



Boverket

Myndigheten för samhällsplanering,  
byggande och boende

Rapport 2011:31

# Lägsta möjliga energi- användning i nya byggnader och kostnadskonsekvenser





# Lägsta möjliga energianvändning i nya byggnader och kostnads- konsekvenser

Boverket september 2011

Titel: Lägsta möjliga energianvändning i nya byggnader och kostnads-  
konsekvenser

Rapport: 2011:31

Utgivare: Boverket september 2011

Upplaga: 1

Antal ex: 80

Tryck: Boverket internt

ISBN tryck: 978-91-86827-83-0

ISBN pdf: 978-91-86827-84-7

Sökord: Energianvändning, energikrav, energihushållningskrav, tekniska  
egenskapskrav, byggnader, byggnadsverk, Boverkets byggregler, BBR,  
elförbrukning, eleffekt, kostnader, intäkter, analyser, fastighetsekonomisk  
analys, samhällsekonomisk analys, känslighetsanalys, åtgärder

Dnr: 1271-5117/2011

Publikationen kan beställas från:

Boverket, Publikationsservice, Box 534, 371 23 Karlskrona.

Telefon: 0455-35 30 50

Fax: 0455-819 27

E-post: publikationsservice@boverket.se

Webbplats: [www.boverket.se](http://www.boverket.se).

Rapporten finns som pdf på Boverkets webbplats.

Rapporten kan också tas fram i alternativt format på begäran.

Boverket 2011

## Förord

Denna rapport är på kort tid framtagen som underlag till Näringsdepartementets och Socialdepartementets promemoria med departementens förslag på hur det reviderade energiprestandadirektivet kan införlivas i svensk bygglagstiftning.

Rapporten redovisar hur långt man kan komma med energihushållningskrav tekniskt och vilka ekonomiska konsekvenser detta medför. Denna rapport kommer även att användas i Boverkets systematiska arbete med att utveckla energihushållningskraven i Boverkets byggregler, BBR.

Rapporten har tagits fram av Peter Johansson, Björn Mattson och Stefan Norrman, enheten för byggregler och Anders Carlsson, Paula Hallonsten och Hans-Olof Karlsson Hjorth, enheten för styrmedel för bostäder och bebyggelse.

Karlskrona september 2011

*Martin Storm*  
verksamhetschef



# Innehåll

1.	Inledning.....	9
	Uppdraget.....	9
	Metod .....	9
	Läsanvisning .....	10
2.	Resultat .....	11
	Sammanfattning .....	11
	Energikrav i Boverkets byggregler .....	11
	Lägsta möjliga energianvändning .....	12
	Fastighetsekonomisk analys .....	14
	<i>Det fastighetsekonomiska utfallet, huvudkalkyl.....</i>	<i>14</i>
	<i>Energieffektiviseringar ökar lånebehovet.....</i>	<i>16</i>
	Känslighetsanalys .....	17
	<i>Alternativa antaganden på kalkylränta och energiprisutveckling.....</i>	<i>17</i>
	<i>Alternativa antaganden på kalkylränta och livslängd.....</i>	<i>17</i>
	<i>Fördelning mellan fast och rörlig del i energipriser.....</i>	<i>18</i>
	<i>Förändringar i åtgärdskostnader.....</i>	<i>18</i>
	Samhällsekonomisk analys .....	19
	<i>Samhällsekonomiska intäkter och kostnader.....</i>	<i>19</i>
	<i>Marknadseffekter av energinvesteringar i nya byggnader.....</i>	<i>20</i>
	Övriga tekniska egenskapskrav på byggnadsverk.....	20
	Eleffekt .....	21
3.	Funktionskrav i Boverkets byggregler .....	23
	Tekniska egenskapskrav .....	23
	Systemgräns för energikraven i Boverkets byggregler .....	23
	<i>Hur kan energikraven uppfyllas? .....</i>	<i>24</i>
	<i>Fördelar med vald systemgräns .....</i>	<i>25</i>
	<i>Primärenergi .....</i>	<i>25</i>
4.	Referensalternativ – energikrav i BBR från den 1 oktober 2011 .....	27
	Energikrav i BBR.....	27
	<i>Byggnadens specifika energianvändning och eleffekt .....</i>	<i>27</i>
	<i>Klimatzoner .....</i>	<i>27</i>
	<i>Byggnadens energianvändning .....</i>	<i>28</i>
	<i>Värmeisolering .....</i>	<i>28</i>
	<i>Övriga energirelaterade krav.....</i>	<i>29</i>
	<i>Verifiering .....</i>	<i>29</i>
	Föreslagna kravnivåer från den 1 oktober 2011 .....	29
	Tekniska egenskapskrav på byggnadsverk .....	31
	<i>Energihushållning och värmeisolering .....</i>	<i>31</i>
	<i>Bärförmåga, stadga och beständighet.....</i>	<i>32</i>
	<i>Säkerhet i händelse av brand .....</i>	<i>32</i>
	<i>Skydd med hänsyn till hygien, hälsa och miljö.....</i>	<i>33</i>
	<i>Säkerhet vid användning .....</i>	<i>35</i>
	<i>Skydd mot buller.....</i>	<i>35</i>
	<i>Lämplighet för det avsedda ändamålet .....</i>	<i>35</i>
	<i>Hushållning med vatten och avfall.....</i>	<i>36</i>
5.	Förändringsalternativ – den tekniskt möjliga nivån för energianvändning .....	37
	Förutsättningar för energiberäkning .....	37
	Resultat av energiberäkningar .....	37

