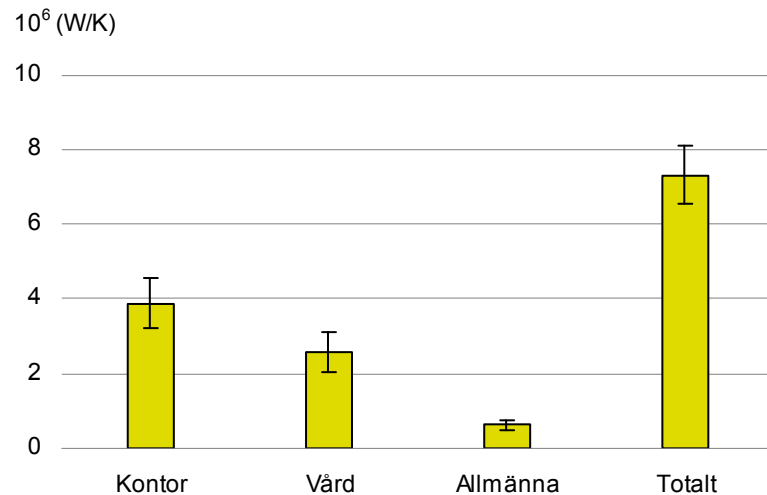
Figur 2.40. Area för horisontellt vindsbjälklag i de tre lokalkategorierna, samt för hela populationen.



I figur 2.41 redovisas totalt UA-värde, det vill säga arean för vindsbjälklagen i respektive byggnad multiplicerad med U-värdet för dessa i samma byggnad summerade över alla byggnader. Totalt UA-värde uppgår till 7,3 miljoner W/K . Genom att multiplicerar det med genomsnittet för antal

graddagar i Sveriges kommuner erhålls värmeförluster genom konstruktionen motsvarande; $7,3 \cdot 3734 \cdot 24 / 10^6 = 0,7 \text{ TWh/år}$.

Figur 2.41. UA-värde för horisontellt vindsbjälklag i de tre lokalkategorierna, samt totalt för hela populationen.



2.3.6 Övriga klimatskalsdelar

Övriga klimatskalsdelar som uppgifter tagits fram för är

- krypgrundsbjälklag
- bjälklag ovan ouppvärmad källare
- källarväggar under mark
- källarväggar ovan mark
- stödbensväggar
- snedtak och
- ytterdörrar

Tabell 2.10. Genomsnittliga U-värden, total area och totalt UA-värde för de klimatskalsdelar i lokalbyggnaderna som inte redovisas ovan.

Konstruktionsdel	Genomsnittligt U-värde [W/(m ² ·K)]	Total area [10 ⁶ m ²]	Totalt UA-värde [10 ⁶ W/K]
Krypgrundsbjälklag	0,28 ± 0,07	3,6 ± 1,7	0,9 ± 0,4
Bjälklag ovan ouppvärmad källare*	0,36 ± 0,06	1 ± 0,8	0,4 ± 0,3
Källarvägg under mark	0,61 ± 0,09	6,1 ± 1,8	3,7 ± 1,3
Källarvägg ovan mark	1,35 ± 0,40	1,8 ± 0,6	2,5 ± 1,2
Stödbensvägg	0,41 ± 0,11	1 ± 0,4	0,4 ± 0,2
Snedtak	0,29 ± 0,05	3,9 ± 1,7	1,1 ± 0,6
Ytterdörrar**	1,70	0,7	1,2
Summa punktskattning		18,1	10,2
Övriga delar		99,3	44,8
Totalt för samtliga delar		117,4	55

* Osäkerheten i skattningen är egentligen för stor för att observationen ska redovisas. Resultaten redovisa trots allt för att ändå viss information ska fås. Uppgifterna bör användas med försiktighet.

** U-värdet för samtliga ytterdörrar är satt till 1,7 W/(m²·K), utan någon särskild analys.

I tabell 2.10 redovisas genomsnittliga U-värden, areor, och UA-värden för klimatskalsdelarna i punktlistan ovan för hela det undersökta lokalbeståndet. För ytterdörrar har U-värdet satts till $1,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ utan någon särskild analys. Totalt UA-värde för dessa klimatskalsdelar uppgår till 10,2 miljoner W/K. Värmeförlusterna genom dem uppskattas till $10,2 \cdot 3734 \cdot 24 / 10^6 = 0,9 \text{ TWh/år}$.

2.3.7 Diskussion om värmebehov i lokalbyggnaderna

Utifrån uppgifter om klimatskalsdelarnas areor och U-värden har värmeförlusterna för respektive del med en förenklad metod beräknats ovan. Totalt UA-värde för samtliga klimatskalsdelar i det undersökta lokalbeståndet uppgår till 55 miljoner W/K. Värmeförlusterna²⁸ genom klimatskalet uppgår därmed till ungefär $55 \cdot 3734 \cdot 24 / 10^6 = 4,9 \text{ TWh/år}$, att jämföra med småhusens 33 TWh/år och flerbostadshusens 16 TWh/år. Uppvärmd golvarea i det undersökta beståndet (skolor ingår inte i undersökningen) är 89 miljoner m^2 . Enligt SCB²⁹ uppgår arean i Sveriges skolbyggnader uppförda till och med år 2005 till 38,7 miljoner m^2 och total uppvärmd golvarea i Sveriges lokalbyggnader uppgår till 143,7 miljoner m^2 . Genom att anta att klimatskalen i skolorna och övriga lokaler som inte ingår i BETSI, förhåller sig som klimatskalen i de undersökta lokalerna, skulle det totala UA-värdet för hela beståndet vara ungefär $143,7 / 89 \cdot 55 = 89 \text{ miljoner W/K}$. Det betyder att transmissionsförlusterna i lokalbeståndet skulle uppgå till cirka 8 TWh per år.

När det gäller ventilationsförluster finns inga uppgifter om detta i undersökningen. Det enda som undersökts i lokalbyggnaderna relaterat till ventilationen är typ av ventilationssystem och om någon styrning av luftflödena förekommer.

²⁸ Med antagande om samma antal graddagar som i bostäder. I lokaler kan dock det interna värmetillskottet vara betydligt större jämfört med bostäder, varför antalet graddagar förmodligen överskattas i räkneexemplet.

²⁹ SCB, *Energistatistik i lokaler 2005*, EN 16 SM 0604.

3 Värmeförsörjning, distribution och inomhustemperatur

I detta avsnitt redovisas typ av värmeförsörjning, system för värmedistribution och typ av värmepumpar i småhus, flerbostadshus och lokaler. För bostadshusen redovisas även tappvattenarmatur och inomhustemperatur. Varje byggnadskategori redovisas i ett avsnitt för sig. Först redovisas småhusen, därefter flerbostadshusen och sist lokalbyggnaderna.

3.1 Småhus

3.1.1 Värmeförsörjning

I tabell 3.1 redovisas typ av värmeförsörjning i de fem åldersklasserna. Uppgifterna i tabellen avser andel uppvärmd golvarea med en viss typ av värmeförsörjning och deras uppskattade täckningsgrad. En skillnad jämfört med den tidigare publicerade rapporten, *Så mår våra hus*³⁰, är att i den rapporten redovisades frånluftsvärmepumpar tillsammans med övriga värmepumpar. En frånluftsvärmepump har dock huvudsakligen funktionen av värmeåtervinnare. Trots det redovisas frånluftsvärmepumpar som en typ av värmeförsörjning. Dessa har dock bedömts stå som mest för 30 procent av värmeförsörjningen i ett småhus. Det som skiljer sig i övrigt från den tidigare publicerade rapporten när det gäller värmeförsörjning är att i biobränsle ingår även värme från braskaminer, öppna spisar och kakelugnar. I den tidigare rapporten ingick i biobränsle endast biobränsle i egen förbränningspanna. Andelen biobränsle har därför ökat något i föreliggande rapport.

Totalt sett finns frånluftsvärmepumpar installerade i byggnader som tillsammans utgör knappt 5 procent av uppvärmd golvarea. Frånluftsvärmepumparnas inverkan på resultatet är därför mycket begränsad. I tabell 3.1 redovisas även total el, inklusive el till kompressor i värme-

³⁰ Boverket, (2009), *Så mår våra hus*, huvudrapport som redovisades i september 2009.

pumpar. I tabellen har antagits att en tredjedel av värmepumparnas värme kommer från el till kompressorerna.

Tabell 3.1. Andel av värmeförsörjning i småhusen för olika typer.

Byggår	Olja/Gas	Elvärme	VP	FVP	Bio	FJV	El inkl el i VP & FVP
-60	0,04	0,13	0,25	0	0,33	0,25	0,22
61-75	0,07	0,28	0,29	0	0,11	0,24	0,38
76-85	0,01	0,44	0,19	0,02	0,15	0,19	0,51
86-95	0,02	0,54	0,08	0,10	0,14	0,12	0,60
96-05	0,02	0,41	0,23	0,11	0,07	0,14	0,53
Totalt	0,04	0,26	0,24	0,01	0,22	0,23	0,34
SMÅHUS I ELIB							
Totalt	0,21	0,51	0,04	-	0,12	0,10	-

VP; Värmepump som hämtar värme från mark, sjö, uteluft eller grundvatten

FVP; Frånluftsvärmepump som återvinner värme ur frånluften

Bio; Biobränsle i förbränningspanna, braskamin, öppen spis, kakelugn eller dylikt

FJV; Fjärrvärme och närvärme

Frånluftsvärmepumpar

Värme i frånluften förångar ett köldmedium i frånluftsvärmepumpens förångardel. Avluften efter förångaren håller i de flesta frånluftsvärmepumpar en temperatur på ungefär 5 °C³¹. Skillnaden i energiinnehåll mellan frånluft och avluft har tagits upp i värmepumpen och återförs till byggnaden i form av varmvatten.

Den största delen av värmeåtervinningen sker genom luftens temperatursänkning. Vid ett normenligt ventilationsflöde (0,35 l/s och m²) återvinns $0,35 \cdot (22-5) \cdot 1,2 = 7,1$ W per m² golvarea, om frånluften håller 22 °C och avluften 5 °C efter förångaren. Förutom det sensibla värmets återvinns även latent värme i den vattenånga som eventuellt kondenserar på värmepumpens förångardel. I de undersökta småhusen är det genomsnittliga fuktillskottet 1,8 g/m³. Latent värme i vattenånga av rumstemperatur är ungefär 2300 kJ/kg. Vid 5 °C kan luften hålla 6,8 g/m³. Med antagandet att den relativa fuktigheten i utomhusluften är 85 procent innehåller den vid 5 °C 5,8 g vattenånga per m³. Med ett fuktillskott på 1,8 g/m³ innehåller inomhusluften således 0,8 gram mer vattenånga än luften kan bära vid 5 °C.

Om, i genomsnitt, vattenånga motsvarande 0,8 g/m³ frånluft kondenserar under uppvärmningssäsongen tar värmepumpen upp latent värme³² motsvarande $(0,8 \cdot 10^{-3} \cdot 2300 \cdot 10^3 \cdot 0,35 \cdot 10^{-3})$ 0,6 W/m² A_{temp}. Total sett skulle därmed en värmepump optimalt kunna återvinna ungefär 8 W/m² A_{temp} vid normenlig ventilation.

När utomhusluften är högre än 5 °C fungerar värmepumpen till viss del som en uteluftvärmepump. Därför kan inte all värme som värmepumpen

³¹ Vid en lägre temperatur finns risk för påfrysning, någon som undviks genom att inte sänka frånluftens temperatur under fryspunkten.

³² I hus med frånluft är genomsnittlig luftomsättning 0,35 l/s och m² A_{temp}.

levererar till byggnaden betraktas som återvunnen värme. Särskilt under sommarhalvåret, när inget behov finns för värmning av rumsluften, fungerar en frånluftsvärmepump i princip som en uteluftvärmepump som producerar tappvarmvatten.

Data för uppskattningar av värmeförsörjning

Uppgifter om värmeförsörjning för de olika typer som redovisas i tabell 3.1 baseras på besiktningspersonernas uppskattning. I en byggnad kan flera olika typer av försörjning förekomma. Besiktningspersonen har då angett hur stor del av värmebehovet som täcks av en viss typ. Om det i en byggnad finns elpatron, frånluftsvärmepump och en braskamin kan fördelningen av värmeförsörjning mellan dessa t.ex. ha angivits som 50 procent elpatron, 30 procent frånluftsvärmepump och 20 procent braskamin.

Eftersom en frånluftsvärmepump snarare minskar värmebehovet i en byggnad än försörjer den med värme, vilket t.ex. en uteluftsvärmepump gör, går det inte att på ett konsekvent sätt ta med frånluftsvärmepumpar i en betraktelse av olika former för värmeförsörjning. Eftersom en del av värmen som frånluftsvärmepumpen levererar kan jämföras med värme från uteluft har dock valet gjorts att även redovisa värmeförsörjning med frånluftsvärmepump. För att inte blanda ihop dem med övriga värmepumpar redovisas dessa för sig.

I ett flertal besiktningsprotokoll har andelen uppvärmd golvyta som försörjs med värme från dessa värmepumpar angetts till mer än 50 procent. I många fall har ända upp till 100 procent av värmeförsörjningen angetts ske med värmepumpen. Anledningen till detta kan vara att många besiktningspersoner ser värmepumpen och varmvattenberedaren som en enhet. Den elpatron som finns i varmvattenberedaren, och som i verkligheten står för större delen av värmeförsörjningen, har därför betraktats som en del av värmepumpen. För att ta hänsyn till att endast en mindre del av värmen i ett hus med frånluftsvärmepump kommer från värmepumpsdelen har data i protokollen justerats så att en frånluftsvärmepump maximalt står för 30 procent av värmeförsörjningen. Av dessa 30 procent kommer cirka 10 procent av värmen från el till kompressorn. Cirka 10 procent utgör värmeåtervinningen eller det minskade värmebehovet, och de resterande 10 procenten kan betraktas som värme från utomhusluften.

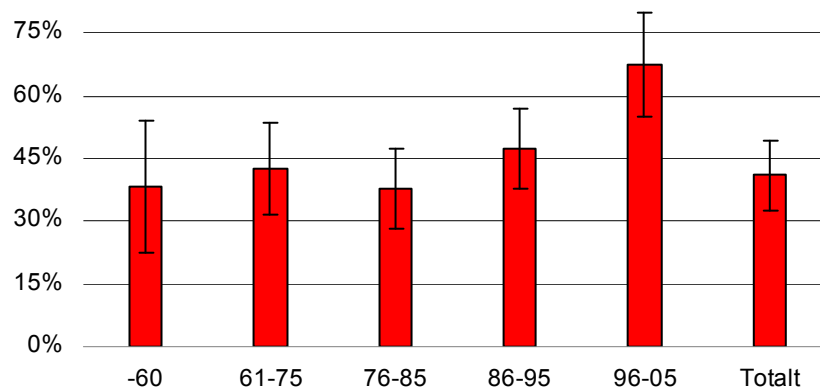
I byggnader med värmepump där pumpen hämtar värme från mark, sjö eller grundvatten har uppgifter i besiktningsprotokollen justerats så att ingen pump står för mer än 95 procent. För byggnader med uteluftvärmepump har data justerats så att ingen pump står för mer än 90 procent av värmeförsörjningen. Av det besiktningsprotokoll som använts i undersökningen framgår inte vilken typ av värmepump det är som hämtar värme ur uteluften. Det går därmed inte att säkert veta, utifrån de svar som erhållits, om det är fråga om luft/luftvärmepumpar eller luft/vattenvärmepumpar. I de enskilda fallen är det rimligt att utgå från att de pumpar som angetts försörja byggnaden till mer än 50 procent är luft/vattenvärmepumpar och övriga byggnader som har en pump som hämtar värme ur uteluften har luft/luftvärmepumpar. För luft/vattenvärmepumpar har en årsvärmefaktor på 3,0 antagits. Det betyder att en

tredjedel av den värme som pumpen levererar kommer från el till kompressorn. Denna del har i tabell 3.1 medtagits som elvärme i kolumnen ”El inkl el i VP & FVP” längst till höger.

3.1.2 Värmepumpar

Installationer av värmepumpar i småhusen har ökat kraftigt sedan ELIB. I figur 3.1 redovisas andelen byggnader i småhusbeståndet i de olika åldersklasserna med någon typ av värmepump. De olika typerna av värmepump redovisas i tabell 3.2. I de tre äldre åldersklasserna dominerar uteluft- och bergvärmepumpar. I de två yngre dominerar frånluftsvärmepumpar. Uppgifterna är dock statistiskt osäkra för ett flertal kombinationer av typ och åldersklass. Dessa värden redovisas inom parentes i tabellen. Totalt finns värmepumpar installerade i cirka 690 000 småhus. Det betyder att någon typ av värmepump finns installerad i nästan 40 procent av småhusen. Antalet småhus med värmepumpar i ELIB³³ uppgick till cirka 127 000.

Figur 3.1. Andel byggnader med värmepump i småhusens fem åldersklasser, samt totalt för beståndet.



Tabell 3.2. Antal småhus, i tusental, med en viss typ av värmepump, samt andel per typ i förhållande till totalt antal småhus med värmepump.

Typ	-60	61-75	76-85	86-95	96-05	Totalt	Andel
Bergvärme	130	62	(17)	(4)	8	221	32%
Frånluft	-	(1)	20	54	26	101	15%
Jordvärme	(17)	-	(4)	-	(2)	(23)	3%
Sjö eller vatten	-	-	-	-	-	-	-
Uteluft	(138)	133	62	(10)	(3)	345	50%
Totalt						690	100%

() Uppgifter inom parentes är statistiskt osäkra.

3.1.3 Distribution av värme

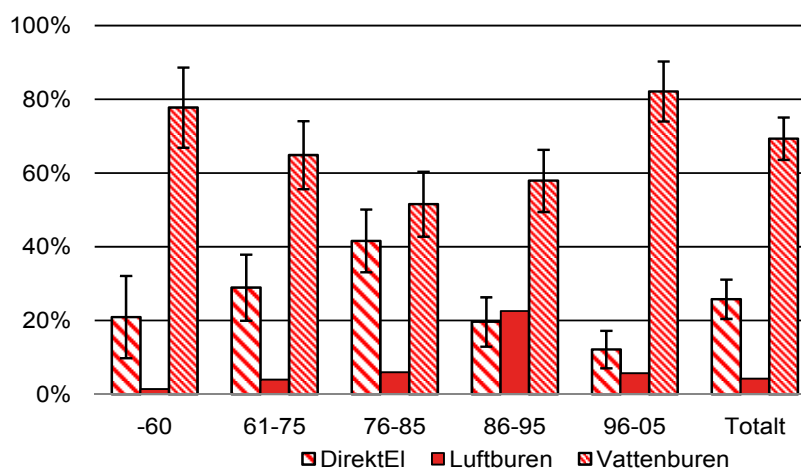
Vid besiktningarna har uppgifter om typ av värmedistribution tagits fram för tre typer; direktverkande el, luftburen värme och vattenburen värme. I en del byggnader finns fler än ett sätt att distribuera värmen. Uppgifter om hur stor andel respektive typ täcker i dessa byggnader har dock inte

³³ Statens institut för byggforskning, (1993), *Bostadsbeståndets tekniska egenskaper*, ELIB-rapport nr 6.

samlats in. Om två eller tre typer noterats har de därför ansetts försörja en lika stor andel av uppvärmd golvarea. I figur 3.2 anges de tre typernas andelar i förhållande till uppvärmd golvarea i de fem åldersklasserna.

För luftburen värme visas inget konfidensintervall, eftersom observationerna är för få i de flesta åldersklasserna. Punktskattningen redovisas trots det för att ändå ge en uppfattning om ungefär hur stor andel av uppvärmd golvarea luftburen värme står för. Det är egentligen bara för åldersklassen 86-95 som luftburen värme står för mer än några få procent. För småhusbeståndet totalt står vattenburen värme för knappt 70 procent, direktverkande el står för 25 procent och luftburen värme står för resterande del.

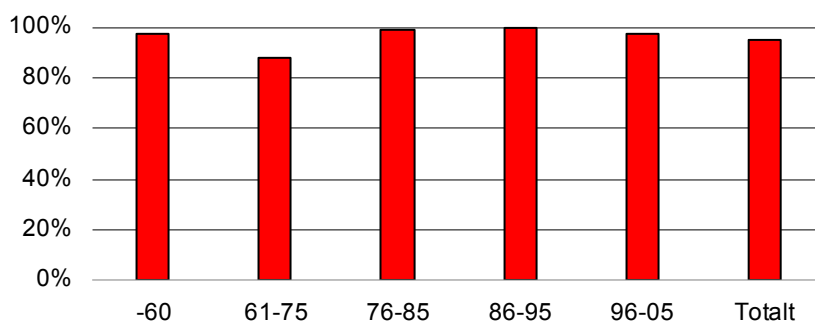
Figur 3.2. Andel av A_{temp} med en viss typ av värmedistributionssystem.



3.1.4 Termostatventiler

I byggnader med radiatorer för vattenburen värme är en större eller mindre del av dessa utrustade med termostatventiler. Besiktningspersonerna har i undersökningen angivit i vilken utsträckning radiatorerna har termostatventiler. Svarsalternativen var; 1-25, 26-50, 51-75 eller 76-100 procent. I figur 3.3 redovisas resultatet för de fem åldersklasserna, samt resultatet för hela populationen. Resultatet visar att de hus som har vattenburen radiatorvärme nästan uteslutande har radiatorer med termostatventiler. Totalt för hela populationen småhus har 96 procent av byggnadernas radiatorer för vattenburen värme termostatventiler i en utsträckning av 76-100 procent. De observationer som gjorts för de övriga intervallen för förekomst av termostatventiler är alltför få för att redovisas och har därför utelämnats i diagrammet.

Figur 3.3. Andel av småhus vars radiatorer för vattenburen värme i 76-100 procent är försedda med termostatventiler.



3.1.5 Inomhustemperatur

I småhusens bostadsdelar mättes inomhustemperaturen under 14 dagar. En mätare per våningsplan placerades ut. I tabell 3.3 redovisas genomsnittlig medeltemperatur för de fem åldersklasserna och för hela småhusbeståndet. För hela beståndet är medeltemperaturen 21,2 grader Celsius. Jämfört med ELIB³⁴, där en genomsnittlig medeltemperatur för hela beståndet uppmättes till 20,9 grader Celsius har medeltemperaturen ökat 0,3 grader.

Tabell 3.3. Inomhustemperatur i småhusen i de fem åldersklasserna.

Byggnadsår	Genomsnittlig temperatur [°C]
-60	20,8 ±0,46
61-75	21,3 ±0,28
76-85	21,7 ±0,23
86-95	21,4 ±0,40
96-05	21,9 ±0,34
Totalt	21,2 ±0,19

Under antagande att skattningarna mellan BETSI och ELIB är oberoende kan konfidensintervallet för skillnaden beräknas enligt ekvationer nedan,

$$\Delta\mu = \mu_B - \mu_E, \quad \Delta\sigma = \sqrt{\sigma_B^2 + \sigma_E^2}$$

där μ är medelvärdet och σ är medelfelet för respektive medelvärdes-skattning i de två undersökningarna.

Med medelfel i ELIB på 0,051 och i BETSI på 0,097 blir ett 95-procentigt konfidensintervall för skillnaden mellan de två undersökningarna $0,3 \pm 0,21$ grader Celsius. Mätosäkerheten hos utrustningen och systematiska mätfel är av samma storleksordning. Mätresultaten i ELIB har dock korrigerats för systematiska fel. I BETSI har ingen korrigering gjorts för systematiska mätfel. Enligt Pentiaq, det företag som ansvarade

³⁴ Statens institut för byggforskning, (1993), *Mätning av inomhustemperaturen*, ELIB-rapport nr 4.

för mätningarna, visade kontrollmätningar av 100 mätinstrument att mätfelet låg inom $\pm 0,15$ grader Celsius. Det går därmed inte att med säkerhet säga att den genomsnittliga medeltemperaturen i småhusbeståndet ökat. Osäkerheten beror också på att det finns andra felkällor som t.ex. mätarnas placering och att endast en mätare per våningsplan placerats ut.

3.1.6 Tappvattenarmaturer

I undersökningen har besiktningspersonerna svarat på vilken typ av tappvattenarmatur småhusens olika tappställen har. Resultatet redovisas i tabell 3.4. Engreppsblandare dominerar. Cirka 90 procent av all armatur är av typen engrepps. I duscharna är nästan 90 procent av dessa utrustade med termostatblandare. Totalt uppgår de olika typerna av armaturer till mer än 100 procent, eftersom det kan finnas flera tappställen av samma typ i en och samma bostad. Förvånande är dock att så många småhus har fler än en diskho. Det skulle kunna bero på att några besiktningspersoner missuppfattat frågan och svarat både *engreppsblandare* och *snålspolande* på frågan om blandartyp.

Tabell 3.4. Typ av tappvattenarmatur för olika tappställen i småhusen.

Tappställe	Typ av blandare				Totalt
	Termostat	Engrepps	Tvågrepps	Snålspolande	
Dusch	0,88	0,10	0,02	0,02	1,03
Diskho	0,03	0,83	0,14	0,09	1,09
Tvättställ	0,02	0,79	0,21	0,06	1,08

Störst potential, per armatur, för energibesparing genom byte av tappvattenarmatur finns för diskhoarnas tvågreppsblandare. Det beror på att en större del av tappvarmvattenanvändning sker i dessa jämfört med i tvättställ. I duscharna finns mycket få tvågreppsblandare och där ställer brukaren förmodligen dessutom själv in önskad vattentemperatur i högre utsträckning jämfört med i diskhoar och i tvättställ.

3.2 Flerbostadshus

3.2.1 Värmeförsörjning

I tabell 3.5 redovisas typ av värmeförsörjning i de fem åldersklasserna. Uppgifterna i tabellen avser andel uppvärmd golvarea med en viss typ av värmeförsörjning och uppskattad täckningsgrad för just det systemet. En skillnad jämfört med den tidigare publicerade rapporten, *Så mår våra hus*³⁵, är att i den rapporten redovisades frånluftsvärmepumpar, FVP, tillsammans med övriga värmepumpar. En FVP har dock huvudsakligen funktionen av värmeåtervinnare.³⁶ Trots det redovisas FVP som en typ av värmeförsörjning. Dessa har dock bedömts stå som mest för 30 procent av värmeförsörjningen i ett flerbostadshus.

³⁵ Boverket, (2009), *Så mår våra hus*, huvudrapport som redovisades i september 2009.

³⁶ Se avsnitt 3.1.1 för ett resonemang kring detta.

Totalt sett finns frånluftsvärmepumpar installerade i byggnader som tillsammans utgör knappt 8 procent av uppvärmd golvarea. Frånluftsvärmepumparnas inverkan på resultatet är därför mycket begränsad. I tabell 3.5 redovisas även total el, inklusive el till kompressorer i värmepumpar. I tabellen antas att en tredjedel av värmepumparnas värmeförsörjning kommer från el till kompressorerna.

Störst förändring av värmeförsörjningen i flerbostadshusen, jämfört med ELIB, har skett för olja och fjärrvärme. Användningen av olja står 2007/2008 för bara 6 procent, jämfört med 15 procent år 91/92 när ELIB genomfördes. Fjärrvärmens har samtidigt ökat från 65 procent till dagens 81 procent.

Tabell 3.5. Andel av värmeförsörjning för olika typer i flerbostadshusen.

Åldersklass	Olja/Gas	Elvärme	VP	FVP	Bio	FJV	El inkl el i VP & FVP
-60	0,06*	0,03*	0,10	-	0,01*	0,79	0,06
61-75	0,01*	-	0,02*	0,02*	-	0,93	0,02
76-85	0,01*	0,10	0,02*	0,02*	0,01*	0,84	0,51
86-95	0,17	0,13	0,05*	0,07	-	0,58	0,17
96-05	-	0,15	0,01*	0,07	-	0,76	0,18
Totalt	0,06	0,05	0,06	0,02	0,01*	0,81	0,07
FLERBOSTADSHUS I ELIB							
Totalt	0,15	0,10	0,10	-	-	0,65	-

VP; Värmepump som hämtar värme från mark, sjö, uteluft eller grundvatten

FVP; Frånluftsvärmepump som återvinner värme ur frånluften

Bio; Biobränsle i förbränningspanna, braskamin, öppen spis, kakelugn eller dylikt

FJV; Fjärrvärme och närvärme

* Flera av uppgifterna om värmeförsörjning baseras på få observationer inom respektive åldersklass. Dessa uppgifter är därför statistiskt osäkra och bör användas med stor försiktighet.

Data för uppskattningar av värmeförsörjning

Uppgifter om värmeförsörjning för de olika typer som redovisas i tabell 3.5 baseras på besiktningspersonernas uppskattning. För mer information om detta se avsnitt 3.1.1

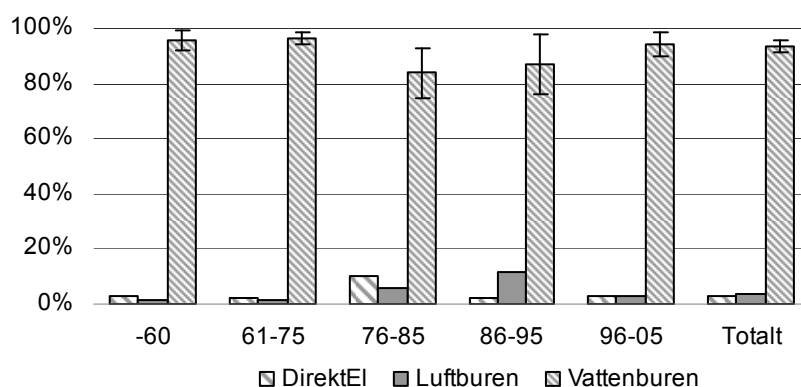
3.2.2 Distribution av värme

Vid besiktningarna har uppgifter om typ av värmedistribution tagits fram för tre typer; direktverkande el, luftburen värme och vattenburen värme. I en del byggnader finns fler än ett sätt att distribuera värmen. Inga uppgifter har dock samlats in om hur stor andel respektive typ täcker i dessa byggnader. Om två eller tre typer noterats har det därför ansetts att de var och en försörjer en lika stor andel uppvärmd golvarea. I figur 3.4 anges de tre typernas andelar i förhållande till uppvärmd golvarea i de fem åldersklasserna.

För luftburen värme och för direktverkande el visas inget konfidenstervall, eftersom observationerna är för få i de flesta åldersklasserna. Punktskattningen redovisas trots allt för att ändå ge en uppfattning om ungefär hur stor andel av uppvärmd golvarea luftburen värme och direktverkande el står för. Det är egentligen bara för åldersklassen 86-95 som

luftburen värme står för mer än några få procent. I åldersklassen 76-85 står direktverkande el för drygt 10 procent. För flerbostadshusbeståndet totalt står vattenburen värme för 94 procent, direktverkande el står för 3 procent och luftburen värme står för 3 procent. Osäkerheten för de två sistnämnda typerna är på konfidensnivån 95 % knappt ± 2 procent.

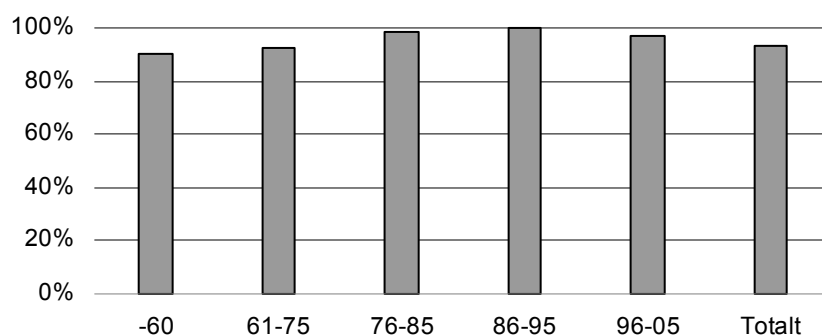
Figur 3.4. Andel av A_{temp} i flerbostadshusen med en viss typ av värmedistributionssystem.



3.2.3 Termostatventiler

I byggnader med radiatorer för vattenburen värme är en större eller mindre del av dessa utrustade med termostatventiler. Besiktningspersonerna har i undersökningen angivit i vilken utsträckning lägenheternas radiatorer har termostatventiler. Svarsalternativen var; 1-25, 26-50, 51-75 eller 76-100 procent.

Figur 3.5. Andel av lägenheterna vars radiatorer för vattenburen värme i 76-100 procent är försedda med termostatventiler.



I figur 3.5 redovisas resultatet för de fem åldersklasserna, samt resultatet för hela populationen. Resultatet visar att de hus som har vattenburen radiatorvärme nästan uteslutande har radiatorer med termostatventiler. Totalt för hela populationen flerbostadshus har 94 procent av byggnadernas lägenheter med radiatorer för vattenburen värme termostatventiler i en utsträckning av 76-100 procent. De observationer som gjorts för de övriga intervallen för förekomst av termostatventiler är alltför få för att redovisas och har därför utelämnats i diagrammet.

3.2.4 Inomhustemperatur

I flerbostadshusen mättes inomhustemperaturen under 14 dagar i maximalt två av lägenheterna i respektive byggnad. Eftersom temperaturen mättes i maximalt två lägenheter redovisas resultaten på lägenhetsnivå och inte på byggnadsnivå. I tabell 3.6 redovisas genomsnittlig medeltemperatur för de fem åldersklasserna och för hela lägenhetsbeståndet. För hela beståndet är medeltemperaturen 22,4 grader Celsius. Jämfört med ELIB³⁷, där en genomsnittlig medeltemperatur för hela beståndet uppmättes till 22,2 grader Celsius har den observerade medeltemperaturen ökat med 0,2 grader. Skillnaden är dock alltför liten för att vara statistiskt säkerställd.

Tabell 3.6. Inomhustemperatur i lägenheter i flerbostadshusens fem åldersklasser.

Byggår	Genomsnittlig temperatur [°C]
-60	22,2 ±0,38
61-75	22,6 ±0,32
76-85	22,5 ±0,35
86-95	22,4 ±0,38
96-05	23,0 ±0,26
Totalt	22,4 ±0,22

3.2.5 Tappvattenarmaturer

I två lägenheter i respektive flerbostadshus har besiktningspersonerna undersökt vilken typ av tappvattenarmatur olika tappställen har. Engreppsblandare dominerar. Drygt 80 procent av all armatur är av typen engrepps. I duscharna är tre av fyra engreppsblandare utrustade med termostatblandare.

Tabell 3.7. Typ av tappvattenarmatur för olika tappställen i flerbostadshusens lägenheter.

Tappställe	Typ av blandare				Totalt
	Termostat	Engrepps	Tvågrepps	Snålspolande	
Dusch	0,66	0,20	0,15	0,07	1,07
Diskho	0,02	0,81	0,18	0,06	1,06
Tvättställ	0,03	0,81	0,17	0,06	1,06

Totalt uppgår de olika typerna av armaturer till mer än 100 procent. Det skulle kunna bero på att det finns två eller fler tappställen av samma typ. Att det skulle förekomma två diskhoar i en och samma lägenhet är dock ovanligt. Att samma typ av tappställe fått två svar kan också bero på att några besiktningspersoner missuppfattat frågan och svarat både *engreppsblandare* och *snålspolande* på frågan om blandartyp.

Jämfört med småhusen har färre duschblandare termostat. Andelen tvågreppsblandare är betydligt större i lägenheter i flerbostadshusen jämfört med småhusen.

³⁷ Statens institut för byggforskning, (1993), *Mätning av inomhustemperaturen*, ELIB-rapport nr 4.

fört med i småhusen. Störst potential, per armatur, för energibesparing genom byte av tappvattenarmatur finns i diskhoar och i duschar med separata kranar för varmt och kallt vatten. Det beror på att en större del av tappvarmvattenanvändning sker i dessa jämfört med i tvättställen.

3.3 Lokalbyggnader

3.3.1 Värmeförsörjning

I tabell 3.8 redovisas typ av värmeförsörjning i de tre lokaltyperna. Uppgifterna i tabellen avser andel uppvärmd golvarea i beståndet med en viss typ av värmeförsörjning och uppskattad täckningsgrad för just det systemet. I tabellen redovisas även total el, inklusive el till kompressorer i värmepumpar. I tabellen har antagits att en tredjedel av värmepumparnas värmeförsörjning kommer från el till kompressorerna.

Vilka förändringar som skett jämfört med Vattenfalls undersökning³⁸ 1989 är svåra att uppskatta, eftersom lokalerna i den är uppdelade på fler verksamheter. Det går dock att konstatera att användning av olja och el för värme har minskat och att fjärrvärme har ökat.

Tabell 3.8. Andel av värmeförsörjning för de tre lokaltyperna.

Lokaltyp	Olja/Gas	Elvärme	VP	Bio	FJV	El inkl el i VP
Allmänna m.m.	0,14*	0,50	0,10*	-	0,26*	0,53
Kontor m.m.	0,03*	0,04	0,02	0,01*	0,89	0,05*
Vård	0,05*	0,08*	0,03*	0,04*	0,80	0,09*
Totalt	0,05	0,09	0,03	0,02*	0,81	0,10

VP; Värmepump som hämtar värme från mark, sjö, uteluft eller grundvatten

Bio; Biobränsle i förbränningspanna, braskamin, öppen spis, kakelugn eller dylikt

FJV; Fjärrvärme och närvärme

* Flera av uppgifterna om värmeförsörjning baseras på få observationer inom respektive åldersklass. Dessa uppgifter är därför statistiskt osäkra och bör användas med försiktighet.

Data för uppskattningar av värmeförsörjning

De uppgifter om värmeförsörjning för de olika typer som redovisas i tabell 3.8 baseras på besiktningspersonernas uppskattning. För mer information om detta se avsnitt 3.1.1.

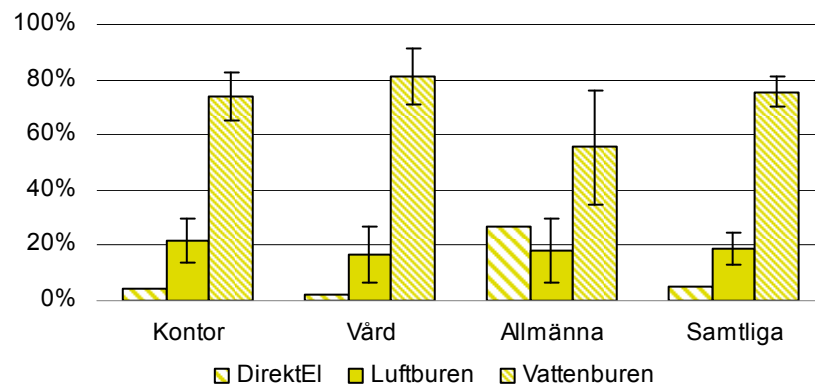
3.3.2 Distribution av värme

Vid besiktningarna har uppgifter om typ av värmedistribution tagits fram för tre typer; direktverkande el, luftburen värme och vattenburen värme. I en del byggnader finns fler än ett sätt att distribuera värmen. Uppgifter om hur stor andel respektive typ täcker i dessa byggnader har dock inte tagits in. Om två eller tre typer noterats har det därför ansetts att de var och en försörjer en lika stor andel uppvärmd golvarea. I figur 3.6 anges de tre typernas andelar i förhållande till uppvärmd golvarea i de tre lokalkategorierna.

³⁸ Vattenfall, (1991), *Från krog till kontor, slutrapport från uppdrag 2000 -lokaler*.

För direktverkande el visas inget konfidensintervall, eftersom observationerna är för få. Punktskattningen redovisas trots det för att ändå ge en uppfattning om ungefär hur stor andel av uppvärmd golvarea direktverkande el står för. Det är egentligen bara i de allmänna byggnaderna som direktverkande el utgör mer än några få procent. För lokalbyggnaderna totalt står vattenburen värme för 76 procent, luftburen värme står för 18 procent och direktverkande el står för 5 procent.

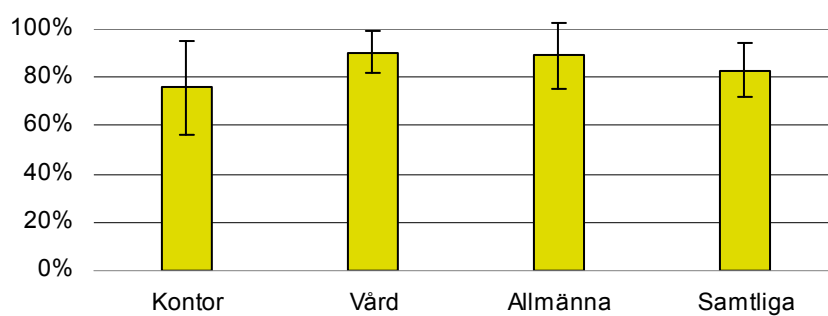
Figur 3.6. Andel av A_{temp} i lokalbyggnaderna med en viss typ av värmedistributionssystem.



3.3.3 Termostatventiler

I byggnader med vattenburen värme och radiatorer är en större eller mindre del av dessa utrustade med termostatventiler. Besiktningspersonerna har i undersökningen angivit i vilken utsträckning byggnadens radiatorer har termostatventiler. Svarsalternativen var; 1-25, 26-50, 51-75 eller 76-100 procent. I figur 3.7 redovisas resultatet för de olika lokalkategorierna samt resultatet för hela populationen. Resultatet visar att de byggnader som har vattenburen radiatorvärme i mycket hög utsträckning har radiatorer med termostatventiler. Totalt för hela populationen har 83 procent av lokalbyggnaderna med radiatorer för vattenburen värme termostatventiler i en utsträckning av 76-100 procent. Jämfört med andelen termostatventiler i flerbostadshus och småhus är den dock lägre. De observationer som gjorts för de övriga intervallen för förekomst av termostatventiler är alltför få för att redovisas och har därför utelämnats i diagrammet.

Figur 3.7. Andel av lokalbyggnaderna vars radiatorer för vattenburen värme i 76-100 procent är försedda med termostatventiler.



4 Ventilationssystem och luftomsättning

I detta avsnitt redovisas typ av ventilationssystem i småhus, flerbostadshus och lokaler. För bostadshusen redovisas även luftomsättning. Varje byggnadskategori redovisas i ett avsnitt för sig. Först redovisas småhusen, därefter flerbostadshusen och sist lokalbyggnaderna.

4.1 Småhus

4.1.1 Ventilationssystem

I tabell 4.1 redovisas typ av ventilationssystem i de fem åldersklasserna. Uppgifterna i tabellen avser andel av antal småhus inom respektive åldersklass med en viss typ av ventilationssystem. I de två äldsta åldersklasserna förekommer nästan uteslutande självdrag. Eftersom dessa innehåller flest hus dominerar självdrag i hela populationen. För åldersklassen 86-95 dominerar FTX-system. I åldersklassen 96-05 är det frånluftsventilation, med eller utan värmepump, som finns installerad i knappt 4 av 5 småhus.

Tabell 4.1. Andel småhus med en viss typ av ventilationssystem i de fem åldersklasserna.

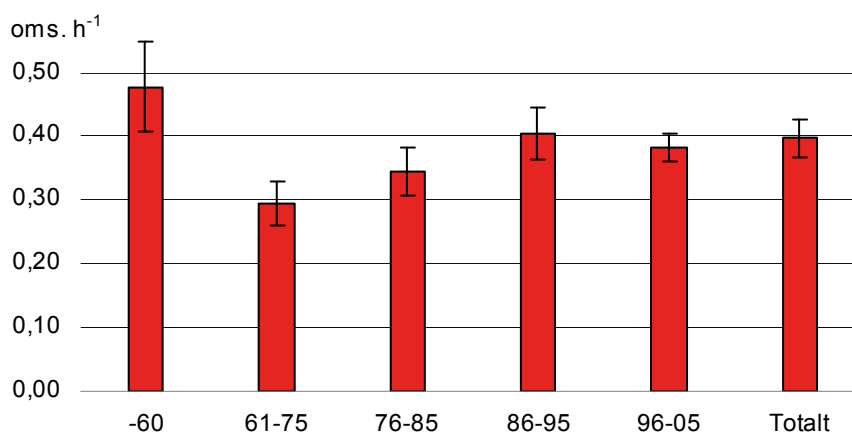
Byggår	Självdrag	F-system	FT-System Andel (%)	FTX-system	FVP-system
-60	97 ± 2	2 ± 2	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
61-75	88 ± 8	8 ± 6	(1 ± 1)	(4 ± 4)	0 ± 0
76-85	23 ± 9	39 ± 8	4 ± 4	29 ± 13	5 ± 4
86-95	11 ± 5	23 ± 9	(4 ± 4)	39 ± 8	24 ± 13
96-05	11 ± 5	42 ± 8	(6 ± 9)	6 ± 4	36 ± 9
Totalt	72 ± 3	13 ± 2	1 ± 1	9 ± 3	4 ± 1

() Statistiskt osäkra uppgifter

4.1.2 Luftomsättning

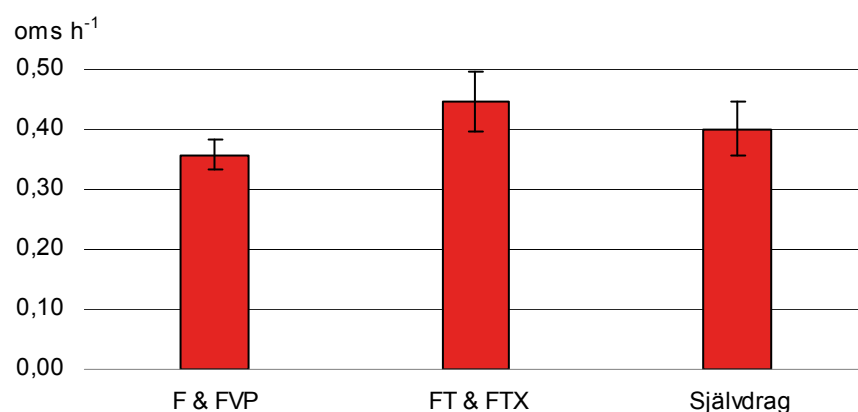
I småhusen har luftomsättningen mätts under en 14-dagars period med hjälp av en passiv spårgasmetod. I figur 4.1 redovisas genomsnittlig luftomsättning i småhus i de fem åldersklasserna. Högst luftomsättning förekommer i den äldsta åldersklassen, trots att den åldersklassen nästan uteslutande har självdrag. Ingen åldersklass uppfyller socialstyrelsens rekommendation på en luftomsättning motsvarande 0,5 rumsvolymer per timme. I hela populationen ligger genomsnittlig luftomsättning på 0,40 omsättningar per timme.

Figur 4.1. Luftomsättningar per timme i de fem åldersklasserna i småhusbeståndet.



I figur 4.2 redovisas genomsnittlig luftomsättning utifrån typ av ventilationssystem. Småhus med mekanisk från- och tilluft (FT & FTX) har högst luftomsättning, 0,45 rumsvolymer per timme. Därefter kommer självdrag med 0,40 omsättningar, och lägst luftomsättning, 0,36 oms/h, har småhus med mekanisk frånluft (F & FVP).

Figur 4.2. Luftomsättning i småhusen utifrån typ av ventilationssystem.



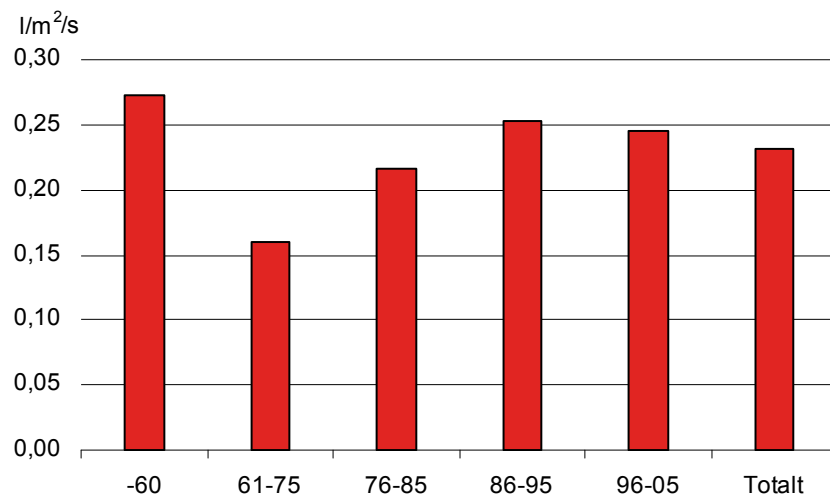
Enligt Boverkets byggregler, BBR, ska nybyggda bostäder ha ett uteluftsflöde motsvarande 0,35 liter/s och m² golvarea. I en byggnad med en genomsnittlig takhöjd på 2,52 meter motsvarar det 0,5 luftomsättningar. Ef-

tersom de flesta småhus har en lägre genomsnittlig takhöjd skulle ett luftflöde motsvarande 0,35 l/s och m^2 (uppvärmd) golvarea ge en högre luftomsättning än den Socialstyrelsen rekommenderar i sina riktlinjer (SOSFS 1999:25). Enligt Boverkets byggregler får dock ventilationsflödet sänkas till 0,10 l/s och m^2 i bostäder med separat styrning när ingen vistas i bostaden.

I ett hus med självdrag är det inte helt lätt att reglera ventilationsflödet, eftersom drivkrafterna för ventilationen beror på klimatet, samt om byggnaden förses med värme från egen förbränningspanna. I hus med mekanisk ventilation är det lättare att reglera luftflödet. Frågan är dock om den låga luftomsättningen i husen med mekanisk frånluft beror på att ventilationen regleras ned när ingen vistas i bostaden. Anledningen till de låga flödena är förmodligen i stället att ventilationen i många av dessa hus inte har injusterats under senare tid.

Om det uppmätta luftflödet slås ut per $\text{m}^2 A_{\text{temp}}$ (den area som efterfrågats i besiktningarna) i småhusbeståndet erhålls ett genomsnittligt luftflöde på 0,23 liter/s och m^2 . I figur 4.3 redovisas luftflödet i liter per sekund och $\text{m}^2 A_{\text{temp}}$ i de fem åldersklasserna. Om luftflödet skulle ökas så att det genomsnittliga flödet blev 0,35 l/s per $\text{m}^2 A_{\text{temp}}$ skulle värmebehovet för småhusbeståndet, utifrån ett antagande om 3734 gradtimmar, öka med $301 \cdot 10^6 \cdot 3734 \cdot 24 \cdot (0,35 - 0,23) \cdot 1,2/1 \cdot 10^9 = 3,9 \text{ TWh/år}$.³⁹

Figur 4.3. Luftflöde per $\text{m}^2 A_{\text{temp}}$ i de fem åldersklasserna i småhusen.