Beskrivning av åtgärder för att reducera energianvändningen .....	56
<i>Åtgärder enligt Steg 1 och Steg 2</i> .....	57
<i>Beräkningar</i> .....	57
Val av beräkningsfall .....	59
<i>Klimatzoner</i> .....	59
<i>Småhus</i> .....	59
<i>Flerbostadshus</i> .....	60
Teknik och förväntad teknisk utveckling .....	60
<b>6. Det fastighetsekonomiska utfallet av den minskade energianvändningen .....</b>	<b>61</b>
Utgångspunkter vid beräkningarna .....	61
<i>Energiprisutvecklingen</i> .....	61
<i>Åtgärdskostnader</i> .....	62
<i>Den årliga energibesparingen</i> .....	63
Fastighetsekonomiska intäkter och kostnader för att införa ytterligare energisparåtgärder .....	67
<i>Tillvägagångssätt</i> .....	67
<i>Antaganden</i> .....	68
<i>Resultat</i> .....	68
Om intäcts- och kostnadssidan .....	72
<i>Intäktssidan</i> .....	72
<i>Kostnadssidan</i> .....	72
Vad krävs i form av teknisk utveckling? .....	73
<i>Teknisk utveckling och kostnadsminskningar</i> .....	74
<i>Hur har kostnaderna utvecklats historiskt?</i> .....	76
Känslighetsanalys .....	77
<i>Känslighetsanalys vid olika ränte- och energiprisantaganden</i> .....	77
<i>Känslighetsanalys med andra antaganden på livslängd och kalkylperiod</i> <sup>80</sup> .....	77
<b>7. Hur påverkas möjligheten att uppfylla de övriga egenskapskraven? .....</b>	<b>83</b>
Inledning .....	83
Bedömda effekter (positiva och negativa) på de övriga egenskapskraven vid en skärpning av energikravet .....	84
<i>Bärförmåga, stadga och beständighet</i> .....	84
<i>Säkerhet i händelse av brand</i> .....	85
<i>Skydd med hänsyn till hygien, hälsa och miljö</i> .....	85
<i>Skydd mot buller</i> .....	86
<i>Energihushållning och värmeisolering</i> .....	86
<i>Tillgänglighet och användbarhet för personer med nedsatt rörelse- eller orienteringsförmåga</i> .....	86
<i>Hushållning med vatten och avfall</i> .....	86
Effekter av tidigare energisparåtgärder .....	87
<i>Tidigare skärpningar av energikraven</i> .....	87
<i>Småhuskadenämnden</i> .....	87
<i>Beprövade lösningar</i> .....	87
<b>8. Det samhällsekonomiska utfallet av den minskade energianvändningen .....</b>	<b>89</b>
Samhällsekonomiska intäkter och kostnader .....	89
<i>Samhällsekonomiska intäkter</i> .....	89
<i>Samhällsekonomiska kostnader</i> .....	91
<i>En uppsummering</i> .....	94
Marknadseffekter av energiinvesteringar i nya byggnader .....	95
Elförbrukning och dess fördelning över året .....	97
<i>Eleffektkrav i BBR</i> .....	97



<i>Förändring av eleffektbehov vid skärpta energikrav</i> .....	98
<i>Timmätning</i> .....	99
<b>9. Resultatet av de genomförda analyserna jämfört med andra studier</b> .....	<b>101</b>
Ex-ante och ex-post utvärderingar .....	101
Två nyligen publicerade ex-ante studier .....	101
<i>Uppdrag 13: Nationell strategi för lågenergibygnader, Energimyndigheten, ER 2010:39</i> .....	101
<i>Marknadsöversikt av uppförda lågenergibygnader, LÅGAN Rapport 2011:01</i> .....	102
<b>Källförteckning</b> .....	<b>103</b>



# 1. Inledning

## Uppdraget

I arbetet med att införliva energiprestandadirektivet 2010/31/EU i den svenska nationella lagstiftningen bedömer Näringsdepartementet och Socialdepartementet att det behöver införas en definition av begreppet ”nära nollenergibyggnader” i det svenska regelverket. Den ska vara införlivad senast i juli 2012.

Som ett led i detta arbete har departementen, från Boverket och från Energimyndigheten, efterfrågat ekonomiska konsekvensanalyser av att minska energianvändningen i nya byggnader. Minskningen ska ske i förhållande till de föreslagna energikraven i Boverkets byggregler 2011.

De formella och ekonomiska förutsättningarna för båda myndigheterna är att uppdraget utförs under hand och inom ramen för befintliga resurser. Det finns inget krav på samråd mellan verken utan uppdraget förutsätts bli genomfört med vedertagna metoder och antaganden som brukar tillämpas inom respektive myndighet för detta slags analyser. I analyserna ska man räkna med en utveckling för energipriserna som stämmer överens med den långtidsprognos<sup>1</sup> som Energimyndigheten tagit fram 2011 och som sträcker sig fram till 2030. En central del i uppdraget för såväl Boverket som för Energimyndigheten är att alla tekniska egenskapskrav enligt Plan- och bygglagen (PBL) på byggnader ska uppfyllas.

För Boverkets del innebär uppdraget att utreda konsekvenserna av en så låg energianvändning som det är möjligt att nå ner till genom att förbättra husets energihushållningskvaliteter. Konsekvensanalysen tar sikte på att redovisa tänkbara effekter av sådana förbättringar i förhållande till de föreslagna energikraven i Boverkets byggregler 2011.

I uppdraget anges att analysen ska innehålla beskrivningar och beräkningar av effekter på såväl fastighetsekonomisk, samhällsekonomisk som statsfinansiell nivå. Speciellt anges att elförbrukning och dess fördelning över året bör beaktas. Tillkommande elförbrukning som sammanfaller med höglast bör ges särskild varningssignal och analyseras med hänsyn till elsystemets utveckling och kommande timmätning.

Resultatet av genomförda analyser rapporterades till departementen den 17 maj 2011.

## Metod

Analysen baseras på två referenshus, dvs. två tänkta byggnader. De två byggnaderna är ett nybyggt småhus och ett nybyggt flerbostadshus. Båda byggnaderna är utrustade så att de precis uppfyller de föreslagna energikraven i Boverkets byggregler 2011.

Med utgångspunkt i referensalternativen skapas förändringsalternativ genom tillägg av olika, tekniskt möjliga, åtgärder för att minska byggnadernas specifika energianvändning. Såväl bygg- som installationstekniska åtgärder används. Detta görs i två steg, benämnda ”Steg 1” och ”Steg 2”. Beräkningar görs för både byggnader med elvärme och fjärrvärme.

<sup>1</sup> Energimyndigheten. (2011). Långsiktsprogno 2010, ER 2011:03.

Det ekonomiska värdet av den minskade energianvändningen beräknas och jämförs med den investeringskostnad och eventuella förändrade driftkostnader som de tekniska åtgärderna skulle medföra. Jämförelsen ger en bild av huruvida det ekonomiska utrymme som skapas av den lägre energianvändningen räcker till för att finansiera de förbättrade energihushållningskvaliteterna enligt förändringsalternativet. En känslighetsanalys genomförs för att klargöra hur energiprisutveckling, kalkylränta och livslängd på åtgärderna påverkar resultatet.

Förutom det fastighetsekonomiska värdet av den minskade energianvändningen beskrivs även det samhällsekonomiska utfallet. En redogörelse görs också av hur övriga tekniska egenskapskraven enligt PBL<sup>2</sup>, t.ex. skydd med hänsyn till hygien, hälsa och miljö, kan komma att påverkas av de bygg- och installationstekniska åtgärderna.

## Läsanvisning

I kapitel 2 redovisas kortfattat resultatet av utredningen. Uppbyggnaden av Boverkets byggregler avhandlas i kapitel 3. I kapitel 4 presenteras referensalternativet, vilket är kravnivån på energihushållning i Boverkets föreslagna byggregler 2011. Förutom energikraven redovisas även de övriga åtta tekniska egenskapskraven.

Förändringsalternativet, vilket är nivån för vad som är tekniskt möjligt att nå ner till i energianvändning genom att förbättra byggnadens energihushållningskvaliteter, återfinns i kapitel 5. Därefter presenteras i kapitel 6 det fastighetsekonomiska utfallet av den minskade energianvändningen. Vilka effekter som minskad energianvändning kan leda till för de åtta övriga egenskapskraven redovisas i kapitel 7.