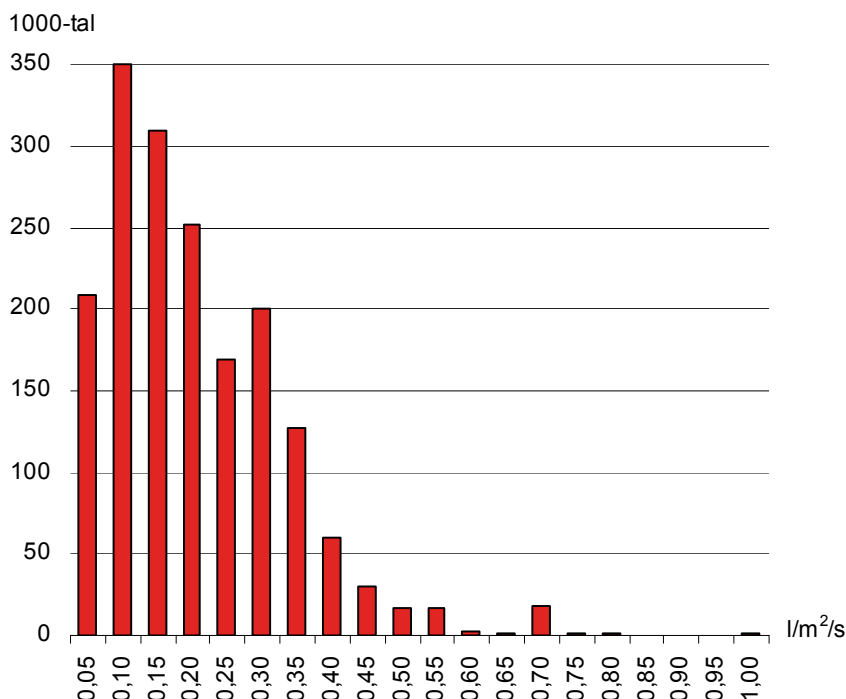


³⁹ Se även avsnitt 5. Beräkningen där ger ett ökat värmebehov om 5,4 TWh/år. Anledningen till skillnaden ($5,4 - 3,9 = 1,5 \text{ TWh/år}$) är att i den förenklade beräkningen med gradtimmar kompenseras det ökade värmebehovet av värme från sol, personer och hushållsenergi. Med ett större värmebehov ökar även antalet gradtimmar dels för att balans-temperaturen höjs, dels för att uppvärmningssäsongen förlängs. Hänsyn till detta tas i de dynamiska beräkningar som redovisas i avsnitt 5. De dynamiska beräkningarna baseras dessutom på klimatdata som speglar det klimat som rådde 2005, varför skillnader mellan normalår och det året även spelar in.

Enligt figur 4.2 har självdragsventilerade småhus generellt högre luftomsättning jämfört med hus med mekanisk frånluft. I åldersklassen 61-75 har 88 procent av husen självdrag. Det är därför något förvånande att dessa har en så pass låg luftomsättning. Anledningen är att den äldsta åldersklassen, där 97 procent har självdrag, har ett högt flöde och att detta tillsammans med att åldersklassen omfattar så många småhus gör att hus med självdrag totalt sett har ett högre flöde än hus med mekanisk frånluft. Varför just hus uppförda 61-75 har ett lägre flöde kan bero på att dessa byggnader har ett lufttätare klimatskal jämfört med husen i den äldre åldersklassen. Även det faktum att småhus motsvarande 37 procent av uppvärmd golvarea, i byggnader uppförda till och med 60 har egen förbränningspanna, jämfört med 18 procent i husen uppförda 61-75, kan vara en del av förklaringen till en högre luftomsättning i det äldre beståndet.

I figur 4.4 redovisas spridningen i luftflöde ($\text{l/m}^2/\text{s}$) för småhusen. Varje stapel redovisar ett intervall, där värdet under stapeln anger intervallets nedre gräns och värdet till höger om stapeln anger intervallets övre gräns. Luftflödet skiljer en faktor 20 mellan högsta och lägsta uppmätta värde. Jämfört med det i byggreglerna föreskrivna luftflödet, $0,35 \text{ l/m}^2/\text{s}$, underskrids det i småhus med en uppvärmd golvarea motsvarande 82 procent av hela beståndets.

Figur 4.4. Luftflödets variation i småhusbeståndet.



4.2 Flerbostadshus

4.2.1 Ventilationssystem

I tabell 4.2 redovisas typ av ventilationssystem i de fem åldersklasserna. Uppgifterna i tabellen avser andel av A_{temp} för flerbostadshusen inom respektive åldersklass. I den äldsta åldersklassen har nästan hälften självdrag. I de övriga åldersklasserna har observationer av självdrag varit alltför få för att redovisas. I åldersklassen 86-95 dominerar FTX-system, precis som för småhusen. I hela populationen är det frånluftsventilation (F och FVP) som står för den största andelen, följt av självdrag. Minst andel står system med mekanisk till- och frånluft (FT och FTX).

Tabell 4.2. Andel av A_{temp} i flerbostadshusen med en viss typ av ventilationssystem i de fem åldersklasserna.

Byggår	Självdrag	F-system	FVP-system	FT System	FTX system
Andel (%)					
-60	47 ± 12	49 ± 12	-	..	..
61-75	..	72 ± 10	..	..	13 ± 8
76-85	..	58 ± 13	..	..	30 ± 14
86-95	..	30 ± 16	..	..	47 ± 24
96-05	..	62 ± 27	..	..	..
Totalt	22	55 ± 7	5 ± 3	2 ± 2	16 ± 6

.. för få observationer för att redovisa

- inga observationer

Värmeåtervinning

En förhållandevis liten andel av flerbostadshusen har värmeåtervinning av ventilationsluften. Under antagande att flerbostadshusen med FVP och FTX har ett ventilationsflöde motsvarande 0,37 l/s och $m^2 A_{temp}$, skulle värmebehovet för ventilationen vara $3734 \cdot 24 \cdot 1,2 \cdot 0,37 \cdot 238 \cdot 10^6 \cdot 0,21 \cdot 10^{-12} = 2$ TWh för dessa byggnader. Om värmeåtervinningen i genomsnitt i FTX-systemen är 0,40 och i FVP-systemen 0,80 skulle $0,6 + 0,4$ TWh värme återvinnas i dessa byggnader.

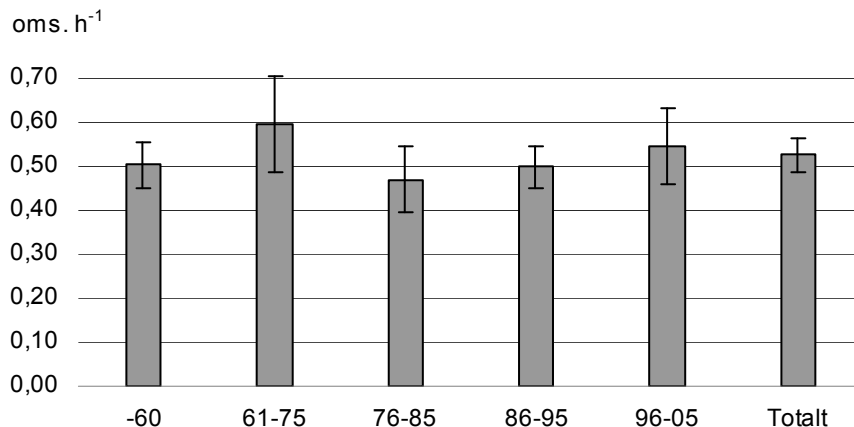
4.2.2 Luftomsättning

Luftomsättningen i två lägenheter i respektive flerbostadshus mättes under en 14-dagars period med hjälp av en passiv spårgasmetod. I figur 4.5 redovisas genomsnittlig luftomsättning i lägenheterna i de fem åldersklasserna. Högst luftomsättning förekommer i åldersklassen 61-75. Endast åldersklassen 76-85 har, i genomsnitt, en luftomsättning som understiger den av Socialstyrelsen rekommenderade omsättningen på 0,5 rumsvolymer per timme. Genomsnittlig luftomsättning för hela populationen ligger på 0,53 oms/h.

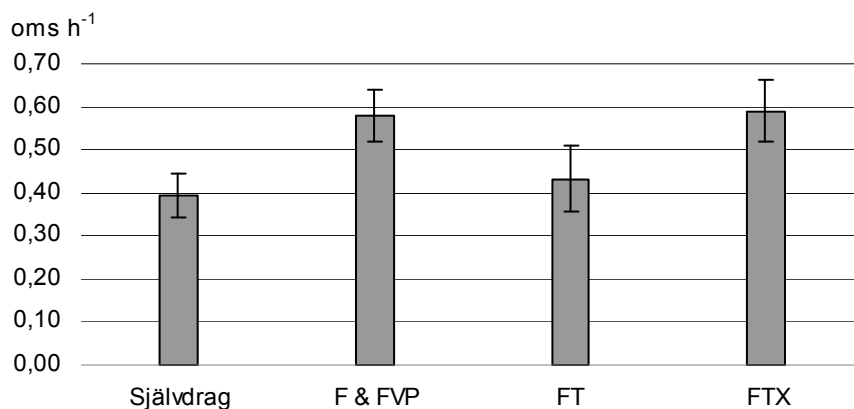
I figur 4.6 redovisas genomsnittlig luftomsättning utifrån typ av ventilationssystem. Lägenheter med mekanisk frånluft (F & FVP) och med från- och tilluft med värmeåtervinning (FTX) har högst luftomsättning, 0,57-0,59 rumsvolymer per timme. Därefter kommer från- och tilluft med 0,43 omsättningar. Lägst luftomsättning, 0,39 oms/h, har lägenheter med självdrag. Luftomsättning utifrån typ av ventilationssystem skiljer sig

markant i flerbostadshusens lägenheter jämfört med småhusen, där hus med självdrag har högst luftomsättning.

Figur 4.5. Luftomsättningar per timme i flerbostadshusens lägenheter.



Figur 4.6. Luftomsättning i flerbostadshusens lägenheter utifrån typ av ventilationssystem i byggnaden.

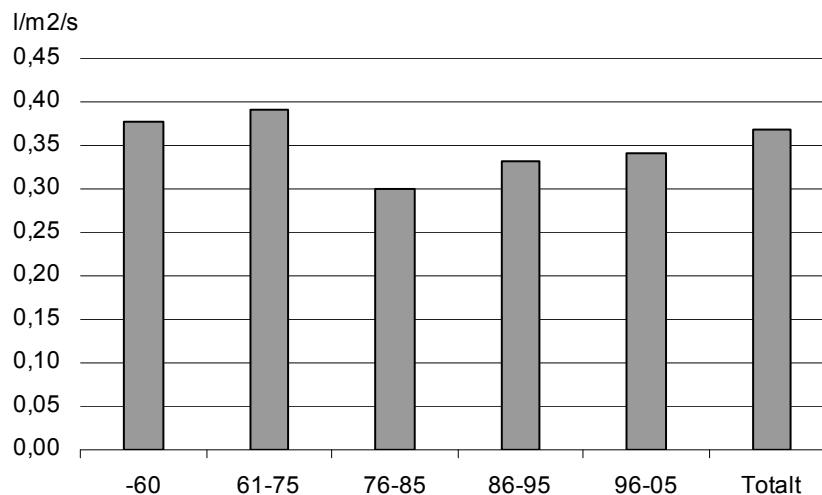


Enligt Boverkets byggregler, BBR, ska nybyggda bostäder ha ett uteluftsflöde motsvarande 0,35 liter/s och m² golvarea. I en byggnad med en genomsnittlig takhöjd på 2,52 meter motsvarar det 0,5 luftomsättningar. I figur 4.7 redovisas luftflöde per m² golvarea i lägenheterna. Eftersom de äldsta lägenheterna har en högre genomsnittlig takhöjd blir luftflödet per m² golvarea i dessa lägenheter nästan lika högt som för åldersklassen 61-75, trots att luftomsättningen, uttryckt i rumsvolymer/h, är 20 procent högre i den yngre åldersklassen. Genomsnittligt flöde per m² för hela populationen är 0,37 l/s och m², vilket är något högre än kravet i BBR. Trots det underskrids flödet i 61 procent av lägenheterna (se figur 4.8 med tillhörande text).

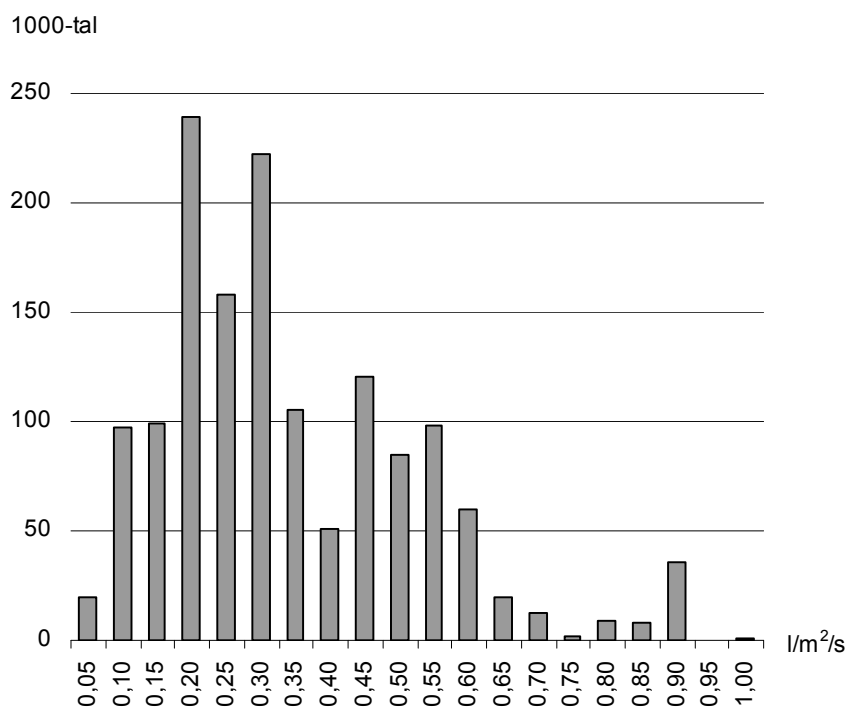
I figur 4.8 redovisas spridningen i luftflöde (l/m²/s) för flerbostadshusens lägenheter. Varje stapel redovisar ett intervall, där värdet under stapeln anger intervallets nedre gräns och där värdet till höger om stapeln anger intervallets övre gräns. Luftflödet i de olika lägenheterna skiljer sig en

faktor 20 mellan högst och lägst uppmätt flöde. Jämfört med det i byggreglerna föreskrivna luftflödet, $0,35 \text{ l/m}^2/\text{s}$, underskrids det i lägenheter motsvarande 61 procent av hela beståndet.

Figur 4.7. Genomsnittligt luftflöde per $\text{m}^2 A_{\text{temp}}$ i de fem åldersklasserna i flerbostadshusens lägenheter, samt för hela populationen.



Figur 4.8. Luftflödets spridning i flerbostadshusens lägenheter.



4.3 Lokalbyggnader

4.3.1 Ventilationssystem

I tabell 3.11 redovisas typ av ventilationssystem i de tre lokaltyperna. Uppgifterna i tabellen avser andel av A_{temp} i lokalerna inom respektive typ. Från- och tilluft med värmeåtervinning, FTX-system, dominerar. Näst vanligast är från- och tilluft utan värmeåtervinning, och i princip lika vanligt är frånluft. Frånluftsvärmepumpar förekommer nästan inte alls i lokalerna.

Tabell 4.3. Andel av A_{temp} i lokalbyggnaderna med en viss typ av ventilationssystem i de tre lokaltyperna.

Lokaltyp	Självdraft	F-system	FVP-system Andel (%)	FT-System	FTX-system
Kontor m.m.	8 ± 5	16 ± 9	..	25 ± 16	51 ± 17
Vård	..	12 ± 8	..	..	80 ± 12
Allmänna	5 ± 3	..	-	..	65 ± 18
Totalt	5 ± 3	15 ± 6	..	16 ± 10	63 ± 12

.. för få observationer för att redovisa

- inga observationer

4.3.2 Styr- och reglersystem m.m.

Någon luftomsättning har inte mätts i lokalerna. Inte heller drifttider för ventilationen har undersökts. Däremot har förutsättningar för styrning och drift av ventilationen för de tre lokaltyperna undersökts. För de uppgifter som redovisas nedan har inte den statistiska osäkerheten skattats. Uppgifter redovisade per lokaltyp kan för allmänna byggnader vara baserade på ett litet antal observationer. Dessa är därför statistiskt osäkra. De uppgifter som rör hela lokalbeståndet baseras oftast på ett tillräckligt stort antal observationer och kan förmodas ha ett medelfel som understiger 35 procent av punktskattningens värde.

I tabell 4.4 redovisas i vilken omfattning styr- och reglersystemen för ventilationen är datoriserad. Uppgifterna avser andel av det undersökta lokalbeståndets A_{temp} , undantaget de byggnader inom beståndet som har självdraft.

Tabell 4.4. Andel av lokalerna som har datoriserade styr- och reglersystem för ventilationen.

Lokaltyp	Helt	Delvis	Inte alls	Totalt
Allmänna m.m.	0,34	0,13	0,53	100 %
Kontor m.m.	0,46	0,18	0,36	100 %
Vård	0,46	0,27	0,27	100 %
Totalt	0,45	0,21	0,34	100 %

Totalt har 80 procent av lokalbyggnaderna med mekanisk ventilation någon form av reglering av flödet. Det är dock inte säkert att ventilationen i

hela byggnaden kan regleras. Besiktningspersonerna har angett hur stor del av A_{temp} i respektive byggnad som har flödesreglering. I tabell 4.5 redovisas olika former för styrning av ventilationsflödet i de byggnader som har flödesreglering. Eftersom ventilationen inte alltid kan regleras i hela byggnaden blir total andel av A_{temp} som regleras inte 100 procent.

Tabell 4.5. Andel av A_{temp} med olika former för styrning av ventilationsflödet.

Lokaltyp	Tid	Behov	Närvaro	Årstid	Totalt
Allmänna	0,56	0,08	0,13	..	0,78
Kontor	0,80	0,10	..	..	0,94
Vård	0,59	0,25	-	..	0,91
Totalt	0,71	0,15	..	0,04	0,92

.. för få observationer för att redovisa

- inga observationer

I tabell 4.6 redovisas andelar inom respektive lokalkategori som har komfortkyla via ventilationsluften. Uppgifterna gäller endast byggnader med FT- och FTX-system. Andelarna har beräknats utifrån byggnadsvikt och uppgifter om A_{temp} i respektive byggnad. Bland vårdbyggnaderna ingår en hel del äldreboende och mindre vårdcentraler. Dessa har vanligtvis ingen komfortkyla.

Tabell 4.6. Andel av A_{temp} i lokalbyggnader med FT eller FTX som har komfortkyla via ventilationsluften.

Lokaltyp	Ja	Nej	Totalt
Allmänna m.m.	0,10	0,90	100 %
Kontor m.m.	0,60	0,40	100 %
Vård	0,28	0,72	100 %
Totalt	0,43	0,57	100 %

5. Styrmedel vid nybyggnad och ändring

5.1 Inledning

För att rusta upp bebyggelsen till de nivåer som framgår av riksdagens beslutade mål för energianvändningen krävs investeringar. I kapitel 6 presenteras beräkningar av kostnaderna för att nå dessa mål. Storleksordningen på de totala kostnaderna beror i hög grad på vilka kostnadsposter som inkluderas i kalkylen.⁴⁰ För att uppnå beslutade mål kan befintliga styrmedel behöva justeras. I detta kapitel redovisas Boverkets erfarenheter av att utforma byggregler och av att administrera subventioner som införts för att främja energieffektivisering.

Styrmedel brukar delas in i tre klasser; *administrativa styrmedel*, *ekonomiska styrmedel* samt *information*. Exempel på ett administrativt styrmedel är byggregler medan miljöavgifter och subventioner är exempel på ekonomiska styrmedel.

Boverket ansvarar för det administrativa styrmedlet byggregler. Nedan kommer dessa regler att diskuteras. En byggnad ska bl.a. uppfylla ett antal egenskapskrav, vilket måste beaktas vid regelutformningen. Egenskapskraven presenteras, liksom några av de avvägningar som måste göras. Stor tilltro sätts till föreskrifter vid ändring som kan användas för att realisera den energieffektiviseringspotential som bedöms finnas. Därför ägnas ett längre avsnitt åt regler vid ändring av byggnad.

Vidare diskuteras subventioner. Boverket har administrerat ett antal energistöd genom åren. Additionalitet och bidragseffektivitet är två viktiga aspekter vid utformningen och fördelningen av subventioner och dessa redogörs för.

⁴⁰ För en diskussion, se bilaga 1.

5.2 Byggregler – en avvägning mellan olika krav

När en byggnad uppförs eller när den ändras ska den uppfylla de tekniska egenskapskrav som anges i 2 § Byggnadsverkslagen, BVL. De tekniska egenskapskraven är nio till antalet och omfattar:

1. Bärförmåga, stadga och beständighet
2. Säkerhet i händelse av brand
3. Skydd med hänsyn till hygien, hälsa och miljö
4. Säkerhet vid användning
5. Skydd mot buller
6. Energihushållning och värmeisolering
7. Lämplighet för avsett ändamål
8. Tillgänglighet och användbarhet för personer med nedsatt rörelse- eller orienteringsförmåga
9. Hushållning med vatten och avfall

Vid ändring ska, enligt 14 § Byggnadsverksförordningen (BVF), hänsyn också tas till ändringens omfattning och byggnadens förutsättningar samt varsamhetskraven enligt 10-13 §§ plan- och bygglagen. I 2 § BVL anges också att de tekniska egenskapskraven ska iaktas med beaktande av varsamhetskraven.⁴¹

För att tillgodose skärpta energikrav kan det krävas att klimatskalet i en befintlig byggnad tilläggsisoleras. För ett vindsbjälklag kan en tilläggsisolering på kanske 30 – 40 centimeter krävas (egenskapskrav 6). För att inte sannolikheten för fuktskador ska uppstå i samma byggnad bör kanske tjockleken på isoleringen dock inte överskrida 10 – 20 centimeter (egenskapskrav 3). Och för att inte riskera förlust av byggnadens kulturhistoriska värden bör i många fall den utvändiga tilläggsisoleringen hållas på ett minimum (varsamhetskravet).

Dessa till synes oförenliga aspekter har Boverket att ta hänsyn till när verket skriver föreskrifter i ändringsfallet. Exemplet tydliggör att det hela tiden handlar om att olika avvägningar måste göras. Vid en kraftfull skärpning av energikraven vid exempelvis ändring kommer fördelarna bl.a. att bestå av en lägre energianvändning, men det sker på bekostnad av en ökad risk för fukt- och mögelskador och förlorade kulturvärden. Å andra sidan; om kulturvärden åsätts ett högt värde ofta innebärande att ingen utvändigt tilläggsisolering blir aktuell, förlorar man de fördelar som tilläggsisoleringen leder till i form av bl.a. en minskad energianvändning.

⁴¹ Redogörelsen utgår från nuvarande regelverk. 2 maj 2011 träder en ny Plan- och bygglag ikraft. I här relevanta delar bedöms den dock inte medföra någon saklig förändring.

Tidsaspekten är också sådan att skärpta energikrav som införs idag kan, om de utförs på ett felaktigt sätt, resultera i skador inuti en konstruktion som upptäcks långt senare. På senare år har det t.ex. visat sig att den putsade odränerade träregelväggen är en mycket skadedrabbad ytterväggs-konstruktion som byggts i stor omfattning de senaste tio åren. Investeringskostnaderna för att byta fasad i de mest skadedrabbade husen beräknas till mellan 1 och 2,5 miljarder kronor (Boverket 2009a).

Ett annat exempel är de kyrkor som genomförde energisparåtgärder under 1970- och 1980-talen. Flera av dessa har fukt- och mögelskador som uppmärksammats i media år 2010. För att åtgärda skadorna kan kostnaderna uppgå till 10-tals miljoner per kyrka.⁴²

Ett av de avväganden som måste göras är avvägningen mellan egenskapskraven *Energihushållning och värmeisolering* och *Skydd med hänsyn till hygien, hälsa och miljö*. Detta diskuteras nedan.

Avvägningen mellan egenskapskraven Energihushållning och värmeisolering och Skydd med hänsyn till hygien, hälsa och miljö.

Strängare krav på energihushållning ställer stora krav på byggnadernas utformning och utförande. Ventilation, isolering m.m. måste vara anpassade till den lägre energianvändningen. Så kallade lågenergihus kräver ett välisolerat och tätt klimatskal för att undvika allt för stora energiförluster via transmission och ofrivillig ventilation. Ett dåligt fungerande ventilationssystem kompenseras inte i dessa fall av ofrivillig ventilation genom byggnadskonstruktionen. I mycket välisolerade byggnadskonstruktioner finns risk för mögeltillväxt om fukt kommer in, t.ex. genom läckage eller via kondensation, eftersom uttorkningsmöjligheterna är små. Detta ställer stora krav både på materialval och på utförande.

I det nationella miljö kvalitetsmålet *God bebyggd miljö* ingår delmål för såväl god inomhusmiljö som för energianvändningen i byggnader. Formuleringen av delmålet god inomhusmiljö är att byggnader och deras egenskaper inte ska påverka hälsan negativt. De hälsoeffekter som kan hänföras till bristande inomhusmiljö är astma, allergi, symtom på irritation i ögon, näsa, hals och hud samt känslighet för infektioner. Även mer ospecificerade besvär och symtom som ögon- och luftvägssymtom, trötthet och huvudvärk förekommer (SOU 2005:55).

Att öka luftomsättningen i en byggnad kan vara ett led i skapandet av förutsättning för en god inomhusmiljö. Om man ska säkerställa en normenlig luftomsättning enligt Boverkets byggregler beräknas energibehovet behöva öka med motsvarande 5,4 TWh/år (se avsnitt 6.3.2).

Samuelsson (2008) konstaterar i artikeln ”Ökar risken för fuktskador i passivhus?” i tidningen Bygg & Teknik att ökade krav på energihushållning, god komfort och lägre kostnader drivit fram nya material, nya konstruktioner och nya system. Detta har i de flesta fall medfört bra byggnader. Författaren menar dock att genom att konstruktionerna har

⁴² Flera inslag i SVT:s regionala nyhetsprogram Smålandsnytt.

blivit bättre värmeisolerande och mera energisnåla har de också blivit mera känsliga för skador och fel.

I artikeln konstateras vidare att det ibland kan dröja länge innan skador inuti en konstruktion upptäcks. Risk föreligger då att man drar förhastade slutsatser om att en nyutvecklad lösning fungerar, vilket leder till att många hus hinner byggas innan riskkonstruktioner uppdagas. Samuelsson (2008) ger också exempel där en väl beprövad traditionell konstruktion som en uteluftventilerad vind över ett väl isolerat bjälklager blivit en riskkonstruktion. I denna konstruktion blir det under vissa tider på året så fuktigt att det växer mögel. Ventilation av vinden, vilket brukar vara en säkerhetsåtgärd för att undvika skador kan, under vissa förhållanden, tillföra fukt och därigenom öka risken för skador. Ju mer värmeisolering som bjälklaget får, desto större risk för skador.

En annan avvägning som är nödvändig att göra är den mellan energihushållning/värmeisolering och varsamhetskrav. Denna avvägning ska göras när en byggnad ändras (byggs om) och diskussionen kring denna avvägning redovisas i avsnittet 5.2.2 *Energiregler vid ändring*

5.2.1 Energiregler vid nybyggnad

Boverkets byggregler, BBR, gäller för nybyggnad och är tillämpningsföreskrifter på överordnade lagar och förordningar. Sedan början av 1990-talet är kraven i Boverkets byggregler utformade som så kallade funktionskrav. Det innebär att krav ställs på vilka egenskaper den färdiga byggnaden ska ha, men inte hur man ska bygga för att åstadkomma detta. Byggherren kan således fritt välja hur egenskaperna ska uppfyllas. Frihetsgraderna är därmed stora genom att de bygg- och installations-tekniska system som passar bäst i det enskilda fallet kan väljas.

Avvägningar mellan de nio egenskapskraven måste göras, men det är betydligt enklare att göra sådana avvägningar vid nybyggnad än vid ändring. Funktionskrav stimulerar också teknisk utveckling. De senare årens revideringar av byggreglerna har fokuserat på att göra funktionskraven verifierbara, vilket innebär att byggherren ska kunna visa att kraven uppfylls i den färdiga byggnaden.

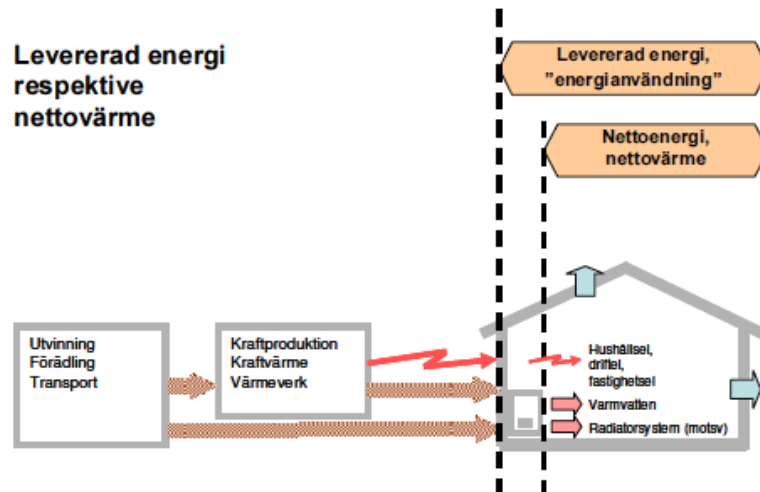
Energikraven i BBR ställs på hur stor energimängd som får levereras till byggnaden (köpt energi), exklusive hushålls- och verksamhetsenergi, för att tillgodose uppvärmnings- och kylbehov m.m. I Figur 5.1 visas BBR:s systemgräns för till byggnaden levererad energi (energianvändning) och byggnaden nettoenergibehov.⁴³

Systemgränsen sätts således vid byggnaden. Fördelarna med att ställa energikraven på levererad energimängd i stället för på det totala energi-behovet (nettoenergi i figuren) är två; dels blir funktionskraven verifier-

⁴³ Med nettoenergibehov avses den värmemängd som måste tillföras byggnaden via radiatorer, den värme som transporteras bort av kylsystem, den energimängd som behövs för att driva fläktar och pumpar m.m., den energimängd som behövs för att värma tappvarmvatten och den energimängd som används för verksamhet, t.ex. hushållsel i bostäder eller verksamhetsel i lokaler.

bara och därmed enkla att följa upp, dels ger det utökade möjligheter att uppfylla energikraven på det mest kostnadseffektiva sättet. Byggherren kan antingen välja åtgärder för att minska värmebehovet, åtgärder för att effektivisera tillförseln eller en kombination av dessa.⁴⁴

Figur 5.1. Systemgränser för byggnadens energianvändning och för byggnadens nettoenergibehov.



Under hösten 2010 har ett arbete utförts på Boverket med syfte att ge förslag på skärpta krav på energianvändningen i bostäder och lokaler med annat uppvärmningssätt än elvärme. Kravnivån på byggnadens specifika energianvändning och genomsnittlig värmegenomgångskoefficient föreslås skärpas. I den konsekvensutredning som tagits fram konstateras att en sådan skärpning dock kan göra det svårt för flerbostadshus att utifrån ett fastighetsekonomiskt perspektiv få lönsamhet i de investeringar som måste göras. Detta gäller också för lokaler.

När det gäller småhus väljer man i övervägande delen redan idag att installera elvärme i form av en värmepump. Detta bedöms i konsekvensutredningen accentueras ytterligare. I utredningen konstateras vidare att det föreligger ett motsatsförhållande mellan, å ena sidan, fjärrvärmeutbyggnad och, å andra, skärpta energikrav. För att bygga ut fjärrvärmen krävs att värmeunderlaget är tillräckligt stort för att investeringen ska bli lönsam, samtidigt innebär skärpta energikrav att värmeunderlaget begränsas.⁴⁵

⁴⁴ Skulle energikraven ställas på att reducera det totala energibehovet (nettoenergi) skulle antalet åtgärder begränsas betydligt. Isolering av klimatskalet och värmeåtervinning är exempel på aktuella åtgärder. Det skulle vidare bli väsentligt dyrare än att, som nu, ställa kravet på levererad energimängd.

⁴⁵ Boverket (2010a), "Konsekvensutredning. Revidering av avsnitt 9 Energihushållning i Boverkets byggregler, BBR (BFS 1993:57)", Dnr: 1271-329/2010

Energikraven i Boverkets byggregler kan behöva skärpas ytterligare, exempelvis som en konsekvens av det reviderade energiprestandadirektivet (2010/31/EU) och andra åtaganden inom miljö- och energibesparingsområdet. Omfattningen och tidpunkterna för detta arbete beror bl.a. på den ambitionsnivå som antas då energiprestandadirektivet ska införas i det svenska regelverket.

5.2.2 Energiregler vid ändring

Boverket har alltid haft ett bemyndigande att meddela föreskrifter för att precisera vilka krav som gäller när en byggnad ändras. Vid ett par tillfällen har man sett över möjligheterna att skriva sådana. Boverket har dock avstått och motivet har varit att ändringsprojekten är av så skiftande karaktär och byggnaderna har så olika förutsättningar att det skulle bli alltför komplicerat att ta fram generella föreskrifter.⁴⁶ Vid ändringsfallet (ombyggnad) ska hänsyn tas, inte bara till nio egenskapskrav, utan också till ändringens omfattning och byggnadens förutsättningar samt varsamhetskrav. Dessa svårigheter har hittills avhållit Boverket från att utnyttja sitt bemyndigande att meddela tvingande föreskrifter vid ombyggnad, och verket har i stället valt att meddela allmänna råd, BÅR.⁴⁷

I olika sammanhang har dock föreskrifter framförts som förslag för att få till stånd energieffektiviseringsåtgärder vid ändring. Förutom i *Energieffektiviseringsutredningen* (SOU 2008:110) exempelvis i propositionen om energieffektivisering och energismart byggande (prop. 2005/6:145, s 38-40) och i Klimatberedningens betänkande (SOU 2008:24).

Detta har föranlett Boverket att ånyo ta sig an uppgiften med att ta fram förslag på föreskrifter i ändringsfallet. I skrivande stund (december 2010) är förslaget ute på remiss. I den konsekvensutredning som tagits fram diskuteras olika angreppssätt.⁴⁸

I förslaget har tre huvudalternativ undersökts för att skapa ett tydligt regelverk som ska underlätta för byggherrar och byggnadsnämnder.

1. Informationsinsatser
2. Framtagande av bindande föreskrifter för ändring endast vad gäller energi
3. Framtagande av bindande föreskrifter för ändring för samtliga egenskapskrav på byggnader

När det gäller (enbart) informationsinsatser kan dessa öka tydligheten och kunskapen om reglerna vid ändring. Det kan bidra till en mer enhetlig tillämpning mellan olika kommuner, men ger ingen ytterligare vägledning för vare sig kommuner eller byggherrar i avvägningen mellan de olika

⁴⁶ Allmänna råd om ändring av byggnad, BÅR. Förord till 1996 års upplaga.

⁴⁷ För en diskussion, se Boverket (2009b), "Beslutsunderlag/förstudie BÅR 2010", Dnr 1101-1857/2008.

⁴⁸ Boverket (2010b), "Konsekvensutredning. Revidering av Boverkets Ändringsregler", Dnr 1101-751/2009

kraven. Boverket bedömer med detta alternativ att risken är större för att andra mer ensidigt energiinriktade styrmedel införs. Verket menar vidare att varaktigheten av informationsinsatser är kort och att de måste upprepas regelbundet för att få någon effekt.

Med det andra huvudalternativet, bindande föreskrifter endast vad gäller energi, argumenterar Boverket att det finns en påtaglig risk för negativa effekter av att ändra endast en del av regelverket. 1970-talets ensidiga fokusering på energibesparing ledde till omfattande problem med inomhusmiljön och stora förluster av kulturvärden. Detta är, enligt Boverket, ett exempel på ett regleringsmisslyckande, d.v.s. en myndighet åtgärdar ett problem som i sin tur leder till andra svårförutsägbara problem, vilka är större än det ursprungliga problemet.

Baserat på de bedömda effekterna av de två första alternativen finner Boverket det tredje alternativet, bindande föreskrifter för samtliga egen-skapskrav, vara det mest relevanta. Föreskrifter skulle bl.a. innebära ett stöd för kommunerna när det gäller att motivera de krav de anger vid byggsamrådet. Tydligare krav och vägledning i hur avvägningen mellan kraven ska ske underlättar tillämpningen för både byggherrar och byggnadsnämnder och minskar risken för olika tolkningar i olika kommuner. De negativa aspekter med alternativ tre som redovisas i konsekvensutredningen är bl.a. risk för ökade kostnader och kontraproduktiva effekter, ökade administrativa kostnader samt risk för minskad kostnadseffektivitet och att teknikutvecklingen hämmas.⁴⁹

De avvägningar mellan olika krav som måste göras i en byggnad är centrala, men frågan är hur långt som främjandet av en egenskap ska drivas om detta samtidigt leder till att en eller flera andra egenskaper påverkas i negativ riktning. Om exempelvis energikraven skärps vid ändring och detta samtidigt riskerar att påverka inomhusmiljön och kulturvärden till det sämre; hur långt ska en skärpning av energikraven då drivas?

Ett samhällsekoniskt synsätt kan här ge vägledning. Nivån på energikraven ska skärpas så länge som de samhällsekonomiska intäkterna överstiger de samhällsekonomiska kostnaderna. I intäkterna inkluderas värdet på alla de positiva effekter som skärpta energikrav leder till såsom minskad energianvändning, förbättrad bullersituation o.s.v. och i kostnaderna värdet på alla de negativa, såsom bl.a. direkta kostnader för arbete och material, risk för försämrade inomhusmiljö och förlorade kulturvärden. Ovanstående villkor ska gälla för varje byggnad och detta kan ställa till problem. Antag exempelvis att ett generellt energikrav på den specifika energianvändningen införs för befintliga byggnader. Eftersom varje

⁴⁹ Av naturliga skäl har Boverket inte utrett ett alternativ att helt ta bort energihushållningskravet och endast skriva föreskrifter för de andra kraven. Ur ekonomisk synvinkel kan det dock argumenteras att för energi, till skillnad från de andra kraven, finns fungerande marknader. Därigenom finns också marknadspriser. Samhällets uppgift blir med ett sådant alternativ att se till att marknadspriserna korrekt avspeglar den samhälleliga resursåtgången. Någon speciell fokus på energianvändningen läggs inte med en sådan lösning utan marknaden bestämmer vad den ska bli.

byggnad är unik innebär detta att möjligheterna att uppfylla ett sådant generellt energikrav varierar och därmed också kostnaderna. För många byggnader kan ingreppen bli så stora att de samlade kostnaderna i form av bl.a. förlorade kulturvärde överstiger intäkterna.

Sett ur ett samhällsekonomiskt kostnadseffektivitetsperspektiv, om ett generellt energikrav ställs på befintliga byggnader leder detta inte i en riktning mot att samhällets begränsade resurser utnyttjas kostnadseffektivt. Ett nödvändigt villkor för att det givna besparingsmålet ska uppnås till lägsta kostnad är att den marginella kostnaden för ytterligare energibesparing är lika mellan byggnaderna⁵⁰. Eftersom förutsättningarna och därmed också kostnaderna varierar mellan byggnader innebär det i praktiken att olika byggnader ska mötas med olika energikrav.

I det nationella miljöqualitetsmålet *God bebyggd miljö* ingår delmål för kulturhistoriskt värdefull bebyggelse. Formuleringen av delmålet är att bebyggelsens kulturhistoriska värden senast år 2010 ska vara identifierade och ha en långsiktigt hållbar förvaltning. Nedan diskuteras avvägningen mellan energihushållning och varsamhetskrav.

Avvägningen mellan energihushållning och varsamhetskrav.

Våren 1978 lade regeringen fram en plan om satsningar på energisparåtgärder inom den befintliga bebyggelsen (prop. 1977/78:76). Målet var att sänka energiförbrukningen med 25-30 procent under en tioårsperiod. I planen räknade man med att 30 procent av bebyggelsen ägde sådana kulturhistoriska, skönhets- eller motsvarande miljövärden att den inte borde bli föremål för utvändigt tilläggsisolering eller andra ingrepp som skulle förändra byggnadens utseende.

Energisparåtgärder utvärderades i början av 1980-talet (Antell och Paues 1981). Resultaten av undersökningen gav vid hand att tilläggsisolering av fasader samt fönsterbyten i de flesta fall ledde till stora utseendemässiga förändringar. Husens arkitektur förenklades, förgrovades och utarmades samtidigt som husens kulturhistoriska värden omintetgjordes.

I BETSI-undersökningen ingick vid projektets tekniska besiktningar en bedömning av eventuella hinder för utvändigt tilläggsisolering. Av ca 1750 byggnader har besiktningsmännen bedömt att cirka 500 har sådana hinder, medan det i cirka 400 fall bedömts tveksamt om hinder finns. I tabell 5.1 redovisas resultatet uppräknat till riksnivå.

Boverket har granskat fotografier från ett antal byggnader som rapporteras sakna hinder för utvändigt tilläggsisolering. Granskningen har visat att långt fler byggnader än rapporterat bör bedömas svåra att tilläggsisolera utan att deras kulturhistoriska värden förstörs. Boverkets granskning pekar därmed på att troligen enbart ett mindre antal byggnader kan tilläggsisoleras utan att deras kulturhistoriska värden går förlorade eller att insatsen medför alltför kostnadskrävande följdåtgärder. Att många byggnader är uppförda med material, teknik och/eller en gestaltning som försvårar

⁵⁰ Begreppet samhällsekonomisk kostnadseffektivitet redovisas i bilaga 1.

eller omöjliggör en tilläggsisolering är ytterligare en orsak till att många hus inte kan tilläggsisoleras.

Tabell 5.1. Andel byggnader uppräknat till riksnivå där det finns kulturhistoriska hinder eller fördyrande omständigheter för tilläggsisolering av fasad.

Andel av	Ja	Nej	Tveksamt
Småhus	23 %	65 %	12 %
Flerbostadshus	31 %	41 %	28 %
Lokal	39 %	50 %	11 %
Totalt	24 %	63 %	13 %

Boverket konstaterar i sina slutsatser att resultaten från BETSI-undersökningen visar att utvändigt tilläggsisolering kopplat till kulturhistoriskt värde är ett svårbedömt område. Troligen påverkar merparten av all tilläggsisolering en byggnads kulturhistoriska värden negativt. Frågan är bara på vilket sätt och hur mycket? Och när understiger förlusten av ett kulturhistoriskt värde vinsten av ett annat värde, sett ur ett samhällsperspektiv? Kunskaperna inom området är bristfälliga. Boverket anser det viktigt att frågorna belyses innan ytterligare beslut om energibesparande åtgärder tas. Annars är det lätt att upprepa misstagen från tidigare perioder. Exempelvis medförde 1970-talets tilläggsisoleringar en förlust av arkitektoniska, estetiska och kulturhistoriska värden.

Ur en ekonomisk synvinkel kan kulturmiljö klassas som en *kollektiv vara*. En sådan vara kännetecknas av att människor inte kan utestängas från att konsumera varan ifråga (icke-exkluderbarhet). Ett annat kännetecken för kollektiva varor är att en individs konsumtion inte minskar den mängd av varan som finns tillgänglig för andra personer (icke-rivalitet). Två eller flera personer kan därför samtidigt ”konsumera” den kulturhistoriskt värdefulla byggnaden. För kollektiva varor existerar det inte några marknader och därför finns inte marknadspriser som kan användas för värdering. Andra värderingsmetoder får då användas för att sätta ett pris på dem⁵¹

Problematiken med kollektiva varor som till exempel kulturmiljö ligger inte i hur konsumtionen fördelas, eftersom alla personer kan konsumera en kollektiv vara lika mycket. Frågan är i stället hur mycket som ska tillhandahållas (bevaras). I avsaknad av en marknad föreligger det en risk att för ”lite” kulturvärde kommer att väljas.⁵²

Vid avvägningen mellan energihushållning och varsamhetskrav accentueras svårigheterna genom att marknadsplatser existerar för energi men inte

⁵¹ Kollektiva varor skiljer sig från s.k. *privata varor*. Mjölk, bröd, kläder och energi är exempel på sådana. För privata varor existerar det marknader och varorna som köps och säljs kännetecknas av såväl exkluderbarhet som rivalitet. När ett hushåll köper och förbrukar en kWh energi utestängs andra hushåll från att förbruka just denna kWh. Vidare existerar en rivalitet i konsumtionen i det att något annat hushåll inte kan förbruka den kWh som det första hushållet köpt.

⁵² Existensen av kollektiva varor är ett s.k. *marknadsmislyckande*. Andra exempel på kollektiva varor är gatubelysning, luftkvalitet och försvar.

för kulturvärden. Man har att väga ett krav där det finns marknadspriser att tillgå mot ett annat krav, där marknadspriser saknas. Det innebär i sin tur att det är betydligt lättare att sätta ett värde på intäkterna (minskade utlägg för energi) men betydligt svårare att sätta ett värde på kostnaderna (förlust av kulturvärden). Risken är därför påtaglig att för stor vikt läggs på sådana effekter som det är lätt att räkna på.

Plan- och bygglagen är ett verktyg för att kunna göra dessa avvägningar. Den individuella prövning som ett bygglov innebär utgör en bedömning exempelvis av i vilken utsträckning en föreslagen åtgärd påverkar en byggnads kulturhistoriska värden. Både byggnaden i sig och föreslagen åtgärd måste vägas mot de förutsättningar som finns idag, samtidigt som hänsyn ska tas till framtida generationer. För att denna process ska bli framgångsrik krävs kunskaper om bl.a. ekonomi, energi och kulturmiljö hos dem som ska fatta besluten. Endast genom detta breda angreppssätt kan vi i arbetet med energiomställning skapa ett långsiktigt hållbart samhälle där dåtid, nutid och framtid ständigt är närvarande.

5.3 Subventioner

Subventioner är ett ekonomiskt styrmedel som samhället kan utnyttja för att komma till rätta med marknadsmisslyckanden. Broberg m.fl. (2009) menar att det tydligt bör framgå vilket marknadsmisslyckande som styrmedlet är riktat mot: Är det koldioxidutsläpp, energiförsörjning, informationsmisslyckanden, spridningseffekter eller andra incitamentsproblem? Vidare pekar författarna på att dubbelstyrning bör undvikas genom att det framgår hur subventioner kompletterar redan befintliga styrmedel. Bye och Bruvoll (2008) framhåller komplexiteten med flera styrmedel och dess effekter och författarna menar att strävan bör vara att koordinera och förenkla de befintliga styrmedlen innan man ger sig i kast med att införa nya styrmedel.

Vid utformningen och fördelningen av subventionerna är två aspekter viktiga att ta hänsyn till. Den ena avser frågan om subventioner ger additiva effekter eller additionalitet, d.v.s. effekter som inte skulle ha kommit till stånd utan stödet. Den andra aspekten är om subventionerna fördelas utifrån kostnads- och bidragseffektivitet. Nedan diskuteras dessa två aspekter.⁵³

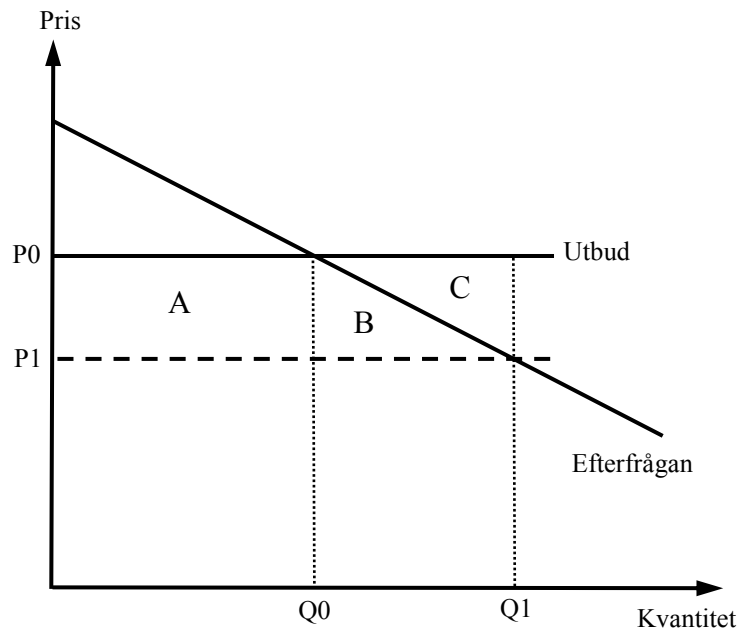
5.3.1 Additionalitet

Additionalitet, d.v.s. om ett styrmedel ger effekter som annars inte skulle ha kommit till stånd, är en viktig aspekt som är aktuell inte minst inom klimatområdet. En av de flexibla mekanismerna, *Mekanismen för ren utveckling* (Clean Development Mechanism, CDM) som infördes i Kyoto-protokollet bygger på att investeringar som görs i utvecklingsländerna ska vara additionella. Med detta menas att investeringarna ska leda till utsläppsminskningar som går utöver vad som annars skulle uppnås.

⁵³ Diskussionen bygger i hög grad på Boverkets (2010c) sammanställning ”En granskning av additionalitet och bidragseffektivitet bland några energistöd”, Dnr 1399-4169/2010

Broberg m.fl. (2010) anger bristande additionalitet som ett av de allvarligaste skälen till att ifrågasätta investeringsstödens utformning. Gillingham m.fl. (2009) framhåller också detta och pekar på att vid utvärderingar av energieffektiviseringsprogram tas liten hänsyn till bristande additionalitet. Figur 5.2 belyser problematiken.⁵⁴

Figur 5.2. Efterfrågan och utbud på energieffektiviserande åtgärder. Med och utan subvention.



Figur 5.2 visar ett utbuds- och efterfrågediagram för en energieffektiviserande åtgärd. På y-axeln anges priset per åtgärd och på x-axeln anges kvantiteten, d.v.s. antalet efterfrågande och producerade åtgärder.

Utgångspunkten är ett läge utan subventioner. Det pris som konsumenterna inledningsvis får betala är P_0 och de efterfrågar Q_0 åtgärder. Införs en subvention, exempelvis utformad som en andel av investeringskostnaderna, sänks konsumentpriset till P_1 och antalet efterfrågade åtgärder uppgår nu till Q_1 . Subventionen har således stimulerat konsumenter till att efterfråga fler energieffektiviserande åtgärder. Antalet ”extra” åtgärder som efterfrågas (och tillverkas) representeras av sträckan $Q_1 - Q_0$. Det är detta antal som utgör subventionens additionalitet.