I kapitel 8 beskrivs det samhällsekonomiska utfallet och rapporten avslutas i kapitel 9 med en redovisning av resultaten från några nyligen publicerade studier.

---

<sup>2</sup> Plan- och bygglagen (2010:900).

## 2. Resultat

### Sammanfattning

Analysen i denna utredning är gjord utifrån ett livscykelkostnads- perspektiv och knyter nära an till den kostnadsoptimala metod som diskuteras inom Kommissionen med utgångspunkt i energiprestandadirektivet (2010/31/EU).

Resultatet av beräkningarna visar att de förbättringar av byggnadens energihushållning som är tekniskt möjliga reducerar avsevärt den specifika energianvändningen i nya byggnader i förhållande till de föreslagna energikraven i Boverkets byggregler 2011. De investeringar som krävs för att uppnå förbättringarna är dock inte är lönsamma ur ett fastighetsekonomiskt perspektiv med hänsyn tagen till förväntade framtida bygg- och energikostnader. Det innebär att om fastighetsägaren tvingas genomföra förbättringarna kommer värdet av dessa i form av minskade utlägg för energi sett över hela livscykeln, 40 år, att vara lägre än kostnaderna för förbättringarna. Livscykelkostnaderna kommer därmed att öka.

Kravnivån på energihushållning i Boverkets föreslagna byggregler 2011 ligger redan nu nära gränsen för vad som är fastighetsekonomiskt lönsamt<sup>3,4</sup>. För att förbättringar av byggnaders energihushållning ska bli fastighetsekonomiskt lönsamma vid de nivåer som här undersöks krävs att t.ex. kostnadsutvecklingen för åtgärderna årligen ska minska reellt med ca 7–18 procent för småhus och ca 1–15 procent för flerbostadshus, fram till 2020. Alternativt ska energipriserna från och med 2020 och framåt öka med flera procent mer än vad Energimyndigheten prognostiserat<sup>5</sup> eller att fastighetsägarna accepterar en mycket låg kalkylränta.

### Energikrav i Boverkets byggregler

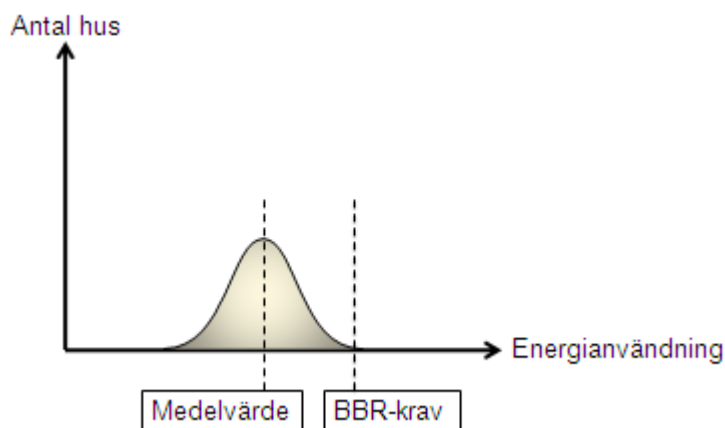
Innan resultaten av beräkningarna redovisas kan det vara bra att förtydliga energikravet i Boverkets byggregler och vad det innebär för byggnadens specifika energianvändning. Byggnadens energianvändning definieras i avsnitt 9 i BBR som den till byggnaden under ett normalår levererade energin för uppvärmning, komfortkyla, tappvarmvatten och byggnadens fastighetsenergi (elenergi för pumpar, fläktar, motorer, fast belysning i driftsutrymmen m.m.). Kravet avser den faktiska energianvändningen när byggnaden är uppförd och tagen i bruk. Enligt Boverkets byggregler gäller att angivna gränsvärden inte får överskridas. I figur 2.1 redovisas effekten av det sätt Boverkets byggregler ställer krav på energihushållning genom att ange en övre gräns för energianvändningen (kWh/m<sup>2</sup> och år).

<sup>3</sup> Konsekvensutredning, Revidering av avsnitt 9 i Boverkets byggregler (BFS 1993:57)(EU-anmälan 2011-03-31).

<sup>4</sup> Konsekvensutredning, Revidering av avsnitt 9 i Boverkets byggregler (BFS 1993:57) med ändringar t.o.m. BFS 2008:20.

<sup>5</sup> Energimyndigheten. (2011). Långsiktsprogno 2010, ER 2011:03.

Figur 2.1. Förväntat utfall av energianvändningen för att uppfylla energikraven i BBR.



Grått fält symboliserar fördelningen av nya byggnaders specifika energianvändning.

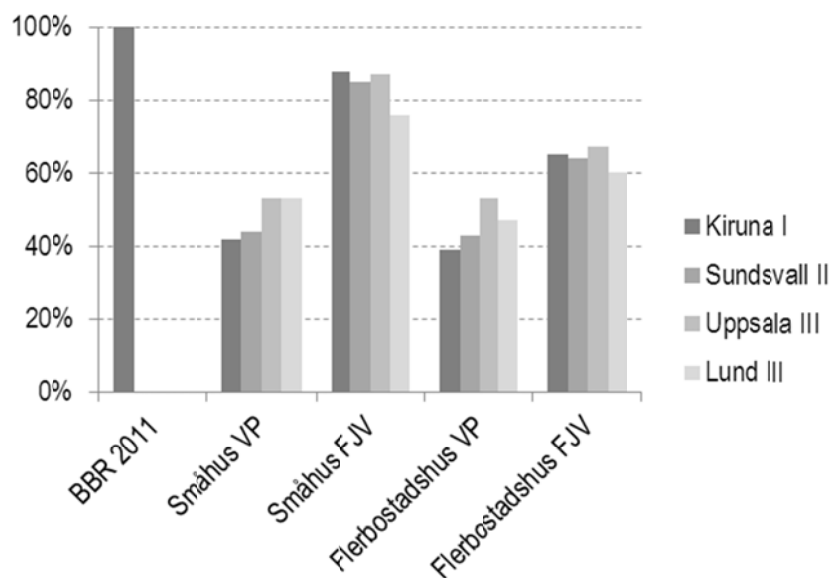
Angivna gränsvärden i byggreglerna är inte och avser inte heller att vara något medelvärde. Vid projektering och byggande får höjd tas för att säkerställa att kravet på byggnadens energianvändning uppfylls. Vid beräkning, provning och mätning av byggnadens energianvändning måste också metodens osäkerhet beaktas. Medelvärdet av nya byggnaders energianvändning kommer därför normalt att ligga lägre än kravnivån.

Presentationen av energikraven i Boverkets byggregler görs i kapitel 4.