För att erhålla denna additionalitet måste staten betala en subvention. För varje enhet utgår en subvention som i figuren motsvaras av sträckan $P_0 - P_1$. Antalet efterfrågade enheter med subventionen införd uppgår till Q_1 . Det totala subventionsbeloppet beräknas som sträckan $P_0 - P_1$ multiplicerat med Q_1 enheter, eller ytorna $A + B + C$. Ytan A representerar den del av det totala subventionsbeloppet som tillfaller konsumenter som

⁵⁴ För en utförlig diskussion med koppling till olika marknadshinder, se Sutherland (2000),

ändå skulle ha efterfrågat åtgärderna. Genom att Q0 enheter av den energieffektiviserande åtgärden kommer att efterfrågas även utan subvention kan ytan A ses som en inkomstöverföring från skattekollektivet till dessa konsumenter. De gynnade konsumenterna benämns i den ekonomiska litteraturen för ”free riders” (fripassagerare).

Ytorna B + C representerar de delar av det totala subventionsbeloppet som måste ges för att stimulera konsumenter att efterfråga ytterligare åtgärder. Dock tillfaller endast ytan B dessa konsumenter. Ytan C tillfaller ingen och utgör det som brukar benämnas ”dödviktsförlust” (Dead weight loss).

Hur stora de olika ytorna är i praktiken beror bl.a. på hur priskänslig efterfrågan på energieffektiviserande åtgärder är och på hur stor efterfrågan är inledningsvis utan subventioner. Om exempelvis den efterfrågade kvantiteten är liten utan subvention blir ytan A liten när en subvention införs och vice versa. Är konsumenterna okänsliga för prisförändringar på energiåtgärder kommer subventionens additiva effekter att vara små och större delen av subventionen tillfaller aktörer som ändå skulle ha genomfört effektiviseringen. Till syvende och sist är detta en empirisk fråga.

Som framgår av figur 5.2 är subventionens additionalitet sträckan Q1 – Q0. Avslutningsvis ska nämnas att införandet av en subvention kan försvaras ur en samhällsekonomisk synvinkel om vissa villkor är uppfyllda. Kravet är att införandet leder till andra typer av samhällsekonomiska intäkter såsom exempelvis utsläppsreduktion av växthusgaser och att värdet av dessa intäkter är större än yta C i figuren.

5.3.2 Bidragseffektivitet

Med bidragseffektivitet avses, som tidigare nämnts, att bidraget ska ges till åtgärder som ger störst effekt per insatt bidragskrona. För att uppnå detta krävs dels att bidraget sätts i relation till antalet kWh som sparas genom investeringen (bidragskostnaden), dels att de olika projekten rangordnas efter den erhållna bidragskostnaden. Ett givet bidragsbelopp kan därigenom fördelas till projekt som ger störst energieffektivisering.

5.3.3 Resultaten från Boverkets sammanställning

I Boverkets sammanställning *En granskning av additionalitet och bidragseffektivitet bland några energistöd* appliceras additionalitet respektive bidragseffektivitet på ett flertal energistöd som verket har hanterat genom åren. Resultaten från de utvärderingar som gjorts och som refereras i sammanställningen visar att i flera av stöden beräknas 50 procent eller mer av bidragen ha gått till åtgärder som även utan stöd skulle ha genomförts⁵⁵.

⁵⁵ Några studier som undersökt additionalitet är Joskow och Marron (1992), Hasset och Metcalf (1995) samt Grösche och Vance (2009). I den senare undersöktes subventioner som gavs i Tyskland till energieffektiviseringar. Resultaten pekar på att 50 procent av hushållen som erhöll subventioner var villiga att betala mer än vad kostnaderna för energieffektiviseringarna uppgick till utan subventioner.

Oljekonverteringsstödet, vilket gavs till åtgärder i småhus för att byta uppvärmningssätt från olja, bedöms t.ex. av Boverket ha en mycket låg additionalitet sett på några års sikt. Utfasningen av oljeanvändningen för uppvärmningsändamål i småhus beräknas ske runt år 2014, med eller utan stöd.

För *OFFROT-stödet*⁵⁶ anges i Boverkets utvärdering att över hälften av de åtgärder som genomfördes med stödet och nästan halva den årliga energibesparing på närmare 400 GWh som åtgärderna beräknas ha gett upphov till, troligen skulle ha genomförts även utan stödet.

Stödet för installation av energieffektiva fönster och biobränsleanordningar beviljades dels för installation av energieffektiva fönster, dels till installation av en biobränsleanordning för värme och tappvarmvatten vid nybyggnad av småhus. Av det minskade värmebehovet på 23,4 GWh per år som följd av installation av energieffektiva fönster beräknar Boverket att mellan 16 – 18 GWh skulle ha kommit till stånd även utan stöd. I procent räknat blir det mellan 68 och 77 procent. När det gäller stödet till installation av biobränsleanordningar beräknas att det i 92 procent av byggnaderna skulle ha installerats en biobränsleanordning även utan stöd.

Eftersom stöden vanligtvis fördelades med en procentsats av investeringskostnaden, utan hänsyn till hur stor energieffektiviseringen är i de enskilda ärendena beaktas inte bidragseffektiviteten vid fördelningen.

Avslutningsvis kan nämnas att Energimyndigheten har haft ett regeringsuppdrag i vilket det bl.a. ingått att kartlägga och utreda vilka eventuella behov som finns av finansiella energieffektiviseringsstöd i befintlig bebyggelse i Sverige. Energimyndigheten anser att det finns ett särskilt behov av att undanröja informationsmisslyckanden med avseende på exempelvis kunskap om beräkningsmodeller, metoder och analyser vid upphandling, genomförande och utvärdering av energieffektiviseringslösningar för befintliga byggnader utifrån ett helhetsperspektiv. Härigenom skapas, enligt Energimyndigheten, förutsättningar för att marknaden ska fungera bättre. Någon särskild satsning på subventioner till investeringar anser Energimyndigheten inte vara ändamålsenlig. Istället bör arbetet inriktas på spridning av kunskapshöjande åtgärder.⁵⁷

5.4 Referenser

Antell, O och C Paues (1981), *"Isolering uppåt väggarna"*, Bygghöjningsrådet, T4:1981.

Boverket (2009a), "Så mår våra hus. Redovisning av regeringsuppdrag beträffande byggnaders tekniska utformning m.m."

Boverket (2009b), *"Beslutsunderlag/förstudie BÄR 2010"*, Dnr 1101-1857/2008.

⁵⁶ Stödet till investeringar i energieffektivisering och konvertering till förnybara energikällor i lokaler som används för offentlig verksamhet.

⁵⁷ Energimyndigheten (2010). *"Finansieringsinstrument för energieffektivisering"*, ER 2010:37

- Boverket (2010a), "Konsekvensutredning. Revidering av avsnitt 9 Energihushållning i Boverkets byggregler, BBR (BFS 1993:57)", Dnr: 1271-329/2010
- Boverket (2010b), "Konsekvensutredning. Revidering av Boverkets Ändringsregler", Dnr 1101-751/2009
- Boverket (2010c), "En granskning av additionalitet och bidragseffektivitet bland några energistöd", Dnr 1399-4169/2010
- Broberg, T, J Forslund och E Samakovlis (2009), "En utvärdering av kostnadseffektiviteten i stödet till energieffektiviseringar i lokaler för offentlig verksamhet", Konjunkturinstitutet, Specialstudier Nr 22
- Broberg, T, E Samakovlis och J Forslund (2010), "Investeringsstöd – ett överskattat styrmedel i miljöpolitiken", Ekonomisk Debatt, Nr 3, Årgång 38.
- Bye, T och A Bruvoll (2008), "Multiple instruments to change energy behaviour: The emperor's new clothes?", Energy Efficiency, 1
- Ejdemo, T och P Söderholm (2010), "Ekonomisk analys av energieffektivisering i bebyggelsen", Rapport till Energimyndigheten
- Energimyndigheten (2010). "Finansieringsinstrument för energieffektivisering", ER 2010:37
- Grösche, P och C Vance (2009), "Willingness to Pay for Energy Conservation and Free-Ridership on Subsidization: Evidence from Germany", Energy Journal 30
- Gillingham, K, R G Newell och K Palmer (2009), "Energy Efficiency Economics and Policy", Resources for the Future, RRF DP 09-13
- Hasset, K.A och G.E Metcalf (1995), "Energy tax credits and residential conservation investment: evidence from panel data", Journal of Public Economics 57
- Jaffe, A.G, R.G Newell och R.N Stavins (2004), "Economics of energy efficiency", Encyclopedia of Energy 2
- Joskow, P.L och D Marron (1992), "What does a negawatt really cost? Evidence from utility conservation programs", Energy Journal 13
- Linares, P och X Labandeira (2010), "Energy Efficiency: Economics and Policy", Journal of Economics Surveys, Vol. 24, No 3
- Prop. 1977/78:76 med energisparplan för befintlig bebyggelse
- Prop. 2005/6:145 "Nationellt program för energieffektivisering och energismart byggande"
- Samuelsson, I (2008), "Ökar risken för fuktskador i passivhus?", Tidningen Bygg & Teknik 5/08
- SOU 2005:55, Bättre inomhusmiljö
- SOU 2008:24, Svensk klimatpolitik
- SOU 2008:110, Vägen till ett energieffektivare Sverige.
- Sutherland, R (2000), "No Cost" Efforts to Reduce Carbon Emissions in the U.S.: An Economic Perspective" The Energy Journal, Vol. 21, No 3

6 Beräkningar av åtgärders energibesparing och kostnad

6.1 Regeringsuppdraget

Flera frågor i regeringsuppdraget⁵⁸ handlar om bebyggelsens energianvändning och potential för energieffektivisering. Boverket ska bland annat redovisa:

- *omfattning och kostnader för att rusta upp bebyggelsen till de nivåer och tidpunkter för energianvändningen – med beaktande av god inomhusmiljö – som framgår av riksdagen beslutat mål för energianvändningen. Det skall framgå i vilken mån energieffektiviseringsåtgärderna (i klimatskal eller i ändrat uppvärmningssätt) kräver uppgradering av ventilation mm samt bedömning av kostnader för denna uppgradering.*
- *energianvändning i byggnader för värmebehov och tappvarmvatten. Vidare skall användningen av fossila bränslen och el (direktverkande, vatten- och luftburen sådan) för ändamålen redovisas.*

Nedan redovisas de beräkningar som gjorts inom uppdraget för att uppskatta kostnaden för att nå de av riksdagen beslutade energimålen.

6.1.1 God bebyggd miljö, delmål energi

Enligt det av riksdagen år 2006 beslutade delmålet för energianvändning i bebyggelsen gäller att:

Den totala energianvändningen per uppvärmd areaenhet i bostäder och lokaler minskar. Minskningen bör vara 20 procent till år 2020 och 50 procent till år 2050 i förhållande till användningen 1995. Till år 2020 skall beroendet av fossila bränslen för energianvändningen i bebyggelse-sektorn vara brutet, samtidigt som andelen förnybar energi ökar kontinuerligt.

⁵⁸ Se bilaga 5 om regeringsuppdraget.

6.1.2 Uppföljning av delmålet 2009

Energianvändningen per uppvärmd areaenhet minskar, men takten på minskningen är osäker. För att nå målet till år 2050 räcker det inte med att endast effektivisera äldre byggnader. De byggnader som kommer till under perioden fram till 2050 måste använda mindre energi än vad dagens byggregler medger för ej elvärmda byggnader. Byggreglerna anger dock en övre gräns för tillåten energianvändning. Den faktiska användningen kan därför förväntas bli lägre, om byggreglerna efterlevs.

När det gäller användning av fossila bränslen har den minskat markant sedan ELIB. Det är därför inte osannolikt att beroendet av fossila bränslen för energianvändning i bebyggelsen är brutet till år 2020. Dock förekommer användning av fossila bränslen vid produktion av el och omvandling till fjärrvärme. Den produktionen ligger emellertid utanför bebyggelsesektorns påverkansmöjligheter.

Utvecklingen vad gäller andel förnybar energi kan inte besvaras genom denna undersökning. Den beror till största delen på faktorer utanför bebyggelsesektorn. Den enda slutsats som kan dras är att andelen biobränsle ökat i småhusen. Även värmepumpar har installerats i stor utsträckning. Om den värme som dessa hämtar från mark, luft och vatten medräknas i andelen förnyelsebar energi har den ökat i småhusen. Med hur mycket går dock inte att säga.

6.1.3 Olika utgångspunkter i statistiken försvårar jämförelser

Enligt målet ska energianvändningen minska i förhållande till uppvärmd golvyta. I BETSI har dock inte samma mått på uppvärmd area⁵⁹ använts som i officiell statistik. Detta medför att det är svårt att göra en jämförelse mellan uppgifter från BETSI och uppgifter i officiell statistik. Det är därför nödvändigt att utgå från den, enligt officiell statistik, år 2005 uppnådda relativa minskningen av energianvändningen, när åtgärds kostnader för en framtida minskning av energianvändning utifrån uppgifter i BETSI beräknas.

I BETSI används måttet A_{temp} eftersom det är det mått som används i Boverkets byggregler, och det också är det mått som miljömålet för energi är baserat på. I officiell statistik efterfrågas i första hand bostadsarea, BOA, och lokalarea, LOA. I småhusen efterfrågas också biarea, t.ex. förråd och uppvärmd källare, vilket i princip motsvarar A_{temp} . I lokalbyggnader ingår i LOA många gånger även areor för trapphus, korridorer och förråd. Så även för rena lokalbyggnader motsvaras ofta ofta LOA av A_{temp} . Detta gäller dock inte för flerbostadshus där arean hos t.ex. trapphus och förråd i källare inte kommer med i redovisningen av uppvärmd golvyta. I den officiella energistatistiken⁶⁰ anges uppvärmd area i bebyggelsen. Enligt den statistiken har den uppvärmda arean minskat med 8 miljoner

⁵⁹ I BETSI anges A_{temp} , vilket förenklat kan sägas utgöras av summan av den golvyta i varje våningsplan som begränsas av ytterväggarnas insida, och som värms till mer än 10 °C. Garage ingår inte i A_{temp} , såvida garaget inte är en egen byggnad.

⁶⁰ Till exempel *Energistatistik för småhus, flerbostadshus och lokaler*, som publiceras av Energimyndigheten varje år.

m² under perioden 1995 – 2005. Statistik kring boende och byggande gör gällande att den uppvärmda arean i stället ökat med i storleksordningen 30 miljoner m² under samma period.⁶¹ Beroende på antagande om ökad eller minskad area nås en för år 2005 uppnådd energibesparing enligt tabell 6.1.

Tabell 6.1. Minskad energianvändning i bebyggelsen i förhållande till uppvärmd golvarea.

Minskad energianvändning i bebyggelsen 1995 – 2005 [%]			
	Areor enligt officiell energistatistik	Antagande om samma area 1995 och 2005	Ökning av uppvärmd area enligt annan statistik
Normalår 1971 – 2000	3,7	5	9,7

Slutsatsen blir att energianvändningen per kvadratmeter uppvärmd golvarea har minskat, men det är svårt att avgöra exakt med hur mycket. Det ska dock sägas att det är mängden köpt energi som minskat. Enligt de överslagsberäkningar som gjorts i kapitel 2, *Byggnadernas klimatskal*, har värmebehovet i bostadshusen endast minskat med ungefär 2 TWh/år genom förbättringar av klimatskalen. Att mängden köpt, eller levererad, energi minskat beror till stor del på att värmepumpar ersatt förbränning av olja, direktverkande el och vattenburen el.

Särskilt ett byte från olja till värmepump ger en stor minskning av levererad energi. En äldre oljepanna har kanske en årsverkningsgrad på 0,70 och värmepumpen kan ha en årsvärmefaktor på 3,0. Vid ett sådant byte minskar mängden köpt energi med drygt 75 procent för värme och varmvatten.

6.2 Utgångspunkt för beräkningar av åtgärder för energieffektivisering

För att undersöka vilka åtgärder som krävs för att nå mål om minskad relativ energianvändning i bebyggelsen har energibalanser beräknats för de besiktade byggnaderna. Dessa beräkningar redovisas i avsnitt 6.3 och 6.4. I avsnitt 6.5 redovisas ett nollalternativ, det vill säga vilken utveckling som kan förväntas om inga ytterligare styrmedel införs för att stimulera en energieffektivisering i bebyggelsen.

Energianvändning enligt officiell statistik och uppgifter om uppvärmd golvarea från BETSI ger en genomsnittlig årlig relativ energianvändning om cirka 150 kWh/m² i bostäder och 300 kWh/m² i lokaler. En byggnad kan dock innehålla både bostäder och lokaler. I officiell statistik redovisas den lokalarea som till exempel finns i flerbostadshus som lokalarea. I BETSI redovisas byggnadens huvudsakliga användning. Om bostäder utgör en större andel än lokaler redovisas byggnaden som ett bostadshus, antingen som ett småhus eller som ett flerbostadshus. Byggnaden defini-

⁶¹ Statistisk årsbok för Sverige (2009) som ges ut av SCB varje år.

eras som ett småhus om den innehåller högst två bostäder. Om den innehåller fler än två bostäder definieras den som ett flerbostadshus. I officiell energistatistik, däremot, redovisas verksamheten. Från flerbostadshuset flyttas t.ex. cirka 16 miljoner m² lokalarea och redovisas som lokalbyggnad. I beräkningarna i detta arbete har dock utgångspunkten varit byggnadens klassificering och inte verksamheten.

I Energimyndighetens (pågående) projekt, STIL2⁶², har energianvändningen i ett antal lokalkategorier studerats. De undersökta kategorierna utgör ungefär 70 procent av Sveriges lokalbestånd. Genomsnittlig energianvändning är för dessa cirka 240 kWh/m² och år. Om uppgifter om genomsnittlig energianvändning från STIL2 används, tillsammans med lokalbyggnadernas areor i BETSI, betyder det att utgångspunkten för total energianvändning i dessa ska vara 31,3 TWh för basåret 2005 i beräkningarna. Total slutlig energianvändning för både bostäder och lokaler år 2005 uppgick till 121,4 TWh⁶³. I bostäderna ska utgångspunkten därmed vara 90,1 TWh när åtgärder prövas för en minskad energianvändning i bostadsbeståndet. I de beräkningar som redovisas i rapporten har utgångspunkten varit dessa mängder.

Den energianvändning som redovisas i officiell statistik är köpt energi. Hur mycket av den köpta energin som nyttiggörs i byggnaden beror på energiförsörjningssystemet. I förbränningspannor uppstår förluster som medför att en större mängd energi måste köpas in jämfört med det behov som finns av att tillföra värme och tappvarmvatten. I en byggnad med värmepump köps en mindre mängd elenergi in jämfört med den mängd energi som i form av värme levereras från pumpen. Det beror på att en värmepump tar upp värme från mark, vatten eller luft. Den upptagna energimängden kommer inte med i den officiella statistiken.

6.3 Beräkningar i bostadsbeståndet

I de beräkningsmodeller som använts⁶⁴ beräknas behov av tillförd värme, och varmvatten, el till drift av installationsteknisk utrustning samt el till hushållsändamål. Beroende på antaganden om solvärmestillskott, personvärme, värmefaktor i värmepumpar och verkningsgrader i förbränningspannor i byggnaderna kan mängden köpt energi variera inom ett spann på 3 till 6 TWh. Utifrån de antaganden som gjorts i detta arbete är behovet av värme i bostadsbeståndet 2,2 TWh större än mängden köpt energi enligt den, med utgångspunkt i officiell statistik, uppskattade mängden 90,1 TWh (se avsnitt 6.2). I tabell 6.2 anges antaganden om värmefaktorer i värmepumpar och verkningsgrader (η) i förbränningspannor.

⁶² *Energianvändning i idrottsanläggningar*, ER 2009:10, *Energianvändning i vårdlokaler*, ER 2008:09, *Energianvändning & inomhusmiljö i skolor och förskolor*, ER 2007:11, *Förbättrad energistatistik för lokaler*, ER 2007:34, Energimyndigheten.

⁶³ Enligt uppgift från Energimyndigheten (Linn Stengård).

⁶⁴ För en beskrivning av modellen se *Calculation of energy use in the Swedish residential building stock. Description of the building energy simulation model: ENASS.BS Energy Assessment of Building Stocks* Chalmers rapport 2009:4, ISSN 1652-9162

Tabell 6.2. Antagna värmefaktorer (COP) och verkningsgrader i värme-pumpar, förbränningsanläggningar och andra former för värmeför-sörjning.

Värmepump	COP	Förbränningsspanna	η	Övrigt	η
Berg	3	Olja	0,85	Trivseleldn.**	0,4
Vatten	3	Gas	0,9	Elpanna	0,98
Markförlagd	3	Pellets	0,8	Direktel	0,98
Luft	2,5	Ved	0,7	Fjärrvärme	0,98
FVP *	3	Annat	0,6	Närvärme	0,98

*Gäller vid beredning av tappvarmvatten när inget värmebehov föreligger. I övrigt antas en värmeåtervinning i hus med FVP (frånluftsvärmepump).

**Öppen spis, braskamin, kakelugn, vedspis.

6.3.1 Åtgärder

I tabell 6.3 anges typ av åtgärd och kostnader för dessa för bostadsbyggnaderna i undersökningen. Kostnaderna är baserade på annuiteter för att kunna ta hänsyn till åtgärdernas olika livslängd. Realräntan är fyra procent. I de två kolumnerna längst till höger anges hur många av de besiktade byggnaderna en åtgärd tillämpats i, respektive hur många byggnader detta motsvarar på riksnivå. Annuiteten har beräknats som:

$$\text{Annuiteten} = \text{Investeringskostnad} \cdot \frac{r}{1 - (1 + r)^{-n}} + \text{årligt underhåll}$$

där r är kalkylräntan och n är åtgärdens livslängd.

I beräkningarna har åtgärderna tillämpats efter kostnadseffektivitet. Med kostnadseffektivitet avses att en åtgärd som sparar mer energi per investerad krona (SEK/kWh) väljs före en åtgärd som sparar mindre energi per investerad krona. Kostnaderna avser endast kostnaderna för åtgärder (material och arbetskraft), samt det extra underhåll som t.ex. filterbyte medför vid installation av mekanisk ventilation i en byggnad med självdrag. Kostnaderna i tabell 6.3 anges inklusive moms, eftersom de flesta ägare av bostadshus inte kan dra av denna utgift. Användningen av hushållsel förutsätts minska till hälften av i dag fram till år 2050. Kostnaden för denna utveckling är inte med i beräkningarna.

Tabell 6.3. Beräknade kostnader, i 2009 års priser, och livslängder för energibesparande tekniska åtgärder i småhus och flerbostadshus.

Typ av åtgärd	Annuitet [SEK/år]	Livslängd [år]	Undersökta byggnader	Byggnader på riksnivå
Uteluftventilerad kryppgrund till varmgrund	80/m ²	40	31	52000
Torpgrund till platta på mark	90/m ²	40	11	52000
Källargolv bilas upp, grävs ur och isoleras	126/m ²	40	332	378000
Isolering av bjälklag ovan ouppvärmad källare	40/m ²	40	31	138000
Isolering av källarväggar ovan mark	70/m ²	40	204	383000
Isolering av källarväggar under mark	29/m ²	40	377	582000

Tabell 6.3. Forts. beräknade kostnader och uppskattade livslängder för energibesparande tekniska åtgärder i småhus och flerbostadshus.

Typ av åtgärd	Annuitet [SEK/år]	Livslängd [år]	Undersökta byggnader	Byggnader på riksnivå
Isolering utsida, fasad av träpanel, skivor, plåt	50/m ²	40	202	678000
Isolering utsida, fasad av betong, lättbetong, LECA	62/m ²	40	83	54000
Isolering utsida, fasad av tegel. Ny fasad tegel	48/m ²	40	89	115000
Isolering insida fasad	53/m ²	40	245	391000
Utfackningsvägg, fasad av tegel, rivs. Ny med skivor	89/m ²	40	17	6000
Utfackningsvägg med fasad av skivor rivs, ny lika	87/m ²	40	5	1500
Utfackningsvägg med tegel-fasad rivs, ny lika	87/m ²	40	14	1500
Isolering 200 mm ovansida vindsbjälklag, sadeltak	9/m ²	40	120	268000
Isolering vindsbjälklag där förråd finns	66/m ²	40	10	3700
Isolering undersida vindsbjälklag	40/m ²	40	44	128000
Isolering ovansida vindsbjälklag pulpettak	11/m ²	40	7	1400
Isolering 300 mm ovansida vindsbjälklag	11/m ²	40	39	93000
Isolering 400 mm ovansida vindsbjälklag	13/m ²	40	30	71000
Isolering utsida stödbensvägg	13/m ²	40	66	256000
Isolering av snedtak	38/m ²	40	51	224000
Fönsterbyte	188/m ²	40	882	1336000
Byte av ett glas till glas med hårt LE-skikt***	131/m ²	40	15	48000
Byte av tvåglas till glas med hårt LE-skikt***	158/m ²	40	37	157000
Installation av FTX i småhus med S eller F	4775/hus	20	575	1606000
Installation av FTX i småhus med FT eller FTX	3092/hus	20	138	203000
Installation av FTX i flerbostadshus med S eller F	4775/lgh	20	403	131000
Installation av FTX i flerbost.hus med FT eller FTX	3092/lgh	20	121	26000
Förändring av eleffekt till belysning	0	-	Alla (1384)	2053000
Förändring av eleffekt till apparater	0	-	Alla (1384)	2053000
Installation av snålspolande varmvattenarmatur SH.	1130/hus	10	826	1888000
Installation av snålspolande varmvattenarmatur FH	678/lgh	10	558	166000
Byte av cirkulationspump i vattenburet värmesyst. SH	658/hus	15	447	992000
Byte av cirkulationspump i vattenburet värmesyst. FH	1737/hus	15	373	111000
Injustering av värme, vattenburen	4/m ²	10	952	1293000
Injustering av värme, annan	2/m ²	10	432	760000

*Tegelfasaden måste bytas på grund av skada. ** Beror på ursprungligt U-värde hos konstruktionen. ***Lågemissionsskikt

6.3.2 Energibesparingar för att uppnå delmålen

I beräkningsmodellen är energibehovet (se avsnitt 6.1.1) 92,3 TWh/år innan åtgärderna för energibesparingar införs. En första åtgärd är dock att säkerställa ett normenligt luftflöde enligt Boverkets byggregler. I småhusen är genomsnittligt flöde⁶⁵ 0,23 liter per sekund och $m^2 A_{temp}$. Detta flöde ökas därför till 0,35 l/s och m^2 som första åtgärd. Det ökade flödet leder till ett ökat värmebehov motsvarande 5,4 TWh/år.⁶⁶ Kostnaderna för att uppnå ett ökat ventilationsflöde i småhusen är inte medräknade. Där emot ingår effekten av den ökade energiåtgången till följd av åtgärden i de energimängder och kostnader som redovisas i tabell 6.5.

Beroende på antaganden om redan uppnådd besparing år 2005 ska en tillåten energianvändning motsvarande den i tabell 6.4 uppnås i beräkningsmodellen, under förutsättning att de byggnader som kommer till under perioden uppfyller tillåten specifik energianvändning för respektive målår.

Tabell 6.4. Tillåten energianvändning i bostäder år 2005 och målåren 2020 och 2050, med uppnådd besparing år 2005 enligt tabell 6.1.

Besparing 2005, [%] (tab 6.1)	2005		2020		2050	
	Specifik (kWh/m ²)	Total (TWh/år)	Specifik (kWh/m ²)	Total (TWh/år)	Specifik (kWh/m ²)	Total (TWh/år)
3,7	171,8	92,3	142,7	76,7	89,2	47,9
5,0	171,8	92,3	144,7	77,7	90,4	48,6
9,7	171,8	92,3	152,2	81,8	95,1	51,1

Utgångspunkten i beräkningarna är en specifik energianvändning år 2005 på 171,6 kWh per kvadratmeter för bostäder. Sammantaget för hela bostadsbeståndet ger det en total energianvändning på 92,3 TWh per år. En minskning med 20 procent till år 2020, i förhållande till år 1995, innebär att den specifika användningen ska ner till 142,7 kWh/m², eller en total användning på 76,7 TWh per år, om uppnådd besparing år 2005 antas vara 3,7 procent. En minskning med 50 procent till år 2050 innebär en specifik energianvändning på 89,2 kWh per kvadratmeter och en total användning på 47,9 TWh, om uppnådd besparing år 2005 antas vara 3,7 procent.

Uppgifterna ovan avser endast det befintliga bostadsbeståndet. De byggnader som uppförs under perioden kan i genomsnitt inte heller använda mer energi per uppvärmd golvvarea om målen ska uppfyllas. Däremot kommer de att bidra till att den totala energianvändningen i bostadshusen ligger högre än de ovan beräknade mängderna.

Observera att kostnader och energimängder avser det bostadsbestånd som omfattas av undersökningen. I detta bestånd ingår de byggnader som uppförts till och med år 2005, och som fanns kvar vid tidpunkten för besikt-

⁶⁵ Se avsnitt 5.6, *Följdåtgärder för att säkerställa en god inomhusmiljö*.

⁶⁶ 5,4 TWh kan ses som den energimängd som krävs för att säkerställa en tillfredsställande ventilation inomhus i samtliga småhus.

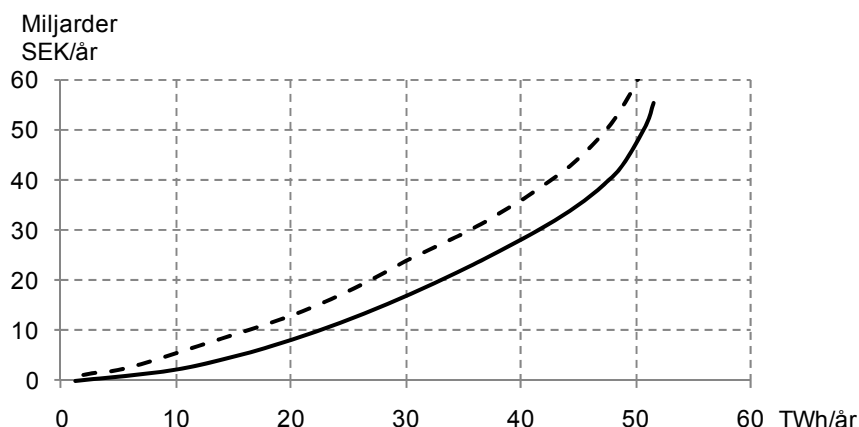
ningen. Fram till år 2020 och år 2050 kommer en del av detta bestånd att ha rivits. Den totala kostnaden för att nå energisparmålen och den totala målnivån på energianvändningen i det kvarvarande beståndet kommer naturligtvis att påverkas av detta. Om t.ex. tio procent av beståndet rivits fram till år 2050 kommer den totala kostnaden och den totala tillåtna energianvändningen i beståndet att minska med motsvarande andel. Den relativa besparingskostnaden per kWh kommer dock inte att förändras om de byggnader som rivs utgörs av ett genomsnitt av beståndet.

6.3.3 Kostnader för prövade åtgärder

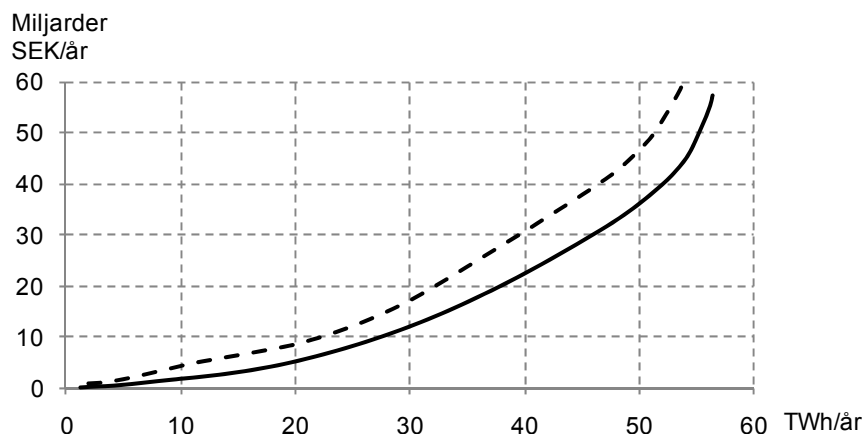
I figurer 6.1 och 6.2 redovisas utfallet av de åtgärder som provats. På Y-axeln ges kostnaden i miljarder kronor/år och på x-axeln energibesparing i TWh/år. Måtten kostnad i miljarder kronor per år och besparingen i TWh/år (miljarder kWh/år) kan i diagrammen i figurerna också läsas som kronor per sparad kWh. För att till exempel nå en besparing på 30 TWh per år är total entreprenadkostnad (heldragen linje) per år enligt figur 6.1 cirka 17 miljarder kronor. Det betyder att den genomsnittliga kostnaden för de åtgärder som krävs för att uppnå denna besparing motsvarar $17/30 = 57$ öre per kWh.

Figur 6.1 visar kostnaderna för besparingarna om en sänkning av inomhustemperaturen inte accepteras. Figur 6.2 visar kostnaderna om en medeltemperatur inomhus på 20 °C skulle accepteras av de boende. Den heldragna kurvan avser entreprenadkostnad (arbete och material). Den streckade kurvan avser entreprenadkostnad plus övriga kostnader för fastighetsägare och samhället enligt den diskussion som förs i bilaga 1. De övriga kostnaderna är inte beräknade utan den streckade kurvan ska endast ses som en indikation på att entreprenadkostnaderna inte är de enda kostnaderna för energieffektiviseringsåtgärderna.

Figur 6.1. Kostnaden, i 2009 års priser, för att reducera energianvändningen i bostadshus. Inomhustemp. i småhusen är 21,2 °C och i flerbostadshusen 22,3 °C.



Figur 6.2. Kostnaden, i 2009 års priser, för att reducera energianvändningen i bostadshus om de boende accepterar att inomhustemperaturen sänks till 20 °C.



För att nå målen om en minskad energianvändning måste användningen minska med de mängder till de kostnader som redovisas i tabell 6.5. Den första åtgärden, att säkerställa ett ventilationsflöde enligt Boverkets byggregler i småhus, ökar dock energianvändningen med 5,4 TWh/år. Besparingen som måste till efter denna åtgärd (för att nå de nivåer som anges i tabell 6.4) är alltså den mängd som anges först i tabell 6.5 plus den ökning på 5,4 TWh/år som ett normenligt ventilationsflöde ger.

I tabell 6.5 redovisas två scenarier. Det första redovisar kostnader utan acceptans för en sänkning av temperaturen till 20°C i samtliga bostäder. Det andra scenariot visar kostnader om en temperatursänkning till 20°C accepteras av de boende.⁶⁷

Tabell 6.5. Energibesparing och entreprenadkostnader för att uppnå miljömålen om en minskad energianvändning.

Ingen acceptans för sänkning av inomhustemperaturen				
Besparing 2005 [%], (tabell 5.1)	Besparing 2020 [TWh/år]	Genomsnittlig kostnad 2020 [SEK/kWh]	Besparing 2050 [TWh/år]	Genomsnittlig kostnad 2050 [SEK/kWh]
3,7	15,6+5,4	0,42	44,4+5,4	0,93
5,0	14,6+5,4	0,41	43,7+5,4	0,89
9,7	10,5+5,4	0,34	41,2+5,4	0,81
Acceptans för sänkning av inomhustemperaturen				
3,7	15,6+5,4	0,27	44,4+5,4	0,72
5,0	14,6+5,4	0,26	43,7+5,4	0,71
9,7	10,5+5,4	0,21	41,2+5,4	0,67

Genomsnittlig kostnad per sparad kWh varierar från 21 till 93 öre beroende på målår och om de boende kan acceptera en sänkning av inomhus-

⁶⁷ Att sänka temperaturen kan för många boende upplevas negativt. Detta är då en kostnad som ska vara med ur ett samhällsekonomiskt perspektiv. Denna typ av kostnader finns inte med i kalkylen.

temperaturen eller inte. I kostnaden ingår dock endast arbete, material samt entreprenörens påslag. Kostnader för projektering, informationsinhämtning och andra byggherrekostnader är således inte medräknade. Dessutom har för många åtgärder förutsatts att dessa görs samtidigt som till exempel fasader eller yttertak renoveras. Ställningskostnader och andra gemensamma kostnader är alltså inte medräknade. Även kostnader för fuktsäkerhetsprojektering och kostnader som har med bevarandefrågor och estetiska frågor ökar kostnaden för en energibesparande åtgärd, något som den streckade kurvan i figurer 6.1 och 6.2 ska illustrera.

Beräkningarna avser dessutom ett genomsnitt för alla byggnader. I den enskilda byggnaden kan redan de första åtgärderna kosta lika mycket som den genomsnittliga åtgärds-kostnaden i hela beståndet för att nå målet. Även för hela beståndet innebär det höga kostnader för att spara de sista procenten. Att gå från till exempel en besparing på 40 procent till 50 procent i bostadsbeståndet kostar, enligt scenariot utan temperatursänkning i bostäderna, i genomsnitt 2,52 kronor per kWh.

Många åtgärder förutsätter dessutom en förhållandevis lång inbesparings-tid. För klimatskalsåtgärder har till exempel livslängden satts till 40 år. Många fastighetsägare vill förmodligen ha tillbaka investeringen snabbare än så. I byggnader med en värmepump eller om fastighetsägaren har tillgång till egen ved kan dessutom redan en besparingskostnad på 30–40 öre per kWh vara olönsam.

6.3.4 Kostnader för åtgärder som inte kan förväntas ske spontant

I avsnitt 6.5, *Nollalternativ, utvecklingen om inga ytterligare styrmedel införs*, redovisas några scenarier för ”spontan” energieffektivisering i bebyggelsen. För småhus och flerbostadshus antas i det mest optimistiska scenariot att en specifik effektivisering (kWh/m² och år) motsvarande 27 procent kan uppnås till år 2050, relativt energianvändningen år 1995.

Utifrån detta scenario och de åtgärds-kostnader som beräknats enligt ovan kan kostnader för den sista biten, en effektivisering från 27 till 50 procent, uppskattas. Under antagande att det är de mest kostnadseffektiva åtgärderna som görs spontant innebär det att det i termer av energi är kostnaden för de åtgärder som reducerar energianvändningen från 30,3 TWh/år till 51,6 TWh/år som ska uppskattas. De 30,3 första sparade TWh/år antas alltså ske spontant. Med detta antagande blir kostnaden per sparad kWh i småhusen och flerbostadshusen för de sista 23 procenten i genomsnitt 1,78 kronor, för alternativet där inomhustemperaturen hålls på samma genomsnittliga nivåer, 21,2 resp. 22,3 °C, i framtiden som i dag.

6.4 Beräkningar i lokalbeståndet

I tabell 6.6 redovisas areor för de lokalkategorier som energibalanser i detta arbete beräknats för. I tabellen redovisas även den energieffektivisering som måste till för att nå de av riksdagen uppsatta målen för år 2020 och år 2050. Eftersom en viss effektivisering redan uppnåtts i bebyggelsen behöver inte riktigt de mängder som anges i tabellen uppnås.

I undersökningen ingår även andra lokalkategorier än de som redovisas i tabell 6.6, t.ex. idrottsanläggningar, kulturbyggnader, hotell och restauranger. Arean för dessa kategorier uppgår till 26,8 miljoner m². De indata som finns i materialet för dessa kategorier har dock bedömts som alltför knapphändiga för att energibalanser ska kunna beräknas. Areorna för dessa byggnader har därför fördelats på övriga kategorier när åtgärder och energibalanser beräknats för att uppnå de av riksdagen uppsatta målen för energieffektivisering i bebyggelsen.

Tabell 6.6. Areor och energieffektivisering i de simulerade lokalkategorierna.

Kategori	Area (Mm ²)	Energieffektivisering 20 % (GWh)	Energieffektivisering 50 % (GWh)
Kontor	19.8	951	2379
Vård 24 h	16.3	767	1918
Vård 8 h	11.0	456	1140
Skolor	38.7	702	4254
Butik livsmedel	1.6	120	-
Butik övrigt	11.9	606	-
Totalt	128,1	5934	14835

De nivåer för effektiviseringen som anges i tabell 6.6 avser 20 respektive 50 procent i förhållande till energianvändningen i lokalsektorn år 2005. I tabellen finns inga uppgifter om 50 procent energieffektivisering för butiker. Det beror på att det inte var möjligt att uppnå en effektivisering om 50 procent i butikerna. För att nå 50 procent i det samlade lokalbeståndet har därför de övriga kategorierna effektiviserats i något högre utsträckning.

Energianvändningen i grundfallet, det vill säga före åtgärder, när samtliga byggnader simulerats och resultaten räknats upp till nationell nivå, uppgick till 29,7 TWh/år (BETSI + skolor). Det motsvarar en specifik energianvändning på 232 kWh/m²/år, vilket är något lägre än den mängd som angivits i avsnitt 6.3. En anledning till en något lägre energianvändning som utgångspunkt i beräkningarna är att det var svårt att justera indata så precist. Skillnaden är dock liten och de osäkerheter som finns i olika uppskattningar gör att dess inverkan på resultatet kan försummas.

Med energianvändning avses den energimängd som måste tillföras byggnaden i form av värme från radiatorsystem eller motsvarande, bortförd värme i kylsystem, tappvarmvatten, el för olika installationstekniska apparater och el för verksamheten. Någon hänsyn till omvandlingsförluster i förbränningsanläggningar och andra system för värmeförsörjning eller upptag av värme från mark, luft och vatten i värmepumpar tas således inte (för en förklaring se avsnitt 6.5.2 och figur 6.12). Det är utifrån detta "nettoenergiebehov" som energieffektiviseringen i byggnaderna beräknas.

6.4.1 Metodik för beräkningarna

För att räkna på åtgärder och kostnader för att minska energianvändningen i lokalbyggnaderna har ett konsultföretag, *CIT Energy Manage-*

ment AB, genomfört beräkningar av energibalanser med datorprogrammet⁶⁸ BV². När det gäller U-värden, areor och typ av installationstekniska system baseras indata till beräkningarna i huvudsak på uppgifter från de besiktningar som genomförts inom BETSI. Beträffande uppgifter om de installationstekniska systemens drift och funktion finns dock begränsat med data från besiktningarna. Vad som saknas är bland annat uppgifter om luftflöden och drifttider för ventilationen, specifika fläkteffekter, temperaturverkningsgrader för värmeåtervinnare samt verksamhetsenergi för belysning och apparater med mera.

I en stor del av lokalbyggnaderna är dessa uppgifter helt avgörande för att kunna beräkna energibalanser på ett tillförlitligt sätt. För att ändå ha indata till beräkningsmodellerna har uppgifter som saknats hämtats från Energimyndighetens undersökning, STIL2⁶⁹.

Eftersom uppgifterna i STIL2 inte baseras på de i BETSI undersökta byggnaderna har endast genomsnittliga värden för t.ex. specifika luftflöden, drifttider, temperaturverkningsgrader och specifika fläkteffekter använts. Det innebär att byggnader med samma typ av installations-tekniska system inom samma kategori simulerats med i princip samma indata för de ovan nämnda parametrarna. För att diversifiera dessa värden något har två typhus tagits fram; ett med medelvärden för byggnader som använder mer energi än genomsnittet (höganvändare) och ett med medelvärden för byggnader som använder mindre energi än genomsnittet (låganvändare). Butiker har dock inte delats in i hög- och låganvändare, utan i stället delats in i butiker med livsmedel och övriga butiker. En sammanställning av de kategorier som simulerats redovisas i tabell 6.7.

Tabell 6.7. Lokalkategorier för vilka effekter och kostnader energieffektiviseringsåtgärder beräknats.

Kategori	Typhus [antal]	Byggnader BETSI [antal]	A _{temp} BETSI [Mm ²]	A _{temp} SCB [Mm ²]
Kontor	2 (hög o. låg)	56 (17/17)	19.8	34.0
Vård 24 h	2 (hög o. låg)	48 (6/15)	16.3	14.9
Vård 8 h	2 (hög o. låg)	25 (2/7)	11.0	5.6
Skolor	2 (hög o. låg)	STIL2	-	38.7
Butik livsm.	1 (Medel)	5 (5)	1.6	4.6
Butik Övrigt	1 (Medel)	26 (10)	11.9	11.4
Totalt: 6	Totalt: 10	Totalt: 160 (79)	Totalt: 60.6	Totalt: 109.2

Talen inom parentes under ”Byggnader BETSI” i tabell 6.7 visar antalet byggnader som legat till grund för framtagningen av byggnadstekniska data för respektive typhus, dvs. hög- eller låganvändare. Att så få byggnader, 79 stycken, legat till grund för typhusen beror på att uppgifter om

⁶⁸ BV² är ett av CIT utvecklat datorprogram för beräkningar av energibalanser i byggnader. För dokumentation se <http://www.bv2.se/>

⁶⁹ *Energianvändning i idrottsanläggningar*, ER 2009:10, *Energianvändning i vårdlokaler*, ER 2008:09, *Energianvändning & inomhusmiljö i skolor och förskolor*, ER 2007:11, *Förbättrad energistatistik för lokaler*, ER 2007:34, Energimyndigheten.

energianvändning endast hämtats in av besiktningspersonerna för ett mindre antal av de besiktade byggnaderna.

Golvarean, A_{temp} , som antagits för skolor har hämtats från SCB och utgör 38,7 miljoner m^2 . I kategorin ”Butik Övrigt” ingår även cirka 3,7 miljoner m^2 köpcentra. Tabell 6.7 uppvisar stora skillnader i data mellan BETSI och officiell statistik enligt SCB⁷⁰ för år 2005. Detta gäller särskilt för kontor och butiker med livsmedel. I fastighetsregistret⁷¹ uppgår arean för kontorsverksamhet till 18,1 miljoner m^2 för de typkoder⁷² som i BETSI utgjort den huvudsakliga urvalsramen för kontor. Skillnaden mellan de 34 miljoner m^2 som SCB uppger i den officiella statistiken och dessa 18 miljoner m^2 utgörs av kontor inom andra verksamheter så som skolor, vårdbyggnader, idrottsanläggningar, handel med mera.

En genomgång av uppgifter i besiktningsprotokollen om verksamhet i de besiktade byggnaderna visar att många har angett 100 procent vård, eller 100 procent handel, trots att det i dessa byggnader finns en hel del utrymmen som används för kontorsändamål. Detta skulle kunna förklara en del av skillnaden mellan A_{temp} för kontor i BETSI och lokalarean för kontorsverksamhet i den officiella statistiken.

För varje typhus har en energibalansberäkning gjorts och indata har justerats för att ge en energiprestanda motsvarande statistiska medelvärden från STIL2. De olika lokalkategorierna har bestämts utifrån en gräns där minst 50 procent av verksamheten ska motsvara en av kategorierna kontor, vård, skola eller handel (butik).

Eftersom uppgifter om energianvändningen saknats för de flesta byggnader har typbyggnaderna i huvudsak klassificerats som antingen hög- eller låganvändare på ett kvalitativt sätt. Med ett kvalitativt sätt avses att klassifikationen av en byggnad som saknar uppgifter om energianvändning har baserats på faktorer som U-värden, geografisk placering, typ av ventilationssystem, förekomst av kylsystem, typ av belysning samt frekvens av redan gjorda åtgärder för energieffektivisering. Efter simulering av varje kategori byggnader har det viktade medelvärdet av energianvändningen för dessa kontrollerats mot typhusens energianvändning för att säkerställa att de blivit rätt klassificerade.

6.4.2 Åtgärder

Ett antal tänkbara åtgärder (30 stycken) har prövats för att nå riksdagens mål beträffande energieffektivisering. I tabell 6.8 redovisas åtgärder, kostnader och ansatta livslängder. Kostnaderna har bedömts utifrån data från verkliga projekt, via förfrågningar hos leverantörer och från litteratur⁷³ på området. I kostnaderna ingår material, arbetstid samt de påslag entreprenören gör för omkostnader och vinstmarginal. De olika åtgärderna är relaterade till lämplig byggnadsteknisk eller installationsteknisk

⁷⁰ SCB, *Energistatistik för lokaler 2005*, EN 16 SM 0603.

⁷¹ Uppgifter från Rein Billström på SCB.

⁷² Typkoder i fastighetstaxeringen.

⁷³ Wikells, *Sektionsfakta ROT 09/10*.

specifik enhet, det vill säga per fasadarea, fönsterarea, luftflöde per m² golvarea etc. Syftet är att kunna generalisera kostnaderna för samtliga åtgärder utan att behöva specificera dem för varje byggnad.

Tabell 6.8. Åtgärder, åtgärds-kostnader och åtgärdernas livslängd i beräkningarna av en effektivisering av energianvändningen i lokalerna.

Åtgärd	Kostnad (exkl. moms)	Livslängd
Klimatskal		
Vägg – isolering 100 mm	1200 kr/m ²	40 år
Vägg – isolering 200 mm	1500 kr/m ² + 1000 kr/fönster	40 år
Tak – isolering lösull 300 mm	114 kr/m ²	40 år
Tak – isolering lösull 500 mm	180 kr/m ²	40 år
Fönster/Klimatskal – tätning	1200 kr/m ²	40 år
Fönster – isolerruta	2400 kr/m ²	40 år
Fönster – byte	7000 kr/m ²	40 år
Solavskärmning	1800 kr/m ² + 3000 kr/motor	40 år
Luftbehandling		
Aggregat – byte	120000 kr + 65 kr/(l/s)	20 år
Filter – byte	1000 kr/aggregat/år	1 år
Fläkt/Motor – byte	29 kr/(l/s)	20 år
Luftflöde – fast/ideal in-justering	15 kr/m ²	10 år
Luftflöde – behovsanpassning (VAV)	240 kr/m ²	40 år
Tilluftstemperatur – fast justering (15 – 21 °C)	6000 kr	40 år
Tilluftstemperatur – behovsanpassning	25000 kr	40 år
Drifttider – justering	6000 kr	40 år
Nattkyla	6000 kr (för CAV/VAV system)	40 år
Värmesystem		
Termostater – byte	18 kr/m ²	10 år
Injustering	18 kr/m ²	10 år
Cirkulationspumpar – byte	6 kr/m ²	20 år
Övrigt		
Belysning – byte till låg-energi	200 kr/m ²	20 år
Belysning – närvarostyrning	10 kr/m ²	10 år
Tappvarmvatten – byte till snålspolande	37.5 kr/m ²	20 år

Det totala U-värdet för väggar och tak efter isolering beror på valet av åtgärd och på det ursprungliga U-värdet före åtgärden. Vid tätning av fönster har klimatskalets totala luftläckage efter åtgärd antagits till 0,2 omsättningar per timme, oberoende av statusen före åtgärden. Om byggnaden redan från början hade lågt luftläckage (något som främst baseras på nybyggnadsår och byggnadens utsatthet för vind) blir således åtgärden inte energibesparande.