## Lägsta möjliga energianvändning

Energiberäkningarna visar att man med ett mer välisolerat och tätare klimatskal samt värmeåtervinning av frånluften (Steg 1) avsevärt kan reducera specifik energianvändning i nya byggnader. Jämfört med nivåerna i Boverkets föreslagna energikrav 2011 kan energianvändningen med dessa tekniska åtgärder reduceras till de nivåer som framgår av figur 2.2.

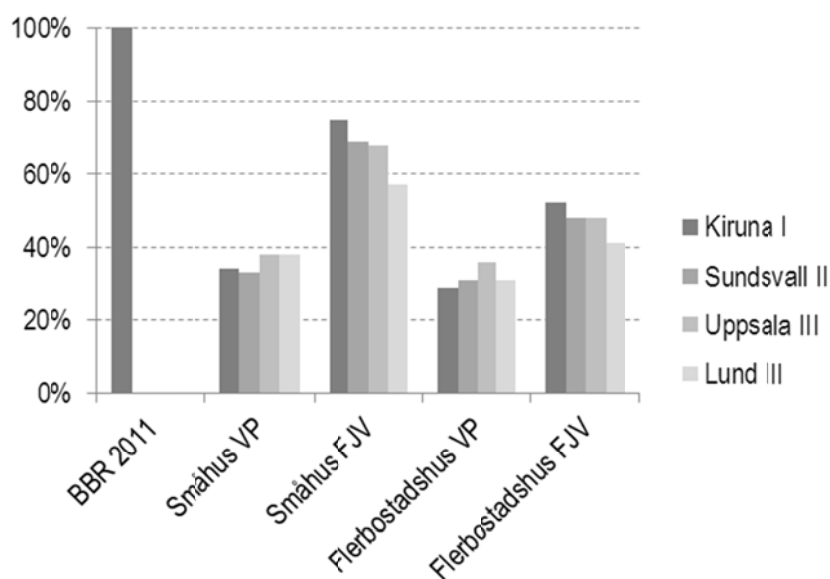
Figur 2.2 Tekniskt möjliga nivåer med åtgärder enligt Steg 1 i förhållande till föreslagna energikrav i BBR 2011.



Beräkningar visar att för småhus med fjärrvärmeuppvärmning är det med Steg 1 (bättre klimatskal och värmeåtervinning ur frånluften) tekniskt möjligt att komma ner till drygt 80 % av de föreslagna kravnivåerna i BBR 2011. För elvärmade småhus kan man komma ner till drygt 40–50 %. För flerbostadshusen går det att komma ner till ytterligare något lägre nivåer.

Om man vidtar fler åtgärder, Steg 2 (installation av solfångare, solceller och avloppsvärmeväxlare) kan den specifika energianvändningen reduceras ytterligare. Den resterande energianvändningen uppgår då till de nivåer (procentsatser) som redovisas i figur 2.3 jämfört med kravnivåerna i Boverkets föreslagna energikrav 2011.

Figur 2.3. Tekniskt möjliga nivåer med åtgärder enligt Steg 1 + Steg 2 i förhållande till föreslagna energikrav i BBR 2011.



Beräkningar visar att för småhus med fjärrvärme är det med Steg 1 + Steg 2 tekniskt möjligt att komma ner till drygt 70 % av de föreslagna kravnivåerna i BBR 2011. För elvärmdda småhus kan man komma ner till drygt 30–40 %. För flerbostadshusen går det att komma ner till ytterligare något lägre nivåer.<sup>6</sup>

För en detaljerad redovisning av beräkningarna, se kapitel 5.

## Fastighetsekonomisk analys

Den fastighetsekonomiska kalkylen utgår från prognoser på energiprisutvecklingen framtagna av Energimyndigheten och på åtgärdskostnader som inhämtats från Wikells byggberäkningar AB i Växjö. Åtgärdskostnaderna antas vara reellt oförändrade under analysperioden, som sträcker sig från år 2020 till år 2060. Energiinvesteringar görs i slutet av år 2020. I huvudkalkylen ansätts kalkylräntan till 4 procent och kalkylen görs i 2010 års priser.

### Det fastighetsekonomiska utfallet, huvudkalkyl

Baserat på de ovan nämnda förutsättningarna erhålls följande resultat i småhuset.

<sup>6</sup> I Norge har Kommunal- og regionaldepartementet låtit utreda de samhällsekonomiska konsekvenserna av att införa nya energikrav. Tre olika energinivåer studeras. Lågenerginiivå med en genomsnittlig energianvändning i bostäder på 90 kWh per m<sup>2</sup> och år, passivhusnivå med en genomsnittlig energianvändning på 70 kWh per m<sup>2</sup> samt nära nollenergi-byggnad med en genomsnittlig energianvändning på 60 kWh per m<sup>2</sup> och år (Multiconsult 2011).

[http://www.regjeringen.no/pages/16501923/konsekvensanalyse\\_energieffektivisering.pdf](http://www.regjeringen.no/pages/16501923/konsekvensanalyse_energieffektivisering.pdf)



Tabell 2.1. Det fastighetsekonomiska utfallet för småhus. 2010 års priser inkl. moms. Kalkylperiod 40 år. Kalkylränta 4 %.

Utfall: Småhus fjärrvärme						
	<u>Kiruna</u>			<u>Sundsvall</u>		
	S:a nuvärde	S:a nuvärde		S:a nuvärde	S:a nuvärde	
	Intäkter	Kostnader		Intäkter	Kostnader	
Steg 1	34 200	109 586	Olönsam	41 529	148 733	Olönsam
Steg 1 + Steg 2	79 920	31 9617	Olönsam	87 249	358 764	Olönsam
Utfall: Småhus el						
	<u>Uppsala</u>			<u>Lund</u>		
	S:a nuvärde	S:a nuvärde		S:a nuvärde	S:a nuvärde	
	Intäkter	Kostnader		Intäkter	Kostnader	
Steg 1	29 315	183 831	Olönsam	53 744	184 456	Olönsam
Steg 1 + Steg 2	75 034	393 862	Olönsam	99 463	394 487	Olönsam
	<u>Kiruna</u>			<u>Sundsvall</u>		
	S:a nuvärde	S:a nuvärde		S:a nuvärde	S:a nuvärde	
	Intäkter	Kostnader		Intäkter	Kostnader	
Steg 1	194 020	342 939	Olönsam	147 311	348 274	Olönsam
Steg 1 + Steg 2	223 302	552 970	Olönsam	176 594	558 305	Olönsam
	<u>Uppsala</u>			<u>Lund</u>		
	S:a nuvärde	S:a nuvärde		S:a nuvärde	S:a nuvärde	
	Intäkter	Kostnader		Intäkter	Kostnader	
Steg 1	93 417	320 316	Olönsam	93 417	263 590	Olönsam
Steg 1 + Steg 2	122 700	530 347	Olönsam	122 700	473 621	Olönsam

Som framgår av tabell 2.1 är inte något av de studerade energieffektiviseringsfallen lönsamt. I exempelvis Kiruna i ett småhus som försörjs med fjärrvärme sparas årligen 1 680 kWh med Steg 1 (dvs. ytterligare isolering av klimatskal). Nuvärdet av energibesparingarna uppgår till 34 200 kronor och nuvärdet av kostnaderna uppgår till 109 586 kronor. Åtgärden är alltså olönsam.