Montering av isolerruta innebär att U-värdet på det befintliga fönstret reduceras med cirka 20 till 30 procent, beroende på ursprunglig status. Ju sämre ursprungligt fönster desto större reduktion av U-värdet. Vid byte av fönster får det nya fönstret ett U-värde på $1.1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ och luftläckaget genom klimatskalet reduceras till 0.1 oms/tim. För solavskärmning har aktiva markiser eller yttre persienner installerats, vilket hindrar all direkt solinstrålning. Kostnaden relateras till fönsterarea. En motor per 6 m^2 fönsterarea har antagits i beräkningen av åtgärdens kostnad.

Med aggregatbyte avses att det nya är av typen FTX-system. Värmeåtervinningens temperaturverkningsgrad har satts till 85 procent (regenerativ VÅV) vid bytet om det ursprungliga systemet också var av typen FTX. Om det ursprungliga aggregatet saknade värmeåtervinning har i stället en temperaturverkningsgrad på 50 procent (indirekt rekuperativ VÅV) antagits. På samma sätt har den specifika fläkteffekten, SFP, satts till 1,5 för dessa nya aggregat, oberoende av ursprungliga värden.

Om endast ett fläktbyte har gjorts har även för dessa fall ett SFP-värde på 1,5 antagits, förutom om byggnaden endast har frånluftsventilation, F-system, då ett SFP-värde på 0,75 har använts. Ingen injustering av luftflödena har gjorts i beräkningarna vid aggregat- eller fläktbyte. En injustering av luftflödena har i stället beräknats som en separat åtgärd som antingen ger en reduktion av dimensionerande luftflöde med 20 procent jämfört med ursprunglig nivå, alternativt ett idealt luftflöde (oberoende av ursprunglig nivå). Det ideala luftflödet är det lägsta möjliga dimensionerande flöde som krävs för att klara temperaturkraven i byggnaden.

Ytterligare en åtgärd som rör luftflödet har simulerats. Det är installation av ett variabelt luftflöde, ett så kallat VAV-system. I beräkningarna anpassar VAV-system flödet kontinuerligt under drift efter ställda temperaturkrav. På samma sätt kan tilluftstemperaturen antingen behövsanpassas eller ställas till ett fast värde ($15 \text{ }^\circ\text{C} - 21 \text{ }^\circ\text{C}$) i simuleringarna.

Normalt sett brukar en möjlig åtgärd vara att justera drifttiderna för ett luftbehandlingsaggregat och det kan också göras i simuleringarna genom att justera det genomsnittliga luftflödet under dag och/eller natt. Detta tenderar dock att krocka med andra åtgärder som rör luftflöden, varför justering av drifttider har använts tämligen sparsamt som åtgärd i simuleringarna.

För att hålla nere temperaturnivåerna kan nattkyla utnyttjas, men detta är mer en åtgärd för att förbättra komforten än för att spara energi varför den oftast inte har fått så stort genomslag i simuleringarna.

För värmesystemet har tre åtgärder simulerats. En åtgärd är att nya termostater till radiatorerna installeras, vilken antas sänka den genomsnittliga inomhustemperaturen med $1 \text{ }^\circ\text{C}$. En annan åtgärd är att injustera radiator-systemet, vilken förutsätts sänka den genomsnittliga inomhustemperaturen med ytterligare $1 \text{ }^\circ\text{C}$. Den tredje åtgärden är byte av cirkula-

tionspumpar, vilken reducerar elanvändningen till pumparna med 25 procent. Sänkningen av inomhustemperaturen är dock inte utan villkor. Minsta tillåtna innetemperatur har satts till 18 °C för butiker och 20 till 21 °C för övriga byggnadskategorier.

För belysning har två olika åtgärder prövats; byte till lågenergibelysning med en installerad effekt på 8 W/m², och installation av närvarogivare. Åtgärderna bedömts resultera i en reduktion av belysningsenergin med 10 procent.

Den sista åtgärden som prövats är att installera snålspolande tappvattenarmatur, vilket bedömts reducera tappvarmvattenanvändningen med 30 procent.

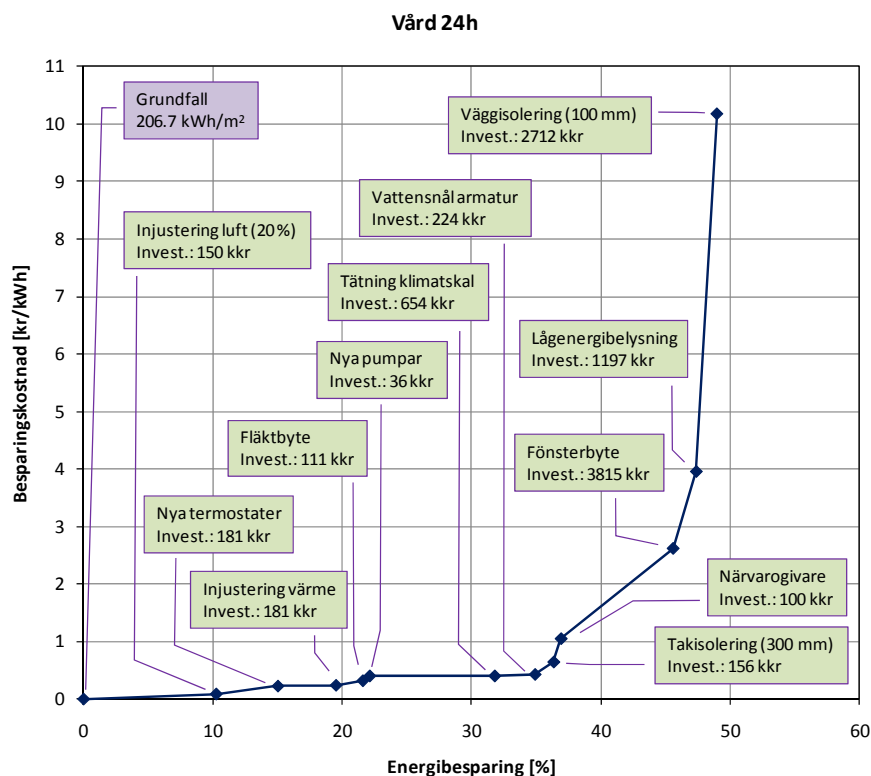
6.4.3 Rangordning av åtgärderna

För att kunna bedöma en åtgärds kostnadseffektivitet har åtgärderna prövats en och en i varje typbyggnad. Åtgärderna har sedan rangordnats utifrån varje åtgärds beräknade besparingskostnad i kr/kWh (kostnadseffektivitet). De åtgärder som inte gav någon energibesparing plockades bort. En ny simulering med aktuella, successivt ackumulerade åtgärder i rangordning efter kostnadseffektivitet⁷⁴, har sedan genomförts. Ett exempel på åtgärder i en lokalbyggnad med vård 24h visas i figur 6.3.

När det gäller åtgärder avseende klimatskalet har dessa oftast kommit sist i prioriteringsordningen, det vill säga de har oftast högst besparingskostnad eller sämst kostnadseffektivitet. Högst i prioriteringsordning kommer åtgärder som rör installationstekniska åtgärder. Det ska nämnas att för många av de simulerade byggnaderna erhålls höga temperaturer inomhus sommartid, vilket beror på att de flesta byggnaderna saknar kyla. Flera av de framtagna åtgärderna skulle kunna mildra de höga temperaturerna, men då detta ökar energianvändningen har dessa åtgärder i de aktuella fallen inte prövats. I vissa byggnader har några åtgärder valts bort eftersom en åtgärd, till exempel tilläggsisolering, haft en högst marginell positiv effekt på energianvändningen medan innetemperaturen sommartid avsevärt skjutit i höjden.

⁷⁴ Den mest kostnadseffektiva åtgärden har beräknats först. Därefter har åtgärder ackumulerats efter sjunkande effektivitet tills målet uppnått eller tills inga fler åtgärder kunnat prövas..

Figur 6.3. Exempel på investeringskostnad och energibesparing, samt besparingskostnad per kWh för åtgärder i en lokalbyggnad med vård 24h.



6.4.4 Kostnader för prövade åtgärder

Genom att summera resultaten för samtliga byggnader i en kategori erhålls besparingskostnaden för respektive kategori. Ursprungligen beräknades investeringskostnaden för de två målåren, 2020 och 2050, med 10 respektive 40 års kalkyltid. Dessa uppgifter redovisas i tabell 6.9. I beräkningarna har ingen hänsyn tagits till nyproduktion, rivning eller funktionsomvandling.

För butiker var det inte möjligt att uppnå besparingar på 50 procent. Däremot är butikerna medräknade med avseende på den totala investeringen och besparingen. Det totala resultatet är framtaget genom att först applicera den åtgärd med lägst besparingskostnad på respektive byggnad och därefter den med näst lägst kostnad och så vidare tills 20 procent respektive 50 procent energibesparing uppnås totalt sett i varje enskild byggnad. Nackdelen med detta förfarande är att åtgärder tas med för en del byggnader, gäller framförallt butiker, där stora investeringar krävs för att ge förhållandevis låg energibesparing. Om ett mer selektivt sätt skulle appliceras kan fler åtgärder i byggnader med låg besparingskostnad kompensera för färre åtgärder i andra, mindre lämpliga, byggnader. På så sätt skulle den totala investeringskostnaden kunna minskas. Det har dock inte

varit möjligt att analysera resultatet av ett dylikt förfarande närmare i detta arbete på grund av tids- och resursbrist.

Tabell 6.9. Investeringskostnader och energibesparing i de olika lokal-kategorierna för att nå delmålet om energi i bebyggelsen.

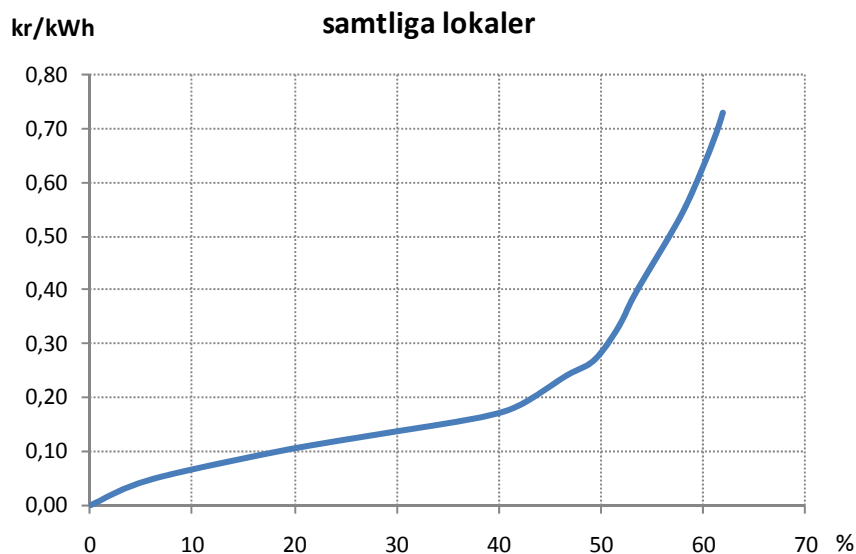
Kategori	År 2020, energibesparing 20 %		År 2050, energibesparing 50 %	
	Investering	Besparing	Investering	Besparing
Kontor (19,8 Mm ²)	621 Mkr	951 GWh	10192 Mkr	2379 GWh
Vård 24 h (16,3 Mm ²)	589 Mkr	767 GWh	6431 Mkr	1918 GWh
Vård 8 h (11,0 Mm ²)	231 Mkr	456 GWh	4894 Mkr	1140 GWh
Skolor (38,7 Mm ²)	1594 Mkr	1702 GWh	19500 Mkr	4254 GWh
Butik livsm, (1,6 Mm ²)	124 Mkr	120 GWh	-	-
Butik övr. (11,9 Mm ²)	569 Mkr	606 GWh	-	-
Totalt (128,1 Mm ²)	4832 Mkr	5934 GWh	80982 Mkr	14835 GWh

6.4.5 Beräkningsresultat

Resultat för samtliga lokaler

Boverket har för mållåret 2050 räknat om investeringskostnaden till en kostnad per sparad kWh. Detta har gjorts genom att dividera den av CIT beräknade investeringskostnaden med nuvärdesfaktorn (19,8) beräknad för 40 år och real kalkylräntan 4 procent. Resultaten redovisas i figurer 6.4 till 6.11. Diagrammen i figurerna visar kostnaden per kWh för att minska energibehovet med en viss procentandel i förhållande till det ursprungliga energibehovet. Kostnaden, i kr/kWh, anges på y-axeln. På x-axeln anges energibesparingen i procent i förhållande till det ursprungliga behovet. Kurvan i diagrammet beskriver hur den genomsnittliga kostnaden ökar med ökande besparingsprocent. Kostnaderna anges exklusive moms.

Figur 6.4. Kostnad i kronor per sparad kWh för samtliga lokaler som en funktion av graden av energieffektivisering.



I figur 6.4 redovisas den för samtliga lokalkategorier genomsnittliga kostnaden per sparad kWh uppräknad till nationell nivå. Upp till en besparing på 40 procent är kostnadsökningen relativt måttlig. Därefter ökar kostnaden snabbt för varje procentenhet som ytterligare ska sparas. Det är viktigt att ha i åtanke att det hela tiden är den genomsnittliga kostnaden för åtgärderna som redovisas i diagrammen för de olika lokalkategorierna. För att t.ex. gå från en besparing på 49 till 50 procent kommer den genomsnittliga kostnaden att öka från 28 öre till 30 öre per kWh. Det innebär att kostnaden för de åtgärder som krävs för att gå från en besparing på 49 procent till en besparing på 50 procent är 1,28 kr/kWh.

Kostnader⁷⁵ och energibesparingar för att nå de av riksdagen uppsatta målen om energieffektivisering redovisas för samtliga lokalbyggnader i tabell 6.10. Beroende på redan uppnådd besparing varierar kostnaden mellan 7 och 10 öre per kWh för målet år 2020, och mellan 17 och 24 öre per kWh för målet år 2050..

Tabell 6.10. Energibesparing och kostnader (exkl. moms) för att i lokalbyggnader uppnå miljömålen om en minskad energianvändning.

Uppnådd besparing 2005 [%], (tabell 6.1)	Besparing 2020 [TWh/år]	Genomsnittlig kostnad 2020 [SEK/kWh]	Besparing 2050 [TWh/år]	Genomsnittlig kostnad 2050 [SEK/kWh]
3,7	4,8	0,10	13,7	0,24
5,0	4,5	0,09	13,3	0,22
9,7	3,1	0,07	12,0	0,17

⁷⁵ De kostnader som redovisas är kostnader för material och arbete.. Alla kostnader ingår därmed inte i kalkylen. För en diskussion om övriga kostnader se avsnitt 6.6 Övriga kostnader för energieffektivisering i bebyggelsen och bilaga 1.

Kostnaden per sparad kWh i tabell 6.10 framstår som mycket låg. För att få en uppfattning om rimligheten kan en jämförelse göras med BELOK:s *Totalprojekt*⁷⁶ och projekterad energieffektivisering i några fastigheter. I tabell 6.11 har projekterade kostnader och besparingar för ett antal fastigheter omräknats till en kostnad per sparad kWh. De nivåer på besparingar som anges i tabellen motsvarar i dessa fyra objekt målen för år 2020 respektive år 2050, om redan uppnådd besparing år 2005 antas vara 5 procent.

Det är naturligtvis inte möjligt att dra några generella slutsatser om besparingskostnadernas rimlighet för alla landets lokalbyggnader utifrån ett så begränsat underlag som de fyra objekten i tabell 6.11 utgör. Det verkar dock som om det är betydligt kostnadseffektivare att reducera energianvändningen i lokalbyggnader jämfört med bostadshus. Det går dock inte att reducera energianvändningen i högre utsträckning i lokalbyggnaderna och i lägre utsträckning i bostadshusen eftersom kostnaden för de minst kostnadseffektiva åtgärderna i lokalbyggnaderna är ungefär lika höga som kostnaderna i bostadshusen.

Tabell 6.11. Genomsnittliga åtgärds-kostnader per sparad kWh i ett antal objekt i BELOK:s totalprojekt för att uppnå en besparing motsvarande 15 respektive 45 procent av energianvändningen.

Objekt	Kostnad (SEK/kWh) för energibesparing 15 %	Kostnad (SEK/kWh) för energibesparing 45 %
Getholmen	0,07	0,33
Glaven 8	0,07	0,17
Pennfåktaren	-	0,06
St.Göran	0,05	0,31

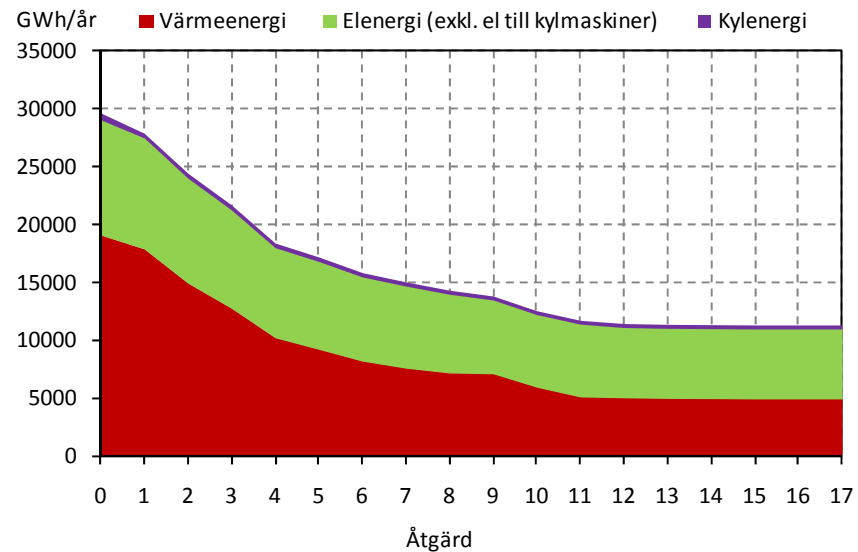
Uppdelningen i värme-, el- och kylenergi, och hur den förändras i takt med att åtgärder införs, visas i figur 6.5 för hela lokalbeståndet. I sammanhanget bör påpekas att den redovisade kylenergin i diagrammet utgörs av levererad kyla både till byggnaderna, d.v.s. fjärrkyla, och i byggnaderna, d.v.s. via kylmaskiner. El till kylmaskinerna är borträknat i den redovisade elenergin. I förhållande till den totala energianvändningen är andelen kylenergi försvinnande låg, cirka 2 procent av den totala energin.

Detta beror till stor del på att de simulerade byggnaderna i de flesta fall saknar kyla. För kontoren och butikerna har dock cirka 50 procent respektive 69 procent av byggnaderna komfortkyla, medan andelen för vårdlokaler ligger på cirka 12 procent och för skolorna är andelen noll procent. Den genomsnittliga kylenergianvändningen i grundfallet för det totala simulerade byggnadsbeståndet ligger på 4,6 kWh/m²/år medan värme- och elenergin ligger på 148,8 respektive 78,6 kWh/m²/år.

⁷⁶ Beställargruppen lokaler, BELOK, är ett samarbete mellan Energimyndigheten och Sveriges största fastighetsägare med inriktning på kommersiella lokaler. I ett antal demonstrationsprojekt, *Totalprojekt*, projekteras och genomförs energieffektiviseringsåtgärder som syftar till att minska energianvändningen med 50 procent eller mer.

<http://www.belok.se/Rapporter.php>

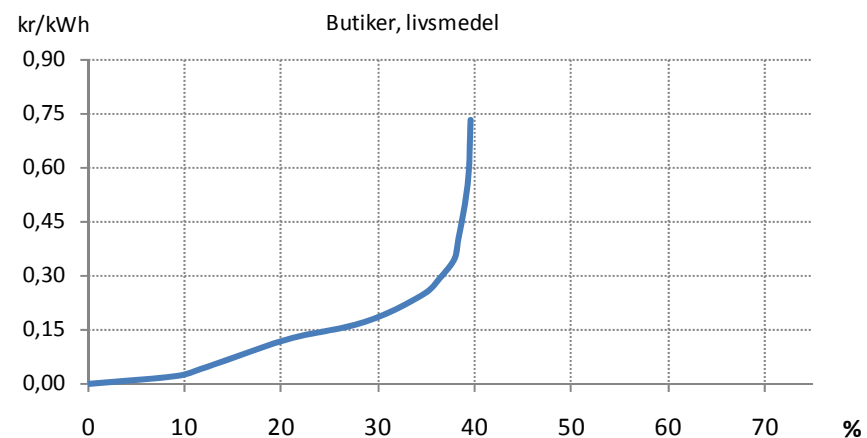
Figur 6.5. Uppdelning på olika behov av energianvändning och minskningen av denna genom de åtgärder som provas i byggnaderna.



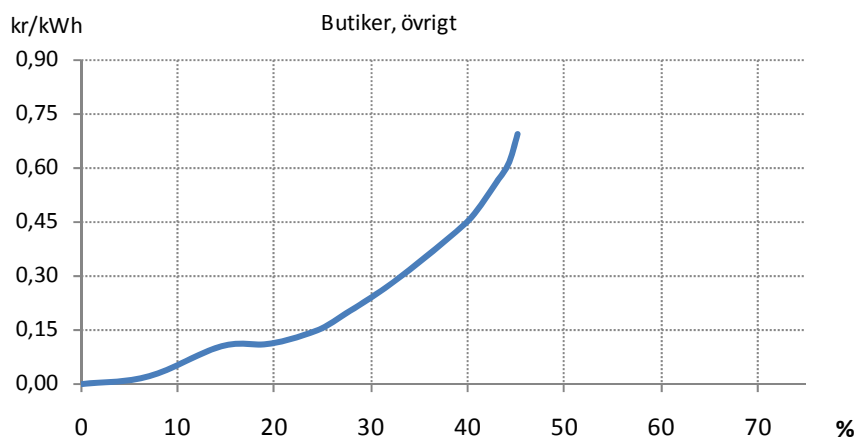
Butiker

För kategorin *Butik livsmedel*, se figur 6.6, visade simuleringarna att med de prövade åtgärderna var endast energibesparingar på knappt 40 procent möjliga. Även för *Butik övrigt*, se figur 6.7, var det inte möjligt att uppnå besparingar på 50 % jämfört med energianvändningen år 2005 med de prövade åtgärderna. Den maximala potentialen ligger i dessa byggnader på drygt 45 procent.

Figur 6.6. Kostnad per sparad kWh som en funktion av graden av energieffektivisering i butiker **med** livsmedel.



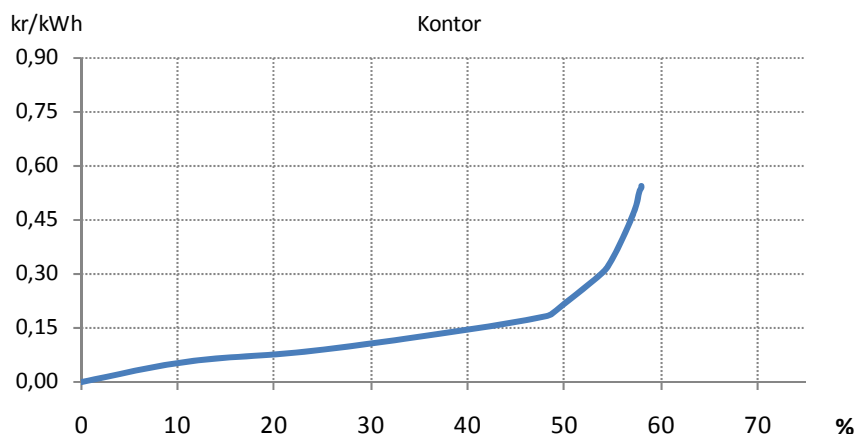
Figur 6.7. Kostnad per sparad kWh som en funktion av graden av energieffektivisering i butiker utan livsmedel.



Kontor

I kontorsbyggnaderna, se figur 6.8, kunde en effektivisering på nästan 60 procent uppnås med de prövade åtgärderna. Upp till knappt 50 procents energibesparing är besparingskostnaden per kWh mycket måttlig. Därefter ökar kostnaderna brant. För att gå från en besparing på 50 procent till en besparing på 51 procent är kostnaden för de tillkommande åtgärderna 1,5 kronor per kWh. Det är därför i princip ingen större idé att göra mer långtgående besparingar i kontorsbyggnader jämfört med andra lokalkategorier, eftersom de mindre kostnadseffektiva åtgärder som skulle leda till besparingar över 50 procent är mycket dyra.

Figur 6.8. Kostnad per sparad kWh som en funktion av graden av energieffektivisering i kontorsbyggnader.

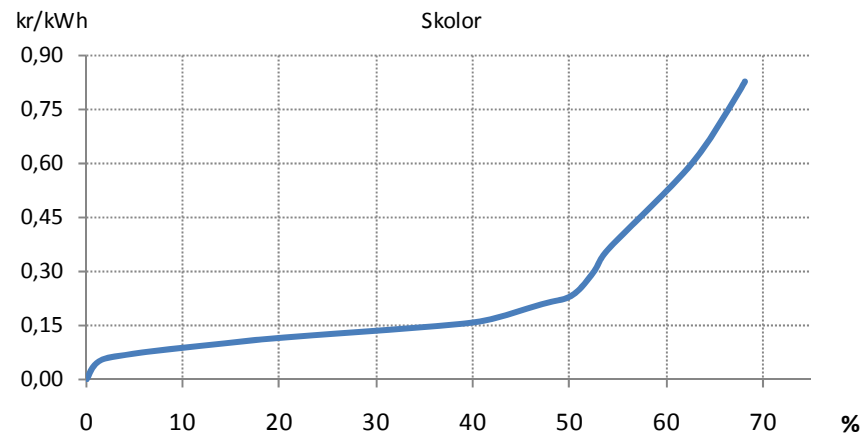


Skolor

I skolbyggnaderna, se figur 6.9, kunde en effektivisering på nästan 70 procent uppnås med de prövade åtgärderna. Upp till drygt 50 procents energibesparing är kostnadsökningen för de mindre kostnadseffektiva åtgärderna relativt måttlig. Över 50 procent stiger dock kostnaden snabbt.

För att gå från en besparing på 50 procents till en besparing på 51 procent kostar de tillkommande åtgärderna i genomsnitt 2,1 kr/kWh.

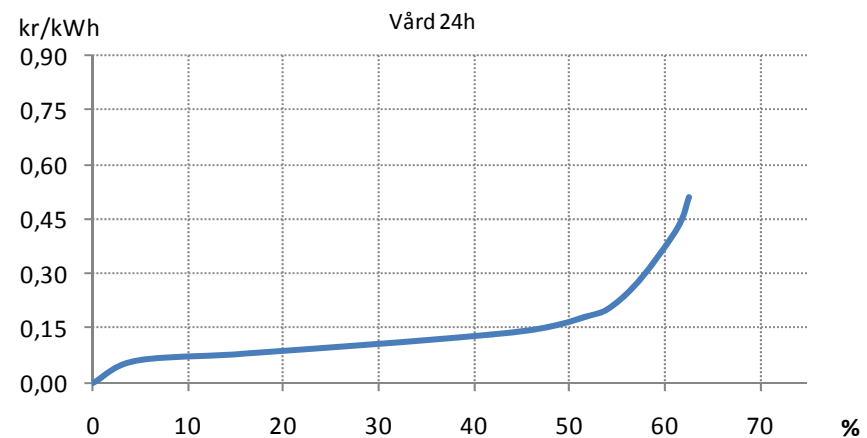
Figur 6.9. Kostnad per sparad kWh som en funktion av graden av energieffektivisering i kontorsbyggnader.



Vård 24h

I vårdbyggnader, se figur 6.10, med verksamhet dygnet runt kunde en effektivisering på drygt 60 procent uppnås med de prövade åtgärderna. Upp till en energibesparing på drygt 50 procents är kostnadsökningen för de mindre kostnadseffektiva åtgärderna relativt måttlig. För besparingar över 50 procent stiger dock åtgärds-kostnaden snabbt. För att gå från en besparing på 53 procent till en besparing på 54 procent kostar de tillkommande åtgärderna i genomsnitt 1,3 kr/kWh.

Figur 6.10. Kostnad per sparad kWh som en funktion av graden av energieffektivisering i vårdbyggnader med verksamhet dygnet runt.

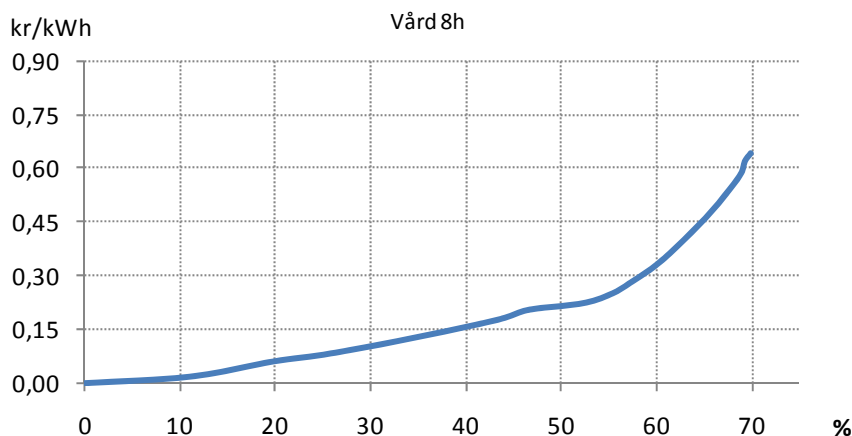


Vård 8h

I vårdbyggnader, se figur 6.11, med verksamhet dagtid kunde en effektivisering på nästan 70 procent uppnås med de prövade åtgärderna. Upp till en energibesparing på drygt 50 procents är kostnadsökningen för de mindre kostnadseffektiva åtgärderna relativt måttlig. För besparingar över

50 procent stiger dock åtgärdskostnaden snabbt. För att gå från en besparing på 55 procent till en besparing på 56 procent kostar de tillkommande åtgärderna i genomsnitt 1,3 kr/kWh.

Figur 6.11. Kostnad per sparad kWh som en funktion av graden av energieffektivisering i vårdbyggnader med verksamhet dygnet runt.



6.5 Nollalternativ, utvecklingen om inga ytterligare styrmedel införs

För att kunna sätta ovan redovisade beräkningar av kostnader för energieffektiviseringen i relation till vad som kommer att ske om inga ytterligare styrmedel införs har ett konsultföretag, PROFU med Anders Göransson som ansvarig, tagit fram några tänkbara scenarier för utvecklingen fram till år 2050. För att ta fram dessa scenarier är det nödvändigt att skapa en totalbild av hur hela byggnadsbeståndet kan förväntas utvecklas under perioden 1995 – 2050. Där ingår bedömningar av:

- ändringar i byggnadsbeståndets omfattning (nybyggande, rivning och funktionsomvandling)
- spontan energieffektivisering (t.ex. genom teknikutveckling som leder till att nya apparater eller utrustning har lägre specifik förbrukning)
- standardhöjning (fler apparater, större bostadsarea per person, m.m.)

Nollalternativet syftar således till att ge en översiktlig bild av utvecklingen på dessa områden, samt beskriva vad som händer med energianvändningen i bebyggelsen om inga ytterligare styrmedel införs av staten. Dessa så kallade *business as usual*-scenarier kan tjäna som underlag till beräkningar av ytterligare effektiviseringsåtgärder och för en bedömning av hur stor del av miljö kvalitetsmålet som kan förväntas bli uppfyllt utan att ytterligare styrmedel införs. Beskrivningen av utgångsläget, det vill säga åren 1995 – 2007, har skett i samråd med Linn Stengård på Energimyndigheten.

6.5.1 Tolkningar och definitioner i nollalternativet

Delmålet om energianvändning i miljö kvalitetsmålet *God bebyggd miljö* beslutades av riksdagen år 2006. Målet anger inte närmare hur energin skall mätas (levererad energi, primärenergi etc.) eller hur arean skall definieras. I nollalternativet har följande definitioner och avgränsningar valts:

- Beräkningarna baseras på permanentbebodda bostäder respektive lokaler som används under uppvärmningssäsongen.
- Den energi som beskrivs skall vara knuten till uppvärmda byggnader exklusive industribyggnader. Även fritidshus är undantagna.
- Energi för anläggningar såsom vattenverk eller öppna idrottsarenor ingår inte.

Det som ingår blir därmed:

- Permanentbebodda småhus
- Flerbostadshus
- Lokalbyggnader, med kommersiell eller offentlig verksamhet (kontor, handel, vård, skolor, idrottsbyggnader, kultur etc.)

Denna avgränsning stämmer väl överens med vad som ofta används i officiella energistatistikredovisningar. I delmålet används begreppet *uppvärmd area* och den area som används i nollalternativet är A_{temp} . I Boverkets byggregler⁷⁷ definieras A_{temp} som:

”Aren av samtliga våningsplan för temperaturreglerade utrymmen, avsedda att värmas till mer än 10 °C, som begränsas av klimatskärmens insida. Areal som upptas av innerväggar, öppningar för trappa, schakt och dylikt inräknas. Area för garage, inom byggnaden i bostadshus eller annan lokalbyggnad än garage, inräknas inte.”

I den officiella energistatistiken för småhus och lokalbyggnader stämmer uppgifter om area någorlunda väl med A_{temp} . För flerbostadshus ingår dock inte i A_{temp} uppvärmda trapphus, gemensamhetsutrymmen m.m. I nollalternativet har därför A_{temp} skattats genom att BOA och LOA i flerbostadshusen räknas upp med en faktor 1,25.

6.5.2 Energi för värme, varmvatten, drift, hushåll och verksamhet

Den energi som ingår i miljömålet utgörs av:

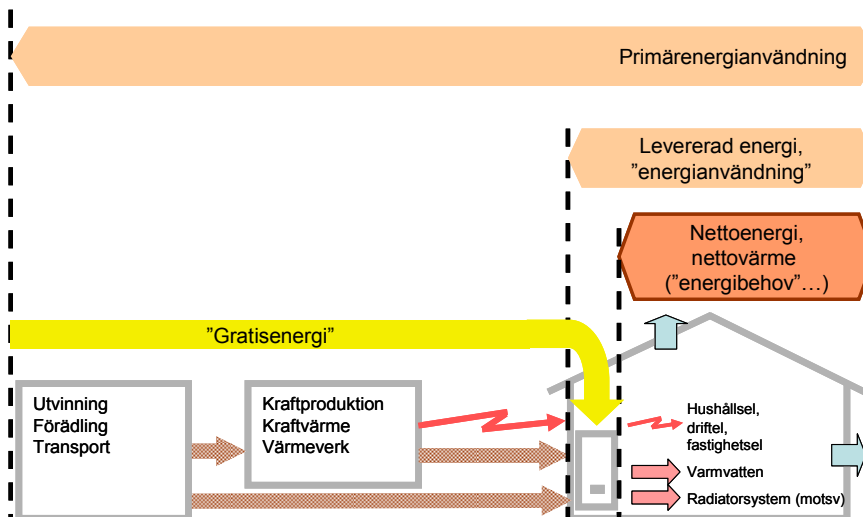
- energi för uppvärmning och varmvatten, uttryckt som nettoenergi (se förklaring nedan, samt figur 6.12),
- hushållsel i bostäder,
- el för fastighetsdrift, inklusive kyla, samt
- el för verksamheter i lokaler

Frågan om energi för värme och tappvarmvatten har diskuterats ingående i en referensgrupp. Figur 6.12 nedan har använts som stöd i diskussionen. Den illustrerar de olika gränser som kan sättas för energianvändningen i

⁷⁷ Boverkets byggregler, Regelsamling för byggande 2008, Supplement februari 2009

bebyggelsen. Slutsatsen blev att räkna med byggnadernas behov av tillförd värme och kyla, från radiatorer eller motsvarande, för att upprätthålla önskad inomhustemperatur.

Figur 6.12. Olika energiperspektiv för energianvändning i bebyggelsen.



Det betyder att den energi som måste tillföras en byggnads rum är densamma oavsett om byggnaden har t.ex. en förbränningspanna eller en bergvärmepump. I beräkningarna ingår således inte effekter av ändrade former för uppvärmning (konvertering från t.ex. oljepanna till värmepump). I stället är det ett förändrat behov av *nettoenergi*, definierad enligt figur 6.12, det vill säga den värme (kyla) som behöver avges från radiatorer eller motsvarande för att klimatisera huset, samt den energi som behövs för drift av fläktar och pumpar m.m., samt (el)energi för hushållsändamål i bostäderna och verksamhet i lokalerna. Detta synsätt utgör grunden för beräkningarna av den totala energin för bebyggelsen.

6.5.3 Normalårskorrigerering

För åren 1995 till 2007 har den faktiska energianvändningen för uppvärmning och varmvatten omräknats till normalår med den metod som används av Energimyndigheten. Det innebär att den totala energianvändningen för uppvärmning och tappvarmvatten till 60 procent är proportionell mot antalet graddagar. För beräkningar av åren fram till 2050 antas att ett normalår är detsamma som i dag, det vill säga baserat på klimatdata för åren 1971 – 2000. Därmed tillgodoses inte något successivt minskat värmebehov som skulle uppstå på grund av ett eventuellt varmare klimat.

6.5.4 Utgångsläge för energi och areor 1995 - 2007

För att kunna jämföra med delmålet om energianvändning i bebyggelsen behöver specifika uppgifter (kWh/m^2) om energianvändningen tas fram. Det är därför önskvärt att det råder konsistens mellan källan för uppgifter om energi och källan för uppgifter om area. Det är därmed önskvärt att använda statistik som innehåller både uppgifter om energi och uppgifter

om area för samma objekt. Det är också önskvärt att kunna följa utvecklingen över tid på ett likartat sätt.

Detta leder till att de årliga undersökningarna av energianvändning i småhus, flerbostadshus och lokaler, det vill säga SCB:s serie EN 16, är mest lämpad som bas för värmeenergin. Den årliga undersökningen är en urvalsstudie med enkäter till fastighetsägare. Utifrån fastighetsägarnas svar skattas totaler för energi och area till att gälla hela byggnadsbeståndet på riksnivå.

SCB:s statistik finns i en tidsserie med början i mitten av 70-talet. Serien ligger till grund för det mesta som Energimyndigheten redovisar när det gäller energianvändning för värme i bebyggelsen. Statistiken utgör också ett av underlagen till de nationella energibalanserna, EN 20⁷⁸. Rimligen kommer denna statistik fortsätta att finnas, och att kunna användas för kommande uppföljningar.

SCB:s serie EN 16 är inte felfri. Den uppvisar ibland svårbegripliga svängningar i skattningen av totala uppvärmda areor, särskilt för lokaler. Kontroller av enkätsvaren pekar mot att de svarande ibland missförstår eller slarvar med uppgifter. Det finns också motstridigheter mellan denna statistik och annan statistik (SCB:s egen statistik över nyproduktion och rivning av bostäder), liksom mot de skattningar av totaler som tagits fram i BETSI. I texten nedan kommenteras vissa av dessa skillnader. Trots allt bedöms SCB:s serie vara den bästa källan för värmeanvändning för bedömningar av nollalternativet.

När det gäller elanvändning i bebyggelsen är det svårare att hitta heltäckande källor. Det finns ingen statistik med både uppgifter om el och areor för samma objekt. Hushållsel i småhus redovisas visserligen i EN 16, men i övrigt saknas uppgifter om hushållsel och verksamhetsel i denna serie. Efter samråd med Energimyndigheten beslutades därför att elanvändningen skulle hämtas från "Elleveransstatistiken" benämnd EN 11.

EN 11 är en totalstatistik där elnätsföretagen rapporterar årliga leveranser uppdelade på användarkategorier. Ett antal av dessa kategorier motsvarar någorlunda väl det byggnadsbestånd som omfattas av undersökningen. Det skall dock understrykas att statistiken kan ha en del brister. Till exempel är elnätsföretagens klassning av kategorier inte uppdaterade på ett för en byggnadsbeskrivning relevant sätt. Statistiken beskriver heller inte hela byggnader utan leveranspunkter för el. Därför kan ibland elleveransen avse annat än byggnad, eller avse del av en byggnad.

6.5.5 Uppvärmda areor 1995 - 2007 i statistiken

De uppvärmda areor som använts kommer från den årliga statistiken i EN 16, närmare bestämt från varje års s.k. samlingsrapport. Där görs en uppjustering med hänsyn till att enkätundersökningen inte täcker hela beståndet. Dessutom flyttas areor om så att de funktionellt hamnar i rätt kate-

⁷⁸ Energibalanserna, både kvartalsvis och årsvis, publiceras i statistiska meddelanden, serie EN 20, samt på SCB:s hemsida.

gori. Till exempel kommer i enkätundersökningen riktad till flerbostadshus ofta lokalytor, såsom butiker i husets bottenvåning, med. I samlingsrapporten flyttas dessa areor över till kategorin lokaler och redovisas som lokaler. I urvalsundersökningen i BETSI redovisas hela byggnaden som antingen t.ex. lokal eller flerbostadshus beroende på vilken verksamhet som dominerar.

För småhus finns uppgift om uppvärmd boarea plus biarea, vilket bör motsvara A_{temp} . För flerbostadshus finns lägenheternas area, men inte uppvärmda trapphus, gemensamhetsutrymmen etc., vilka också ingår i A_{temp} . Uppmätningar visar att lägenhetsarean utgör en varierande andel av A_{temp} och att den bör multipliceras med en faktor på 1,35 för att motsvara A_{temp} . Dock används numera generellt en omräkningsfaktor på 1,25⁷⁹ för att räkna upp lägenhetsarean till A_{temp} . Av praktiska skäl och med tanke på att basuppgiften i EN 16 också inkluderar varmgarage (som inte ingår i A_{temp}), används här den lägre faktorn 1,25. För lokalbyggnader är det i realiteten oklart om uppgiftslämnarna alltid inkluderar uppvärmda trapphus etc. i sina enkätsvar, men det bör vara en acceptabel approximation att använda arean från EN 16 utan att räkna upp den.

Tabell 6.12. Uppvärmad area i SCB:s officiella energistatistik för småhus, flerbostadshus och lokaler.

Byggnadskategori	År för uppgifter om area (i miljoner m ²)			
	1995	2000	2005	2007
Småhus	280,5	257,2	260,3	260,3
Flerbostadshus	165,8	168,4	164,6	165,8
Flerbostadshus omräknat till A_{temp}	207,3	210,5	205,8	207,3
Lokaler	151,8	170,4	165,0	158,7
Total area (A_{temp})	639,6	638,1	631,1	626,3

Tabell 6.12 illustrerar att EN 16 uppvisar förhållandevis stora svängningar mellan åren i totala areor för de olika byggnadskategorierna. Totalarean för permanentbebodda småhus har exempelvis minskat från 1995 till 2007, trots att det bevisligen byggs många nya hus.

6.5.6 Uppgifter om värme 1995 - 2007 i den officiella statistiken

Uppgifterna om levererade energimängder åren 1995 – 2007 kommer från EN 16. Dessa har därefter räknats om till nettovärme med hjälp av ett opublicerat underlag som i ett annat uppdrag tagits fram åt Energimyndigheten. I underlaget gjordes en djupgående analys av konverteringar och sammansatta uppvärmningssätt för att bestämma hur mycket av den till byggnaderna levererade energimängden som blir nettovärme. Särskilt den stora värmepumpsboomen har gjort att den genomsnittliga ”verkningsgraden” för husens värmesystem har ökat från 1995 till 2007.

⁷⁹ I energideklarationerna används faktorn 1,25 för att räkna upp BOA+LOA till A_{temp} om byggnaden har en kallare. Faktorn i energideklarationerna är konservativt vald för att det inte generellt ska bli ”lönsammare” att använda en uppräknad A_{temp} jämfört med en uppmätt A_{temp} . En generell uppräkningsfaktor på 1,25 för flerbostadshus både med och utan kallare är därför rimlig.

Omräkningsfaktorerna för olika uppvärmningsformer redovisas i tabell A i Bilaga 3.

6.5.7 Elanvändning 1995 - 2007

Hushållsel per småhus redovisas årligen i EN 16, och har använts för att beräkna totaler, se tabell B i Bilaga 3. I övrigt kommer beskrivningen av elanvändningen från ett antal kategorier i EN 11. Vilka de är framgår av tabell B i 3.

6.5.8 Energianvändning 1995 - 2007

I tabell 6.13 summeras energierna för småhus, flerbostadshus och lokaler, samt totala specifika energier i kWh/m² för nettovärme, levererad värme och el. I tabellen framgår att den specifika mängden levererad energi har minskat med ungefär 18 procent från 1995 till 2007, från 160 till 132 kWh/m² och år. Efter omräkning till nettovärme blir dock minskningen cirka 4 procent, från 142 till 136 kWh/m². När det gäller el, exklusive el för uppvärmning, har den specifika elanvändningen ökat från 59 till 68 kWh/m², vilket motsvarar en ökning med 15 procent. För levererad mängd energi för värme och el sammantaget har det per m² uppvärmd golvarea skett en minskning med 9 procent, från 219 till 200 kWh/m² och år. Räknat som nettovärme har det dock skett en ökning med drygt en procent, från 201 till 204 kWh/m² och år.

Tabell 6.13. *Energianvändning enligt SCB:s officiella energistatistik för småhus, flerbostadshus och lokaler.*

Typ av energi	År för uppgifter om energimängder med mera			
	1995	2000	2005	2007
Levererad värme (TWh)	102,2	102,5	88,5	82,6
Nettovärme (TWh)	90,6		89,4	85,1
Totalverkningsgrad värme	0,89		1,01	1,03
El, exkl. el för värme (TWh)	37,9	39,1	42,2	42,8
Levererad värme och el	140,1	141,6	130,7	125,5
Nettovärme och el	128,5		131,5	127,9
Specifik energianvändning (kWh/m ²)				
Levererad värme	160	161	140	132
Nettovärme	142		142	136
El, exklusive el för värme	59	61	67	68
Levererad värme och el	219	222	207	200
Nettovärme och el	201		208	204

Kommentar till elanvändningens ökning

Som nämnts ovan är det svårt att hitta heltäckande underlag för tidsserier om all el i byggnader uttryckt i kWh/m². Vad gäller lokaler anges i tabell B i Bilaga 3 att den specifika elanvändningen ökat med 16 procent från 1995 till 2005, och med 26 procent till år 2007. Inom de hittills undersökta lokaltyperna, kontor, skolor, vård, idrott och handel, i STIL2⁸⁰ förekommer både ökning och minskningar av den specifika elanvänd-

⁸⁰ Energimyndighetens undersökning av landets lokalbyggnader. En kategori per år undersöks. Se t.ex. rapporter ER 2007:11, ER 2007:34, ER 2008:09 och ER 2009:10.

ningen (exkl. el för uppvärmning) jämfört med en tidigare undersökning⁸¹ av lokalbeståndet utförd 1990. Sammanvägt uppvisar dessa lokaltyper en ökning av elanvändningen på ungefär 4 procent från 1990 till 2005-2009.⁸²

6.5.9 Utvecklingen 2007 – 2050, tre olika scenarier

Att göra förutsägelser till år 2050 är en uppenbar utmaning. Inledningsvis har ambitionen varit att bygga upp en bild av denna långa utveckling genom att fördela analys och räknearbete på delberäkningar för enskilda beståndsdelar såsom:

- volym på nybyggande,
- volym på rivningar och funktionsomvandlingar,
- effektiviseringsåtgärder i kvarvarande byggnadsbestånd uppdelat på åtgärdstyper (effektivisering vid löpande utbyten av t.ex. vitvaror, installationsteknisk utrustning eller fönster, samt fristående åtgärder såsom tilläggsisolering vid ett fasadbyte, en s.k. *passa på åtgärd*)
- ökad el- och värmeanvändning genom standardökning (fler apparater, högre luftflöden, högre temperatur etc.)
- energianvändning i nybyggande med en allt mindre specifik energianvändning över perioden

För att ta fram några scenarier över utvecklingen har en beräkningsmodell skapats i Excel. Modellen baseras på de olika parametrarna i punktlistan ovan. Beräkningarna är uppdelade på 5-årsperioder för respektive byggnadstyp, det vill säga småhus, flerbostadshus och lokaler.

Underlag för de olika faktorerna har samlats in från olika källor. När det gäller nyproduktion och rivning har uppgifter hämtats ur SCB:s statistik på området. Det är dock svårt att utifrån den statistiken göra en bedömning av rimligheten i antaganden 30-40 år framåt i tiden. Beroende på vilka antaganden som görs blir det uppenbart att resultaten slår mycket starkt åt olika håll, med stora variationer även vid måttliga förändringar av dessa. Slutsatsen blir att det är nödvändigt att avstå från sofistikerade antaganden och i stället utgå från mycket enkla och transparenta förutsättningar som förblir desamma över hela perioden. De antaganden som gjorts redovisas längre fram i texten.

Byggnadsbeståndets förändringar

Boverket gör kortsiktprognoser om byggandet på några års sikt, och Energimyndigheten ställer i sina långsiktprognoser upp vissa antaganden om nybyggande, dock inte längre än till år 2025. Officiella långsiktiga prognoser saknas således. Utgångspunkten i prognoserna är att det årligen byggs 10 000 nya småhus samt 16 500 nya lägenheter i flerbostadshus. De nybyggda småhusen antas ha en A_{temp} på 150 m². För nya lägenheterna ansätts en A_{temp} motsvarande 85 m², vilket är jämförbart med storleken på nybyggda lägenheter år 2000 – 2008. För lokaler har Energimyndighetens långsiktprognos använts, vilket innebär en nettoökning

⁸¹ Vattenfall (1991), Uppdrag 2000, *Från krog till kontor*.

⁸² En lokalkategori per år har undersökts i STIL2.

på 1 miljon $\text{m}^2 A_{\text{temp}}$ per år. Med antaganden om rivning och funktionsomvandling motsvarar det en nyproduktion av ca 1,2 miljoner m^2 lokalarea årligen.

För småhusen antas att 2 000 byggnader rivs eller inte längre är permanentbebodda, t.ex. efter dödsbon, varje år. För lägenheter i flerbostadshus antas också att 2 000 bostäder försvinner årligen, främst genom rivning. För lokaler förutsätts en rivningstakt på motsvarande 0,1 procent per år, räknat på det från år 2005 kvarvarande beståndet, vid året för rivningen. Uppvärmd golvarea, A_{temp} , i de småhus och de lägenheter som försvinner ur beståndet antas vara den genomsnittliga golvarean för beståndet det aktuella året.

Notera att statistiken, se tabell 6.12 (baserad på EN 16), faktiskt anger att det totala byggnadsbeståndet minskat från 1995 till 2007, trots en förhållandevis stor nyproduktion enligt annan statistik⁸³. Antaganden om hur det totala beståndet utvecklas till år 2050 ligger alltså högre än nuvarande trender i statistiken i EN 16. Det finns inget färdigt svar på hur nybyggnande, rivning och funktionsomvandling, såsom övergången från permanentbebodda småhus till fritidshus, leder till den minskning som EN 16 redovisar för perioden 1995 - 2007.

De nybyggda husen är och förväntas bli betydligt energieffektivare än det befintliga beståndet. En hög nybyggnadstakt bör därför påtagligt kunna påverka den genomsnittliga specifika energianvändningen i beståndet. Därför finns också ett beräkningsscenario med en nybyggnadsvolym som är 20 procent högre än basantagandet. Antaganden om förbättrad energiprestanda redovisas nedan.

Energianvändning i nya byggnader

De nybyggda husens värmeanvändning antas i dag precis uppfylla kraven i Boverkets byggregler, BBR, för nya byggnader. Fram till år 2050 antas att nivån minskar kontinuerligt för att år 2050 i genomsnitt ha samma energibehov som ett passivhus. För definitionen av passivhus används *Passivhuscentrums* kravspecifikationer⁸⁴. I beräkningarna används därmed 40 respektive 35 kWh/m^2 och år för småhus, respektive flerbostadshus. Hushållsenergi ingår inte i dessa mängder. För nya lokaler antas att nettobehovet av energi för värme, varmvatten, komfortkyla och fastighetsenergi är 70 kWh/m^2 och år under hela beräkningsperioden.

Dessa energimängder är omräknade för att vara uttryckta som ett nettovärmebehov (inkl. fastighetsenergi), och ska ses som ett genomsnitt för allt som byggs. Till dessa energimängder tillkommer även energi för hushålls- och verksamhetsändamål. Den minskade energianvändningen i nyproduktionen drivs dels av en successiv skärpning av byggreglerna, dels av att man bygger ännu effektivare än de vid varje tidpunkt gällande

⁸³ SCB anger i sin statistik för bostadsbyggande och ombyggnad att under perioden 1995-2007 har 108 000 småhus och 167 000 lägenheter uppförts.

http://www.scb.se/Pages/SubjectArea_5577.aspx

⁸⁴ FEBY, Forum för Energieffektiva Byggnader, *Kravspecifikation för Passivhus*, Version 2009.

byggreglerna. I nyproduktionen under 2008 används således för värme och fastighetsenergi 107 kWh/m² och år i småhusen, för att år 2045 ligga på 40 kWh/m² och år i småhusen. Motsvarande mängder för flerbostadshusen är 90 respektive 35 kWh/m² och år. För lokalbyggnaderna sker inte samma successiva förändring, utan ett genomsnittligt värde på 70 kWh/m² och år har i stället använts i beräkningarna (se stycket ovan).

Vad gäller elanvändning antas nya småhus använda 6 000 kWh/år, och nya lägenheter 3 000 kWh/år för hushållsändamål. För lokalerna antas att 100 kWh el per m² och år används för verksamheten i dessa. Antagna nivåer motsvarar användningen av hushållsel och verksamhetsel i dagens byggnader. Dessa nivåer förändras inte i den nyproduktion som sker under tiden fram till år 2050. Det betyder att utgångsläget för användning av hushålls- och verksamhetsel i beräkningarna alltid baseras på dessa mängder när nya byggnader tillkommer. En effektivisering av hushållens elanvändning sker således först när byggnaden redan ingår i byggnadsbeståndet.

Effektiviseringsåtgärder och standardhöjningar i befintliga byggnader

Åtgärder för energieffektivisering och den standardhöjning som eventuellt kommer att ske är faktorer som är mycket vanskliga att förutsäga på så lång sikt som fram till år 2050. En blick bakåt under de senaste 10 – 20 åren antyder att det finns en hela tiden pågående effektivisering, samtidigt som nya apparater och ökade komfortkrav ökar energianvändningen. Dessa tendenser ser oftast ut att ungefär balansera varandra enligt SCB:s energistatistik för de senaste 15 åren. Ett basfall, med utgångspunkten att effektiviseringsåtgärder och ökade krav på värme och el balanserar varandra energimässigt, ställs därför upp. Detta gäller dock inte för lokalbyggnaderna där inget ökat behov balanserar effektiviseringen, vilket stämmer väl överens med uppgifter i energistatistiken EN 16 och STIL2.

Förutom basfallet beräknas också ett effektiviseringsfall, där åtgärder i befintlig bebyggelse ligger på samma takt som dagens spontana nivå för både värme och el, men där det inte tillkommer ett större värme- eller elbehov på grund av högre krav på t.ex. inomhustemperatur och luftomsättning eller ett ökat antal elektriska apparater. Effektiviseringsnivåerna för värme bygger på underlag från *EnEff-utredningen*⁸⁵, och antas för befintlig bebyggelse i småhus motsvara 0,3 procent per år, i flerbostadshus 0,7 procent per år och i lokaler 1,1 procent per år. För el antas en effektivisering motsvarande 1,0 procent per år. De antaganden om effektivisering som görs ska därför återspegla ett nollalternativ eller *business as usual*, det vill säga ett alternativ som beskriver vilken energieffektivisering som kommer att ske med dagens styrmedel och förutsättningar. Nedan sammanfattas de tre scenarierna.

Basfallet

- Nyproduktion per år av 10 000 småhus, 16 500 lägenheter, 1,2 miljoner m² lokaler. Rivning per år av 2 000 småhus och 2 000 lägenheter,

⁸⁵ SOU 2008:110, *Vägen till ett energieffektivare Sverige*.

samt 0,1 procent av den del av lokalbeståndet från 2005 som finns kvar aktuellt år. Effektivisering per år av energi för värme motsvarande 0,3 procent i befintliga småhus, 0,7 procent i befintliga flerbostadshus och 1,1 procent i befintliga lokaler. Elanvändningen för hushållsändamål och verksamhet effektiviseras med 1 procent per år. I basfallet antas dock att effektiviseringen av el och värme äts upp av den standardhöjning som samtidigt äger rum i bostäderna. I lokalerna sker inte samma standardhöjning.

Högre takt i nyproduktionen

- I fallet med högre takt i nyproduktionen är det 20 procent högre än i basfallet. Det innebär att 12 000 småhus, 19 800 lägenheter och 1,44 miljoner m² lokaler tillkommer varje år. I övrigt är scenariot lika som i basfallet.

Effektivisering utan motsvarande ökning på grund av högre standard

- Scenariot är lika som i basfallet, förutom att den effektivisering av värme samt hushålls- och verksamhetsel som sker inte äts upp av standardhöjningar i bostadsbeståndet.

För varje beräkningsfall redovisas först ett diagram med den totala energianvändningen 1995 – 2050 och sedan den specifika energianvändningen i kWh/m². Den energi som avses är nettoenergi definierad enligt ovan.

Resultat för basfallet

Resultat för basfallet redovisas i figurer 6.13 och 6.14, samt i tabeller 6.14 och 6.15. Basfallet illustrerar effekterna av den volym ny bebyggelse som tillkommer fram till år 2050, och att denna nya bebyggelse har bättre energiprestanda än den befintliga. I basfallet balanserar effektiviseringsåtgärder och standardökningar i den kvarstående bebyggelse från 2007 varandra, så att det netto inte innebär någon förändring av de specifika energianvändningarna, undantaget det kvarstående lokalbeståndet där effektiviseringar inte äts upp av motsvarande standardhöjning. Resultatet blir att den totala energianvändningen för el och värme, med värme som nettovärme, ökar från 127,9 till 135,2 TWh/år. Det motsvarar en ökning med 6 procent. Att en ökning erhålls beror på att det totalt sett finns ett större byggnadsbestånd år 2050 jämfört med år 2007. Den specifika energianvändningen per uppvärmd golvarea minskar däremot från 204 till 175 kWh/m² per år motsvarar en minskning med 14,4 procent.

Jämfört med basåret 1995 minskar energianvändningen per uppvärmd areaenhet från 201 kWh/år till 175 kWh/år, vilket motsvarar en relativ minskning med 13 procent.

Tabell 6.14. Uppvärmd golvarea, A_{temp} , i bebyggelsen före och efter rivning och nyproduktion för år 2007 och år 2050 i basfallet.

	Area (A_{temp}) i miljoner m^2			
	Småhus	Flerb.hus	Lokaler	Totalt
Vid periodens början (2007)	260,3	207,3	158,7	626,3
Vid periodens slut (2050)	311,7	260,5	201,6	773,8
Förändring	+ 51,4	+ 53,3	+ 42,9	+ 147,5
Rivning (2007-2050)	13,1	7,0	7,0	27,1
Nyproduktion (2007-2050)	64,5	60,3	49,9	174,7

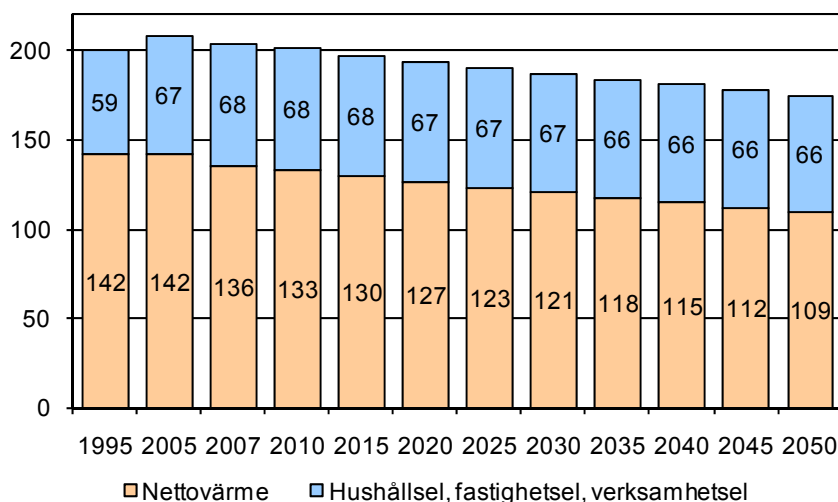
Observera att förändringen under beräkningsperioden, 2007 – 2050, skiljer sig från perioden för delmålet om energianvändning som sträcker sig från 1995 – 2050.

Tabell 6.15. Förändring av energianvändningen från år 2007 till år 2050 för basfallet.

	Total energianvändning (TWh/år), (nettovärme + el)			
	Småhus	Flerb.hus	Lokaler	Totalt
år 2007	45,5	37,9	44,5	127,9
år 2050	50,4	42,5	42,3	135,2
Total förändring	+4,9	+4,5	-2,2	+7,3
Relativ förändring	+10,8%	+11,9%	-4,9%	+5,7%

	Specifik energianvändning ($kWh/m^2 A_{temp}$)			
	Småhus	Flerb.hus	Lokaler	Totalt
år 2007	174,8	183,1	280,4	204,3
år 2050	161,8	163,1	210,0	174,8
Total förändring	-13,0	-20,0	-70,4	-29,5
Relativ förändring	-7,4%	-10,9%	-25,1%	-14,4%

Figur 6.13. Energianvändning per m^2 uppvärmd golvarea i basfallet. kWh/m^2

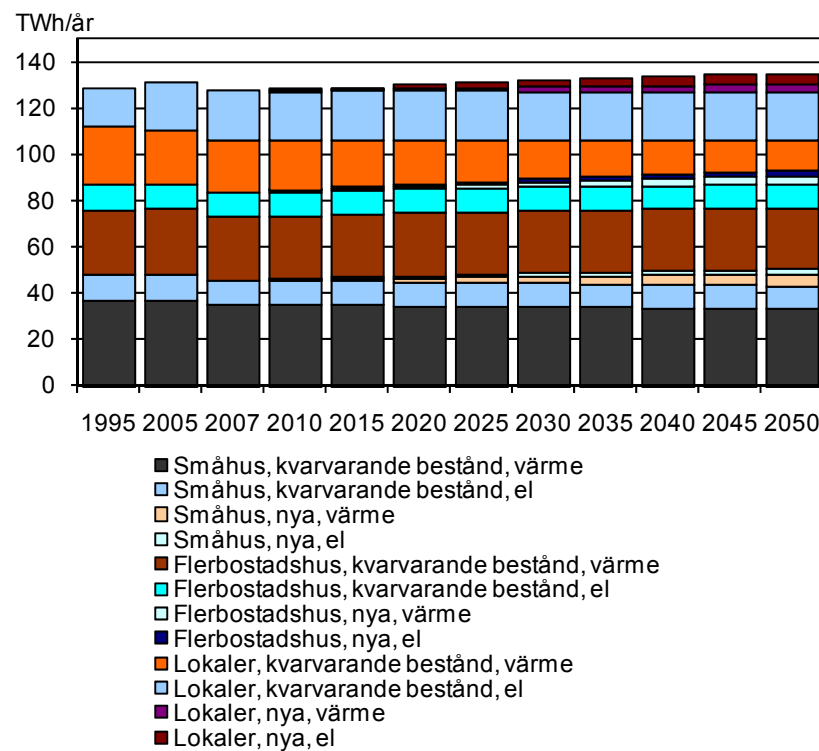


För att underlätta läsningen av staplarna i figur 6.14; Den översta förklaringen till diagrammet beskriver den understa delen av stapeln. Den understa delen i staplarna anger således energimängden för värme i det

kvarvarande beståndet av småhus. I de tre första staplarna finns ingen nyproduktion med. Dessa består därför endast av det kvarvarande beståndet av respektive byggnadstyp. I dessa staplar består de olika delarna, nedifrån och upp, därmed av:

- värme för småhus i kvarvarande bestånd
- el för småhus i kvarvarande bestånd
- värme för flerbostadshus i kvarvarande bestånd
- el för flerbostadshus i kvarvarande bestånd
- värme för lokaler i kvarvarande bestånd
- el för lokaler i kvarvarande bestånd

Figur 6.14. Total energianvändning i bebyggelsen för basfallet.



Resultat för en 20 procent högre takt i nyproduktionen jämfört med basfallet

I figurer 6.15 och 6.16, samt i tabeller 6.16 och 6.17, redovisas resultatet för en 20 procent högre takt i nyproduktionen jämfört med basfallet. Fallet med en högre takt i nyproduktionen illustrerar att den totala specifika energianvändningen påverkas mycket lite av en tydligt högre nybyggnadstakt. I basfallet minskar den med 14,4 procent, och med en högre produktionstakt minskar den med 15,6 procent, från 201 till 172 kWh/m² och år från år 2007 till år 2050. Skillnaden i specifik energianvändning mellan de två scenarierna är således bara 3 kWh/m².

Jämfört med basåret 1995 minskar energianvändningen per uppvärmd areaenhet från 201 kWh/år till 172 kWh/år, vilket motsvarar en relativ minskning med 14 procent.

Tabell 6.16. Uppvärmd golvarea, A_{temp} , i bebyggelsen före och efter rivning och nyproduktion för år 2007 och år 2050 i fallet med en högre takt i nyproduktionen.

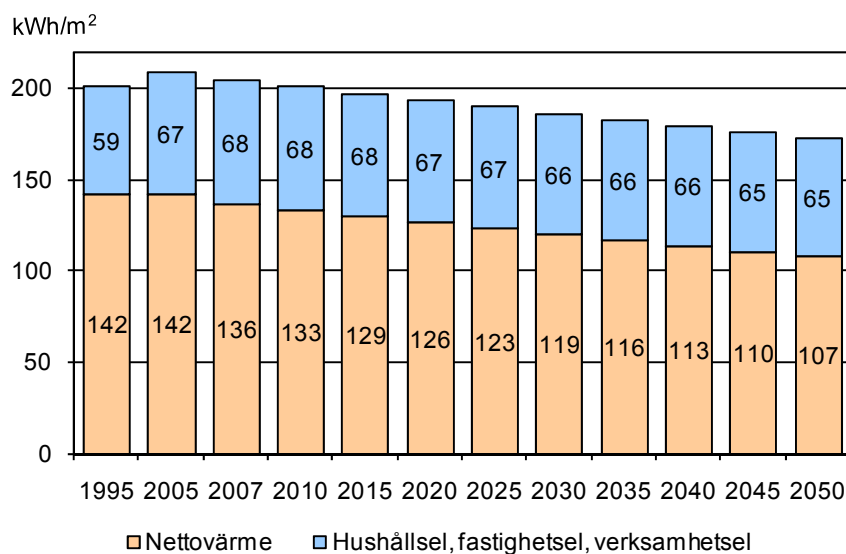
Byggnadsbeståndet	Area (A_{temp}) i miljoner m^2			
	Småhus	Flerb.hus	Lokaler	Totalt
Vid periodens början (2007)	260,3	207,3	158,7	626,3
Vid periodens slut (2050)	324,6	272,6	211,6	808,7
Förändring	+ 64,3	+ 65,3	+ 52,9	+ 182,5
Rivning (2007-2050)	13,1	7,0	7,0	27,1
Nyproduktion (2007-2050)	77,4	72,4	59,9	209,6

Tabell 6.17. Förändring av energianvändningen från år 2007 till år 2050 i fallet med en högre takt i nyproduktionen.

	Total energianvändning (TWh/år), (nettovärme + el)			
	Småhus	Flerb.hus	Lokaler	Totalt
år 2007	45,5	37,9	44,5	127,9
år 2050	51,9	43,6	44,0	139,5
Total förändring	+6,4	+5,7	-0,5	+11,6
Relativ förändring	+14,0%	+15,0%	-1,1%	+9,1%

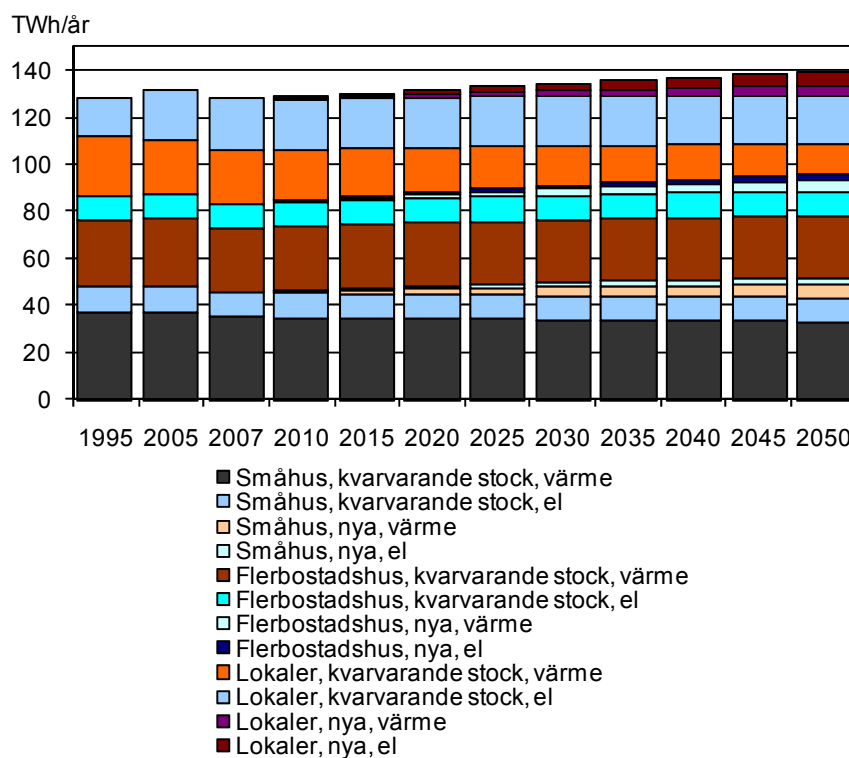
	Specifik energianvändning ($kWh/m^2 A_{temp}$)			
	Småhus	Flerb.hus	Lokaler	Totalt
år 2007	174,8	183,1	280,4	204,3
år 2050	159,8	160,1	208,1	172,5
Total förändring	-15,0	-22,9	-72,3	-31,8
Relativ förändring	-8,6%	-12,5%	-25,8%	-15,6%

Figur 6.15. Energianvändning per m^2 uppvärmd golvarea i fallet med en 20 procent högre takt i nyproduktionen jämfört med basfallet.



Anledningen till att minskningen i specifik energianvändning är så liten är att nyproduktionen även i detta scenario är liten i förhållande till hela byggnadsbeståndet. Genom att byggnadsbeståndet ökar under perioden ökar också den totala energianvändningen för el och värme från 127,9 till 139,5 TWh/år, vilket motsvarar en ökning med 11,6 procent.

Figur 6.16. Total energianvändning i bebyggelsen för fallet med en 20 procent högre takt i nyproduktionen, jämfört med basfallet.



Resultat för effektiviseringsfallet

I figurer 6.17 och 6.18, samt i tabeller 6.18 och 6.19, redovisas resultatet för effektiviseringsfallet. I detta scenario antas att den effektivisering som sker när det gäller energi för värme samt el för hushållsändamål i bostäder och el för verksamhet i lokaler inte äts upp av standardhöjning, t.ex. högre inomhustemperatur, komfortkyla och högre luftomsättning eller fler elektriska apparater i hem och på arbetsplatser.

I effektiviseringsfallet minskar den specifika energianvändningen från 201 kWh/m² år 1995 till 141 kWh/m² år 2050. Det motsvarar en minskning med 30,8 procent. För detta scenario minskar även den totala energianvändningen från 127,9 till 109,3 TWh/år. En anledning till att energieffektiviseringen blir så stor i detta scenario är att även en måttlig besparing⁸⁶ per år i det befintliga byggnadsbeståndet får verka under lång tid.

⁸⁶ Värmebehovet minskas med 0,3 % per år i det kvarstående beståndet av småhus, med 0,7 % i det kvarstående beståndet av flerbostadshus och med 1,1 % i det kvarstående be-

Tabell 6.18. Uppvärmd golvarea, A_{temp} , i bebyggelsen före och efter rivning och nyproduktion för år 2007 och år 2050 i effektiviseringsfallet.

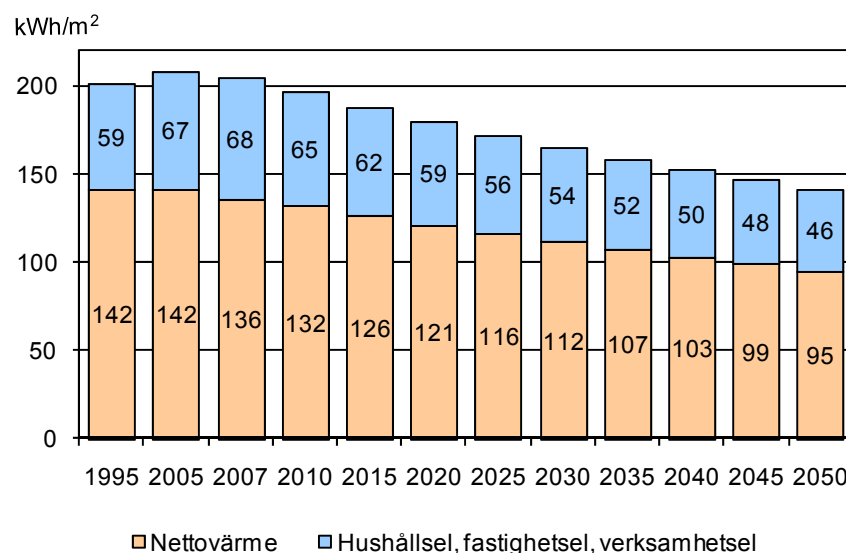
	Area (A_{temp}) i miljoner m^2			
	Småhus	Flerb.hus	Lokaler	Totalt
Vid periodens början (2007)	260,3	207,3	158,7	626,3
Vid periodens slut (2050)	311,7	260,5	201,6	773,8
Förändring	+ 51,4	+ 53,3	+ 42,9	+ 147,5
Rivning (2007-2050)	13,1	7,0	7,0	27,1
Nyproduktion (2007-2050)	64,5	60,3	49,9	174,7

Tabell 6.19. Förändring av energianvändningen från år 2007 till år 2050 i effektiviseringsfallet.

	Total energianvändning (TWh/år), (nettovärme + el)			
	Småhus	Flerb.hus	Lokaler	Totalt
år 2007	45,5	37,9	44,5	127,9
år 2050	42,8	31,9	34,7	109,3
Total förändring	-2,7	-6,1	-9,8	-18,6
Relativ förändring	-5,9%	-16,0%	-22,0%	-14,6%

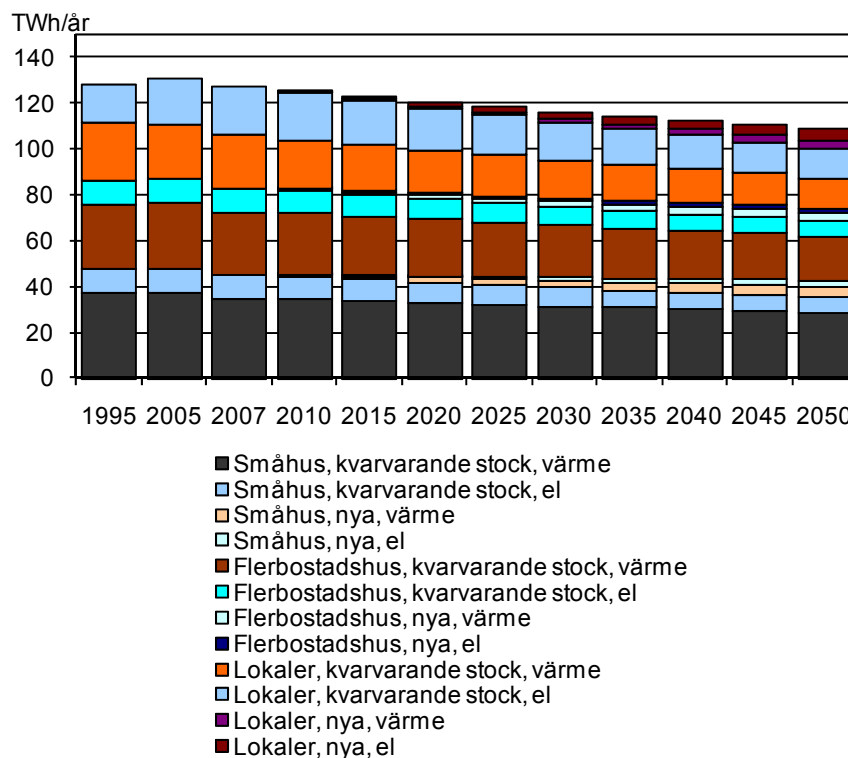
	Specifik energianvändning ($kWh/m^2 A_{temp}$)			
	Småhus	Flerb.hus	Lokaler	Totalt
år 2007	174,8	183,1	280,4	204,3
år 2050	137,3	122,3	171,9	141,3
Total förändring	-37,5	-60,7	-108,5	-63,0
Relativ förändring	-21,4%	-33,2%	-38,7%	-30,8%

Figur 6.17. Energianvändning per m^2 uppvärmd golvarea i effektiviseringsfallet.



ståndet av lokalbyggnader. Behovet av el minskas med 1 % per år för hushålls- och verksamhetsändamål.

Figur 6.18. Total energianvändning i bebyggelsen i effektiviseringsfallet.



6.5.10 Sammanfattning av nollalternativen

Tre olika scenarier för utvecklingen av energianvändning i bebyggelsen har provats. I de två första scenarierna antas att de energieffektiviseringar som sker spontant vid renoveringar av klimatskal och utbyte av installationstekniska system, samt den energieffektivisering som teknikutveckling av elanvändande apparater i bostäder och på arbetsplatser i leder till, äts upp av den standardhöjning som samtidigt sker, undantaget lokalbyggnaderna, där en effektivisering sker med 1,1 procent per år utan motsvarande standardhöjning.

De två första scenarierna, den ena med en 20 procent högre takt i nyproduktionen av bostäder och lokaler, leder till en minskad specifik energianvändning med cirka 15-16 procent från år 2007 till år 2050, och cirka 13-14 procent i förhållande till basåret 1995. I dessa scenarier är det främst minskningen av energi för värme i lokalerna, samt en lägre specifik energianvändning i de byggnader som tillkommer fram till 2050 som leder till minskningen. Den totala energianvändningen i bebyggelsen ökar dock på grund av en ökad uppvärmd golvarea.

I det tredje scenariot, där förbättringar av klimatskalens värmeisolering eller utbyte av ventilationssystem till effektivare sådana, samt effektivisering av elanvändning för hushållsändamål, inte äts upp av en standardhöjning, minskar både den totala energianvändningen och den specifika energianvändningen. Den specifika energianvändningen minskar relativt

år 1995 med 30 procent och den totala med 15 procent, från 128,5 TWh/år till 109,3 TWh/år.

6.6 Övriga kostnader för en energieffektivisering i bebyggelsen

6.6.1 Följdåtgärder för att säkerställa en god inomhusmiljö

Som har angivits ovan ingår i de presenterade kostnaderna i avsnitt 6.3 och 6.4 endast kostnader för material och arbetskraft. Det är viktigt att energibesparande åtgärder inte får gå ut över inomhusmiljön eller andra, för samhället, betydelsefulla värden. Vissa åtgärder i klimatskalet kan både förbättra och försämma inomhusmiljön.

Byte till nya fönster och dörrar samt tilläggsisolering av ytterväggar kan till exempel ge en tätare byggnad, vilket kan medföra både positiva och negativa effekter. Drag till exempel kan minska. Samtidigt kan luftomsättningen bli för låg om inte andra åtgärder görs för att säkerställa den. Andra åtgärder kan påverka fuktförhållanden i olika konstruktionsdelar. Byte av ventilationssystem från självdrag till mekanisk ventilation kan medföra att rätt flöden lättare kan upprätthållas, oberoende av väderförhållanden. Förutom att byte till mekanisk ventilation kan leda till en förändrad energianvändning kan det även resultera i ändrade tryckförhållanden i byggnaden. Installation av frånluft kan medföra risk för att lukt sprids mellan bostäder eller att markradon läcker in i högre utsträckning än tidigare.

Det kan också krävas åtgärder för att säkerställa en tillräckligt god luftomsättning⁸⁷ i undermåligt ventilerade bostäder eller bostäder med för höga radonhalter i inomhusluften. Den i undersökningen uppmätta luftomsättningen motsvarar ett luftflöde om 0,37 l/m² bostadsarea i flerbostadshusen, vilket överensstämmer med normenligt ventilationsflöde enligt Boverkets byggregler och i princip med Socialstyrelsens allmänna råd. I småhusen motsvarar dock uppmätta luftflöden endast 0,23 l/m² A_{temp}.⁸⁸ Den enkätundersökning inom projektet som skickats ut till boende i de undersökta flerbostadshusen och småhusen visar dock inget samband mellan en låg luftomsättning och upplevd ohälsa.⁸⁹ I stället anger de som bor i småhusen, de bostäder med lägst ventilationsflöde, att de i allmänhet mår bättre än de som bor i flerbostadshusen, de bostäder med högst ventilationsflöde. Anledningen till att de boende i småhusen mår bättre än de boende i flerbostadshusen har förmodligen lite att göra med ventilationen. I stället är det sannolikt andra, t.ex. socioekonomiska, faktorer som spelar in.

⁸⁷ Enligt Socialstyrelsens allmänna råd bör luftomsättningen i bostäder vara minst 0,5 rumsvolymer per timme. Detta motsvarar ett flöde på 0,35 l/s och m² golvarea i en byggnad med en genomsnittlig rumshöjd på 2,5 meter.

⁸⁸ Som tidigare har redovisats har luftflödena i småhus ökat från 0,23 till 0,35 l per kvm. Energianvändningen beräknas då öka med 5,4 TWh per år.

⁸⁹ Boverket, (2009), *Enkätundersökning om boendes upplevda inomhusmiljö och ohälsa - resultat från projektet BETSI*.

6.6.2 Kunskap bevarar kulturvärden vid åtgärder

Kulturmiljö är en ändlig resurs som det är mycket svårt att sätta ett ekonomiskt värde på. Nya kulturvärden tillkommer successivt, men de som riskerar att försvinna vid till exempel ett för långt drivet energisparande innebär en förlust av något som inte kan återskapas. Det som idag upplevs som vardagligt och kanske rentav fult kan i framtiden visa sig vara en viktig nyckel till att förstå vårt förflutna. Därför är det alltid viktigt att göra medvetna avvägningar när något ska förändras. Detta görs exempelvis i samband med en bygglovsprövning.

För att processen ska bli framgångsrik krävs kunskande inom såväl ekonomi som energi och kulturmiljö hos de personer som ska fatta besluten. Med ett sådant brett angreppssätt kan i arbetet med energiomställning skapas ett långsiktigt hållbart samhälle där dåtid, nutid och framtid ständigt är närvarande.

Boverkets antikvarier har studerat inrapporterat material från ett antal byggnader inom BETSI för att bedöma möjligheter till att tilläggsisolera fasader. Slutsatsen är att en sådan åtgärd i många fall är svår att genomföra utan att förstöra byggnadens kulturhistoriska värden. Det understryker vikten av kompetenta bedömningar i byggprocessen.

6.7 Slutsatser och diskussion

6.7.1 Kostnader för att halvera energianvändningen i bostäder och lokaler

Beräkningarna visar att det är betydligt billigare att energieffektivisera i lokaler jämfört med att effektivisera i bostadshus. För att uppnå energimålet om en halvering av den totala energianvändningen per uppvärmd areaenhet år 2050 jämfört med år 1995 har kostnaden, för material och arbete, per sparad kWh beräknats för ett antal tänkbara åtgärder. Beräkningar av kostnader har endast gjorts för åtgärder som minskar behovet att tillföra värme och varmvatten, bortföra värme eller minska behovet av el till drift av installationstekniska system. Kostnader för den effektivisering av hushållsel som har förutsatts i beräkningarna har inte beaktats, utan den förutsatts ske spontant i takt med att utrustning och apparater byts ut.

Kostnaderna, för att nå miljömålet om en halverad total energianvändning till år 2050, är beräknade som annuiteter för att kunna ta hänsyn till att olika åtgärder har olika livslängd. I bostäderna har kostnaden beräknats till 81-93 öre per kWh (inkl. moms), och lokalerna 17-24 öre (exkl. moms), beroende på hur stor besparing som kan anses ha uppnåtts år 2005, det år beräkningarna tar sin utgångspunkt.

Även om kostnaden per sparad kWh beräknats är det inte helt lätt att avgöra hur stora kostnader det skulle medföra för fastighetsägarna att nå målet om en halverad energianvändning år 2050. I de kostnader som redovisas ingår bara kostnader för material och arbetskraft. För många åtgärder har dessutom endast särkostnaden för energiåtgärden beaktats. Vid

en tilläggsisolering av en fasad är således inte kostnaden för bland annat ställningar och fasadmaterial medräknade. Endast de poster som kan hänföras till tilläggsisoleringen tar tagits med i kalkylen.

För att förstå proportionerna kan kostnaderna översättas till arbetstid. Anta att hälften av kostnaden för att energieffektivisera är arbetskraft, och att en timme kostar 400 kronor inklusive moms (i kostnaden för lokaler är momsen inte medräknad). Då skulle det behövas cirka 30 000 årsarbeten varje år under 40 års tid för att energieffektivisera bebyggelsen till de nivåer som riksdagen beslutat om.

Effekten av konverteringsåtgärder, att byta från t.ex. olja till värmepump har inte prövats. Det är troligt att det skulle bli billigare att nå målet genom att konvertera från andra uppvärmningsformer till värmepump, jämfört med att göra åtgärder som minskar behovet av att tillföra energi, om målet är definierat som köpt energi.

Många åtgärder som ger ett minskat behov, t.ex. tilläggsisolering av fasader och byten av fönster, kommer att ske spontant i samband med att fasader behöver renoveras och fönster bytas ut. Att förvalta byggnader är ett långsiktigt engagemang. Att tro att energieffektiviseringsåtgärder lämpar sig att göras när som helst är en missuppfattning. I debatten framstår det dock ofta som om den potential för energieffektivisering som det talas om kan ske i morgon dag.

Nollalternativet, några scenarier i ett försök att fånga en spontan utveckling⁹⁰, visar att en energieffektivisering på mellan 15 och 30 procent kan komma att uppnås utan att ytterligare styrmedel införs. Hur stor effektiviseringen kommer att bli är emellertid i det närmaste omöjligt att uttala sig om i ett så långt perspektiv som miljömålet för år 2050. Inte ens de närmaste 10 åren, fram till 2020, går egentligen att uttala sig om med någon större säkerhet.

Den spontana utveckling som skett under de senaste 15-20 åren handlar främst om konverteringsåtgärder. Förbränningspannor och elvärme har bytts ut mot fjärrvärme och värmepumpar. Endast en mindre del av effektiviseringen kan hänföras till ett minskat behov av att tillföra värme m.m. Energiprisutvecklingen är förmodligen den faktor som kommer att få störst betydelse för den så kallade spontana utvecklingen.

6.7.2 Diskussion kring målet om en minskad energianvändning

I riksdagens mål om en minskad energianvändning är inte energin preciserad närmare. Vilken energi är det som avses i målet? Är det behovet av energi i bebyggelsen? Är det köpt energi? Eller är det primärenergi⁹¹? Beror på vilken energi som avses kan olika åtgärder vara lämpliga för att uppfylla målet.

⁹⁰ Med spontan utveckling avses vad som kommer att ske om inga ytterligare styrmedel införs.

⁹¹ För en enkel definition av primärenergi se figur 6.12.

Om målet avser behovet av energi innebär det i praktiken att det i huvudsak är de åtgärder som provats i beräkningarna ovan som måste till för att nå målet. Om det i stället är köpt energi skulle det lättaste sättet att nå målet vara att konvertera delar av nuvarande värmeförsörjning till värmepumpar. Syftet med målet är dock förmodligen inte att byta ut fjärrvärme mot värmepumpar.

Om det är primärenergi som avses skulle en avveckling av kärnkraften och en utbyggnad av gaskraftverk med en elverkningsgrad på knappt 60 procent reducera primärenergianvändningen betydligt. Om elen dessutom används i värmepumpar, där värme hämtas från mark och vatten, skulle effekten bli ännu större, förutsatt att den värmen inte behöver medräknas i primärenergien, något som inte är alldeles självklart. Det är inte heller självklart att delmålet om ett brutet beroende av fossila bränslen i bebyggelsen även gäller den energiomvandling som sker i el- och värmeverk utanför byggnaderna.

Dessutom är det inte säkert att ett mål om en minskning av energianvändning är ändamålsenligt om det inte är energianvändningen i sig som är målet, utan det är något annat som energin endast är ett indirekt mått på. Om det är att minska energianvändningens påverkan på miljön borde målet vara formulerat som en minskning av de effekter på miljön som denna användning har. Om effekterna bäst beskrivs i de mängder koldioxid, svavel, kväveoxider och andra utsläpp som användandet ger upphov till borde målen också vara kvantifierade i dessa termer. Om det är av säkerhetspolitiska skäl borde det vara i termer av den del av Sveriges energiförsörjning som är mest känslig för händelser i omvärlden, resursens knapphet, eller andra för försörjningen viktiga faktorer.

Om det främst är utsläpp av klimatpåverkande gaser som är orsaken till energimålen är det relevant att fråga sig hur stor andel av Sveriges slutanvändning av energi bebyggelsen står för och hur stor andel av Sveriges totala koldioxidutsläpp som beror på energianvändning i bebyggelsen. Den uppgift som brukar användas när det gäller energi och byggnader är att 40 procent⁹² av slutanvändningen sker i bostäder och lokaler. Det är fel. Knappt 30 procent är rätt andel för svenska förhållanden.⁹³ Denna andel av energianvändningen motsvaras dock inte av andelen utsläpp av växthusgaser. Någon exakt uppgift på området finns inte tillgänglig, men lite drygt tio procent av utsläppen kan hänföras till bebyggelsen om olika uppgifter från Naturvårdsverket, Energimyndigheten och Svensk fjärrvärme läggs samman.⁹⁴ Med hjälp av dessa uppgifter kan utläsas att förbränning av gas och olja i bostäder och lokaler står för ungefär en tredjedel av utsläppen. Produktion av fjärrvärme står för knappt hälften och produktion av el står för en femtedel av utsläppen av växthus-

⁹² Europaparlamentets och rådets direktiv 2002/91/EG av den 16 december 2002 om byggnaders energiprestanda.

⁹³ Energimyndigheten (Linn Stengård), 121,4 TWh slutlig energianvändning i bostäder och lokaler år 2005 av totalt 428,2 TWh (*Energiläget i siffror 2008*).

⁹⁴ I dessa tio procent är även utsläpp från produktion av fjärrvärme och el med i förhållande till den mängd som levereras till bebyggelsen.

gaser som kan relateras till energianvändningen i bebyggelsen och som genereras inom Sveriges gränser.

6.7.3 Diskussion kring åtgärder och kostnader för att energieffektivisera i bebyggelsen

Det är alltid vanskligt att göra beräkningar av kostnader för olika renoveringsåtgärder i byggnader. Särskilt när dessa görs i så stor skala som när byggnadsbeståndets potential för lönsamma energieffektiviseringsåtgärder ska uppskattas. Sådana beräkningar kan inte bli annat än mycket grova.

Det är dessutom omöjligt att bestämma vad som är lönsamt för en enskild fastighetsägare utan vetskap om dennes förutsättningar. I princip kan endast fastighetsägaren själv göra den bedömningen. Fastighetsägaren har kostnader som för en utomstående betraktare är osynliga. Historien lär oss också att en för långt driven energieffektivisering kan leda till andra oförutsedda negativa sidoeffekter som också kan medföra kostnader.

I en lönsamhetskalkyl måste även hänsyn tas till energiprisutvecklingen över lång tid, om en åtgärds livscykelkostnad ska beaktas. Att förutsäga energiprisutvecklingen under en tidsperiod på 40 år är svårt. Även om vi tror oss veta att energin inte kommer att bli billigare är det inte möjligt att bestämt veta att så blir fallet. Installation av värmepumpar har t.ex. lett till att värme kan tillföras till en betydligt lägre kostnad jämfört med om el eller olja används för ändamålet.

Trots alla osäkerheter i potentialberäkningar upprepas de med jämna mellanrum.⁹⁵ Den främsta anledningen är naturligtvis att det finns politiska intressen bakom dessa studier. Det finns en önskan från exempelvis riksdagen att energieffektivisera i bebyggelsen. Olika aktörer försöker övertrumfa varandra med hur mycket energi deras scenarier visar att det går att spara i bebyggelsen. Skälen och orsakerna till varför vi ska energieffektivisera tycks få en underordnad roll.

⁹⁵ Se t.ex. Byggforskningsrådet, (1984) *Energisparmöjligheter i befintlig bebyggelse*, R143:1984, Byggforskningsrådet, (1996) *Energieffektivisering -sparmöjligheter och investeringar för el- och värmeåtgärder i bostäder och lokaler*, Anslagsrapport A1:1996, SOU 2008:110, *Vägen till ett energieffektivare Sverige*.

7 Diskussion

7.1 Energieffektivisering i befintligt bestånd

Om energianvändningen i den befintliga bebyggelsen ska effektiviseras är det viktigt att fokusera på rätt område. När det gäller byggnader kan i princip två huvudsakliga strategier väljas. Den ena handlar om att minimera behovet av att tillföra energi till byggnaden för att kunna upprätthålla de funktioner som önskas. Den andra handlar om att kunna upprätthålla de funktioner som önskas genom att förse byggnaden med energi på ett så kostnadseffektivt sätt som möjligt.

Ett sätt att minimera behovet kan vara att tilläggsisolera klimatskalet. Andra alternativ för att minimera behovet kan vara att återvinna värme ur ventilationsluften samt reglera värme, kyla eller luftomsättning så att önskad temperatur eller rätt anpassat luftflöde erhålls i så hög utsträckning som möjligt.

Att förse en byggnad med energi på ett kostnadseffektivt sätt kan vara att installera en värmepump. Värmebehovet i byggnaden är detsamma som före installationen, men med hjälp av värmepumpen hämtas en större eller mindre del värme från luft, mark eller vatten. Ett annat sätt kan vara att gå från ett dyrt bränsle till ett billigare, t.ex. från olja till ved eller pellets. Även att ta tillvara spillvärme från olika processer i en byggnad och återanvända den i delar med ett värmebehov eller att använda frikyla kan vara mer kostnadseffektivt jämfört med att minska värme- eller kylbehovet i en byggnad.

Beroende på byggnadens förutsättningar och verksamhetens art lämpar sig olika strategier. Det är därför inte säkert att en typ av åtgärd i ett småhus fungerar lika bra i ett flerbostadshus eller i en lokalbyggnad. Det är också viktigt att tänka på att genom att minska behovet av energi minskar också känsligheten för förändringar av energipriset.

Effekterna av en konvertering av värmeförsörjning, det vill säga den minskade rörliga kostnaden för energin, kan ätas upp av en energiprishöj-

ning. Eftersom det finns fasta kostnader i el- och värmeproduktionen kan även ett minskat behov leda till att leverantörerna måste ta ut högre fasta kostnader ökar för att kompensera för en minskad försäljning.

7.1.1 Olika strategier

Minimering av behovet

Enligt resultaten från undersökningen är t.ex. värmeförlusterna genom klimatskalet i småhusen drygt fyra gånger större än värmeförlusterna via det luftutbyte som sker i husen. I småhusen bör därför en minskning av behovet, om det är den strategi som väljs, fokusera på tilläggsisolering av klimatskalet och byte till fönster med lägre U-värde. En sådan strategi kan dock ge upphov till att andra väsentliga egenskapskrav äventyras.

I flerbostadshusen är förhållandet mellan värmeförluster genom klimatskal och värmeförluster via luftutbytet två till ett. Här är det således inte lika självklart att fokusera på klimatskalet. Potentialen för en minskning av behovet är dessutom större när det gäller att återvinna energi ur ventilationsluften. Med en effektiv värmeåtervinnare kan runt 80 procent av skillnaden i värmeinnehåll mellan frånluft och uteluft återvinnas. När det gäller tilläggsisolering av klimatskalet ligger den totala potentialen för en reduktion av transmissionsförlusterna på kanske 20-40 procent. Störst potential för klimatskalsåtgärder finns i byte av fönster och tilläggsisolering av fasader.

I lokalbyggnaderna utgör värmeförluster genom klimatskalet endast en mindre del av det totala behovet av tillförd energi. Anledningen är att förhållandet mellan klimatskal och uppvärmd golvyta är litet i lokalbeståndet i stort. I många lokalbyggnader bör fokus därför förmodligen ligga på åtgärder som t.ex. reglering av ventilationsflöden, belysning, åtgärder för att minska kylbehovet m.m. I det material som samlats in i BETSI finns dock inte tillräckligt underlag för att uttala sig om var fokus bör ligga. I stället hänvisas till Energimyndighetens undersökning av landets lokalbyggnader, STIL2.

Mycket energi i bebyggelsen används också för hushålls- och verksamhetsändamål. Även den användningen kan behöva minskas. Detta gäller särskilt verksamhetsenergi i lokaler. Förhoppningsvis kommer belysning och elanvändande apparater att bli så pass mycket effektivare att även denna del av energianvändningen i bebyggelsen kommer att reduceras i hög utsträckning. En minskning av hushålls- och verksamhetsenergi betyder emellertid att tillförseln av värme kan behöva ökas om inte samtidigt åtgärder som minskar värmebehovet genomförs.

Kostnadseffektiv energitillförsel

I småhusen är redan en dryg tredjedel av alla byggnader försedda med någon typ av värmepump. Tack vare pumparna kan byggnaderna förses med värme från mark, luft eller vatten och på så sätt bidra till att t.ex. den elmängd som skulle behöva tillföras en byggnad, försedd med en elpanna kan reduceras med en faktor två till fyra. Genom att konvertera värmeförsörjningen i alla småhusen med direktverkande el, elpanna eller olje- eller

gaspanna, till någon typ av värmepump, skulle andelen köpt energi för värme och varmvatten i småhusbeståndet kunna reduceras med i storleksordningen 20 procent. Uttryckt som energimängd skulle det motsvara ungefär 8-9 TWh/år.

I flerbostadshus och lokaler dominerar fjärrvärme. Den utgör cirka 80 procent av värmeförsörjningen i de båda bestånden. Potentialen för en konvertering till värmepumpar är därför inte större än 6-7 procent, om fjärrvärmen ska bibehållas. Dessutom är det politiskt sett kanske mer önskvärt att konvertera de byggnader som i dag värms med olja och el till fjärrvärme.

7.2 Nya byggnader

För att nå det av riksdagen uppsatta miljökvalitetsmålet om en reduktion av total energianvändning (här ingår även hushålls- och verksamhetsenergi) med 50 procent till år 2050 jämfört med användningen år 1995 ska bostadshusen i genomsnitt använda 92-102 kWh/m² och år. För lokalbyggnaderna är motsvarande energimängd 125-139 kWh/m² och år. Spannet beror på hur stor besparing som kan anses ha gjorts i bebyggelsen fram till år 2005.

Enligt officiell statistik⁹⁶ användes 1995:

- 54,5 TWh/år i småhusen och uppvärmd golvarea uppgick i dessa till 280,5 Mm²
- 33,9 TWh/år i flerbostadshusen och BOA uppgick till 165,8 Mm²
- 42,7 TWh/år i lokalbyggnaderna och LOA uppgick till 152 Mm²

Anledningen till att officiell energistatistik inte direkt kan användas för att bestämma vilken specifik energianvändning bebyggelsen ska ha målåret 2050 är att den area som anges inte är uppvärmd golvarea. I flerbostadshusen t.ex. är den uppvärmda golvarean betydligt större, eftersom trapphus, gemensamhetsutrymmen och källare inte ingår i bostadsarean, BOA, den area som används i officiell statistik. Det gör att endast den relativa minskning från år 1995-2005 kan användas som utgångspunkt för nya byggnader. Beroende på olika uppgifter i officiell statistik (se avsnitt 6.1 och tabell 6.1) kan den relativa minskningen 1995-2005 uppskattas till mellan 3,7 och 9,7 procent.

7.2.1 Dagens byggregler

Dagens byggregler anger hur mycket energi för värme, varmvatten, kyla och fastighetsenergi som maximalt får levereras till nybyggda hus. Kravet varierar beroende på klimatzon, form för uppvärmning och om byggnaden är avsedd för bostäder eller annan verksamhet. De flesta nya byggnader som kommer att uppföras fram till år 2050 kan förväntas ligga inom den södra klimatzonen. Där är kravet på:

- bostäder som ej är elvärmda 110 kWh/m² och år

⁹⁶ Uppgifter från Energimyndigheten (Linn Stengård).

- bostäder som är elvärmda 55 kWh/m² och år
- lokalbyggnader som ej är elvärmda 100 kWh/m² och år
- lokalbyggnader som är elvärmda 55 kWh/m² och år

Dessutom får det i byggnader där hygienflödet⁹⁷ överstiger 0,35 l/m²/s användas upp till 45 kWh mer energi per m² och år.