Om en fastighetsägare i Kiruna gör ytterligare energieffektiviseringar i småhuset (Steg 1 + Steg 2) blir utfallet än mer olönsamt. Steg 2 innebär att investeringar görs i avloppsvärmeväxlare, solfångare och solceller. Dessa investeringar medför att fastighetsägaren sparar ytterligare 2 034 kWh per år och det samlade värdet av energibesparingen för Steg 1 + Steg 2 uppgår till 79 920 kronor. Nuvärdet av åtgärds kostnaderna har dock ökat betydligt och uppgår nu till sammanlagt 319 617 kronor.

Ett småhus i Kiruna som utnyttjar el för uppvärmning kommer med Steg 1 att spara 6 480 kWh per år, vilket värderas till 194 020 kronor. De samlade kostnaderna uppgår till 342 939 kronor. Om också Steg 2 genomförs sparas årligen ytterligare 978 kWh och det totala värdet för åt-

gårdspaketet blir 223 302 kronor. De samlade kostnaderna blir 552 970 kronor.

I tabell 2.2 redovisas utfallen för flerbostadshuset. De ekonomiska utfallen för flerbostadshuset är liksom för småhusen fastighetsekonomiskt olönsamt.

Tabell 2.2. Det fastighetsekonomiska utfallet för flerbostadshus. 2010 års priser inkl. moms. Kalkylperiod 40 år. Kalkylränta 4 %.

Utfall: flerbostadshus fjärrvärme							
	<u>Kiruna</u>				<u>Sundsvall</u>		
	S:a	S:a			S:a	S:a	
	nuvärde	nuvärde			nuvärde	nuvärde	
	Intäkter	Kostnader		Intäkter	Kostnader		
Steg 1	1 307 666	1 616 949	Olönsam	1 108 673	1 634 349	Olönsam	
Steg 1 + Steg 2	1 862 557	2 919 367	Olönsam	1 663 565	2 936 767	Olönsam	
Utfall: flerbostadshus el							
	<u>Uppsala</u>				<u>Lund</u>		
	S:a	S:a			S:a	S:a	
	nuvärde	nuvärde			nuvärde	nuvärde	
	Intäkter	Kostnader		Intäkter	Kostnader		
Steg 1	852 826	1 599 549	Olönsam	1 023 391	1 634 349	Olönsam	
Steg 1 + Steg 2	1 407 717	2 901 967	Olönsam	1 578 282	2 936 767	Olönsam	
	<u>Kiruna</u>				<u>Sundsvall</u>		
	S:a	S:a			S:a	S:a	
	nuvärde	nuvärde			nuvärde	nuvärde	
	Intäkter	Kostnader		Intäkter	Kostnader		
Steg 1	2 457 585	2 655 877	Olönsam	1 853 968	2 655 877	Olönsam	
Steg 1 + Steg 2	2 840 505	3 958 295	Olönsam	2 236 887	3 958 295	Olönsam	
	<u>Uppsala</u>				<u>Lund</u>		
	S:a	S:a			S:a	S:a	
	nuvärde	nuvärde			nuvärde	nuvärde	
	Intäkter	Kostnader		Intäkter	Kostnader		
Steg 1	1 119 806	2 655 877	Olönsam	1 207 235	2 655 877	Olönsam	
Steg 1 + Steg 2	1 503 923	3 958 295	Olönsam	1 590 154	3 958 295	Olönsam	

Sammanfattningsvis; utav de 16 fall i småhus och i flerbostadshus som studerats och som genomför åtgärder enligt "Steg 1" (huvudsakligen klimatskåpsåtgärder) har samtliga befunnits olönsamma. Driver man energihushållningen ännu längre genom att också investera i avloppsvarmeväxlare, solfångare och solceller försämras de ekonomiska resultaten ytterligare.

Utförliga redovisningar av kalkylresultaten återfinns i kapitel 6.

### Energieffektiviseringar ökar lånebehovet

I den fastighetsekonomiska kalkylen har utgångspunkten varit att det inte föreligger några problem med finansieringen av energiinvesteringen. Kalkylen bygger på att energiinvesteringen finansieras med eget kapital

eller att det inte finns någon restriktion på kapitalanskaffningen från annat håll. En fastighetsägare kan i det senare fallet således låna upp erforderligt kapital till kalkylräntan.

I verkligheten kan finansieringen av energieffektiviseringar vara ett problem. Energiinvesteringar kommer att leda till ökade byggkostnader och dessa ska finansieras. En fastighetsägare kan ha svårigheter att övertyga sin långivare om fördelarna med investeringen. Det finns också ett lånetak på 85 procent, innebärande att mer eget kapital måste tillskjutas vid köpet av en ny byggnad.

## Känslighetsanalys

I känslighetsanalysen varierar värdena på kalkylränta, energiprisutveckling och investeringens livslängd i flerbostadshuset med investeringar enligt ”Steg 1”. Vidare analyseras effekten av en annan fördelning mellan fast och rörlig del i de energipriser som möter fastighetsägare samt hur förändringar av åtgärds kostnader påverkar resultatet.

### Alternativa antaganden på kalkylränta och energiprisutveckling

Vid lägre kalkylränta och vid högre energiprisutveckling, allt annat lika, förbättras resultaten från kalkylen.

Kalkylräntan sätts till 2, 4 och 6 procent, energiprisutvecklingen sätts antingen till densamma som i huvudkalkylen (Energimyndighetens prognos) eller också till en årlig ökning med 2 procent i reala termer. I tabell 2.3 redovisas resultaten.

Tabell 2.3. Antal lönsamma utfall i flerbostadshuset med investeringar enligt Steg 1. Alternativa antaganden på kalkylränta och energiprisutveckling.

Energiprisökning enligt Energi- myndigheten			Energiprisökning 2 procent		
Kalkylränta	Lönsamma fall	Totalt antal fall	Kalkylränta	Lönsamma fall	Totalt antal fall
2 %	2	8	2 %	5	8
4 %	0	8	4 %	1	8
6 %	0	8	6 %	0	8

Vid en kalkylränta på 2 procent och med samma energiprisutveckling som i huvudkalkylen kommer nu utfallen i flerbostadshuset med åtgärder enligt Steg 1 att visa lönsamhet i två av totalt åtta studerade fall. Vid 4 procent (huvudkalkylen) är inget utfall lönsamt, och ej heller vid 6 procent.

Ändras energiprisutvecklingen till 2 procent och kalkylräntan varierar mellan 2, 4 och 6 procent kommer fem fall att vara lönsamma vid 2 procent, ett fall vid 4 procent och inget vid 6 procent kalkylränta.