I dessa energimängder ingår inte energi för hushålls- eller verksamhetsändamål. Till de olika högsta tillåtna energimängderna tillkommer därför en viss mängd energi för att en jämförelse med energimålet i *God bebyggd miljö* ska kunna göras. Med ett antagande att den hushållsenergi som tillkommer i bostäderna är 25 kWh/m² och år, vilket överensstämmer med Energimyndighetens undersökning av hushållsel i småhus och flerbostadshus, skulle med dagens byggregler maximalt 135 respektive 80 kWh/m² och år kunna användas i bostadshusen. Om användningen av verksamhetsenergi i lokalbyggnader antas vara 45 kWh/m² i genomsnitt (se rapporter i STIL2), skulle maximalt 145 respektive 90 kWh/m² och år kunna användas i lokaler.

Eftersom kraven gäller en maxgräns är det dock inte säkert att nuvarande krav behöver skärpas i samma utsträckning, för att de byggnader som uppförs fram till 2050 ska underskrida energimålets nivå. Hur mycket kraven måste skärpas är för tidigt att säga. Enligt statistik från energideklarationsregistret används i bostäder uppförda från och med 2007 i genomsnitt 104 kWh/m² och år. I den energimängden ingår emellertid inte hushållsenergi, vilken i bostäder kan uppskattas ligga på 25 kWh/m² och år.

I lokalbyggnader ligger energianvändningen på 120-130 kWh/år för byggnader uppförda efter år 2007 enligt uppgifter i deklarationsregistret. Till den mängden tillkommer verksamhetsenergi. Enligt Energimyndighetens undersökning, STIL2, varierar den mellan 36 och 57 kWh/år för de tre största lokalkategorierna, skolor, vård och kontor.

Redan i dag har Boverket i uppdrag att skärpa energikraven. Verkningarna av de senaste årens ändringar har heller inte slagit igenom fullt ut ännu. Om de skärpningar av energikraven som är på gång är tillräckliga för att energianvändningen i ny bebyggelse ska underskrida de nivåer som tillåts enligt miljömålet år 2050 är för tidigt att uttala sig om. De nivåer som föreskrivs är maximal användning. Hur mycket lägre den faktiska användningen blir återstår att se.

Den energi som Boverket har bemyndigande att föreskriva om omfattar heller inte all energianvändning. Hushålls- och verksamhetsenergi ligger utanför Boverkets bemyndigande. Ett styrmedel som kan få stor betydelse för utvecklingen inom detta område är ekodesigndirektivet. En effektivare användning av energi för dessa ändamål kommer även att leda till en minskad energianvändning i bebyggelsen.

⁹⁷ Ett högre hygienflöde än 0,35 l/m²/s förekommer många gånger i lokalbyggnader.

Om nya byggnader inte bara ska underskrida energimålet år 2050, utan tanken också är att en del av den energi som används i den äldre bebyggelsen ska fördelas på dessa kan kraven behöva skärpas betydligt, beroende på hur mycket energi de nyare byggnaderna ska kompensera för. Enligt ett scenario i avsnitt 6.5, *Nollalternativ, utvecklingen om inga ytterligare styrmedel införs*, för tillkomst av ny bebyggelse skulle 175 Mm² ny golvarea tillkomma under perioden 2007-2050. Under antagande att bebyggelsen i genomsnitt får använda 110 kWh/m² och år 2050 (om energianvändning och golvarea enligt officiell statistik för 1995 används som utgångspunkt), och att de nya byggnader som tillkommer från i dag fram till mållåret använder cirka 70 kWh/m², vilket motsvarar total energianvändning i ”passivhusen” i Lindås utanför Göteborg, skulle de äldre byggnaderna kunna använda 122 kWh/m² och år.

Skillnaden, som en så dramatisk minskning av energianvändningen i ny bebyggelse skulle medföra, ger således inte särskilt mycket högre (12 kWh/m²) tillåten energianvändning i det befintliga beståndet. Att dramatiskt skärpa energikraven vid nybyggnad kan alltså inte mer än marginellt leda till uppfyllandet av riksdagens delmål om energianvändning år 2050 i miljö kvalitetsmålet *God bebyggd miljö*.

Bilaga 1 Energieffektiviseringens samhällsekonomiska intäkter och kostnader

1.1 Inledning

Under lång tid har frågor kring energieffektivisering och energisparpotentialer varit aktuella. Ett synsätt är att det finns en stor potential för såväl energieffektiviseringar som energisparande genom att sådana investeringar är såväl fastighetsekonomiskt som samhällsekonomiskt lönsamma⁹⁸. De genomförs dock inte av olika anledningar och de skäl som anges till varför de inte kommer till stånd brukar benämnas ”marknadshinder”. Exempel på marknadshinder är svårigheter att få finansiering, dåligt informerade konsumenter, höga investeringskostnader och att de som beslutar om investeringar i energieffektiviseringsåtgärder inte är de som i ett senare skede kommer att bruka byggnaden och dra fördel av minskade utlägg för energi. På grund av marknadshindren bör samhället, enligt detta synsätt, gripa in med exempelvis administrativa och ekonomiska styrmedel för att säkerställa att den bedömda potentialen realiseras. Detta gagnar såväl samhället som miljön.

Ett annat synsätt tar fasta på den faktiska utvecklingen och förespråkare menar att energispar- och energieffektiviseringspotentialen är liten. Huvudargumentet är här att om det vore så lönsamt med energiinvesteringar, varför genomförs de inte? Förespråkare för detta synsätt menar att de energikalkyler som potentialberäkningarna bygger på är missvisande. Flera kostnadsposter är utelämnade, vilket därigenom med automatik leder till en för stor potential.⁹⁹ Man förnekar inte att det finns marknadshinder, men det är endast några få av dessa som är av sådan art att det finns anledning för samhället att gripa in. I stället föreligger det en risk för ett s.k. regleringsmisslyckande, innebärande att offentliga ingrepp via olika styrmedel riskerar att förvärpa snarare än förbättra den totala resurshushållningen. Exempel finns från 1970-, 80- och 90-talen där investeringar i energisparåtgärder lett till försämrad inomhusmiljö med fukt- och mögelskador och till förlust av kulturhistoriska värden. Lite hårddraget kan detta synsätt sammanfattas med att samhällets uppgift är att se till att priset på energi är ”korrekt” sett ur samhällsekonomisk synvinkel. För

⁹⁸ Energieffektiviseringar innebär att man får ut mer relativt sett från energin. Exempelvis: ett nytt kylskåp förbrukar mindre energi och levererar samma ”tjänst”, d.v.s. precis samma service som det gamla kylskåpet men med lägre energianvändning. Men vi tenderar samtidigt att köpa fler produkter som förbrukar energi. Vi kan således komma i ett läge där samtliga utrustningar som vi använder är energieffektiva, men vi har köpt så många att energianvändningen ändå ökar. Detta benämns rekyleffekten (rebound effect) i litteraturen. Energisparande å andra sidan innebär att den totala energianvändningen faktiskt minskar.

⁹⁹ De kostnadsposter som vanligtvis inkluderas i energikalkyler är kostnaden för material och arbetskraft. Projekteringskostnader, sökkostnader och andra s.k. transaktionskostnader är inte inkluderade.

att detta ska uppnås krävs samhälleliga ingrepp i form av exempelvis miljöavgifter eller handel med utsläppsrätter. Men därefter ska marknaden få bestämma vilken den totala energianvändningen ska bli.

Beroende på vilket synsätt som används kommer man fram till helt olika bedömningar av den framtida energianvändningen.¹⁰⁰

I denna bilaga ska energieffektiviseringen diskuteras ur en samhälls-ekonomisk synvinkel. Bilagan läggs upp på följande sätt. I avsnitt 1.2 redogörs för skillnaden mellan marknadshinder och marknadsmisslyckande. Det följs av en kortfattad presentation av samhällsekonomiska kalkyler. Därefter diskuteras samhällsekonomiska intäkter och kostnader vid energieffektiviseringar. Bilagan avslutas med ett avsnitt där svårigheterna med att beräkna energieffektiviseringspotentialer diskuteras.

1.2 Marknadshinder och marknadsmisslyckanden

En samhällsekonomiskt effektiv användning av våra resurser avser en situation där samhällets samtliga resurser är fördelade mellan olika användningsområden på ett sådant sätt att högsta möjliga välfärd skapas. Inom energiområdet, liksom inom många andra områden, finns s.k. marknadshinder, med vilket avses olika typer av hinder som aktörer upplever när de står i begrepp att genomföra investeringar i energieffektiviserande åtgärder. Existensen av marknadshinder utgör dock inte med automatik skäl för samhället att ingripa i resursfördelningen. Endast sådana marknadshinder som kan klassas som så kallade marknadsmisslyckanden rättfärdigar offentliga ingrepp utifrån en samhällsekonomisk synvinkel. Och då endast om man empiriskt kan visa dels att marknadsmisslyckanden förorsakar väsentliga snedvridningar (ineffektiviteter) i resursfördelningen, dels att värdet av ingreppen är större än kostnaderna.

Nedan redovisas dels marknadsmisslyckanden som definierats i litteraturen med avseende på energieffektivisering, dels olika marknadshinder. Vidare beskrivs det motsatsförhållande som föreligger mellan energieffektivisering, å ena sidan, och samhällsekonomiska effektivitet, å den andra.

¹⁰⁰Se exempelvis SOU (2001:2) ”Effektiv hushållning med naturresurser” för en diskussion.

1.2.1 Marknadsmisslyckanden¹⁰¹

I nedanstående sammanställning redovisas marknadsmisslyckanden som hindrar investeringar i energieffektiviserande åtgärder.

4. Misslyckanden på energimarknaden
 - a. Negativa miljöexternaliteter
 - b. Genomsnittskostnadsprissättning
 - c. Försörjningstrygghet
5. Informationsmisslyckanden
 - a. Asymmetrisk /bristande information
 - b. Learning by using
 - c. Principal-agent problem (split incentives)
6. Misslyckanden på kapitalmarknaderna
 - a. Begränsad likviditet
7. Innovationsrelaterade misslyckanden
 - a. Spillovers från forskning och utveckling
 - b. Spillovers från learning by doing

Misslyckanden på energimarknader avser frågor kring energipriserna och vilken information som de innehåller. Energiprisernas roll i en marknads-ekonomi är bl.a. att signalera knapphet på resurser. En konsument som står i begrepp att konsumera ytterligare en kWh bör alltid och vid alla tillfällen mötas av priser som avspeglar den ytterligare samhälleliga kostnaden som denna konsumtion förorsakar.

Energiomvandling har *negativ påverkan på miljön* via utsläpp av exempelvis koldioxid, svaveldioxid, kväveoxider och partiklar. Denna miljöbelastning är en negativ extern effekt¹⁰² som är en kostnad för samhället i större utsträckning än för den enskilde energiproducenten. För att säkerställa att den enskilde energiproducenten även beaktar miljökostnader kan styrmedel i form av exempelvis miljöavgifter eller handel med utsläppsrätter införas.

En annan orsak till varför prissättningen på energi är ineffektiv är att man tillämpar *genomsnittskostnadsprissättning* i stället för marginalkostnadsprissättning. En lösning på detta är att införa en prissättningsmodell där konsumenter tydligare får information om kostnaden för energiomvandlingen vid olika tidpunkter under året och dygnet. Med en teknisk utveckling kan detta i förlängningen leda till realtidsprissättning¹⁰³.

¹⁰¹ Skrivningarna i detta avsnitt bygger i hög grad på följande källor: Ejdemo och Söderholm (2010), Gillingham m.fl. (2009), Jaffe m.fl. (2004) samt Linares och Labandeira (2010).

¹⁰² Externa effekter uppkommer när en part på en marknad agerar på ett sätt som påverkar andra utan att parten tar hänsyn till detta vid sina beslut. De externa effekterna kan vara antingen positiva eller negativa.

¹⁰³ Energimarknadsinspektionen har ett uppdrag i sitt regleringsbrev för år 2010 att analysera vilka ekonomiska och legala konsekvenser en övergång till timmätning skulle innebära för de elanvändare som idag har månadsvis mätning.

Försörjningstrygghet (energy security) anges också som ett marknadsmisslyckande på energimarknaden. Nationell säkerhet ses som en klassisk kollektiv nytta (Tietenberg 2005). Gillingham m.fl. (2009) refererar till studier där USA:s beroende av vissa energikällor som olja, kol och naturgas från instabila regioner av världen inte bedöms avspeglas i de energipriser som möter konsumenterna. Författarna menar dock att en minskad oljeanvändning för uppvärmningsändamål i byggnader endast marginellt förbättrar försörjningstryggheten p.g.a. att konsumtionen av olja i USA företrädesvis sker inom transportsektorn. I Andersson och Bohm (1981) ägnas ett kapitel åt risker för leveransstörningar. Åtgärder för att minska risker för och effekter av leveransstörningen såsom råvarulagring och att sprida importen på flera länder diskuteras.

Informationsmisslyckanden avser vissa situationer där förekomsten av ofullständig information kan leda till ett ineffektivt utnyttjande av energi. Ejdemo och Söderholm (2010) påpekar dock att brist på information i sig inte utgör något marknadsmisslyckande. Precis som det kostar pengar att t.ex. köpa konventionella varor och tjänster kommer även sökandet efter information att betinga ett pris. Dock finns det situationer där förekomsten av ofullständig information ger upphov till fall som leder till ett ineffektivt utnyttjande av energi.

Asymmetrisk information avser en situation, där vissa aktörer vet mer än andra. Exempelvis kan konsumenter i allmänhet ha sämre kunskap om olika produkters energiförbrukning än producenterna av dessa produkter. Köpare av bostadshus har sämre kunskap om energianvändningen än säljare. Detta kan motivera märkning av elektriska hushållsapparater eller att införa energideklarationer av byggnader.

Learning by using kan leda till positiva externa effekter då en tidig användare av en ny energieffektiv teknik skapar kunskap om produkten i fråga. Ny information utgör ofta en kollektiv nytta, innebärande att när ny information väl genererats kan den användas av flera aktörer till en mycket låg kostnad. Det kan ta tid för många potentiella användare att lära sig den nya tekniken och anpassa den till sin specifika situation. En viktig del i denna läroprocess är att observera hur andra har gjort. Denna informationsgenerering leder till en positiv extern effekt för potentiella användare, vilket de tidigare användarna inte har någon vinning av. Eftersom de tidigare användarna inte kompenseras tenderar de att vara färre än vad som vore samhällsekonomiskt effektivt.

Principal-agentproblemet (*split incentives*) avser en situation då brister i incitamentsstrukturen föreligger. Det uppkommer om den som beslutar om en ekonomisk aktivitet (agenten) är en annan än den som drar fördel av den (principalen). Exempel är då ägaren av en hyresfastighet står för inköpen av vitvaror, medan det är hyresgästen som betalar för hushållselen. Fastighetsägaren har därför svaga eller inga incitament att investera i de dyrare och mer energieffektiva produkterna, eftersom det är hyresgästerna som tillgodogör sig de positiva effekterna i form av lägre driftskostnader.

Misslyckanden på kapitalmarknaderna kan exemplifieras med en situation som i sig är ett fall av asymmetrisk information. Hushåll som planerar att genomföra en energieffektiv investering kan ha svårt att övertyga sin långivare om investeringens lönsamhet. Resultatet kan bli en för låg energieffektiviseringsgrad eftersom den ränta som långivaren är villig att erbjuda är för hög.

Även *begränsad likviditet* på kapitalmarknaderna kan försvåra investeringar i kostnadseffektiva tekniker om inga lån kan tillhandahållas. Denna typ av marknadsmisslyckande är dock av generell natur och rör inte endast investeringar i energieffektiviserande åtgärder.

Slutligen existerar *innovationsrelaterade misslyckanden*. Detta är marknadsmisslyckanden som är kopplade till forskning/utveckling och tillverkning av nya energieffektiva tekniker. Ny teknisk kunskap via forskning och utveckling kan utgöra en kollektiv nytta, innebärande att när kunskapen väl finns framme kan den användas av flera aktörer till en låg kostnad. Eftersom en enskild aktör som satsar på forskning och utveckling inte fullt ut kan tillgodogöra sig de fördelar som forskningen genererar spillover den över till andra aktörer. Incitamenten till att investera i ny kunskap tenderar därför att bli för låga ur ett samhällsekonomiskt perspektiv.

Som nämntes tidigare utgör blotta förekomsten av marknadsmisslyckanden i sig inte skäl till att införa nya styrmedel. Det måste också empiriskt gå att fastställa att marknadsmisslyckanden leder till en väsentlig misshushållning av resurser och att de styrmedel som planeras förbättrar situationen. Det föreligger alltid en risk vid införandet av korrigerande styrmedel att de i stället leder till ett regleringsmisslyckande med ännu lägre samhällsekonomisk effektivitet. Ett statligt ingripande är därför endast motiverat om den intäkt samhället gör genom att resurserna fördelas på ett effektivare sätt inom energiområdet är större än kostnaden för att införa styrmedel, inklusive de eventuella snedvridande effekter styrmedel kan ha på andra områden än energiområdet.

1.2.2 Marknadshinder¹⁰⁴

Marknadshinder används här som ett samlingsnamn på olika marknadsrelaterade omständigheter som gör att vissa aktiviteter inte kommer till stånd, exempelvis investeringar i energieffektiviserande åtgärder. Till skillnad från marknadsmisslyckanden innebär marknadshinder i sig inte att marknaden fungerar ineffektivt. Att med politiska åtgärder försöka korrigera för marknadshinder leder därför generellt inte till bättre hushållning med resurser. Däremot kan marknadshinder utgöra en del av förklaringen till varför man kan finna investeringar i energieffektiviserande åtgärder som förefaller privatekonomiskt lönsamma men som ändå inte kommer till stånd i någon större omfattning.

¹⁰⁴ Avsnittet bygger i hög grad på Boverket (2005) "Piska och Morot".

Transaktionskostnader och ”dolda” kostnader

Transaktionskostnader syftar till de kostnader som uppstår i samband med att exempelvis insamla och utvärdera information kring investeringsalternativ och olika leverantörer samt förhandla om och arrangera kontrakt. Boverket (2005) anger att existensen av transaktionskostnader kan vara anledningen till att man kan finna en del tekniska installationer för energieffektivisering som förefaller privatekonomiskt lönsamma, som ändå inte kommer till stånd. Verket exemplifierar med de kostnader som uppstår för en fastighetsägare för att hitta och tillgodogöra sig information om möjliga åtgärder för effektivare energianvändning i sitt hus. Kostnaden består av tid, och kanske ersättning för professionell hjälp, dels för att hitta information om vilka åtgärder som skulle fungera, dels för att räkna på om det skulle vara en lönsam investering i just denna byggnad. Investeringen måste kunna förväntas ge så stora intäkter eller besparingar att de uppväger inte enbart investeringskostnaderna, utan även alla transaktionskostnader som är förknippade med investeringen.

Transaktionskostnader är verkliga kostnader och inkluderar såväl icke-monetära kostnader (tidskostnader) som monetära kostnader för exempelvis material. De representerar samhällets kostnad för att en del av samhällets samlade resurser används för ett visst ändamål. Att aktörerna på marknaden tar med transaktionskostnaderna i sina beslut är en förutsättning för att resurserna ska kunna fördelas till just den användning där de gör mest nytta.

Ejdemo och Söderholm (2010) anger att det även existerar dolda kostnader i samband med energieffektiviseringsåtgärder. Exempelvis kan den mer energieffektiva produkten upplevas som sämre ur andra aspekter, såsom om lågenergilampor har sämre ljuskvalitet. Kostnaden skulle således i detta exempel bestå av sämre ljus. Även det faktum att hushåll är heterogena, d.v.s. de har olika preferenser och användarbeteende kan, om det ignoreras vid analysen, leda till överskattade potentialer. En teknik som betraktas som kostnadseffektiv i genomsnitt för en aggregerad grupp av användare kan för vissa användare i denna grupp vara oekonomisk.

Osäkerhet ger högre avkastningskrav

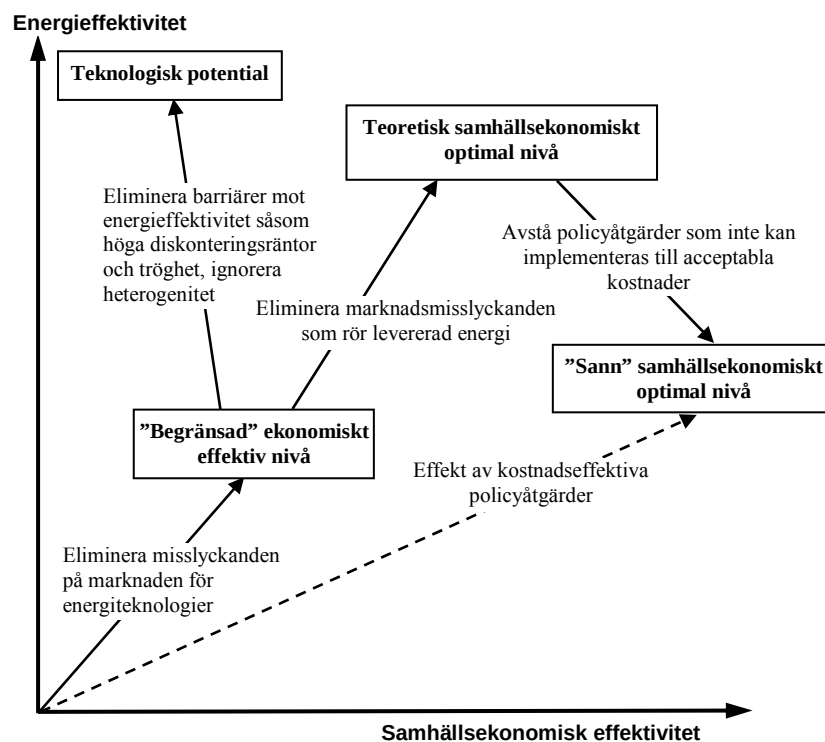
En investering i energieffektiviserande åtgärder kan vara behäftad med en rad osäkerheter och därmed risk för att de framtida besparingarna blir mindre än beräknat. Energipriset är en osäkerhet. Skulle det sjunka kan investeringen blir olönsam. Huruvida lagstiftningen kommer att ändras är en annan osäkerhet. Som vid alla investeringar i ny teknisk utrustning finns det också risken att utrustningen inte fungerar på avsett vis, eller går sönder och att reparationskostnaderna blir så höga att investeringen blir olönsam. Risken finns också att dagens utrustning i framtiden kommer att konkurrera med både effektivare och billigare utrustningar. Det gäller exempelvis om den tekniska utvecklingen gör att kostnaden sjunker med tiden såsom fallet har varit med värmepumpar. Även om investeringen ter sig lönsam idag kan den bli ännu lönsammare om man skjuter på den. Genom att avstå från att investera idag frångår man sig inte möjligheten att investera någon gång i framtiden.

Osäkerheter av olika slag gör att potentiella investerare i energi-effektiviserande åtgärder räknar med en högre diskonteringsränta än man gör vid andra investeringar. Detta kan vara en del av förklaringen till att man kan finna energieffektiviseringsåtgärder som förefaller vara privatekonomiskt lönsamma, om man räknar med en lägre diskonteringsränta, men som ändå inte blir av, eftersom potentiella investerare lägger till en riskpremie. Om diskonteringsräntan är hög måste alltså en investering leda till stora framtida energibesparingar om den ska komma till stånd.

1.2.3 Avvägning mellan energieffektivitet och samhällsekonomisk effektivitet

Att främja energieffektivitet och att främja samhällsekonomisk effektivitet är inte samma sak och det kan föreligga ett motsatsförhållande mellan dem. Energieffektivitet innebär att man i utfallet enbart tar hänsyn till energiråvaran, medan man i samhällsekonomisk effektivitet ser till användningen av alla resurser i samhället och energi betraktas inte isolerat. Följande figur belyser avvägningen mellan energieffektivitet och samhällsekonomisk effektivitet.

Figur 1. Avvägningen mellan energieffektivitet och samhällsekonomisk effektivitet



Källa: Ejdemo och Söderholm (2010). Bearbetning av Jaffe m.fl. (1999)

Ejdemo och Söderholm (2010) refererar Jaffe m.fl. (1999) som introducerar ett konceptuellt ramverk, vilket illustrerar den avvägning som finns mellan energieffektivitet och samhällsekonomisk effektivitet.

Utgångspunkten är de marknadsmisslyckanden och marknadshinder som presenterades i de två föregående avsnitten. Jaffe m.fl. (1999) utgår från att policyåtgärder initialt är ekonomiskt motiverade för att eliminera marknadsmisslyckanden kopplade till introduktionen av energieffektiva tekniker. Detta leder såväl till en ökad energieffektivitet som till en ökad samhällsekonomisk effektivitet. Man når ”Begränsad ekonomisk effektiv nivå” i figuren. Elimineras även marknadsmisslyckanden kopplade till levererad energi som till exempel att realtidsprissättning införs eller att miljöavgifter införs för att till fullo beakta de miljökostnader som energiomvandlingen leder till kan en ”Teoretisk samhällsekonomisk optimal nivå” uppnås. Jaffe m.fl. (1999) pekar dock på att alltför höga kostnader kan vara förknippade med att eliminera vissa marknadsmisslyckanden. För dessa är de intäkter som samhället gör lägre än de kostnader som eliminerandet förorsakar. Ur samhällsekonomisk synvinkel bör man därför avstå från sådana policyåtgärder. Man når då ”Sann samhällsekonomisk optimal nivå” i figuren. I förhållande till utgångsläget har såväl energieffektiviteten som den samhällsekonomiska effektiviteten ökat.

I figuren visas också att den högsta möjliga samhällsekonomiska effektiviteten inte sammanfaller med den högsta teknologiska potentialen. Energieffektiviteten skulle kunna vara högre om även marknadshindren som inte är kopplade till marknadsmisslyckanden också elimineras. Man når ”Teknologisk potential” i figuren. Men detta sker på bekostnad av den samhällsekonomiska effektiviteten.

1.3 Samhällsekonomiska kalkyler

Att hushålla med samhällets begränsade resurser är av yttersta vikt för att utvecklingen i ett land skall bli den bästa. Det gäller att så långt som möjligt kunna tillgodose medborgarnas behov och önskemål utan att förbruka mer av samhällets knappa resurser än nödvändigt. Att hushålla med energi och genomföra energieffektiviseringar är viktigt, men det är också viktigt att hushålla med andra av samhällets resurser såsom arbete och kapital.

Samhällsekonomiska kalkyler kan användas för att kvantifiera och värdera utfallen och i praktiken används två ansatser, *den samhällsekonomiska effektivitetsansatsen* respektive *den s.k. kostnadseffektivitetsansatsen*. Nedan presenteras de två ansatserna.

1.3.1 Samhällsekonomisk effektivitet

Med begreppet samhällsekonomisk effektivitet avses en situation där samhällets samtliga resurser är fördelade mellan olika användningsområden på ett sådant sätt att högsta möjliga välfärd skapas.

Den samhällsekonomiska nytto- kostnadsanalysen är en metod för att, på ett systematiskt sätt, ta fram ett beslutsunderlag för att beskriva effekterna av åtgärder inom exempelvis energiområdet. Metoden baseras på mikroekonomisk teori och ger underlag till beslut som leder till att samhällets resurser utnyttjas på ett effektivt sätt.

De samhällsekonomiska intäkterna beräknas, liksom de samhällsekonomiska kostnaderna. Ett projekt eller en åtgärd bör genomföras om de samhällsekonomiska intäkterna överstiger de samhällsekonomiska kostnaderna. Detta är således den beslutsregel som används och följs denna kommer utvecklingen i hela samhället att gynnas.

Vid bedömningen av de samhällsekonomiska intäkterna baseras dessa på konsumenternas och medborgarnas värdering, mätt som deras betalningsvilja, av de nyttigheter som skapas. Betalningsviljan avspeglar vad medborgarna maximalt villiga att betala för att en åtgärd eller för att ett projekt skall komma till stånd. Betalningsviljan summeras över samtliga medborgare som berörs och därigenom får man ett mått på de samhällsekonomiska intäkterna. Metoden bygger således på att det är medborgarna som är de bästa bedömarna av sin egen välfärd. Via betalningsviljan avslöjar medborgarna hur värdefullt de upplever åtgärden.

De samhällsekonomiska kostnaderna mäts som alternativkostnaden. Med alternativkostnad avses värdet av det man förlorar vid bästa alternativa användning av resurserna. Kan den arbetskraft som utnyttjas vid genomförandet av en åtgärd användas till något annat är alternativkostnaden gällande marknadslön, inklusive kostnader för sociala avgifter. Råder det arbetslöshet blir alternativkostnaden lägre.

Analysen görs i ett antal steg; först definieras ett nollalternativ som vanligtvis beskriver utvecklingen om ingenting görs. Sedan definieras åtgärdsalternativ, vars effekter kvantifieras. I en samhällsekonomisk analys skall samtliga väsentliga effekter beaktas. Nästa steg blir att värdera effekterna i kronor. Finns det marknader kan man vid värderingen utnyttja marknadspriserna. Mer problematiskt blir det att värdera effekter för vilka det inte existerar några marknader. Det saknas exempelvis en marknad för buller eller en marknad för olycksrisk. Det finns några alternativa metoder som då kan användas.

För att kunna jämföra kostnader och intäkter som infaller vid olika tidpunkter beräknar man dessa till ett s.k. nuvärde. Själva förfaringssättet benämns nuvärdesberäkning eller diskontering och det görs med hjälp av en kalkylränta. Slutligen ska det i en samhällsekonomisk analys alltid ingå en känslighetsanalys. Det är många parametrar som ingår i analysen och vissa är mer osäkra än andra. I känslighetsanalysen lyfts fram huruvida kalkylens slutresultat påverkas vid alternativa antaganden på de mest osäkra parametrarna.

Villkoret för när ett samhällsekonomiskt effektivt energisparande är uppnådd är då kostnaden för ytterligare energisparande är lika med den samhällsekonomiska kostnaden för ytterligare produktion. Understiger kostnaden för ytterligare energisparande den samhällsekonomiska marginalkostnaden för produktion bör energisparandet öka och vice versa. I en samhällsekonomisk analys är energieffektivisering inte ett självändamål, utan samhällsekonomisk effektivitet förutsätter hushållning med såväl energi som andra resurser och erhålls genom att väga intäkter mot kostnader.

1.3.2 Samhällsekonomisk kostnadseffektivitet

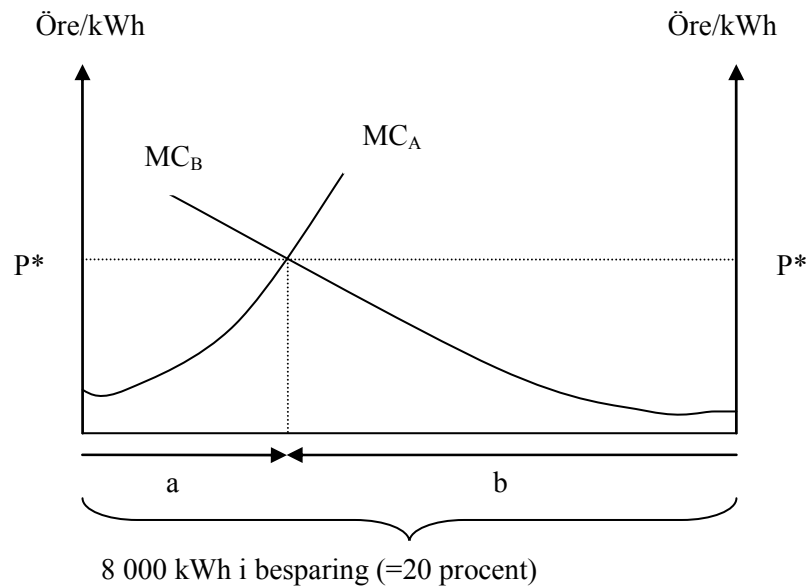
Till skillnad från det samhällsekonomiska effektivitetsbegreppet, där såväl intäktssidan som kostnadssidan beaktas, tar man intäktssidan för givet när den samhällsekonomiska kostnadseffektiviteten studeras. Enkelt uttryckt innebär kostnadseffektivitet från ett samhällsekonomiskt perspektiv att ett givet kvantitativt mål ska uppnås till lägsta möjliga samhällsekonomiska kostnad. Det givna målet kan vara enkelt att uppnå eller också kan det vara svåruppnåeligt. Oberoende av detta fokuseras analysen på hur det givna målet kan uppfyllas med lägsta möjliga resursinsats.

Riksdagen har fastställt ett mål för energianvändningen i bostäder och lokaler. Den totala energianvändningen per uppvärmd areaenhet bör år 2020 ha minskat med 20 procent i förhållande till användningen 1995 och med 50 procent till år 2050. Här har vi således två givna kvantitativa mål, ett för år 2020 och ett för år 2050. Frågeställningen blir hur dessa kan uppnås till lägsta möjliga samhällsekonomiska kostnad.¹⁰⁵

Ett nödvändigt villkor för att uppnå samhällsekonomisk kostnadseffektivitet är att den marginella kostnaden för ytterligare energibesparing är lika bland samtliga byggnader som omfattas. För att spara energi i en byggnad kan olika åtgärder vidtas såsom byte av varmvattenarmatur, förbättrad värmestyrning, tilläggsisolering av ytterväggar, byte av fönster osv. Även andra mer svårkvantifierade kostnader såsom exempelvis förlust av kulturvärden ska ingå. Rangordnas dessa åtgärder efter stigande kostnad erhålls en marginalkostnadskurva för energibesparing. Figuren nedan illustrerar detta.

¹⁰⁵ Målet är uttryckt i relativa termer, inte absoluta. Att formulera mål i relativa tal (specifik energianvändning, kWh per kvadratmeter och år) innebär att målet kan uppnås trots att den totala energianvändningen mätt i TWh mycket väl kan öka.

Figur 2. En kostnadseffektiv fördelning av reduktionsbördan mellan två byggnader.



I figuren har två byggnaders marginalkostnadskurvor för energisparande ritats in. Byggnad A:s energisparande räknas från vänster till höger och byggnadens marginalkostnad för energisparande, kurvan MC_A , ökar när energisparandet ökar. Byggnad B:s energisparande räknas från höger till vänster och dess marginalkostnadskurva representeras av MC_B . För båda byggnader gäller att ju mer energi som sparas, desto kostsammare blir det per sparad kWh.

Vi antar i utgångsläget att båda byggnader förbrukar lika mycket energi, 20 000 kWh per år. Om vi vidare antar att det givna målet för energibesparing sammanlagt i de två byggnader sätts till 20 procent, d.v.s. en besparing med 8 000 kWh per år, kan detta uppnås på olika sätt. Varje byggnad kan exempelvis spara 20 procent eller 4 000 kWh, vilket resulterar i en total besparing på 8 000 kWh. En byggnad kan spara 2 000 kWh (10 procent) och den andra 6 000 kWh (30 procent), vilket också leder till en total reduktion av energiförbrukningen på 20 procent. Det är dock oklart huruvida någon av dessa fördelningar av energibesparingen mellan de två byggnaderna är samhällsekonomiskt kostnadseffektiv.

Det ekonomiska villkoret för att det givna besparingsmålet ska uppnås till lägsta kostnad är att den marginella kostnaden för ytterligare energibesparing är lika mellan de två byggnaderna. Detta villkor är uppfyllt där marginalkostnadskurvorna skär varandra. I figuren innebär det att byggnad A ska spara a kWh medan byggnad B ska spara b kWh. I punkten där marginalkostnadskurvorna skär varandra uppnås det förutbestämde reduktionsmålet på 8 000 kWh eller 20 procent till lägsta samhällsekonomiska kostnad. Den totala kostnaden för att reduktionsmålet ska uppnås motsvaras av ytan under respektive marginalkostnadskurva upp till skär-

ningspunkten. Varje annan fördelning av ”reduktionsbördan” mellan de två byggnaderna leder till att den samhälleliga kostnaden ökar i förhållande till den lägsta kostnaden.

1.4 Intäkter och kostnader

Vid bestämning av vilka samhällsekonomiska intäkter och kostnader som energieffektivisering leder till har man att ta ställning till följande tre frågor:

- Vilka är de olika intäkts- resp. kostnadsposterna (identifiering)?
- Hur stora är posterna (kvantifiering)?
- Hur värderas posterna (värdering)?

All energiomvandling ger upphov till miljöpåverkan. Dessa kan inkludera utsläppen av växthusgaser från förbränning av fossila bränslen, utsläppen av svaveldioxid och partiklar från förbränning av fossila bränslen och biobränslen, buller och förlust av naturvärden vid etablering av vindkraft, vattenkraftens påverkan på miljön vid en utbyggnad samt strålningsrisken när det gäller kärnkraften. Energieffektiviseringar och en minskad energianvändning kan i större eller mindre utsträckning leda till en lägre miljöpåverkan, men för att uppnå detta måste uppoffringar göras. Nedan diskuteras såväl intäkterna som kostnaderna för energieffektiviserande åtgärder.

1.4.1 Intäkter

När energieffektivisering genomförs bedöms detta leda till följande väsentliga intäktsposter:

- Produktionskostnader undviks
- Negativa externa effekter minskar
 - Utsläpp till luft, mark och vatten minskar
 - Hälsan förbättras
- Ökad försörjningstrygghet
- Ökat välbefinnande vid vistelse inomhus
 - Buller reduceras
 - Drag minskar

Produktionskostnader undviks. Vid produktion av el, värme och fjärrvärme utnyttjas olika typer av tekniker med varierande verkningsgrader och priser på insatsvaror. Detta leder i sin tur till att den rörliga produktionskostnaden också kommer att variera. Vid exempelvis elproduktion utnyttjas vattenkraft, kärnkraft, biobränslebaserad kraftvärme, industriellt mottryck från industrin, vindkraft, olje- och kolkondens. Vid speciella höglastperioder kan också gasturbiner komma ifråga. Efterfrågan på energi kommer att variera sett över dygnet och över året och därmed också kostnaderna.

När investeringar görs i energieffektiviserande åtgärder kommer efterfrågan på energi att minska. Värdet av denna minskning är lika med marginalkostnaden för det produktionssätt som ersätts. Eftersom dyrare produktionssätt utnyttjas under vinterhalvåret, blir värdet av energieffektiviseringen därför högre på vintern än på sommaren.

Energieffektiviseringsåtgärder kan leda till att den totala energianvändningen minskar. Men det finns en motverkande kraft, den s.k. rekyl-effekten (rebound effect). Innebörden av denna effekt är att om energieffektiviseringen är framgångsrik blir energin i praktiken billigare för konsumenterna, vilket ofta leder till ökad energikonsumtion. (Brännlund m.fl. (2007).

Vissa resurser såsom olja, kol och uran är ändliga resurser och ibland framförs invändningar mot att ändliga resurser används för till exempel produktion av elvärme med stora omvandlingsförluster. I Andersson och Bohm (1981 s 105) lyfts det samhällsekonomiska argumentet fram innebärande, att det inte utgör något problem om priserna på primärenergikällorna är samhällsekonomiskt effektiva. Den samhällsekonomiska marginalkostnaden för att producera en tillkommande kWh i ett kondenskraftverk utgörs bl.a. av den tillförda mängden primärenergi som av tekniska skäl erfordras. Om energipriset baseras på dessa marginalkostnader får konsumenterna tillräcklig information om de tekniska omvandlingsförlusterna.

Författarna menar dock att genom att insatsvarorna är ändliga och icke-förnybara komplicerar det hushållningsproblemet, då man inte bara ska göra avvägningar mellan olika användningsområden vid en tidpunkt (idag), utan även väga användning idag mot användning i framtiden. I idealfallet kommer världsmarknadspriserna att avspegla nuvärdet av den framtida knappheten på insatsvarorna. Med detta inkluderat i priserna skulle därför automatiskt hänsyn komma att tas till den framtida knappheten.

Av olika skäl kan dock världsmarknadspriserna inte förväntas ge en korrekt bild av insatsvarornas framtida alternativutnyttjandevärde. Andersson och Bohm (1981) skriver att det finns tendenser både till en över-skattning och underskattning och det blir en empirisk fråga att avgöra om det samhällsekonomiskt effektiva priset överstiger eller understiger världsmarknadspriset.

Negativa externa effekter minskar. Om energieffektiviseringen också leder till en minskad energianvändning påverkas miljö och hälsa i positiv riktning. Några av miljöeffekter är förorening, övergödning, partiklar och klimatpåverkan. Förorening orsakas av surt nedfall som bildas då svaveldioxid och kväveoxider släpps ut och leder ibland bl.a. till att fiskbestånd slås ut, skogsmarken utarmas på näring och grundvatten får högre metallhalter.

De flesta typer av förbränning leder till utsläpp av kväveoxider som bl.a. orsakar övergödning i form av exempelvis igenväxning av vattendrag, algblooming och syrefria bottenar. Partiklar bildas vid förbränning av kol, olja och biobränslen och kan orsaka allergier och andningssjukdomar liksom cancer. Förbränning av till exempel fossila bränslen bidrar till en ökad växthuseffekt. Detta ger upphov till förändrat klimat och höjd temperatur med stigande havsnivå som följd. (Energimarknadsinspektionen 2009)

Miljöeffekterna leder till olika skador såsom skador på fauna, skador på flora, skador på material och skador på klimatet. Genom att vidta åtgärder, bl.a. energieffektivisering, kan dessa skador mildras. Det samhällsekonomiska värdet uppgår då till de skadekostnader som undviks. Det finns metoder framtagna för att värdera olika slags skadeverkningar, se exempelvis Andersson och Bohm (1981).

En minskad påverkan på miljön kan också leda till en förbättrad hälsa bland befolkningen. Det är då en samhällsekonomisk intäktspost, vilken mäts genom att uppskatta den samhällsekonomiska kostnaden för ohälsa som undviks. De positiva hälsoeffekterna (d.v.s. de negativa hälsoeffekterna som undviks) kan delas upp i minskad sjuklighet och minskad dödlighet. För minskad sjuklighet kan de totala hälsorelaterade kostnaderna delas in i tre olika delar: vårdkostnader, produktionsbortfall och kostnader för olägenhet. För minskad dödlighet brukar nyttan av ett sparat liv i samhällsekonomiska sammanhang uttryckas i termer av värdet av ett statistiskt liv, se vidare Vredin Johansson och Forslund (2009).

Idag finns generella styrmedel såsom skatt på koldioxid, handel med utsläppsrätter och därmed har miljöeffekterna helt eller delvis internaliserats. Givet att de externa effekterna är internaliserade och att marknadsmisslyckanden kopplade till negativa externa effekter är avhjälpta har energieffektivisering inget samhällsekonomiskt värde i sig utöver det värde som en investeringskalkyl ger (Energimyndigheten 2010 s 41).

Ökad försörjningstrygghet. År 1995 konstaterades i underbilaga 18 till Energikommissionen¹⁰⁶ att risken för nya oljekriser tidigare har varit ett grundläggande skäl för att ingripa i marknadens funktion via exempelvis lagstadgade krav på att lagra olja samt att göra oljepannor omställningsbara till andra bränslen. Man skriver vidare att den typen av motiv för energipolitiska ingrepp numera (1995) kommit i bakgrunden. En rad orsaker till denna utveckling anges: det svenska oljeberoendet hade vid denna tidpunkt kraftigt minskat; prisutvecklingen på den internationella oljemarknaden hade varit gynnsam och att den svenska oljeimporten skedde från fler länder än tidigare.¹⁰⁷ Energikommissionen konstaterade dock att ett tilltagande beroende av Mellanöstern på nytt kunde skönjas och att försörjningsfrågan därför åter kunde bli central i energipolitiken.

¹⁰⁶ SOU 1995:140, Underbilaga 18 s. 109.

¹⁰⁷ För en samhällsekonomisk analys av ökad försörjningstrygghet, se Andersson och Bohm (1981)

I våra dagar har ökad försörjningstrygghet åter aktualiserats genom att EU anger detta som ett skäl för den övergripande energipolitiken. I Sverige infördes två energistöd några år in på 2000-talet i vars syften fanns uttalat en minskning av oljeanvändningen för uppvärmning och varmvatten.¹⁰⁸ Samhällsekonomiskt kan en ökad försörjningstrygghet motiveras om de externa effekterna kopplade till detta mål inte är internaliserade av andra styrmedel. Boverket (2008) konstaterar i sin utvärdering av oljestödet att stödet på några års sikt inte hade någon additiv effekt, d.v.s. utfasningen av oljan för uppvärmning av bostadshus skulle ha skett även utan stöd, bland annat p.g.a. de höga oljepriserna. Någon explicit analys av försörjningstryggheten gjordes inte i utvärderingen. Konjunkturinstitutet (2009) skriver i sin utvärdering av OFFROT-stödet att frågan om stödet skulle ha bidragit till ökad försörjningstrygghet är svår att bedöma eftersom målet vid stödets införande varken var kvantifierat eller tydligt formulerat.

Ökat välbefinnande vid vistelse inomhus

Energieffektiviseringen leder också till olika positiva sidoeffekter som bör kvantifieras och värderas. Det exemplifieras här med att buller reduceras och drag minskar, men även andra positiva sidoeffekter kan förekomma. Genom värmeisolering, tätning och förändrade fönsterkonstruktioner minskas ljudnivån i byggnader. Detta ger samhälleliga intäkter i form av minskad stress, ökat välbefinnande, minskade sömnstörningar och bättre möjligheter att kommunicera med omgivningen. (Mattsson och Juås 1977)

1.4.2 Kostnader

När energieffektivisering genomförs bedöms detta leda till följande väsentliga kostnadsposter

:

- Direkta åtgärds-kostnader för material och arbetskraft
- Utbildningskostnader
- Transaktionskostnader
- Ökade underhållskostnader
- Övriga kostnader
- Kostnader för eventuella negativa effekter
 - För låg luftomsättning
 - Ökning av förekomsten av fukt och mögel
- Förlust av kulturvärden och estetiska värden

Direkta åtgärds-kostnader för material och arbetskraft är det som vanligtvis ingår i energikalkyler. Utifrån en samhällsekonomisk synvinkel ska kostnader för arbetskraft tas upp till faktiskt utbetalade belopp, utom i situationer då en påtaglig arbetslöshet råder. Kostnader för energieffektiverande åtgärder i befintlig bebyggelse beror ofta på i vilket samman-

¹⁰⁸ Stödet för konvertering från oljeuppvärmning i bostadshus respektive OFFROT-stödet

hang åtgärden utförs. Utförs den exempelvis när man ändå skulle göra en annan åtgärd på samma byggnadsdel såsom tilläggsisolering när fasadmaterial byts, belastar bara merkostnaderna energieffektiviseringskalkylen. Men ingrepp i fasaden kan leda till förlust av kulturvärden (se nedan).

Utbildningskostnader. En successiv skärpning av energikraven i byggreglerna brukar också kopplas till kraftfulla kompletterande informativa styrmedel i form av utbildning. Exempelvis stöder Energimyndigheten den kommunala energi- och klimatrådgivningen genom bl.a. olika utbildningar och med informationsmaterial. I alla kommuner bedrivs någon form av kommunal energi- och klimatrådgivning. (Energimyndigheten 2010a).

Transaktionskostnader (inklusive projekteringskostnader och subjektiva kostnader) uppstår för en fastighetsägare för att hitta och tillgodogöra sig information om möjliga åtgärder för effektivare energianvändning i sitt hus. Kostnaden består av tid, och kanske ersättning för professionell hjälp, dels för att hitta information om vilka åtgärder som skulle fungera, dels för att räkna på om det skulle vara en lönsam investering i just denna byggnad¹⁰⁹. Mundaca (2007) beräknade transaktionskostnadernas storlek till mellan 10 – 30 procent av investeringskostnaden, beroende på åtgärd. I en studie av Björkqvist och Wene (1993) beräknades transaktionskostnaderna uppgå till mellan 13 – 28 procent av investeringskostnaden beroende på hur den nedlagda tiden värderades.

Även subjektiva kostnader för eventuella olägenheter vid energieffektiviseringen ska också tas med. Detta är kostnader som för en utomstående betraktare är osynliga.

Ökade förvaltnings- och underhållskostnader kan bli en följd av att t.ex. komplexa system för värme och ventilation installeras. Filter för tilluft måste bytas, värmeväxlare rengöras, styr- och reglersystem underhållas och övervakas och mer kompetent personal anställas eller anlitas.

Övriga kostnader. Görs en invändig tilläggsisolering av väggarna i befintlig bebyggelse minskar lägenhetsytan, vilket är en kostnad som bör belasta energieffektiviseringskalkylen. Leder energieffektiviseringen till en utflyttning i samband med en ombyggnad bör även detta belasta kalkylen (Mattsson och Juås 1977).

Kostnader för eventuella negativa effekter. Strängare krav på energihushållning ställer stora krav på byggnadernas utformning och utförande. Ventilation, isolering m.m. måste vara anpassade till den lägre energianvändningen. Så kallade lågenergihus kräver en välisolerad och tät byggnadskonstruktion för att undvika alltför stora energiförluster via trans-

¹⁰⁹ Vid införandet av energideklarationerna beräknades de kostnadseffektiva åtgärdsförslag som energiexperten gav fastighetsägaren leda till en ökad energieffektivisering. Hitills har det faktiska utfallet inte varit det förväntade, delvis beroende på projekteringskostnader.

mission och ofrivillig ventilation. Ett dåligt fungerande ventilations-system kompenseras inte i dessa fall av ofrivillig ventilation genom byggnadskonstruktionen. I mycket välisolerade byggnadskonstruktioner finns risk för mögeltillväxt om fukt kommer in, t.ex. genom läckage eller via kondensation, eftersom uttorkningsmöjligheterna är små. Detta ställer stora krav både på materialval och på utförande.

Vid energieffektiviseringar kan luftomsättningen bli för låg, vilket ökar risken för allergier, astma och, i de fall huset är ett radonhus, också ökad risk för att drabbas av lungcancer. Om man ska säkerställa en normenlig luftomsättning enligt Boverkets byggregler beräknas energibehovet behöva öka med motsvarande 5,4 TWh/år. Som tidigare nämnts kan de totala hälsorelaterade kostnaderna delas in i tre olika delar: vårdkostnader, produktionsbortfall och kostnader för olägenhet.

Det föreligger risk för förlust av kulturvärden och estetiska värden vid ombyggnad. Erfarenheterna från tidigare energisparplaner visar att tilläggsisolering av fasader samt fönsterbyten i de flesta fall ledde till stora utseendemässiga förändringar, där husens kulturhistoriska värde omintetgjordes. I BETSI-undersökningen har Boverket granskat potentiella effekter på byggnaders kulturhistoriska värden. Verket menar att troligen enbart ett mindre antal byggnader kan tilläggsisoleras utan att dessa värden går förlorade eller att insatsen medför alltför kostnadskrävande följdåtgärder. Det föreligger svårigheter såväl med kvantifieringen som med värderingen av byggnadsbeståndets kulturhistoriska värden. Här behövs ett forsknings- och utvecklingsarbete.

1.5 Svårt att beräkna potentialer

Som nämndes i inledningen av denna bilaga är ett synsätt på energieffektiviseringar att det finns en stor potential för sådana men att de ändå inte genomförs, trots att de bedöms vara lönsamma. Detta förhållande brukar benämnas energieffektiviseringsparadoxen eller energieffektiviseringsgapet.

Gillingham m. fl.(2009) pekar på att det är s.k. ex-ante studier som dominerar i litteraturen. Sådana studier görs före införandet av ett åtgärdsprogram för energieffektivisering. Även om ex-ante studier ger värdefulla utgångspunkter, visar de inte det faktiska utfallet av åtgärdsprogrammen. För detta krävs s.k. ex-post studier och sådana studier är sällsynta på energiområdet.¹¹⁰

Ejdemo och Söderholm (2010) skriver att en samhällsekonomisk tolkning av energieffektiviseringsgapet är att det finns en skillnad mellan den ob-

¹¹⁰ I detta sammanhang är det viktigt att lyfta fram att när energikraven skärps i byggreglerna får detta effekter på den framtida utvecklingen. I det underlag som skärpningen baseras på bör utfallen från åtgärdsprogram vara analyserade, d.v.s. ex-post studier. Hur blev den faktiska energianvändningen i demonstrationsprojekten, blev kostnaderna högre eller lägre än beräknat, tillgodosågs andra krav såsom skydd med hänsyn till hygien, hälsa och miljö (inomhusmiljön) och varsamhetskrav etc?

serverade energianvändningen och den som bedöms vara samhällsekonomiskt effektiv.

Utifrån denna tolkning skulle en central del i analysen vara att uppskatta den samhällsekonomiskt effektiva energianvändningen. Man har då att väga de samhällsekonomiska intäkterna mot de samhällsekonomiska kostnaderna. I teorin är villkoret för en samhällsekonomiskt effektiv energianvändning att värdet av ytterligare en kWh är lika med den samhällsekonomiska kostnaden för produktion av ytterligare en kWh.¹¹¹

I praktiken möts man emellertid av svårigheter på grund av såväl kvantifieringen av de poster som ska ingå som hur de ska värderas. Hur kvantifieras och värderas exempelvis transaktionskostnader, risken för fukt och mögel eller risken för förlust av kulturvärden? Beroende på hur beräkningarna görs och vilka grundläggande bedömningar och antaganden som ligger bakom, kommer man fram till väldigt olika energieffektiviseringspotentialer. Enligt Boverket mening finns det ingen svensk studie som till fullo har anlagt ett samhällsekonomiskt perspektiv på energieffektivisering. En liknande slutsats kommer Energimyndigheten (2010b) till. Man skriver:

”Samtidigt är det svårt att fastställa den empiriska betydelsen av olika marknadsmisslyckanden och därmed storleken på ett eventuellt energieffektiviseringsgap. Idag saknas kunskap om hur mycket mer energieffektiviseringsåtgärder Sverige skulle få om alla ytterligare marknadsmisslyckanden varit till fullo korrigerade, vad det skulle kosta att korrigera dem och därmed veta vad som är en samhällsekonomisk effektiv nivå på energieffektiviseringen. (s 41).

Enligt Boverket är frågeställningen om huruvida det ur samhällsekonomisk synvinkel finns ett energieffektiviseringsgap och hur stort det i så fall är svår att fastställa. Väljer man trots detta att införa nya styrmedel alternativt skärpa existerande styrmedel för att skynda på energieffektiviseringen är detta inte okomplicerat. Som redovisningen i kapitel fem visar ska hänsyn tas till nio egenskapskrav och vid ändring även varsamhetskrav vid utformning av byggregler. Risken för regleringsmisslyckande är stort. Införs subventioner visar de utvärderingar som genomförts att en stor del av subventionen kan komma att tillfalla aktörer som även utan subventioner skulle ha genomfört energieffektiviseringar.

¹¹¹ Det är således den samhällsekonomiska effektivitetsansatsen som utgör grunden för analysen.

1.6 Referenser

Andersson, R och P Bohm (1981), "Samhällsekonomisk utvärdering av energiprojekt", Nämnden för energiproduktionsforskning, NE 1981:12

Boverket (2005), "Piska och Morot"

Boverket (2008), "Mindre olja, bättre miljö – men till vilket pris"

Björkqvist, O och Wene, C-O (1993). *A Study of Transaction Costs for energy Investments in the Residential Sector*. Proceedings of the 1993 Summer Study. The European Council for an Energy Efficient Economy. Internet:
www.eceee.org/conference_proceedings/-eceee/1993/

Broberg, T, J Forslund och E Samakovlis (2009), "En utvärdering av kostnadseffektiviteten i stödet till energieffektiviseringar i lokaler för offentlig verksamhet", Konjunkturinstitutet, Specialstudier Nr 22

Brännlund, R, T Ghalwash och H Nordström (2007), "Increased Energy Efficiency and the Rebound Effect: Effects on consumption and emissions", *Energy Economics*, 29

Ds 2001:60, "Effektivare energianvändning", Förslag till marknadsbaserade åtgärder

Ejdemo, T och P Söderholm (2010), "Ekonomisk analys av energieffektivisering i bebyggelsen", Rapport till Energimyndigheten

Energimarknadsinspektionen (2009), "Uppvärmning i Sverige 2009", EI R2009:07

Energimyndigheten (2010a). "Finansieringsinstrument för energieffektivisering", ER 2010:37

Energimyndigheten (2010b). "Vita certifikat", ER 2010:34

Gillingham, K, R G Newell och K Palmer (2009), "Energy Efficiency Economics and Policy", Resources for the Future, RRF DP 09-13

Jaffe, A.G, R.G Newell och R.N Stavins (2004), "Economics of energy efficiency", Encyclopedia of Energy 2

Linares, P och X Labandeira (2010), "Energy Efficiency: Economics and Policy", *Journal of Economics Surveys*, Vol. 24, No 3

Mattsson, B och B Juås (1977), "Samhällets kostnader för energisparande åtgärder i den befintliga bebyggelsen", Dsl 1977:18

Mundaca, L. (2007). "Transaction Costs of Tradable White Certificate Schemes: The Energy Efficiency Commitment as a Case Study," *Energy Policy*, Vol. 35

SOU 2001:2, *Effektiv hushållning med naturresurser*

SOU 2005:55, *Bättre inomhusmiljö*

SOU 2008:24, *Svensk klimatpolitik*

SOU 2008:110, *Vägen till ett energieffektivare Sverige*.

Tietenberg, T (2005), "Environmental Natural Resource Economics", 7th edition, Pearson International Edition.

Vredin Johansson, M och J Forslund (2009), "Klimatanpassning i Sverige – Samhällsekonomiska värderingar av hälsoeffekter", Konjunkturinstitutet, Specialstudier Nr 20

Bilaga 2 Tabeller klimatskalens U-värden och areor mm

Tabell 1

Totalt UA-värde för krypgrundsbjälklag

		10 ⁶ (W/K)
Småhus	-60	11,0 ± 4,6
	61-75	3,1 ± 1,3
	76-85	1,5 ± 0,7
	86-95	1,2 ± 0,3
	96-05	0,3 ± 0,1
	Totalt	17,1 ± 5,1
Flerbostadshus	-60	..
	61-75	..
	76-85	..
	86-95	..
	96-05	..
	Totalt	1,9 ± 1,1
Lokalbyggnader	Kontor	0,3 ± 0,2
	Vård	..
	Allmän	..
	Totalt	0,9 ± 0,4
Samtliga byggnader		19,9 ± 5,1
.. Statistiskt osäker		

Tabell 2

Genomsnittlig area för krypgrundsbjälklag

		Area m ²
Småhus	-60	85,6 ± 19,6
	61-75	94,8 ± 18,3
	76-85	104,7 ± 6,8
	86-95	99,6 ± 6
	96-05	98,8 ± 13,3
	Totalt	91,2 ± 11,9
Flerbostadshus	-60	218,6 ± 142,2
	61-75	365,1 ± 69,5
	76-85	317,2 ± 53,4
	86-95	538,5 ± 222,2
	96-05	227,2 ± 2,8
	Totalt	286,0 ± 92,9
Lokalbyggnader	Kontor	210,1 ± 125,3
	Vård	545,6 ± 263,5
	Allmän	152,2 ± 8,9
	Totalt	271,7 ± 101,7
Samtliga byggnader		99,7 ± 11,7
.. Statistiskt osäker		

Tabell 3

Total area för krypgrundsbjälklag

		Area 10 ⁶ m ²
Småhus	-60	38,2 ± 11,2
	61-75	12,3 ± 5,8
	76-85	9,0 ± 4,3
	86-95	7,9 ± 1,9
	96-05	2,4 ± 0,8
	Totalt	69,8 ± 14,1
Flerbostadshus	-60	..
	61-75	..
	76-85	..
	86-95	..
	96-05	..
	Totalt	6,5 ± 3,9
Lokalbyggnader	Kontor	1,2 ± 0,7
	Vård	1,8 ± 1,1
	Allmän	..
	Totalt	3,6 ± 1,7
Samtliga byggnader		79,9 ± 15,1
.. Statistiskt osäker		

Tabell 4

Genomsnittligt U-värde för krypgrundsbjälklag

		W/(m ² ·K)
Småhus	-60	0,30 ± 0,09
	61-75	0,26 ± 0,08
	76-85	0,17 ± 0,02
	86-95	0,16 ± 0,02
	96-05	0,15 ± 0,01
	Totalt	0,26 ± 0,06
Flerbostadshus	-60	0,36 ± 0,08
	61-75	0,47 ± 0,16
	76-85	0,33 ± 0,1
	86-95	0,19 ± 0,12
	96-05	0,13 ± 0
	Totalt	0,30 ± 0,12
Lokalbyggnader	Kontor	0,31 ± 0,12
	Vård	0,28 ± 0,09
	Allmän	0,24 ± 0,03
	Totalt	0,28 ± 0,07
Samtliga byggnader		0,26 ± 0,05
.. Statistiskt osäker		

Tabell 5

Totalt UA-värde för platta på mark/källargolv

		10 ⁶ (W/K)
Småhus	-60	12,5 ± 3,3
	61-75	13,8 ± 3
	76-85	6,8 ± 1,5
	86-95	1,5 ± 0,4
	96-05	1,0 ± 0,2
	Totalt	36,3 ± 5,6
Flerbostadshus	-60	9,0 ± 1,8
	61-75	4,9 ± 1,2
	76-85	1,4 ± 0,3
	86-95	3,1 ± 1,6
	96-05	0,5 ± 0,1
	Totalt	19,0 ± 3,1
Lokalbyggnader	Kontor	3,3 ± 1
	Vård	1,8 ± 0,6
	Allmän	0,8 ± 0,3
	Totalt	6,3 ± 1,2
Samtliga byggnader		62,8 ± 7,1
.. Statistiskt osäker		

Tabell 6

Genomsnittlig area för platta på mark

		Area m ²
Småhus	-60	76,5 ± 12,4
	61-75	107,5 ± 9,5
	76-85	106,7 ± 7,4
	86-95	78,6 ± 4,3
	96-05	111,8 ± 8,1
	Totalt	92,7 ± 5,1
Flerbostadshus	-60	336,2 ± 66,7
	61-75	628,2 ± 66,6
	76-85	424,0 ± 51,4
	86-95	409,6 ± 78,4
	96-05	367,5 ± 83,7
	Totalt	414,3 ± 47,4
Lokalbyggnader	Kontor	702,8 ± 174,3
	Vård	835,4 ± 210,3
	Allmän	938,9 ± 318,8
	Totalt	793,2 ± 119
Samtliga byggnader		142,5 ± 10,2
.. Statistiskt osäker		

Tabell 7

Total area för platta på mark/källargolv

		Area 10 ⁶ m ²
Småhus	-60	42,6 ± 11,3
	61-75	43,0 ± 6,5
	76-85	24,5 ± 5,4
	86-95	6,3 ± 1,5
	96-05	5,7 ± 0,9
	Totalt	122,1 ± 13,2
Flerbostadshus	-60	24,8 ± 5,7
	61-75	17,8 ± 4,3
	76-85	4,8 ± 0,9
	86-95	12,1 ± 4,9
	96-05	2,3 ± 0,7
	Totalt	61,8 ± 10,6
Lokalbyggnader	Kontor	14,9 ± 4,5
	Vård	8,8 ± 2,7
	Allmän	4,7 ± 1,8
	Totalt	30,3 ± 5,3
Samtliga byggnader		214,4 ± 18,5
.. Statistiskt osäker		

Tabell 8

Genomsnittligt U-värde platta på mark

		W/(m ² ·K)
Småhus	-60	0,28 ± 0,05
	61-75	0,32 ± 0,05
	76-85	0,27 ± 0,04
	86-95	0,24 ± 0,02
	96-05	0,18 ± 0,02
	Totalt	0,29 ± 0,02
Flerbostadshus	-60	0,36 ± 0,05
	61-75	0,28 ± 0,02
	76-85	0,29 ± 0,04
	86-95	0,26 ± 0,05
	96-05	0,22 ± 0,05
	Totalt	0,30 ± 0,02
Lokalbyggnader	Kontor	0,19 ± 0,02
	Vård	0,21 ± 0,04
	Allmän	0,18 ± 0,04
	Totalt	0,19 ± 0,02
Samtliga byggnader		0,28 ± 0,02
.. Statistiskt osäker		

Tabell 9

Totalt UA-värde för bjälklag ovan uppvärmd källare		
	10 ⁶ (W/K)	
Småhus	-60	4,4 ± 1,9
	61-75	..
	76-85	..
	86-95	..
	96-05	..
	Totalt	4,5 ± 1,9
Flerbostadshus	-60	..
	61-75	..
	76-85	..
	86-95	..
	96-05	..
	Totalt	..
Lokalbyggnader	Kontor	..
	Vård	..
	Allmän	..
	Totalt	..
Samtliga byggnader		5,4 ± 1,9
.. Statistiskt osäker		

Tabell 11

Total area för bjälklag ovan uppvärmd källare		
	Area 10 ⁶ m ²	
Småhus	-60	10,9 ± 4,7
	61-75	..
	76-85	..
	86-95	..
	96-05	..
	Totalt	11,7 ± 4,9
Flerbostadshus	-60	..
	61-75	..
	76-85	..
	86-95	..
	96-05	..
	Totalt	..
Lokalbyggnader	Kontor	..
	Vård	..
	Allmän	..
	Totalt	..
Samtliga byggnader		13,9 ± 5,1
.. Statistiskt osäker		

Tabell 10

Genomsnittlig area för bjälklag ovan uppvärmd källare		
	Area m ²	
Småhus	-60	62,6 ± 13,4
	61-75	..
	76-85	52,9 ± 24,7
	86-95	59,0 ± 0
	96-05	73,9 ± 9,7
	Totalt	62,4 ± 12,6
Flerbostadshus	-60	159,1 ± 70,9
	61-75	825,1 ± 329,4
	76-85	..
	86-95	200,4 ± 126,7
	96-05	1425,6 ± 862,1
	Totalt	201,8 ± 93,8
Lokalbyggnader	Kontor	196,0 ± 41,9
	Vård	..
	Allmän	155,0 ± 0
	Totalt	208,7 ± 44,6
Samtliga byggnader		70,2 ± 14,5
.. Statistiskt osäker		

Tabell 12

Genomsnittligt U-värde bjkl ovan uppvärmd källare		
	W/(m ² ·K)	
Småhus	-60	0,40 ± 0,07
	61-75	0,27 ± 0,08
	76-85	0,18 ± 0
	86-95	0,14 ± 0
	96-05	0,14 ± 0,01
	Totalt	0,39 ± 0,07
Flerbostadshus	-60	0,40 ± 0,15
	61-75	0,26 ± 0,04
	76-85	0,63 ± 0,19
	86-95	0,52 ± 0
	96-05	0,17 ± 0
	Totalt	0,38 ± 0,12
Lokalbyggnader	Kontor	0,37 ± 0,06
	Vård	0,34 ± 0,07
	Allmän	0,00 ± 0
	Totalt	0,36 ± 0,06
Samtliga byggnader		0,39 ± 0,06
.. Statistiskt osäker		

Tabell 13

Totalt UA-värde för källarväggar under mark

		10 ⁶ (W/K)
Småhus	-60	16,2 ± 4,7
	61-75	10,0 ± 3,5
	76-85	2,1 ± 1,4
	86-95	..
	96-05	..
	Totalt	28,7 ± 6,7
Flerbostadshus	-60	7,0 ± 1,9
	61-75	2,8 ± 0,9
	76-85	0,3 ± 0,2
	86-95	1,2 ± 0,8
	96-05	0,1 ± 0,1
	Totalt	11,5 ± 2,2
Lokalbyggnader	Kontor	2,4 ± 1,1
	Vård	1,2 ± 0,7
	Allmän	0,1 ± 0,1
	Totalt	3,7 ± 1,3
Samtliga byggnader		44,0 ± 7,5
.. Statistiskt osäker		

Tabell 15

Total area för källarväggar under mark

		Area 10 ⁶ m ²
Småhus	-60	18,8 ± 7,5
	61-75	13,5 ± 4,2
	76-85	4,8 ± 2,4
	86-95	0,7 ± 0,4
	96-05	..
	Totalt	38,1 ± 8,8
Flerbostadshus	-60	7,9 ± 1,8
	61-75	3,5 ± 0,9
	76-85	0,6 ± 0,2
	86-95	..
	96-05	0,3 ± 0,1
	Totalt	15,2 ± 2,9
Lokalbyggnader	Kontor	4,0 ± 1,7
	Vård	1,8 ± 0,6
	Allmän	..
	Totalt	6,1 ± 1,8
Samtliga byggnader		59,7 ± 10,4
.. Statistiskt osäker		

Tabell 14

Genomsnittlig area för källarväggar under mark

		Area m ²
Småhus	-60	53,5 ± 18,4
	61-75	58,1 ± 8,5
	76-85	70,6 ± 12,7
	86-95	33,1 ± 7,8
	96-05	39,2 ± 6,7
	Totalt	56,2 ± 9,2
Flerbostadshus	-60	122,1 ± 21,2
	61-75	192,9 ± 32,4
	76-85	181,5 ± 73,8
	86-95	261,1 ± 79,3
	96-05	162,6 ± 56
	Totalt	153,5 ± 22,5
Lokalbyggnader	Kontor	296,7 ± 100,2
	Vård	242,2 ± 37,9
	Allmän	175,4 ± 78,7
	Totalt	270,8 ± 64,7
Samtliga byggnader		74,7 ± 8,5
.. Statistiskt osäker		

Tabell 16

Genomsnittligt U-värde källarväggar under mark

		W/(m ² ·K)
Småhus	-60	0,85 ± 0,19
	61-75	0,73 ± 0,14
	76-85	0,45 ± 0,21
	86-95	0,37 ± 0,11
	96-05	0,81 ± 0,23
	Totalt	0,75 ± 0,11
Flerbostadshus	-60	0,89 ± 0,1
	61-75	0,78 ± 0,13
	76-85	0,50 ± 0,15
	86-95	0,42 ± 0,16
	96-05	0,38 ± 0,15
	Totalt	0,75 ± 0,09
Lokalbyggnader	Kontor	0,59 ± 0,08
	Vård	0,69 ± 0,26
	Allmän	0,37 ± 0,16
	Totalt	0,61 ± 0,09
Samtliga byggnader		0,73 ± 0,08
.. Statistiskt osäker		

Tabell 17

Totalt UA-värde för källarväggar ovan mark

		10 ⁶ (W/K)
Småhus	-60	15,8 ± 7,2
	61-75	10,1 ± 5,5
	76-85	1,1 ± 0,6
	86-95	..
	96-05	..
	Totalt	27,5 ± 9,1
Flerbostadshus	-60	7,4 ± 3,1
	61-75	3,4 ± 1,1
	76-85	..
	86-95	..
	96-05	..
	Totalt	12,1 ± 3,4
Lokalbyggnader	Kontor	1,3 ± 0,6
	Vård	..
	Allmän	..
	Totalt	2,5 ± 1,2
Samtliga byggnader		42,0 ± 10
.. Statistiskt osäker		

Tabell 19

Total area för källarväggar ovan mark

		Area 10 ⁶ m ²
Småhus	-60	8,0 ± 2,7
	61-75	6,3 ± 2,4
	76-85	1,9 ± 0,9
	86-95	0,6 ± 0,4
	96-05	..
	Totalt	17,0 ± 3,6
Flerbostadshus	-60	4,2 ± 1,2
	61-75	2,1 ± 0,6
	76-85	0,3 ± 0,1
	86-95	0,8 ± 0,5
	96-05	0,2 ± 0,1
	Totalt	7,5 ± 1,4
Lokalbyggnader	Kontor	0,9 ± 0,4
	Vård	0,8 ± 0,4
	Allmän	..
	Totalt	1,8 ± 0,6
Samtliga byggnader		26,3 ± 4,3
.. Statistiskt osäker		

Tabell 18

Genomsnittlig area för källarväggar ovan mark

		Area m ²
Småhus	-60	22,7 ± 5,6
	61-75	26,8 ± 5,5
	76-85	27,8 ± 6,6
	86-95	31,7 ± 8,1
	96-05	42,6 ± 26,3
	Totalt	25,1 ± 3
Flerbostadshus	-60	64,5 ± 12,2
	61-75	113,1 ± 18,6
	76-85	76,6 ± 21,8
	86-95	76,3 ± 48,1
	96-05	83,6 ± 32,6
	Totalt	75,6 ± 10,8
Lokalbyggnader	Kontor	67,9 ± 23,3
	Vård	109,7 ± 35
	Allmän	..
	Totalt	80,6 ± 17,3
Samtliga byggnader		32,9 ± 2,9
.. Statistiskt osäker		

Tabell 20

Genomsnittligt U-värde källarväggar ovan mark

		W/(m ² ·K)
Småhus	-60	1,97 ± 0,37
	61-75	1,70 ± 0,48
	76-85	0,56 ± 0,26
	86-95	0,51 ± 0,27
	96-05	1,30 ± 0,5
	Totalt	1,65 ± 0,3
Flerbostadshus	-60	1,82 ± 0,47
	61-75	1,59 ± 0,33
	76-85	1,13 ± 0,59
	86-95	1,06 ± 0,62
	96-05	0,58 ± 0,36
	Totalt	1,62 ± 0,28
Lokalbyggnader	Kontor	1,41 ± 0,36
	Vård	1,29 ± 0,84
	Allmän	1,05 ± 0,59
	Totalt	1,35 ± 0,4
Samtliga byggnader		1,62 ± 0,22
.. Statistiskt osäker		

Tabell 21

Totalt UA-värde för ytterväggar

		10 ⁶ (W/K)
Småhus	-60	62,4 ± 24,3
	61-75	18,5 ± 2,2
	76-85	7,5 ± 0,6
	86-95	2,8 ± 0,3
	96-05	2,0 ± 0,3
	Totalt	93,3 ± 25,6
Flerbostadshus	-60	28,3 ± 5,7
	61-75	13,1 ± 3,4
	76-85	2,5 ± 1,5
	86-95	3,9 ± 1,7
	96-05	1,3 ± 0,7
	Totalt	49,2 ± 8,5
Lokalbyggnader	Kontor	8,8 ± 4,1
	Vård	3,9 ± 1,4
	Allmän	1,2 ± 0,4
	Totalt	14,2 ± 4,5
Samtliga byggnader		156,5 ± 26,3
.. Statistiskt osäker		

Tabell 22

Genomsnittlig area för ytterväggar

		Area m ²
Småhus	-60	158,0 ± 19,9
	61-75	119,5 ± 10,3
	76-85	115,5 ± 7,4
	86-95	103,7 ± 9,1
	96-05	137,1 ± 9,5
	Totalt	135,5 ± 11,3
Flerbostadshus	-60	629,7 ± 99,4
	61-75	985,7 ± 192,7
	76-85	629,8 ± 131,2
	86-95	573,2 ± 203,1
	96-05	554,5 ± 243,9
	Totalt	683,2 ± 95,5
Lokalbyggnader	Kontor	720,8 ± 185,9
	Vård	836,6 ± 198,2
	Allmän	410,9 ± 202,3
	Totalt	702,4 ± 123
Samtliga byggnader		190,9 ± 13,3
.. Statistiskt osäker		

Tabell 23

Total area för ytterväggar

		Area 10 ⁶ m ²
Småhus	-60	133,7 ± 17
	61-75	59,8 ± 5,1
	76-85	36,2 ± 2,7
	86-95	16,0 ± 1,3
	96-05	10,0 ± 0,7
	Totalt	255,7 ± 21,2
Flerbostadshus	-60	48,4 ± 8,8
	61-75	31,8 ± 7
	76-85	7,5 ± 1,7
	86-95	17,9 ± 7,8
	96-05	6,8 ± 3,9
	Totalt	112,5 ± 18,1
Lokalbyggnader	Kontor	17,1 ± 6,7
	Vård	10,2 ± 3
	Allmän	3,9 ± 1,7
	Totalt	32,9 ± 8,5
Samtliga byggnader		400,7 ± 29,6
.. Statistiskt osäker		

Tabell 24

Genomsnittligt U-värde ytterväggar

		W/(m ² ·K)
Småhus	-60	0,47 ± 0,15
	61-75	0,31 ± 0,03
	76-85	0,21 ± 0,02
	86-95	0,17 ± 0,01
	96-05	0,20 ± 0,03
	Totalt	0,36 ± 0,08
Flerbostadshus	-60	0,58 ± 0,07
	61-75	0,41 ± 0,07
	76-85	0,33 ± 0,17
	86-95	0,22 ± 0,03
	96-05	0,20 ± 0,05
	Totalt	0,44 ± 0,05
Lokalbyggnader	Kontor	0,51 ± 0,07
	Vård	0,39 ± 0,09
	Allmän	0,31 ± 0,07
	Totalt	0,43 ± 0,06
Samtliga byggnader		0,39 ± 0,06
.. Statistiskt osäker		

Tabell 25

Totalt UA-värde för horisontellt vindsbjälklag		
		10 ⁶ (W/K)
Småhus	-60	16,1 ± 3,5
	61-75	9,5 ± 1,9
	76-85	4,2 ± 0,8
	86-95	1,5 ± 0,2
	96-05	0,6 ± 0,1
	Totalt	32,1 ± 4,1
Flerbostadshus	-60	8,2 ± 1,9
	61-75	3,7 ± 1,1
	76-85	0,8 ± 0,2
	86-95	1,9 ± 0,8
	96-05	0,5 ± 0,3
	Totalt	15,0 ± 2,7
Lokalbyggnader	Kontor	3,9 ± 1,3
	Vård	2,6 ± 1
	Allmän	0,6 ± 0,3
	Totalt	7,3 ± 1,5
Samtliga byggnader		54,3 ± 6,1
.. Statistiskt osäker		

Tabell 27

Total area för horisontellt vindsbjälklag		
		Area 10 ⁶ m ²
Småhus	-60	55,8 ± 8,7
	61-75	45,0 ± 6,6
	76-85	27,7 ± 3,4
	86-95	13,1 ± 1,2
	96-05	5,6 ± 0,9
	Totalt	147,1 ± 13,8
Flerbostadshus	-60	22,3 ± 4,5
	61-75	18,7 ± 4,2
	76-85	4,6 ± 0,9
	86-95	12,4 ± 5,2
	96-05	..
	Totalt	61,6 ± 10,1
Lokalbyggnader	Kontor	12,9 ± 3,6
	Vård	10,4 ± 3
	Allmän	3,2 ± 1,8
	Totalt	28,3 ± 5,1
Samtliga byggnader		237,1 ± 19,2
.. Statistiskt osäker		

Tabell 26

Genomsnittlig area för horisontellt vindsbjälklag		
		Area m ²
Småhus	-60	73,3 ± 11,1
	61-75	98,7 ± 8,8
	76-85	90,5 ± 10
	86-95	88,9 ± 7,7
	96-05	87,5 ± 10,2
	Totalt	84,9 ± 7,2
Flerbostadshus	-60	294,6 ± 41
	61-75	578,3 ± 59,5
	76-85	391,7 ± 49,3
	86-95	396,6 ± 80
	96-05	290,3 ± 73,6
	Totalt	376,8 ± 34,7
Lokalbyggnader	Kontor	571,8 ± 135,7
	Vård	855,4 ± 195,9
	Allmän	361,0 ± 187,4
	Totalt	629,5 ± 110,2
Samtliga byggnader		122,1 ± 8
.. Statistiskt osäker		

Tabell 28

Genomsnittligt U-värde horisontellt vindsbjälklag		
		W/(m ² ·K)
Småhus	-60	0,29 ± 0,04
	61-75	0,21 ± 0,02
	76-85	0,15 ± 0,01
	86-95	0,12 ± 0,01
	96-05	0,12 ± 0,01
	Totalt	0,22 ± 0,02
Flerbostadshus	-60	0,36 ± 0,07
	61-75	0,20 ± 0,04
	76-85	0,17 ± 0,02
	86-95	0,15 ± 0,04
	96-05	0,13 ± 0,04
	Totalt	0,24 ± 0,04
Lokalbyggnader	Kontor	0,30 ± 0,06
	Vård	0,25 ± 0,08
	Allmän	0,19 ± 0,03
	Totalt	0,26 ± 0,06
Samtliga byggnader		0,23 ± 0,02
.. Statistiskt osäker		

Tabell 29

Totalt UA-värde för stödbensväggar

		10 ⁶ (W/K)
Småhus	-60	4,0 ± 1,8
	61-75	0,7 ± 0,3
	76-85	1,0 ± 0,6
	86-95	..
	96-05	0,1 ± 0,1
	Totalt	5,9 ± 2,2
Flerbostadshus	-60	0,5 ± 0,3
	61-75	..
	76-85	..
	86-95	0,0 ± 0
	96-05	..
	Totalt	0,5 ± 0,3
Lokalbyggnader	Kontor	0,3 ± 0,2
	Vård	..
	Allmän	..
	Totalt	0,4 ± 0,2
Samtliga byggnader		6,8 ± 2,3
.. Statistiskt osäker		

Tabell 30

Genomsnittlig area för stödbensväggar

		Area m ²
Småhus	-60	22,3 ± 2,8
	61-75	26,4 ± 2,9
	76-85	28,1 ± 2,8
	86-95	23,9 ± 5,3
	96-05	24,4 ± 4,3
	Totalt	23,9 ± 2
Flerbostadshus	-60	41,8 ± 15,7
	61-75	..
	76-85	..
	86-95	72,2 ± 29,2
	96-05	75,1 ± 22,2
	Totalt	44,8 ± 14,5
Lokalbyggnader	Kontor	78,8 ± 41,6
	Vård	136,2 ± 63,9
	Allmän	..
	Totalt	95,6 ± 40,5
Samtliga byggnader		26,1 ± 2,3
.. Statistiskt osäker		

Tabell 31

Total area för stödbensväggar

		Area 10 ⁶ m ²
Småhus	-60	7,9 ± 3
	61-75	2,4 ± 1,2
	76-85	2,3 ± 0,8
	86-95	0,3 ± 0,2
	96-05	0,4 ± 0,2
	Totalt	13,4 ± 4,1
Flerbostadshus	-60	1,2 ± 0,6
	61-75	..
	76-85	..
	86-95	0,1 ± 0,1
	96-05	0,0 ..
	Totalt	1,5 ± 0,6
Lokalbyggnader	Kontor	0,5 ± 0,3
	Vård	..
	Allmän	..
	Totalt	1,0 ± 0,4
Samtliga byggnader		15,8 ± 4,3
.. Statistiskt osäker		

Tabell 32

Genomsnittligt U-värde stödbensväggar

		W/(m ² ·K)
Småhus	-60	0,50 ± 0,1
	61-75	0,27 ± 0,04
	76-85	0,42 ± 0,22
	86-95	0,52 ..
	96-05	0,32 ± 0,17
	Totalt	0,44 ± 0,08
Flerbostadshus	-60	0,39 ± 0,16
	61-75	0,29 ± 0,08
	76-85	0,23 ± 0,06
	86-95	0,19 ± 0,01
	96-05	0,20 ± 0,01
	Totalt	0,36 ± 0,13
Lokalbyggnader	Kontor	0,50 ± 0,2
	Vård	0,29 ± 0,05
	Allmän	0,29 ..
	Totalt	0,41 ± 0,11
Samtliga byggnader		0,43 ± 0,07
.. Statistiskt osäker		

Tabell 33

Totalt UA-värde för snedtak

		10 ⁶ (W/K)
Småhus	-60	8,7 ± 3
	61-75	2,5 ..
	76-85	1,1 ± 0,3
	86-95	0,2 ± 0,1
	96-05	0,3 ± 0,1
	Totalt	13,0 ± 3,5
Flerbostadshus	-60	0,8 ..
	61-75	0,1 ..
	76-85	0,2 ..
	86-95	0,1 ± 0
	96-05	0,0 ..
	Totalt	1,1 ..
Lokalbyggnader	Kontor	0,3 ± 0,1
	Vård	0,2 ..
	Allmän	0,6 ..
	Totalt	1,1 ± 0,6
Samtliga byggnader		15,1 ± 3,6
.. Statistiskt osäker		

Tabell 35

Total area för snedtak

		Area 10 ⁶ m ²
Småhus	-60	24,0 ± 4,7
	61-75	..
	76-85	6,2 ± 1,4
	86-95	1,5 ± 0,8
	96-05	2,3 ± 0,7
	Totalt	43,9 ± 9,7
Flerbostadshus	-60	1,8 ± 0,8
	61-75	..
	76-85	..
	86-95	0,4 ± 0,2
	96-05	..
	Totalt	2,8 ± 0,9
Lokalbyggnader	Kontor	1,1 ± 0,4
	Vård	..
	Allmän	..
	Totalt	3,9 ± 1,7
Samtliga byggnader		50,3 ± 9,6
.. Statistiskt osäker		

Tabell 34

Genomsnittlig area för snedtak

		Area m ²
Småhus	-60	41,0 ± 5,5
	61-75	71,2 ± 31,8
	76-85	49,8 ± 7,4
	86-95	52,8 ± 13,1
	96-05	61,8 ± 7,3
	Totalt	48,0 ± 7
Flerbostadshus	-60	77,8 ± 25,2
	61-75	..
	76-85	..
	86-95	164,9 ± 68,5
	96-05	111,0 ± 53,3
	Totalt	93,4 ± 24,8
Lokalbyggnader	Kontor	114,3 ± 46,9
	Vård	238,0 ± 101,5
	Allmän	991,6 ± 612,8
	Totalt	270,5 ± 129,9
Samtliga byggnader		52,4 ± 6,6
.. Statistiskt osäker		

Tabell 36

Genomsnittligt U-värde snedtak

		W/(m ² ·K)
Småhus	-60	0,37 ± 0,1
	61-75	0,25 ± 0,04
	76-85	0,18 ± 0,01
	86-95	0,16 ± 0,03
	96-05	0,14 ± 0,02
	Totalt	0,30 ± 0,06
Flerbostadshus	-60	0,46 ..
	61-75	0,24 ± 0,06
	76-85	0,99 ± 0,37
	86-95	0,16 ± 0,02
	96-05	0,18 ± 0,06
	Totalt	0,42 ± 0,23
Lokalbyggnader	Kontor	0,26 ± 0,04
	Vård	0,26 ± 0,08
	Allmän	0,31 ± 0,09
	Totalt	0,29 ± 0,05
Samtliga byggnader		0,30 ± 0,05
.. Statistiskt osäker		

Tabell 37

Totalt UA-värde för fönster

		10 ⁶ (W/K)
Småhus	-60	47,0 ± 6,9
	61-75	25,4 ± 2,2
	76-85	12,6 ± 0,9
	86-95	5,6 ± 0,8
	96-05	3,7 ± 0,7
	Totalt	94,4 ± 7,7
Flerbostadshus	-60	26,4 ± 4,5
	61-75	20,5 ± 5
	76-85	3,4 ± 0,8
	86-95	8,1 ± 3
	96-05	4,1 ± 2,3
	Totalt	62,5 ± 10,3
Lokalbyggnader	Kontor	10,3 ± 3,7
	Vård	5,0 ± 1,4
	Allmän	1,1 ± 0,7
	Totalt	17,0 ± 4,1
Samtliga byggnader		173,7 ± 15,1
.. Statistiskt osäker		

Tabell 38

Genomsnittlig area för fönster

		Area m ²
Småhus	-60	23,8 ± 3,6
	61-75	22,0 ± 2
	76-85	20,0 ± 1,4
	86-95	18,7 ± 2,6
	96-05	27,1 ± 4,5
	Totalt	22,4 ± 1,7
Flerbostadshus	-60	154,5 ± 26,9
	61-75	285,0 ± 58,2
	76-85	140,6 ± 32
	86-95	145,2 ± 45
	96-05	169,3 ± 78,3
	Totalt	178,4 ± 24,6
Lokalbyggnader	Kontor	183,2 ± 51,9
	Vård	214,6 ± 55,1
	Allmän	53,7 ± 20,9
	Totalt	166,9 ± 36,7
Samtliga byggnader		37,8 ± 2,9
.. Statistiskt osäker		

Tabell 39

Total area för fönster

		Area 10 ⁶ m ²
Småhus	-60	20,1 ± 3,1
	61-75	11,0 ± 1
	76-85	6,3 ± 0,4
	86-95	2,9 ± 0,4
	96-05	2,0 ± 0,3
	Totalt	42,3 ± 3,2
Flerbostadshus	-60	11,9 ± 2
	61-75	9,2 ± 2,2
	76-85	1,7 ± 0,4
	86-95	4,5 ± 1,9
	96-05	2,1 ± 1,2
	Totalt	29,4 ± 4,9
Lokalbyggnader	Kontor	4,4 ± 1,5
	Vård	2,6 ± 0,8
	Allmän	0,5 ± 0,3
	Totalt	7,8 ± 1,8
Samtliga byggnader		79,4 ± 6,6
.. Statistiskt osäker		

Tabell 40

Genomsnittligt U-värde fönster

		W/(m ² ·K)
Småhus	-60	2,34 ± 0,08
	61-75	2,30 ± 0,09
	76-85	2,01 ± 0,04
	86-95	1,94 ± 0,05
	96-05	1,87 ± 0,07
	Totalt	2,23 ± 0,05
Flerbostadshus	-60	2,22 ± 0,07
	61-75	2,22 ± 0,08
	76-85	2,04 ± 0,09
	86-95	1,80 ± 0,21
	96-05	1,97 ± 0,07
	Totalt	2,13 ± 0,07
Lokalbyggnader	Kontor	2,36 ± 0,12
	Vård	2,03 ± 0,09
	Allmän	2,18 ± 0,16
	Totalt	2,22 ± 0,11
Samtliga byggnader		2,19 ± 0,04
.. Statistiskt osäker		

Tabell 41

Total uppvärmd golvarea

		Area 10 ⁶ m ²
Småhus	-60	145,6 ± 22,4
	61-75	81,8 ± 6,6
	76-85	44,4 ± 2,4
	86-95	18,8 ± 1,4
	96-05	10,6 ± 0,8
	Totalt	301,2 ± 24,6
Flerbostadshus	-60	98,5 ± 18,6
	61-75	75,6 ± 16,6
	76-85	14,3 ± 2,9
	86-95	37,8 ± 14,9
	96-05	11,5 ± 5,2
	Totalt	237,7 ± 38,8
Lokalbyggnader	Kontor	48,9 ± 16,9
	Vård	30,8 ± 9,1
	Allmän	6,6 ± 2,8
	Totalt	89,0 ± 19,3
Samtliga byggnader		627,9 ± 55,8
.. Statistiskt osäker		

Tabell 43

Genomsnittlig uppvärmd golvarea

		Area m ²
Småhus	-60	172,0 ± 27
	61-75	163,4 ± 13
	76-85	141,8 ± 7
	86-95	121,7 ± 9
	96-05	144,6 ± 11
	Totalt	159,5 ± 13
Flerbostadshus	-60	1281,6 ± 229
	61-75	2340,2 ± 463
	76-85	1196,8 ± 244
	86-95	1212,6 ± 383
	96-05	931,0 ± 564
	Totalt	1443,8 ± 218
Lokalbyggnader	Kontor	2056,0 ± 668
	Vård	2528,1 ± 748
	Allmän	693,7 ± 417
	Totalt	1898,7 ± 456
Samtliga byggnader		299,1 ± 25
.. Statistiskt osäker		

Tabell 42

Totalt UA-värde för klimatskalet per m² A_{temp}

		W/K per m ² A _{temp}
Småhus	-60	1,6 ± 0,3
	61-75	1,2 ± 0,2
	76-85	0,9 ± 0,1
	86-95	0,8 ± 0,1
	96-05	0,8 ± 0,1
	Totalt	1,3 ± 0,2
Flerbostadshus	-60	1,0 ± 0,1
	61-75	0,7 ± 0,1
	76-85	0,7 ± 0,1
	86-95	0,7 ± 0,2
	96-05	0,8 ± 0,2
	Totalt	0,9 ± 0,1
Lokalbyggnader	Kontor	1,1 ± 0,2
	Vård	0,8 ± 0,2
	Allmän	1,0 ± 0,2
	Totalt	1,0 ± 0,1
Samtliga byggnader		1,3 ± 0,2
.. Statistiskt osäker		

Tabell 44

Totalt UA-värde för klimatskalet

		10 ⁶ (W/K)
Småhus	-60	212,4 ± 30,8
	61-75	95,5 ± 9,1
	76-85	39,9 ± 3
	86-95	14,6 ± 1,3
	96-05	8,7 ± 0,7
	Totalt	371,1 ± 33,6
Flerbostadshus	-60	89,0 ± 15,2
	61-75	50,3 ± 11,3
	76-85	9,4 ± 2,6
	86-95	20,1 ± 7,8
	96-05	7,3 ± 3,8
	Totalt	176,1 ± 26,1
Lokalbyggnader	Kontor	30,6 ± 10,5
	Vård	16,4 ± 5,3
	Allmän	4,9 ± 2,1
	Totalt	53,6 ± 11,8
Samtliga byggnader		600,8 ± 42,4
.. Statistiskt osäker		

Tabell 45

Genomsnittligt U-värde för hela klimatskalet

		W/(m ² ·K)
Småhus	-60	0,57 ± 0,1
	61-75	0,47 ± 0
	76-85	0,34 ± 0
	86-95	0,30 ± 0
	96-05	0,30 ± 0
	Totalt	0,47 ± 0
Flerbostadshus	-60	0,67 ± 0
	61-75	0,56 ± 0,1
	76-85	0,41 ± 0
	86-95	0,38 ± 0
	96-05	0,43 ± 0,1
	Totalt	0,56 ± 0
Lokalbyggnader	Kontor	0,54 ± 0,1
	Vård	0,48 ± 0,1
	Allmän	0,36 ± 0,1
	Totalt	0,48 ± 0,1
Samtliga byggnader		0,48 ± 0
.. Statistiskt osäker		

Tabell 46

Total uppvärmd volym, miljontals m³

		10 ⁶ m ³
Småhus	-60	345,7 ± 61,1
	61-75	192,3 ± 15,5
	76-85	105,0 ± 5,6
	86-95	44,8 ± 3,4
	96-05	26,2 ± 2,1
	Totalt	713,9 ± 65,3
Flerbostadshus	-60	248,0 ± 46
	61-75	185,7 ± 40,6
	76-85	35,2 ± 7,3
	86-95	91,2 ± 35,9
	96-05	28,7 ± 12,6
	Totalt	588,8 ± 95,3
Lokalbyggnader	Kontor	131,4 ± 45,7
	Vård	79,1 ± 22,9
	Allmän	26,6 ± 11,5
	Totalt	243,8 ± 51,3
Samtliga byggnader		1546,6 ± 141,8
.. Statistiskt osäker		

Tabell 47

Genomsnittlig volym i byggnaderna

		m ³
Småhus	-60	408,4 ± 72
	61-75	384,3 ± 31
	76-85	335,0 ± 17
	86-95	290,7 ± 21
	96-05	357,3 ± 28
	Totalt	378,2 ± 35
Flerbostadshus	-60	3225,4 ± 581
	61-75	5748,5 ± 1126
	76-85	2935,9 ± 612
	86-95	2927,0 ± 922
	96-05	2331,9 ± 1458
	Totalt	3576,0 ± 543
Lokalbyggnader	Kontor	5526,0 ± 1788
	Vård	6488,1 ± 1915
	Allmän	2813,9 ± 1902
	Totalt	5199,8 ± 1257
Samtliga byggnader		736,8 ± 65
.. Statistiskt osäker		

Bilaga 3 Levererad energi

Tabell A. Omräkning av levererad energi enligt SCB:s årliga statistik i serie EN 16 till nettovärme för beräkningar i avsnitt 5.6 Nollalternativ, utvecklingen om inga styrmedel införs.

VÄRME	sort	1995	2000	2005	2007
Småhus					
Olja, levererad energi	GWh	13 900	12 300	5 400	2 600
* omräkningsfaktor till nettovärme		0,68		0,71	0,71
Fjärrvärme, levererad energi	GWh	2 400	2 700	3 700	4 200
* omräkningsfaktor till nettovärme		0,94		0,95	0,95
El, levererad energi	GWh	17 700	14 900	15 300	13 700
* omräkningsfaktor till nettovärme		1,07		1,37	1,45
Gas, levererad energi	GWh	300	200	400	200
* omräkningsfaktor till nettovärme		0,72		0,72	0,72
Biobränslen, levererad energi	GWh	10 771	9 660	11 236	11 138
* omräkningsfaktor till nettovärme		0,50		0,61	0,61
Summa faktisk lev. värme småhus	GWh	45 071	39 760	36 036	31 838
Summa faktisk nettovärme småhus	GWh	36 249		35 452	32 639
Normalårskorrigerig		1,0227	1,1521	1,0491	1,0707
S:a n-årskorr lev. värme småhus	GWh	46 094	45 807	37 805	34 089
S:a n-årskorr nettovärme småhus	GWh	37 071		37 193	34 947
Specifik värme, lev energi	kWh/m2	164	178	145	131
Specifik nettovärme	kWh/m2	132		143	134
Kvot (total verkn-grad i husens uppv-system)		0,80		0,98	1,03
Flerbostadshus					
Olja, levererad energi	GWh	6 100	3 400	1 300	700
* omräkningsfaktor till nettovärme		0,73		0,79	0,79
Fjärrvärme, levererad energi	GWh	20 600	21 500	23 100	22 800
* omräkningsfaktor till nettovärme		0,98		0,98	0,98
El, levererad energi	GWh	1 900	1 800	1 700	1 200
* omräkningsfaktor till nettovärme		1,46		1,84	1,90
Gas, levererad energi	GWh	200	500	400	300
* omräkningsfaktor till nettovärme		0,74		0,76	0,76
Biobränslen, levererad energi	GWh	200	217	347	209
* omräkningsfaktor till nettovärme		0,64		0,67	0,67
Summa faktisk lev. värme flerb-hus	GWh	29 000	27 417	26 847	25 209
Summa faktisk nettovärme flerb-hus	GWh	27 691		27 329	25 545
Normalårskorrigerig		1,0227	1,1521	1,0491	1,0707
S:a n-årskorr lev.värme flerb-hus	GWh	29 658	31 587	28 165	26 991
S:a n-årskorr nettovärme flerb-hus	GWh	28 320		28 671	27 351
Specifik värme, lev energi	kWh/m2	143	150	137	130
Specifik nettovärme	kWh/m2	137		139	132
Kvot (total verkn-grad i husens uppv-system)		0,95		1,02	1,01
Lokaler					
Olja, levererad energi	GWh	5 200	4 600	1 900	1 400
* omräkningsfaktor till nettovärme		0,72		0,76	0,76
Fjärrvärme, levererad energi	GWh	14 900	14 900	15 500	15 400
* omräkningsfaktor till nettovärme		0,99		0,99	0,99
El, levererad energi	GWh	5 400	3 900	3 600	3 300
* omräkningsfaktor till nettovärme		1,09		1,52	1,60
Gas, levererad energi	GWh	200	500	600	400
* omräkningsfaktor till nettovärme		0,74		0,76	0,76
Biobränslen, levererad energi	GWh	150	621	431	589
* omräkningsfaktor till nettovärme		0,64		0,67	0,67
Summa faktisk lev. värme lokaler	GWh	25 850	24 521	22 031	21 089
Summa faktisk nettovärme lokaler	GWh	24 625		23 006	22 289
Normalårskorrigerig		1,0227	1,0227	1,0227	1,0227
S:a n-årskorr lev.värme lokaler	GWh	26 437	25 078	22 531	21 568
S:a n-årskorr nettovärme lokaler	GWh	25 184		23 528	22 795
Specifik värme, lev energi	kWh/m2	174	147	137	136
Specifik nettovärme	kWh/m2	166		143	144
Kvot (total verkn-grad i husens uppv-system)		0,95		1,04	1,06

Tabell B. Hushålls- och verksamhetsel enligt SCB:s årliga energistatistik i serie EN 16 respektive serie EN 11 i avsnitt 5.6 Nollalternativ, utvecklingen om inga styrmedel införs.

ELEKTRICITET		sort	1995	2000	2005	2007
Småhus						
Antal permanentbebodda enl EN 16 summa-SM	tusental		1 829	1 777	1 777	1 760
Hushållsel per hus enl SM 16 småhus	kWh/hus		5 900	5 800	6 200	6 000
Hushållsel, uppräknad total	GWh		10 791	10 307	11 017	10 560
Spec hushållsel	kWh/m2		38	40	42	41
Flerbostadshus						
<i>Hushållsel mm:</i>						
Rad 46 Flerb-hus direktlev anv > 5000 kWh	GWh		807	935	1 121	1 131
Rad 47 Flerb-hus direktlev anv < 5000 kWh	GWh		4 552	4 339	4 406	4 347
Rad 50 Flerb-hus, kollektivleveranser	GWh		939	540	475	537
<i>Fastighetsel:</i>						
Enl EN 11 rad 33	GWh		6 109	6 488	5 967	5 773
<i>Avdrag elvärme:</i>						
Enl EN 16 summa-SM	GWh		1 900	1 800	1 700	1 200
Flerbostadshus, uppräknad total	GWh		10 507	10 502	10 269	10 588
Spec el i flerbostadshus (Atemp)	kWh/m2		51	50	50	51
Lokaler						
Rad 26 Partihandel	GWh		991	1 294	1344	1 375
Rad 27 Detaljhandel	GWh		4 325	4 562	4386	4 519
Rad 28 Hotell och restaurang	GWh		1 102	1 333	1445	1 481
Rad 30 Andra transporter, stödtjänster	GWh		1 586	825	998	968
Rad 31 Post och telekommunikation	GWh		0	607	721	823
Rad 32 Bank och försäkring	GWh		523	502	586	522
Rad 34 Fastighetsförvaltning ej bostäder	GWh		1 345	1 732	3619	4 303
Rad 35 Uthyrning, ADB, företagstjänster	GWh		1 706	1 449	1404	1 347
Rad 36 Offentlig förvaltning	GWh		1 702	1 514	1532	1 555
Rad 37 Utbildning, forskning	GWh		2 583	2 431	2289	2 111
Rad 38 Hälso- och sjukvård, sociala tjänster	GWh		3 143	3 056	3399	3 266
Rad 39 Intressebevakning, pers tjänster	GWh		1 488	1 249	1022	1 000
Rad 40 Sport, fritid och kultur	GWh		1 490	1 654	1722	1 736
<i>Avdrag: Elvärme enl SM 16</i>	GWh		5 400	3 900	3 600	3 300
Summa el i lokaler	GWh		16 584	18 308	20 867	21 706
Spec el i lokaler	kWh/m2		109	107	126	137

Bilaga 4 – Utdrag ur Boverkets rapport "Så mår våra hus. Redovisning av regeringens uppdrag beträffande byggnaders tekniska utformning m.m."