### Alternativa antaganden på kalkylränta och livslängd

Sätts livslängden till 30 år i stället för 40 år och om det förutsätts att energiprisutvecklingen är enligt huvudkalkylen blir resultaten enligt tabell 2.4.

Tabell 2.4. Antal lönsamma utfall i flerbostadshuset med investeringar enligt Steg 1. Alternativa antaganden på kalkylränta och investeringens livslängd. Energiprisutveckling enligt huvudalternativet (Energimyndighetens prognos).

Livslängd 30 år			Livslängd 40 år		
Kalkylränta	Lönsamma fall	Totalt antal fall	Kalkylränta	Lönsamma fall	Totalt antal fall
2 %	0	8	2 %	2	8
4 %	0	8	4 %	0	8
6 %	0	8	6 %	0	8

Med 30 års livslängd kommer inget av utfallen att vara lönsamt. Med 40 års livslängd, vilket huvudkalkylen bygger på, är totalt två utfall lönsamma, båda vid 2 procent kalkylränta. Effekten av kortare livslängd i kalkylen ger således ett försämrat ekonomiskt resultat.

Utförliga redovisningar av kalkylresultaten från känslighetsanalysen återfinns i kapitel 6.

### Fördelning mellan fast och rörlig del i energipriser

I huvudkalkylen har det antagits att energipriserna är helt rörliga. I praktiken inkluderas i energipriser en del som är fast och en del som är rörlig. När en energikonsument genomför energieffektiviserande åtgärder leder detta till att konsumenten minskar utläggen för energi. Denna minskning sker på de rörliga kostnaderna, medan de fasta kostnaderna vanligtvis förblir oförändrade.

Om den rörliga delen inte utgör 100 procent av de energipriser som används i huvudkalkylen kommer intäktssidan att påverkas negativt. Varje sparad kWh värderas då lägre, innebärande att nuvärdet av energibesparingarna också blir lägre. Detta leder till att redovisade åtgärder för att minska energianvändningen blir än mindre lönsamma.

Kalkyler med en lägre rörlig del av energipriser presenteras i kapitel 6.

### Förändringar i åtgärds kostnader

Kostnader för energieffektiviserande åtgärder har i huvudkalkylen antagits vara reellt oförändrade i 2010 års priser. Energiinvesteringen antas bli genomförd år 2020. Faktorprisindex<sup>7</sup> för flerbostadshus och för gruppbyggda småhus har ökat reellt med 23 procent respektive 19 procent under perioden 2000–2010. Fortsätter denna reala kostnadsökning framöver, borde de i kalkylen använda åtgärds kostnaderna ha justerats med hänsyn tagen till denna realprisökning. Detta innebär att redovisade åtgärder för att minska energianvändningen då skulle bli än mindre lönsamma.

En diskussion kring antagandet om reellt oförändrade kostnader återfinns i kapitel 6.

<sup>7</sup> Faktorprisindex finns publicerad på SCB:s hemsida, [http://www.scb.se/Pages/Product\\_12519.aspx](http://www.scb.se/Pages/Product_12519.aspx).

## Samhällsekonomisk analys

En samhällsekonomisk kalkyl ska idealt omfatta samtliga effekter som t.ex. en energieffektivisering leder till för samhället. Effekterna ska identifieras, kvantifieras och värderas. Detta är dock en mycket omfattande analys och olika avgränsningar görs vanligtvis.

### Samhällsekonomiska intäkter och kostnader

Inom ramen för detta uppdrag har arbetet avgränsats till det första steget, att identifiera möjliga effekter. På intäktssidan återfinns poster såsom att minskad energianvändning leder till lägre energiomvandlingskostnader (produktionskostnader), negativa externa effekter på naturmiljön minskar samt ett ökat välbefinnande vid vistelse inomhus.

På kostnadssidan återfinns direkta åtgärdskostnader för material och arbetskraft, utbildningskostnader, transaktionskostnader, ökade underhållskostnader, övriga kostnader (t.ex. intäktsbortfall), kostnader för eventuella negativa sidoeffekter (t.ex. fukt, mögel, radon). Vid exempelvis ombyggnad tillkommer även kostnader för eventuell förlust av kulturvärden och estetiska värden.

Tidsramen för detta uppdrag har inte medgett att de samhällsekonomiska effekterna kvantifierats eller värderats. Dock kan det konstateras att den fastighetsekonomiska kalkylen fångar in samhällsekonomiska poster, såväl på intäktssidan som på kostnadssidan. När investeringar i byggnader görs avseende energieffektiviserande åtgärder kommer efterfrågan på energi att minska. Minskningen kan skattas men samtidigt finns det en motverkande kraft, den s.k. rekyleffekten (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.

Lägre energianvändning leder till att energiomvandlingskostnaderna minskar och till att skador på naturmiljön reduceras. Frågan är dock om de energipriser som används i den fastighetsekonomiska kalkylen på ett korrekt sätt avspeglar det samhälleliga värdet, eller om en justering behöver göras. Exempelvis måste ett antagande om fördelningen av den minskade energianvändningen göras, eftersom efterfrågan på energi varierar sett över dygnet och över året. Dyrare produktionssätt utnyttjas under vinterhalvåret och värdet av energieffektiviseringen är högre på vintern än på sommaren.

I de el- och fjärrvärmepriser som använts i den fastighetsekonomiska kalkylen inkluderas kostnaden för utsläppsrätter. Elproduktionen är i Sverige befriad från energi- och koldioxidskatt, men i vissa fall betalas kväveoxidavgift och svavelskatt. Värmeproduktion belastas med energiskatt, koldioxidskatt och i vissa fall svavelskatt samt kväveoxidavgift. Frågan är om nivåerna på miljöavgifter/skatter och på utsläppsrätter är tillräckligt höga för att helt internalisera skadekostnaden på naturmiljön som utsläppen förorsakar.

På kostnadssidan i den fastighetsekonomiska kalkylen är direkta åtgärdskostnader för material och arbetskraft inkluderade, liksom ökade underhållskostnader. Frågan är vad som händer med utbildningskostnader, transaktionskostnader och kontrollkostnader när man går från energi-

kraven i 2011 års föreslagna byggregler till det som bedöms vara tekniskt möjligt. Detta har inte undersökts i denna rapport.

I posten ”övriga kostnader” återfinns bl.a. kostnader som kan leda till intäktsbortfall genom minskad uthyrbar bostadsarea pga. att ökad värmeisolerings i yttervägg tar mer plats. Utrymme är en knapp resurs och från samhällsekonomisk synvinkel ska förlusten av utrymmet värderas till vad det skulle ge i bästa alternativa användning. I den fastighetsekonomiska kalkylen har dock inga kostnader under posten ”övriga kostnader” beaktats.