Sammanfattning

Boverket har med hjälp av besiktningar och enkäter tagit fram en uppdaterad beskrivning av det svenska byggnadsbeståndet. Särskilt fokus har lagts på att få fram underlag om skador och bristande underhåll, samt uppgifter för utveckling av miljökvalitetsmålet God bebyggd miljö. Det uppdaterade materialet om byggnaders tekniska egenskaper ligger till grund för Boverkets svar på regeringens frågor.

Bakgrund

Småhus, skolor och daghem byggda under 1970- och 1980-talen drabbades av mögelskador i förhållandevis stor omfattning. Orsakerna var bland annat nya och oprövade material samt olämpliga konstruktionslösningar och markförhållanden. Mellan 1983 och 2007 lämnade Småhusskadenämnden bidrag för att avhjälpa fukt- och mögelskador relaterade till tekniska brister i småhus.

Regeringen föreslog miljökvalitetsmål för ventilation och radon i proposition 2001/02:128 om Vissa inomhusmiljöfrågor. För fukt- och mögelskador konstaterades att det fanns gott om information och att det främst var en kvalitetsfråga för byggsektorn att lösa. Enligt propositionen var det för komplicerat att för området formulera uppföljningsbara etappmål enligt Miljömålsrådets riktlinjer. För buller uttrycktes ambitionen att återkomma med ytterligare delmål än det som fanns för trafikbuller.

Problemet med skador fortsätter. I Bygghälsöns betänkande, *Skärpning gubbar* SOU 2002:115, föreslogs en haverikommission som skulle utreda orsaker till byggfel. Statskontorets uppföljning 2009, *Sega gubbar*, visar att kvaliteten inte förbättrats och att flera av de åtgärder som föreslogs i skärpning gubbar inte har genomförts.

På regeringens initiativ har Rådet för byggkvalitet bildats av byggsektorn för att arbeta med systematiskt kvalitetsarbete i byggande och förvaltning. Samverkansforum för statliga byggherrar arbetar för ”best practise” inom statligt byggande och förvaltning. De nämnda utredningarna har tillsammans med flera andra konstaterat att för att kunna sätta upp mål för inomhusmiljön inom miljömålssystemet så behöver kunskaperna om utgångsläget förbättras. En ny studie skulle uppdatera kunskaperna från tidigare genomförda studier, exempelvis STIL, ELIB och ERBOL.

STIL2 skolor och förskolor (2006)

Energimyndigheten genomför ett längre projekt, STIL2 (statistik i lokaler), för att förbättra kunskapsläget om energianvändning. Inom delprojektet om skolor och förskolor deltog Boverket. Syftet var att förbättra kunskaperna om energianvändning och inomhusmiljö i skolor och förskolor. Resultaten från STIL2-studien representerar skolor och förskolor i BETSI.

Elhushållning i bebyggelsen, ELIB (1993)

I forskningsprogrammet ELIB, studerades bostadsbeståndets tekniska egenskaper, energianvändning och inneklimat. Statens institut för byggnadsforskning (SIB) besiktade 1 148 statistiskt utvalda byggnader i 60 kommuner. Det finns flera delrapporter från programmet, men särskilt rapport TN:29¹¹² är intressant för denna rapport, eftersom den handlar om bostadsbeståndets tekniska egenskaper avseende hushållsel, fastighetsel, uppvärmning, ventilation, byggnadsteknik och fuktskador. Jämförelser mellan BETSI och ELIB kan göras för småhus och flerbostadshus.

Energisparpotential och reparationsbehov i bostäder och lokaler, ERBOL (1983 – 1984)

ERBOL utfördes som en del i byggforskningsrådets program EHUS-85. Statens institut för byggnadsforskning besiktade cirka 1 500 bostäder och lokaler i 62 kommuner. I rapporten Reparationsbehov i bostäder och lokaler¹¹³ beskrivs byggnadstekniska lösningar samt vilka normala och extraordinära underhållsåtgärder som finns i bostäder och lokaler. I denna rapport är framförallt uppgifter om de byggnadstekniska lösningarna intressanta som jämförelse.

¹¹² TN:29 Forskningsrapport Statens institut för byggnadsforskning, 1993.

¹¹³ Meddelande M84:10, Reparationsbehov i bostäder och lokaler, Statens institut för byggnadsforskning, Tolstoy och Svennerstedt, 1984.

Uppdragets genomförande

Upptakten

Regeringen avsatte 50 miljoner kronor i budgetpropositionen för 2006 för att undersöka byggnadsbeståndet och utveckla delmål för inomhusmiljön inom God bebyggd miljö. Miljödepartementet ledde under 2006 ett arbete med experter från forskarvärlden och berörda myndigheter för att formulera ett uppdrag kopplat till budgetposten.

Uppdraget

Boverket fick i december 2006 uppdraget att genomföra en större studie av byggnadsbeståndet. Uppdraget om byggnaders energi, tekniska status och inomhusmiljö fick arbetsnamnet BETSI. Boverket skulle med hjälp av besiktningar och enkäter ta fram en uppdaterad beskrivning av det svenska byggnadsbeståndet. Särskilt fokus har lagts på att få fram underlag om skador och bristande underhåll, samt uppgifter för utveckling av miljökvalitetsmålet God bebyggd miljö.

Samarbete/samråd med andra myndigheter, förankring

I uppdraget ingick att samråda med Statens Energimyndighet, Socialstyrelsen, Arbetsmiljöverket och Statistiska centralbyrån. Även experter från högskolor m.m. har varit involverade.

Besiktningar

Cirka 1 800 besiktningar genomfördes i de valda byggnaderna. De 50 besiktningspersonerna genomgick en gemensam tvådagarsutbildning för att ha samma utgångspunkter inför besiktningarna. Vid besiktningarna besvarades en lång rad frågor om byggnaden. Dessa handlade exempelvis om hur och när huset var byggt, upplåtelseform, grundläggningssätt, fasad- och takmaterial samt uppvärmningssätt. Ett antal kontrollbesiktningar har utförts för att kvalitetsbedöma besiktningsprotokoll, instruktioner och hur olika besiktningspersoner arbetat.

Mätningar

En rad mätningar genomfördes i samband med besiktningarna. Dessa handlade bland annat om luftomsättning, radon, temperatur, fukt och kemiska ämnen i inomhusluften.

Enkäter

En del av uppdraget genomfördes som en enkätundersökning riktad till boende i småhus och flerbostadshus. De boende fick fylla i ett antal frågor om bostaden, dess utrustning och användning. Enkäter som ställde frågor om de boendes hälsa skickades också ut, i olika varianter till barn, ungdomar och vuxna. Enkäterna skickades dels till boende i BETSI-besiktade hus, men också till ett ytterligare urval boende i småhus för att få fler bostäder i underlaget. Ungefär hälften av enkäterna besvarades.

Bearbetning av resultat

Boverket har lagt mycket resurser på att rätta till inrapporterade data. Bearbetning av resultat har handlat om exempelvis matematiska samband, mätningar på ritningar, beräkningar av kostnader, och uppräknings av

resultat till riksnivå. Men det har också handlat om kvalificerade avvägningar och bedömningar av exempelvis skador och bristande underhåll samt prioritering av åtgärder.

Återkoppling

De småhusägare och ägare till flerbostadshus som deltog i studien har fått ta del av besiktningsresultat och tekniska mätdata för sina egna hus.

Boverkets svar på regeringens frågor

Skador och bristande underhåll: omfattning och åtgärdskostnader

Boverket bedömer att ungefär 66 procent av alla byggnader i landet har någon typ av skada. Av småhusen är det cirka 70 procent som har en skada och i flerbostadshusen är det cirka 40 procent. De flesta skador och brister som registrerats är dock inte av allvarlig karaktär. Ungefär 45 procent av de upptäckta skadorna är fuktskador som kan påverka inomhusmiljön. Att åtgärda alla identifierade skador och tillgodose underhållsbehovet beräknas kosta mellan 230 och 330 miljarder kronor. Då är även skador i skolor och förskolor samt bulleråtgärder inräknade.

	Lägsta kostnad	Högsta kostnad
Skador/brister i BETSI	202 miljarder kronor	274 miljarder kronor
Bulleråtgärder	25 miljarder kronor	50 miljarder kronor
Skolor och förskolor	3 miljarder kronor	5,8 miljarder kronor
SUMMA	~230 miljarder kronor	~330 miljarder kronor

Som jämförelse är underhålls- och reparationskostnaden för flerbostadshus och lokaler i snitt cirka 150 kr per kvadratmeter och år, eller totalt cirka 50 miljarder kronor per år enligt SCB:s statistik för 2007. Om även småhusen och skolorna räknas med blir summan cirka 100 miljarder kronor per år.

Det finns mögel i hus, särskilt vanligt är det på kallvindar och i krypgrunder. I bostäder med fukt- och mögelskador är hälsobesvär vanligare än i bostäder utan sådana problem. Mögelförekomst innebär inte med automatik problem med inomhusmiljön. Enkäter till boende visar att få personer sätter sina upplevda hälsobesvär i samband med bostaden, i synnerhet gäller detta boende i småhus.

Upprustning av bebyggelsen för att nå energimålet

Energianvändningen per uppvärmd area har minskat. För att nå målen till 2020 räcker det inte med att effektivisera befintliga byggnader. Sannolikt måste de byggnader som uppförs använda mindre energi än vad dagens byggregler kräver. Beroendet av fossila bränslen för energianvändningen i bebyggelsen ser ut att kunna brytas till år 2020.

Energianvändning till uppvärmning och tappvarmvatten

Ungefär fem procent av den uppvärmda arean för bostäder värms upp med olja. 23 procent av småhusen, men bara fyra procent av flerbostadshusen, värms med el (direkt, vattenburen och luftburen). Övrig area värms främst med värmepumpar, fjärrvärme och biobränsle i egen för-

bränningspanna. Att bedöma energianvändningen till tappvarmvatten är inte möjligt då fastighetsägare sällan har särredovisning av detta.

Förändringar jämfört med ELIB

BETSI visar på fler fuktskador än vad ELIB gjorde. Detta kan delvis förklaras med att definitioner för exempelvis fuktskada varit annorlunda i BETSI. Men det är också i stort sett samma byggnader det handlar om, och de har blivit nära 20 år äldre. Sannolikheten för skador ökar med tiden. BETSI visar på betydligt fler fall med mögel på vindar och i krypgrunder än vad ELIB visade. Skillnaden kan bero på exempelvis varmare vintrar, samt tilläggsisolering på vindar.

Jämfört med ELIB har oljeanvändningen minskat med 80 procent i småhus och 70 procent i flerbostadshus. Användning av el (direktverkande, vattenburen och luftburen el) för uppvärmningsändamål har, jämfört med ELIB, minskat med 55 procent i småhus och 60 procent i flerbostadshus. Många småhus har dock under tiden sedan ELIB installerat värmepumpar, som drivs med el. Den totala elanvändningen för uppvärmningsändamål har därför inte minskat i motsvarande utsträckning.

För inomhusmiljön ser bedömningarna ganska lika ut jämfört med ELIB. En signifikant skillnad finns dock för boende i flerbostadshus, där torr luft rapporterats oftare i ELIB än i BETSI. Skillnaden förklaras med att BETSI genomfördes under en mildare vintersäsong än ELIB. En kall vinter är inomhusluften normalt torrare.

Samband mellan brister i inomhusmiljö och de boendes upplevda ohälsa

Generellt finns det betydligt färre samband mellan upplevda hälsobesvär och miljöfaktorer bland boende i småhus jämfört med boende i flerbostadshus. Bland boende i flerbostadshus finns samband mellan att känna sig störd av buller och att ofta känna sig trött eller ha huvudvärk.

Boverkets förslag till reviderat mål för inomhusmiljö inom God bebyggd miljö

Boverket bedömer att befintligt mål för radon i skolor och förskolor kommer att nås till målåret 2010 och föreslår därför att strecksatsen stryks. Boverket bedömer också att målet kommer att nås till 2020 avseende radon i flerbostadshus. För småhus har saneringstakten ökat betydligt sedan förra fördjupade utvärderingen men Boverket bedömer ändå att det blir mycket svårt att nå målet i tid.

Många byggnader uppfyller idag inte de regler som gäller. Att uppgradera byggnadsbeståndet till lagstiftningens miniminivå är förknippat med stora kostnader. Boverket bedömer att det med hänsyn till omfattning och kostnader är orealistiskt att sätta mål som går utöver nuvarande regelverk inom den tidsram som gäller för miljökvalitetsmålen.

Boverket föreslår:

- att strecksatsen om ventilation omformuleras så att målet blir möjligt att följa upp,
- att strecksatsen om radon i skolor och förskolor utgår i och med att målet nås till målåret 2010,
- att strecksatsen om radon i bostäder kvarstår,

- att en ny strecksats för bullerskydd i byggnader införs i delmålet God inomhusmiljö. Målet kompletterar dagens delmål för buller för trafik och innebär att de ur bullersynpunkt sämsta byggnaderna lyfts till att vara lika bra som nya byggnader,
- att en ny strecksats för fukt som kan medföra problem i inomhusmiljön införs i delmålet God inomhusmiljö. Målet innebär att skadade byggnader åtgärdas successivt fram till målåret 2020.

<i>Befintligt mål</i>	<i>Förslag till reviderat mål</i>
År 2020 ska byggnader och deras egenskaper inte påverka hälsan negativt. Därför ska det säkerställas att:	År 2020 ska byggnader och deras egenskaper inte påverka hälsan negativt. Därför ska det säkerställas att:
samtliga byggnader där människor vistas ofta eller under längre tid senast år 2015 har en dokumenterat fungerande ventilation, radonhalten i alla skolor och förskolor år 2010 är lägre än 200 Bq/m³ luft, och att radonhalten i alla bostäder år 2020 är lägre än 200 Bq/m³ luft.	samtliga byggnader som omfattas av kraven på återkommande ventilationskontroll, OVK, senast år 2015 har en dokumenterat fungerande ventilation, radonhalten i alla bostäder år 2020 är lägre än 200 Bq/m³ luft, alla byggnader år 2020 uppfyller minimikraven för bullerskydd vid nybyggnad, eller att de i undantagsfall avviker från kraven med högst 5 dB, och att fukt inte medför problem i inomhusmiljön genom att skapa förutsättningar för mögel och bakterier eller emissioner från material. Andelen byggnader med fuktskador av betydelse för inomhusmiljön ska år 2020 vara lägre än 5 procent av det totala byggnadsbeståndet.

Boverkets förslag för att nå de föreslagna målen för God inomhusmiljö

Bland Boverkets förslag finns det tre stycken som direkt påverkar statens kostnader. Boverket föreslår dels en statlig informationskampanj för att informera om vilka regler som gäller och vem som har ansvar för att de uppfylls. Informationskampanjen ska inriktas på att beskriva faktorer som påverkar inomhusmiljön negativt samt vilka åtgärder som byggnadsägare kan vidta för att avhjälpa problemen. Kampanjen beräknas kosta 20 miljoner kronor under en treårsperiod.

Boverket föreslår vidare en informationskampanj för skolor och förskolor. Syftet är att hjälpa förvaltare och driftspersonal att prioritera rätt mellan skadeavhjälpande åtgärder för fukt, luft (ventilation) och buller samtidigt med energieffektiviseringsåtgärder i byggnader för skol- och förskoleverksamhet. Kostnad, 10 miljoner kronor under 3 år, totalt 30 miljoner kronor. Om inte det hjälper bör obligatorisk fuktbesiktning vara

nästa steg för att få ner antalet fukt- och mögelskador i skolor och förskolor.

Slutligen föreslår Boverket en mindre omfattande statistikuppföljning genomförs årligen. Förslaget innebär att ett hundratal byggnader besiktas per kategori; småhus, flerbostadshus samt skolor och förskolor. Varje kategori bör besiktas en gång vart fjärde år inför den fördjupade utvärderingen av miljömålen. Boverket uppskattar kostnaden till 5 miljoner kronor årligen under en tioårsperiod. Totalt beräknas således samtliga besiktningar uppgå till 50 miljoner kronor.

Sammantaget innebär Boverkets tre förslag att statsbudgeten beräknas komma att belastas med totalt 100 miljoner kronor; 25 miljoner kronor det första året, 20 miljoner kronor årligen de två därpå följande åren samt 5 miljoner kronor årligen för det fjärde till och med det tionde året. Boverket föreslår att koldioxidskattesatsen höjs med 0,092 öre per kg, vilket beräknas leda till att statens intäkt ökar med 25 miljoner kronor per år. Beräkningen baseras på den analys som gjordes i betänkandet *Skatt i retur*, SOU 2009:12.

Boverket föreslår att kommunerna i kontrollplaner vid nybyggnad för in verifiering av byggreglerna avseende radon, buller och fukt, samt ventilation i de fall byggnaderna inte omfattas av OVK. Detta är möjligt att göra enligt Plan- och bygglagen och är ett led i att göra rätt från början vid nybyggnad.

Boverket föreslår att funktionskontroll av ventilation förs in i registret för energideklarationer.

Boverket föreslår att en fuktbesiktning görs vid överlåtelse av småhus. Detta är inte möjligt inom gällande lagstiftning. Fuktbesiktningen kan anordnas och organiseras med lagen för energideklaration som förebild. Boverket föreslår att denna fuktbesiktning ska utföras av certifierad fukt-sakkunnig. Ett register för fuktbesiktade småhus bör kunna samordnas med registret för energideklarationer, vilket dock kräver en lagändring. Fuktbesiktningen bör utformas så att resultatet kan vägas in vid utformningen av energieffektiva åtgärder i byggnader.

För energi ser Boverket ingen anledning att lämna förslag till styrmedel, på grund av att det är lönsamt ur fastighetsägarens synpunkt att genomföra åtgärderna som föreslås i samband med energideklarationer.

Taksäkerhet

Mindre än hälften av byggnaderna med fasadhöjd lägre än åtta meter har bedömts ha tillräckliga anordningar för att ta sig upp på taken. En vanlig brist är att det saknas glidskydd till den lösa takstegen för byggnader med fasadhöjd under fyra meter. Det är också vanligt att en lös takstege används då fasadhöjden är över fyra meter, vilket inte är tillåtet enligt föreskrifterna.

Ungefär hälften av byggnaderna med fasadhöjd över åtta meter bedöms ha tillräckliga anordningar att ta sig upp på taken. Den största anledningen till att de är så låg andel som uppfyller kraven är att många byggnader har fasta utvändiga takstegar vilket inte är godkänt. En mindre del beror på att takluckorna saknar skyddsräcken där lutningen på taket kräver ett sådant.

Det är generellt gott skick på de taksäkerhetsanordningar och infästningar som finns på taken. Oavsett fasadhöjd så har nio av tio byggnader gott skick på de taksäkerhetsanordningar som finns.

Fortsatt arbete

Boverket har utifrån resultaten från BETSI föreslagit vissa förändringar i miljökvalitetsmålet God bebyggd miljö och styrmedel för att uppnå målen. Om målet nås kommer vi till år 2020 att ha ett byggnadsbestånd som är väsentligt förbättrat ur radon-, luft-, fukt-, ljud- och energisynpunkt.

Den stora mängd uppgifter som samlats in under uppdragets gång kan användas för vidare studier och analyser. Resultatet från undersökningen omfattas av stark sekretess så att ingen person eller byggnad kan identifieras. De uppgifter som kommer att vara tillgängliga i databasen är avidentifierade. För att få tillgång till ritningar och bilder måste även dessa avidentifieras.

Analys och fördjupningar

Denna huvudrapport för BETSI innehåller översiktliga resultat. För djupare tekniska analyser, resonemang och metodbeskrivningar hänvisas till kommande fördjupningsrapporter:

- *Energi* Beskrivning av klimatskal, installationstekniska system och mätdata kring temperatur och luftomsättning. Dessutom kommer underlag, metoder och modeller att presenteras i större utsträckning,
- *Teknisk status del 1* Analys av skador och bristande underhåll i byggnader,
- *Teknisk status del 2* Byggnadernas material och konstruktion, bland annat taksäkerhet, samt resultat från mätningar m.m.,
- *Urval* Om statistiska urvalet, skrivs av SCB,
- *Enkät* Om enkätundersökningen,
- *Fukt och mögel* Fördjupad analys och bakgrund till delmålsförslag,
- *Buller* Fördjupad analys och bakgrund till delmålsförslag,
- *Radon, ventilation* Fördjupad utvärdering av befintligt mål, och
- *Metoder* Om projektets genomförande.

Bilaga 5 – M2006/5756/Bo Uppdrag till Boverket beträffande byggnaders tekniska utformning m.m.

**Miljö- och
samhällsbyggnadsdepartementet**

Boverket
Box 534
371 23
KARLSKRONA

**Uppdrag till Boverket beträffande byggnaders tekniska
utformning, m.m.**

1 bilaga

Regeringens beslut

Regeringen uppdrar åt Boverket att i samråd med Statens energi-myndighet, Socialstyrelsen, Arbetsmiljöverket och Statistiska centralbyrån ta fram i huvudsak sådant underlag om byggnaders tekniska utformning som medger att vissa befintliga delmål till miljö kvalitets-målet God bebyggd miljö kan följas upp och eventuellt ändras. Vidare skall underlaget ge möjlighet att formulera nya delmål och belysa eventuella kopplingar mellan brister i inomhusmiljön och upplevd ohälsa.

Arbetet skall bedrivas på det sätt och redovisas vid de tidpunkter som anges i bilagan. Uppdraget skall redovisas slutligt senast den 1 december 2008.

För att täcka kostnaderna för arbetet med uppdraget får högst 8 900 000 kronor användas för uppdraget. Kostnaderna skall belasta utgiftsområde 18 anslaget 31:1 Boverket anslagsposten 4.

Medlen utbetalas efter rekvisition.

På regeringens vägnar

Andreas Carlgren

Kerstin Wennerstrand

Kopia till

Miljö- och samhällsbyggnadsdepartementet
Socialdepartementet
Finansdepartementet/Ba, F
Utbildnings- och kulturdepartementet
Näringsdepartementet
Socialstyrelsen
Statistiska centralbyrån
Statens energimyndighet
Arbetsmiljöverket
Uppsala universitet, institutionen för medicinska vetenskaper
Universitetssjukhuset Örebro, Yrkes- och miljömedicinska kliniken
Lunds universitet, institutionerna för installationsteknik och byggnadsfysik
SP Sveriges Provnings- och forskningsinstitut
Högskolan i Gävle, institutionen för teknik och byggd miljö
Chalmers tekniska högskola AB
Kungliga tekniska högskolan, KTH, institutionen för byggnadsteknik
Örebro universitet, institutionen för teknik
Karolinska institutet, miljömedicin, centrum för folkhälsa
Sveriges kommuner och landsting
Hyresgästernas Riksförbund
Villaägarnas riksförbund
Fastighetsägarna Sverige
HSB Riksförbund
Riksbyggen
Sveriges Allmännyttiga Bostadsföretag, SABO

Uppdrag till Boverket beträffande byggnaders tekniska utformning, m.m.

Regeringen anser att det är angeläget att uppgifter tas fram som kan läggas till grund för att i huvudsak utföra följande: att vidta en avstämning av nuvarande beslutade delmål till miljökvalitetsmålet God bebyggd miljö avseende inomhusmiljö, dvs. radon, ventilation och energianvändning m.m., att formulera nya delmål t.ex. beträffande fukt, mögel och buller inomhus samt att redovisa eventuella kopplingar mellan brister i inomhusmiljön och upplevd ohälsa.

Utgångspunkter

Uppgifter om byggnadsbeståndet

Kunskapen på riksnivå om teknisk utformning av byggnader är föråldrad och bristfällig. Tillgängliga uppgifter återger förhållandena 1992 avseende bostäder och 1991 avseende lokaler. De uppgifter som belyser byggnadsbeståndets tekniska egenskaper baseras på två landsomfattande undersökningar, de s.k. ELIB- och STIL-undersökningarna. ELIB-studiens huvudsyfte var att beskriva bostadsbeståndets tekniska egenskaper, inomhusklimat och möjligheter att effektivisera energi -användningen, särskilt elanvändningen. STIL- studiens huvudsyfte var att beskriva lokalbeståndets tekniska egenskaper, installationer och elektriska utrustning, användning av el och värme etc. Undersökningarna genomfördes i form av statistiska urvalsundersökningar av slumpmässigt utvalda objekt spridda över hela landet. Data insamlades genom besikt- ningar och tekniska mätningar i de utvalda byggnaderna, enkäter till de boende respektive lokalanvändarna och datauttag från olika befintliga register. På uppdrag av regeringen pågår inom Statens energimyndighet arbete med att kartlägga elanvändningen m.m. i vissa delar av byggnadsbeståndet.

Byggfel och skador

År 1995 ändrades plan- och bygglagstiftningen med inriktning på att tydliggöra rollerna och ansvaret i byggandet och därmed skapa förutsättningar för bättre kvalitet. Samtidigt infördes ett nytt och från bygglovsprövningen fristående tillsyns- och kontrollförfarande beträffande de tekniska egenskapskraven på byggnadsverk, m.m. Det nya kontrollsystemet har i olika sammanhang utsatts för kritik. Genom beslut den 27 juni 2002 tillsatte regeringen en utredning med uppgift att göra en bred översyn av plan- och bygglagstiftningen (dir.2002:97). I uppdraget ingick bl.a. att se över det kontrollsystem som lagen förutsätter för att samhällskraven på byggnader och anläggningar skall kunna uppfyllas. Utredningen har lämnat sitt betänkande (SOU 2005:77) till regeringen. Betänkandet har remissbehandlats och beredning pågår i Regeringskansliet. I sammanhanget kan nämnas att miljöbalken har inneburit ett förtydligande av verksamhetsutövarens egenansvar, vilket bl.a. innebär att fortlöpande planera och kontrollera verksamheten för att förebygga olägenheter för människors hälsa eller miljö.

Under 1970- och 1980-talen har det yngre småhusbeståndet drabbats av mögelskador i förhållandevis stor omfattning. Mögelskadorna drabbade även skolor och daghem. Bland de faktorer som orsakade eller bidrog till skadorna kan nämnas att nya och oprövade material använts liksom olämpliga konstruktionslösningar samt att byggnader uppfördes på marktyper som vanligen inte brukar användas. Av sociala och ekonomiska skäl har sedan 1983 statligt ekonomiskt stöd lämnats för att avhjälpa fukt- och mögelskador i bostadshus. Stödet till egnahem enligt i huvudsak nuvarande utformning har funnits sedan 1985. Statens ekonomiska stöd avser att bidra till att avhjälpa fukt- och mögelskador som kan relateras till tekniska brister när byggnaderna uppfördes. Enligt gällande bestämmelser kan stöd lämnas till egnahem som är uppförda före 1989 och är yngre än 30 år. Bestämmelserna om stödet finns i förordningen (1993:712) om den statliga fonden för fukt och mögelskador i småhus, m.m.

Även under 1990-talet har fel och skador i byggnader och anläggningar redovisats. Det var bl.a. detta förhållande som föranledde regeringen att tillsätta en särskild kommission (dir. 2002:24) med uppgift bl.a. att föreslå hur kvaliteten i byggandet skall säkerställas. I sitt betänkande, Skärpning gubbar (SOU 2002:115), har kommissionen föreslagit bl.a. att Boverket skall få i uppdrag att inrätta en haverikommission med

uppgift att utreda orsakerna till byggfel i enskilda fall. Betänkandet har remissbehandlats och frågan bereds i Regeringskansliet.

På regeringens initiativ har företrädare för byggsektorn bildat ett råd för byggkvalitet, BQR, i huvudsyfte att intensifiera och påskynda arbetet med att få till stånd ett mera systematiskt kvalitetsarbete på byggområdet och i förvaltningen av byggnadsverk. Likaså på initiativ av regeringen har de stora statliga byggherrarna, beställarna och förvaltarna bildat ett samverkansforum i huvudsyfte att samverka omkring frågor om kompetensutveckling. Samverkansforumet syftar även till att skapa bättre förutsättningar för att samhällets krav på byggnadsverk enligt byggbestämmelserna skall infrias och därmed minska kvalitetsfelen och kostnaderna. På regeringens uppdrag startade 1999 ett dialogprojekt, Bygga, bo och förvalta för framtiden. I syfte att analysera hinder och möjligheter för att driva utvecklingen i hållbar riktning har deltagarna i projektet, ett antal företag inom byggsektorn samt kommuner, arbetat inom sju prioriterade åtgärdsområden. Överenskommelsen och frivilliga åtaganden har fokuserats på en effektiv energianvändning, en hälsosam inomhusmiljö och en effektiv resursanvändning. Under 2003 har 28 företag, fyra kommuner, en myndighet och företrädare för regeringen undertecknat överenskommelsen.

I propositionen Vissa inomhusmiljöfrågor (prop.2001/02:128) har regeringen angett att beredskap bör skapas för att snabbt analysera orsaker till uppkomna skador och brister i nya byggnader. Byggnadsmiljöutredningen har i sitt slutbetänkandet (SOU 2005:55), som ett led i strävandena att minska kvalitetsfel och brister i byggandet samt för att höja kompetensen, föreslagit en organisation för en expertgrupp med uppgift bl.a. att analysera orsakssambanden vid uppkomna fel och skador. Därefter avses information föras ut till de aktörer som orsakat felen och skadorna. En ytterligare uppgift var att lämna förslag till hur en databas om byggfel och skador skulle kunna åstadkommas. Betänkandet har remissbehandlats.

I Socialstyrelsens Miljöhälsorapporter för 2001 och 2005 anges vissa uppgifter om bostäder som de boende själva har lämnat. Dessa uppgifter avser bostadens skick samt hälsobesvär som förknippas med bostaden.

Ventilation i byggnader

Mot bakgrund av bl.a. en noterad ökning av allergier och annan överkänslighet beslutade riksdagen (prop. 1990/91:145, bet 1990/9 :BoU19, rskr. 1990/91:353) att införa en obligatorisk funktionskontroll av

ventilationssystem. Bestämmelserna om verksamheten finns i förordningen (1991:1273) om funktionskontroll av ventilationssystem. Boverket har med stöd av bestämmelserna utfärdat föreskrifter och allmänna råd för verksamheten (BFS 1992:15). Enligt nu gällande bestämmelser omfattar den obligatoriska ventilationskontrollen t.ex. inte den fortlöpande kontrollen av ventilation i småhus. En fortlöpande väl fungerande ventilation i byggnader är nödvändig för att begränsa inomhusmiljöproblemen, inte minst till följd av fukt. Mot den bakgrunden skall följande åtgärder ses:

- Regeringens uppdrag (dir. 1996:39) till en utredare att bl.a. redovisa erfarenheter av den obligatoriska ventilationskontrollen. Utredningen konstaterade (SOU 1997:177) att den slutsats som med säkerhet kunde dras var att den av Boverket föreskrivna tidplanen för kontrollerna inte hade infriats. I bästa fall, konstaterade utredningen, hade ventilationsystemen i flertalet byggnader funktionskontrollerats en gång vid utgången av 1997. En mycket stor andel av kontrollerade ventilationsystem hade därtill påtagliga brister. En särskild utredare har därefter haft i uppdrag (dir. 2004:16) att redovisa bl.a. i vad mån syftet med den obligatoriska ventilationskontrollen har uppnåtts. Resultatet av arbetet har redovisats i betänkandet Bättre inomhusmiljö (SOU 2005:55).
- Det av riksdagen beslutade delmålet för inomhusmiljö understryker ventilationens betydelse. Ventilationsåtgärder vidtas inte sällan för att avhjälpa problem med radon. Det är därför mycket väsentligt att ventilationssystem som installerats, oavsett syfte, bibehåller sin funktion.
- Regeringens beslut att tillsätta en särskild utredare (dir. 2002:93) med uppgift bl.a. att redovisa och göra en analys av ändamål och utformning av en obligatorisk eller frivillig byggnadsdeklaration som innehåller uppgifter om ventilation m.m. Utredaren har redovisat sina överväganden och förslag i betänkandet Byggnadsdeklarationer - Inomhusmiljö och energianvändning (SOU 2004:78). Betänkandet har remissbehandlats.

Fortsatt arbete med delmål för inomhusmiljön

Riksdagen har beslutat (prop. 2001/02:128, bet. 2001/02:BoU14, rskr. 2001/02:291) om ett delmål beträffande inomhusmiljö till det nationella miljö kvalitetsmålet God bebyggd miljö. Delmålet uttrycks enligt följande. *År 2020 skall byggnader och deras egenskaper inte påverka hälsan negativt. Därför skall det säkerställas att*

- *samtliga byggnader där människor vistas ofta eller under längre tid senast år 2015 har en dokumenterat fungerande ventilation,*
- *radonhalten i alla skolor och förskolor år 2010 är lägre än 200 Bq/m³ luft och att*
- *radonhalten i alla bostäder år 2020 är lägre än 200 Bq/m³ luft.*

Begreppet inomhusmiljö inkluderar en mängd förhållanden och kan tolkas olika beroende på i vilket sammanhang det används. Inom ramen för miljömålet God bebyggd miljö är det inomhusmiljön i de

avseenden den beror av planering, uppförande och förvaltning (underhåll, skötsel) av byggnader som avses. Därutöver är inomhusmiljön en funktion av den verksamhet som bedrivs i byggnaderna, olika individers upplevelser av inomhusmiljön samt konsekvenser av verksamhet och beteenden.

I proposition Vissa inomhusmiljöfrågor (prop. 2001/02:128) anges att det fortsatta arbetet med inomhusmiljöfrågor bör inriktas på att komma till rätta med bl.a. fukt, mögel och buller.

I prop. 2000/01:130 beskrivs hur uppföljningen av miljö kvalitetsmålen skall gå till. Det beslutade delmålet för inomhusmiljö innebär att inomhusmiljön förs in i uppföljningssystemet. Uppgiften att utveckla, kvalitetssäkra och vidmakthålla driften av lämpliga indikatorer ligger på särskilt utpekade miljömålsansvariga myndigheter. Boverket har ett sådant ansvar för det nationella miljö kvalitetsmålet God bebyggd miljö. Socialstyrelsen har det övergripande ansvaret för hälsa i miljömålsarbetet. Miljö kvalitetsmålet God bebyggd miljö är ett av fem mål som bedöms ha störst betydelse för människors hälsa. Socialstyrelsen har i rapporten Förslag till ett uppföljningssystem för inomhusmiljön redovisat ett förslag till program för uppföljning av inomhusmiljöfaktorer som har betydelse för hälsan.

Flera myndigheter har också ansvar för olika regelverk som berör inomhusmiljön, främst Boverket, Socialstyrelsen och Arbetsmiljöverket.

I sammanhanget kan vidare nämnas att Kemikalieinspektionen har i uppdrag att i samråd med Boverket beskriva pågående initiativ för att förbättra deklarationen av hälso- och miljöfarliga kemiska ämnen i byggmaterial. Uppdraget skall redovisas den 30 december 2006.

Buller i byggnader

Ca 2 miljoner människor bedöms vara utsatta för bullernivåer från flyg-, väg- och järnvägstrafik över de riktvärden som riksdagen ställt sig bakom. Av dessa är ca 1,6 miljoner störda av vägtrafikbuller. Exempel på andra typer av buller som brukar betecknas som störande är ljud från installationer i byggnader till inomhus- och utomhusmiljön, höga ljudnivåer från restauranger och vid konserter samt buller och störande ljud på arbetsplatserna och i fritidsmiljön.

Riksdagen beslutade 1997 (prop. 1996/97:53, bet. 1996/97:TU7, rskr. 1996/97:174) om etappmål för buller. Etappmålen utgick från angivna riktvärden för trafikbuller som normalt inte bör överskridas vid nybyggnad av bostäder eller vid nybyggnad eller väsentlig ombyggnad av trafikinfrastruktur. Riksdagen har vidare beslutat (prop. 2000/01:130, bet. 2001/02: MJU3, rskr. 2001/02:36) om delmål inom det nationella miljö kvalitetsmålet God bebyggd miljö bl.a. avseende buller. Målet är

formulerat enligt följande. *Antalet människor som utsätts för trafikbullerstörningar överstigande de riktvärden som riksdagen ställt sig bakom för buller i bostäder skall ha minskat med 5 procent till år 2010 jämfört med år 1998.*

Frågor om buller behandlades även i proposition Vissa inomhusmiljöfrågor (prop. 2001/02:128). I propositionen betonades särskilt vikten av att barn och ungdomar inte utsätts för skadliga ljudnivåer. Regeringen uttalade avsikten att återkomma med ytterligare delmål för buller efter den första utvärderingen av miljömålen. Som en förberedelse för detta har Naturvårdsverket fått i uppdrag att tillsammans med övriga berörda myndigheter ta fram riktvärden för andra miljöer än de som det i dag finns fastställda värden för. Uppdraget har redovisats till regeringen i rapporten Riktvärden för trafikbuller vid nyanläggning eller väsentlig ombyggnad av infrastruktur – Förslag till utveckling av definitioner (dnr 2001/531 Mk). I propositionen redovisades ett regeringsuppdrag som Boverket haft beträffande lågfrekvent buller i boendemiljöer där det konstateras att lågfrekvent buller upplevs som störande där det uppträder, att de tekniska möjligheterna att förebygga och åtgärda sådant buller är goda och att de myndighetskrav som gäller lågfrekventa ljud i bostäder är ändamålsenliga. Vad gäller lågfrekvent ljud från installationer utomhus, främst fläktar, finns enligt Boverkets mening brister i bygglovshanteringen.

Genom regeringsbeslut i augusti 2002 fick Socialstyrelsen i uppdrag att utvärdera om regelverket kring höga ljudnivåer ger avsedd effekt samt att klarlägga eventuella brister i reglerna. Uppdraget har redovisats till regeringen (Socialdepartementet) den 30 maj 2003. Ärendet bereds i Regeringskansliet. Socialstyrelsen har därefter under 2005 gett ut två allmänna råd om buller, det ena avseende buller inomhus och det andra avseende höga ljudnivåer. Därtill har ett nationellt tillsynsprojekt genomförts under 2005, som bl.a. gav vid handen att befintliga riktvärden överskrids vid många arrangemang och i verksamheter.

Flera myndigheter har ansvar för olika regelverk som berör buller i inomhusmiljön, främst Boverket, Socialstyrelsen, Arbetsmiljöverket och Naturvårdsverket. En särskild utredare (M 2004:01) har haft i uppdrag att föreslå delmål bl.a. beträffande buller till det nationella miljö kvalitetsmålet God bebyggd miljö. Utredaren har lämnat sitt slutbetänkande (SOU 2005:55) till regeringen. Enligt betänkandet har utredaren, med hänvisning till bristande underlag, inte ansett sig kunna föreslå ett delmål för buller i byggnader. Utredaren har framfört nödvändigheten av att ett sådant underlag, liksom avseende fukt och mögel, tas fram.

I propositionen, Svenska miljömål – ett gemensamt uppdrag (prop. 2004/05:150) angav regeringen att det är angeläget att delmålet för buller ses över och att större fokus läggs på hälsoeffekter och antalet människor som är störda av buller från olika slags källor. Ett kompletterande underlag behöver därför tas fram.

Deklaration av byggnaders egenskaper

Inomhusmiljön är en angelägenhet för alla inom bygg- och fastighetssektorn och har stor betydelse för alla dem som bor i eller brukar byggnader. Därför angavs i propositionen Vissa inomhusmiljöfrågor (prop. 2001/02:128) att såväl nya som befintliga byggnaders egenskaper i vissa avseenden borde deklarerars. Två utredare har haft i uppdrag att belysa frågor om byggnadsdeklarationer och samla uppgifter från dessa i ett nationellt register. Utredarna har redovisat sina förslag i följande betänkanden: Byggnadsdeklarationer – inomhusmiljö och energianvändning (SOU 2004:78), Energideklarering av byggnader – för effektivare energianvändning (SOU 2004:109) och Energideklarationer – Metoder, utformning, register och expertkompetens (SOU 2005:67). Riksdagen har i juni 2006 beslutat om en lag om energideklarationer (prop. 2005/06:145, bet. 2005/06:BoU9, rskr. 2005/06:365) där frågor om energianvändning, ventilation och radon skall redovisas. Enligt lagen skall vissa uppgifter från deklarationerna samlas i ett nationellt register. Genom lagen genomförs EG - direktivet 2002/91/EG om byggnaders energiprestanda i Sverige. Lagens syfte är att främja en effektiv energianvändning och en god inomhusmiljö i byggnader. Lagen innehåller bestämmelser om en skyldighet för ägare till byggnader att se till att en deklARATION upprättas. Såväl nya som befintliga byggnaders egenskaper skall deklarerars i vissa avseenden.

Riksdagen har samtidigt beslutat ett nytt delmål för energieffektivisering i bebyggelsen som lyder enligt följande. *Den totala energianvändningen per uppvärmd areaenhet i bostäder och lokaler minskar. Minskningen bör vara 20 procent till år 2020 och 50 procent till år 2050 i förhållande till användningen 1995. Till år 2020 skall beroendet av fossila bränslen för energianvändningen i bebyggelsesektorn vara brutet, samtidigt som andelen förnybar energi ökar kontinuerligt.*

Vidare anges att målet kommer att följas upp regelbundet och prövas mot bakgrund av dess konsekvenser för miljön, ekonomisk tillväxt, konkurrenskraft och kostnader för såväl den offentliga sektorn som enskilda.

Vilka byggnader bör omfattas av undersökningen om teknisk utformning m.m.?

Bygg- och fastighetssektorn väger tungt i arbetet med hållbar utveckling. Sektorn svarar för ca 40 procent av energianvändningen och en betydande användning av material samt bidrar med växthusgaser (främst vid förbränning av fossila bränslen) och avfall. Dessutom vistas människor större delen av tiden inomhus och inomhusmiljöns kvalitet har därför en stor betydelse för människors hälsa. Utgångspunkten är därför ett behov av kunskap om landets alla byggnader.

Vilken kunskap behövs om bebyggelsen?

Brist på kunskap om byggnaders tekniska utformning kan bl.a. leda till en ogenomtänkt el- och energihushållning i byggnader och försämrade inomhusmiljö, vilket i sin tur kan bidra till ohälsa hos de som vistas i byggnaderna. Avsaknad av kvantitativa och kvalitativa uppgifter om bebyggelsens inomhusmiljö försvårar diskussionen om hur hänsyn kan tas till inomhusmiljön vid el- och energieffektivisering. Aktuella uppgifter saknas f.n. för att formulera operationella delmål för t.ex. energianvändning och inomhusmiljö.

Behovet av kunskap om byggnaderna är i huvudsak betingat av ett behov att åstadkomma hållbara byggnader som betydelsefull del i en hållbar utveckling, att få underlag för formulering av nya delmål till nationella miljökvalitetsmål eller ändring av befintliga, att få underlag för tillsyn inom området samt att få underlag för prioriteringsdiskussioner vid formulering av eventuella statliga styrmedel och åtgärder.

Riksdagen har anvisat 10 miljoner kronor för budgetåret 2006 och 20 miljoner kronor för budgetåret 2007 samt aviserat att 20 miljoner kommer att anvisas för budgetåret 2008.

Uppdraget

Med de tidigare s.k. ELIB/STIL-undersökningarna som grund skall i huvudsak motsvarande uppgifter om bebyggelsens tekniska utformning och brukarnas uppfattning om hälsobesvär och olägenheter av inomhusmiljön tas fram och redovisas.

Undersökningen skall avse de byggnader som omfattas av den obligatoriska funktionskontrollen av ventilationssystem enligt bestämmelserna i förordningen (1991:1273) om funktionskontroll av

ventilationssystem och även befintliga småhus. I den mån byggnadskategorier bedöms behöva undantas från undersökningen skall skälen för detta redovisas innan datainsamlingen påbörjas. De uppgifter som skall utgöra underlag för utredningens analys och förslag skall vara statistiskt säkerställda och möjliggöra en uppviktning till riksnivå. Underlaget skall baseras på de besiktningar, mätningar och enkäter som bedöms lämpliga och är tekniskt och ekonomiskt rimliga. En redovisning av observerade förändringar i byggnadsbeståndet mellan de båda studierna skall presenteras. Med framtaget underlag som grund för analys och överväganden skall följande redovisas.

Upprustningsbehov m.m. i byggnader som led i en hållbar utveckling

För ändamålet skall följande belysas:

- Skadors art och omfattning i byggnaderna samt kostnader för att avhjälpa dem. Redovisningen skall delas upp på två lämpliga nivåer; en nivå som avser åtgärder som måste vidtas per omgående för att inte äventyra att byggnaden kan användas för avsett ändamål och en nivå som avser brister av ”mer långsiktig” karaktär.
- Omfattning och kostnader för att rusta upp bebyggelsen till de nivåer och tidpunkter för energianvändningen – med beaktande av en god inomhusmiljö – som framgår av riksdagen beslutat mål för energianvändningen. Det skall framgå i vilken mån energieffektiviseringsåtgärderna (i klimatskal eller i ändrat uppvärmningssätt) kräver uppgradering av ventilation m.m. samt bedömning av kostnader för denna uppgradering.
- Energianvändning i byggnader för värmebehov och tappvarmvatten. Vidare skall användningen av fossila bränslen och el (direktverkande, vatten- och luftburen sådan) för ändamålen redovisas.
- Övrig energianvändning och inomhusmiljö som förutsätts redovisas i energideklarationerna enligt den lag i ämnet som beslutats.

Brister i inomhusmiljön och upplevd ohälsa

- förändringar beträffande inomhusmiljön skall belysas dels i förhållande till de tidigare ELIB/STIL-undersökningarna, dels i förhållande till senare forskningsrön. Möjliga slutsatser skall redovisas om bl.a. koppling mellan brister i inomhusmiljön och upplevd ohälsa.

Fortsatt arbete med delmål för inomhusmiljön

För ändamålet skall följande redovisas:

- Radonsituationen i bostäder, skolor och förskolor. Om det är känt skall radonkälla anges. Vidare skall framgå om mätning utförts och om åtgärder vidtagits tidigare. Det skall redovisas om ventilationssystemen uppfyller kraven enligt bestämmelserna om den obligatoriska ventilationskontrollen. På grundval av de samlade uppgifterna skall en bedömning göras av om gällande delmål för inomhusmiljö med fokus på radon och ventilation bör ändras och förslag till sådan ändring lämnas.
- Underlag för att formulera delmål för att (avhjälpa) undvika fukt, mögel och buller i bebyggelse. Med underlaget som grund skall lämnas förslag till nya delmål till God bebyggd miljö i nämnda avseenden och förslag till eventuella ändringar av berörda befintliga delmål.

Övriga frågor att belysa

- Förutsättningar för att uppgifter som tas fram i denna statistiskt säkerställda urvalsundersökning skall kunna ligga till grund för en databas om byggfel och skador. Det måste därvid klarläggas förutsättningar och åtgärder av sekretesskaraktär m.m. för att databasen skall kunna användas för bl.a. fortsatta forskningsändamål.
- Brister beträffande säkerhetsanordningar på tak i förhållande till de skilda krav som uppställts enligt gällande bestämmelser.

Konsekvenser

Om de förslag som presenteras påverkar kostnaderna eller intäkterna för staten, kommuner, landsting, företag eller andra enskilda, skall en beräkning av dessa konsekvenser redovisas. Om förslagen innebär samhällsekonomiska konsekvenser i övrigt skall även dessa redovisas. När det gäller kostnadsökningar och intäktsminskningar för staten, kommuner eller landsting, skall Boverket föreslå en finansiering.

Arbetets genomförande och tidsplan

Arbetet skall genomföras i ett samarbete mellan berörda myndigheter, tekniska högskolor och universitet m.fl. En samordning som befinns ändamålsenlig skall ske med pågående arbete inom Statens energimyndighet med att klarlägga elanvändningen m.m. i vissa lokaler, benämnt stegvis STIL. Boverket skall redovisa en plan för uppläggningsen av arbetet samt ange lämpliga tidpunkter för delredovisningar av uppdraget senast 1 juni 2007. Av redovisningen

skall framgå när i tiden följande arbetsmoment infaller samt bedömning av kostnaderna för dessa: urval av byggnadskategorier, färdigställande av besiktningsprotokoll och upphandling av konsulter, besiktningar av byggnader, tekniska mätningar, enkäter beträffande inomhusmiljön, inmatning av uppgifter i databas, beräkningar av t.ex. energieffektiviseringspotentialer, analyser och redovisning av uppdraget. Slutredovisning av uppdraget skall lämnas till regeringen senast den 1 december 2008.

Energi i bebyggelsen – tekniska egenskaper och beräkningar
– resultat från projektet BETSI. Fördjupningsrapport till regeringsuppdrag beträffande byggnaders tekniska utformning m.m.

Hur står det till med våra bostadshus och lokaler och hur bra är inomhusmiljön?

Boverket har fått i uppdrag av regeringen att undersöka bland annat dessa frågor samt vid behov föreslå förnyade delmål till miljö kvalitetsmålet God bebyggd miljö.

Byggnadsbesiktningar har gjorts i ett statistiskt säkerställt urval om cirka 1 800 byggnader i 30 kommuner under 2007–2008. Tekniska mätningar har utförts och boende har fått svara på inomhusmiljöenkäter. Svaren från alla undersökningar har räknats upp till att gälla hela Sverige

Resultaten visar att olje användningen liksom antal hus med eluppvärmning har minskat kraftigt. Av miljö störningar är buller den som påverkar flest människor. Fukt och mögel upptäcks ofta vid besiktning, men det är relativt få husägare som svarat att de har besvär.

Denna rapport är en fördjupning av de resultat som presenterades i regeringsuppdraget BETSI och redovisades till regeringen i september 2009. Fördjupningsrapporten beskriver energianvändningen i den svenska bebyggelsen och innehåller också beräkningar och konsekvenser av beräknade energibesparingar.

Huvudrapporten – Så mår våra hus. Redovisning av regeringsuppdrag beträffande byggnaders tekniska utformning m.m. – sammanfattar hela uppdraget och innehåller översiktliga resultat.