Om de system för värme och ventilation som installeras underhålls på avsett sätt behöver inte kostnader för negativa sidoeffekter uppstå. Men historien lär oss att luftomsättningen kan bli för låg med försämrat inomhusklimat som följd och det finns risk för fuktproblem och dålig luftkvalitet. Det är svårt att värdera detta i kronor och ören men icke desto mindre ska det vara med i den samhällsekonomiska kalkylen.<sup>8</sup>

### **Marknadseffekter av energiinvesteringar i nya byggnader**

Marknadseffekter av energiinvesteringar i nya byggnader har analyserats i ett utbuds/efterfrågediagram. Energiinvesteringar leder till skift, såväl i utbudskurvan som i efterfrågekurvan.

Kostnader för energieffektiviseringar ökar byggnadernas produktionskostnader, vilket höjer priset på nyproducerade byggnader. Energieffektiviseringar leder också till att betalningsviljan för mer energieffektiva byggnader är högre än om byggnaderna är mindre energieffektiva. Men värdestegringen (betalningsviljan) för byggnaderna är lägre än investeringskostnaderna för de olika energieffektiviseringsalternativ som analyserats i denna rapport.

Sammantaget leder det till att priset på nyproducerade byggnader kommer att gå upp och det årliga antalet nyproducerade byggnader torde minska i förhållande till utgångsläget, enligt föreslagna energikrav i BBR 2011.

Det samhällsekonomiska utfallet beskrivs i kapitel 8.

## **Övriga tekniska egenskapskrav på byggnadsverk**

De nio tekniska egenskapskrav som ställs på ett byggnadsverk framgår av Plan- och bygglagen, PBL, med tillhörande förordning. Boverkets byggregler, BBR, är i sin tur tillämpningsföreskrifter till dessa egenskapskrav.

Vid avvägningen mellan en förbättring av byggnadens energiegenskaper och övriga tekniska egenskapskrav framkommer svårigheterna att värdera dessa. Det är lättare att sätta ett värde på intäkterna (minskade utlägg för energi) men betydligt svårare att sätta ett värde på kostnaderna såsom försämrad tillgänglighet eller risk för fukt och mögelskador eller ett försämrat inomhusklimat. Risken är därför påtaglig att för stor vikt

---

<sup>8</sup> I den norska samhällsekonomiska konsekvensanalysen (Multiconsult (2011)) beräknas utfallet av skärpta energikrav i huvudfallet att vara samhällsekonomiskt olönsamt, utifrån de antaganden som görs.

läggs på sådana effekter som det är lätt att räkna på (energibesparing) och att de aspekter som är svåra att kvantifiera och värdera (t.ex. inomhusmiljö) inte tas med i kalkylerna.

Utgångspunkten för redovisade resultat på energianvändning i denna rapport är att byggnaderna också uppfyller övriga tekniska egenskapskrav enligt Plan- och bygglagen. I stort påverkas flertalet av de nio tekniska egenskapskraven mer eller mindre när en byggnads energiegenskaper förbättras. Till exempel leder ökad värmeisolering till minskade värmeförluster för byggnaden. Men temperaturen i vissa byggnadsdelar kan bli lägre vilket leder till att fuktigheten i dessa delar blir högre. Ett minskat värmeläckage ger även långsammare uttorkning av fukt som trängt in i byggnaden eller av byggfukt, med ökad risk för mögel som följd. Ökad vindsisolering medför t.ex. kallare och fuktigare vindar med ökad risk för kondens och mögel. Tjockare ytterväggar pga. ökad värmeisolering kommer att inkräkta på byggnadens inre utrymme när hela byggrätten utnyttjas i tätbebyggda områden vilket kan medföra mindre plats för kommunikationsutrymmen i bostaden med försämrad tillgänglighet som följd. Ökad värmeisolering under byggnader kan leda till tjälproblem eftersom underliggande mark inte värms upp av byggnaden i samma utsträckning.

Det är ett omfattande arbete att identifiera, kvantifiera och värdera alla effekter som en förbättring av byggnaders energiegenskaper kan innebära för de övriga tekniska egenskapskraven. I kapitel 7 identifieras och beskrivs de överblickbara effekterna, såväl positiva som negativa.

## Eleffekt

Byggnaders effektbehov bestäms till största delen av utetemperaturen under den kallare årstiden då denna direkt påverkar transmissions- och ventilationsförlusterna. Utöver detta tillkommer ett effektbehov för tappvarmvattenbehovet.

I BBR infördes redan 2009 nya föreskrifter som kraftfullt begränsar den eleffekt för uppvärmning som får installeras i nya byggnader. Om energikraven skulle skärpas till de nivåer som är tekniskt möjliga som redovisas i denna rapport kommer det förmodligen att leda till att andelen elvärmda hus ökar i landet. Det genomsnittliga eleffektbehovet per nybyggt hus minskar dock. Om alla nya byggnader blir elvärmda kan det tillkommande eleffektbehovet uppskattas till storleksordningen 1000 kW per årsproduktion. I ett nationellt perspektiv kan detta ses som ett relativt beskedligt effektbehov. Men belastningen läggs på marginalen av elproduktionen eftersom behovet uppstår vid höglasttid för det svenska elnätet.

Redovisningen av eleffektbehovet med förändringsalternativet görs i kapitel 8.





### 3. Funktionskrav i Boverkets byggregler

Sedan början av 1990-talet är kraven i Boverkets byggregler utformade som s.k. 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 därigenom stora genom att de bygg- och installationstekniska åtgärder som passar bäst i det enskilda fallet kan väljas. Funktionskrav stimulerar därmed teknisk utveckling. De senare årens revideringar av byggreglerna har fokuserat på att göra funktionskraven verifierbara, vilket innebär att byggherren ska kunna påvisa att kraven uppfylls.

#### Tekniska egenskapskrav

När en byggnad uppförs eller när den ändras ska den uppfylla de tekniska egenskapskrav som anges i 8 kap. 4 § PBL (2010:900). De tekniska egenskapskraven är nio till antalet och omfattar:

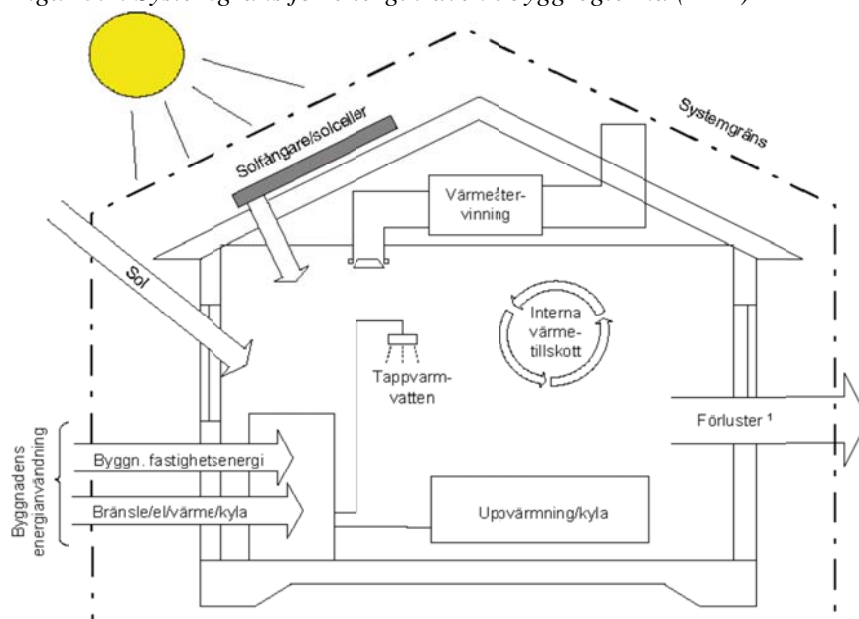
1. Bärförmåga, stadga och beständighet
2. Säkerhet i händelse av brand
3. Skydd med hänsyn till hygien, hälsa och miljö
4. Säkerhet vid användning
5. Skydd mot buller
6. Energihushållning och värmeisolering
7. Lämplighet för avsedda ändamålet
8. Tillgänglighet och användbarhet för personer med nedsatt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

Vid utformning av regler handlar det hela tiden om att olika avvägningar måste göras. Om en kraftfull skärpning av energikraven leder till tjockare isolering av klimatskalet kommer fördelarna att bl.a. bestå av en lägre energianvändning, men det på bekostnad av en ökad risk för fukt- och mögelskador. Å andra sidan; om nivåerna på de övriga egenskapskraven åsätts så höga värden att man inte vågar isolera mer, förloras de fördelar som isoleringen av klimatskalet skulle kunna ge.

#### Systemgräns för energikraven i Boverkets byggregler

Den energi som medräknas i energikraven i Boverkets byggregler är den till byggnaden levererade energin för uppvärmning, komfortkyla, tappvarmvatten och byggnadens fastighetsenergi (elenergi för pumpar, fläktar, motorer, fast belysning i driftsutrymmen m.m.). Figur 3.1 illustrerar den systemgräns som energiavsnittet i byggreglerna baseras på.

Figur 3.1. Systemgräns för energikraven i byggreglerna (BBR)



1) Transmissionsförluster, luftläckning, ventilationsförluster och dyligt.

Den streckade linjen i figuren definierar systemgränsen för energikraven i Boverkets byggregler. Kravet avser alltså energitillförseln före omvandlingsförluster, dvs. hur stor energimängd som behöver levereras in till byggnaden, exempelvis mängden olja, fjärrvärme eller el till en elpanna, kylmaskin eller värmepump.

### Hur kan energikraven uppfyllas?

Genom att ställa krav på levererad energi till byggnaden kan åtgärder för att helt eller delvis uppfylla kraven delas in i följande:

1. Åtgärder för att minska behovet av värme, komfortkyla eller fastighetsenergi
2. Åtgärder för att effektivisera energitillförsel
3. En kombination av 1 och 2

För att tydliggöra de olika fallen antas att ett småhus har ett värmebehov på 20 000 kWh (brutto) för att tillfredsställa den värmekomfort som ett hushåll efterfrågar.

I det första fallet (punkt 1) minskas den totala efterfrågan på energi för uppvärmning, från 20 000 kWh till, säg, 15 000 kWh. Det kan ske genom exempelvis isolering av klimatskal eller med värmeåtervinning ur ventilationsluften. Sker uppvärmningen med vattenburen elvärme kommer den levererade energimängden som krävs att minska med 5 000 kWh.<sup>9</sup>

I det andra fallet (punkt 2) väljs ett sätt att tillföra energi på ett effektivare sätt. Exempelvis kan man installera en värmepump med en hög värmefaktor på 3,5. Den levererade energimängden (el till värmepumpen) som krävs för att tillföra byggnaden den mängd värme som efterfrågas

<sup>9</sup> Vi förutsätter en verkningsgrad på 100 % i elpannan.

kommer då att minska med 13 570 kWh<sup>10</sup>. Man behöver bara tillföra 6 430 kWh el eftersom värmepumpen tar upp fri energi från mark, luft eller vatten. Det totala energibehovet (brutto) kommer här inte att minska, utan ligger kvar på 20 000 kWh.

Slutligen, i det tredje fallet (punkt 3) kan man välja en kombination av de två första fallen.

### Fördelar med vald systemgräns

Fördelarna med att i BBR ställa energikraven på levererad energimängd till byggnaden i stället för på det totala energibehovet (brutto) är två; dels blir funktionskraven verifierbara och därmed enkla att följa upp, dels ger det utökade möjligheter att uppfylla energikraven. Byggherren får större möjligheter att välja den kombination av åtgärder som uppfyller kraven till lägsta kostnad. I ett enskilt småhus ska i ett livscykelperspektiv följande villkor vara uppfyllt för kostnadsminimering:

$$a = b$$

*a = Kostnad för att leverera ytterligare 1 kWh till byggnaden (marginalkostnad för att tillföra 1 kWh)*

*b = Kostnad för att spara ytterligare 1 kWh av levererad energi till byggnaden (marginalkostnad för att spara 1 kWh)*

För att uppfylla ett givet energikrav till lägsta kostnad anger villkoret, att detta uppnås när kostnaden för att tillföra ytterligare en kWh energi är lika med kostnaden för att minska energibehovet med ytterligare en kWh. Strängare energikrav i byggreglerna kan uppfyllas med såväl byggnadstekniska som installationstekniska åtgärder. Skulle energikraven ställas på att reducera det totala energibehovet (brutto) skulle antalet åtgärder begränsas betydligt. Isolering av klimatskal och värmeåtervinning är exempel på aktuella åtgärder. Det skulle vidare bli väsentligt dyrare än att, som nu, ställa kravet på levererad energimängd.

### Primärenergi

I några sammanhang framförs att energihushållningskraven i Boverkets byggregler bör ta hänsyn till användningen av s.k. primärenergi. Primärenergi anses vanligen vara den energi som utvinns, t.ex. råolja, kol, naturgas, uran, solen, vind och vatten inklusive energi som åtgår för utvinning, förädling, transport, omvandlingsförluster etc. Det finns inte något lagligt stöd för att ta hänsyn till primärenergi i Boverkets byggregler, t.ex. genom att göra en omräkning av den till byggnaden levererade energin med primärenergifaktorer. Boverket anser dessutom att det är olämpligt att använda primärenergifaktorer i byggregler. Nya byggnader som uppförs kommer att stå under lång tid medan systemen för energitillförsel kan förändras. Med primärenergifaktorer tas heller inte någon hänsyn till energiprisets roll som informationsbärare. I en marknadsekonomi av den

---

<sup>10</sup> Vi antar att värmepumpen har en årsvärmeffaktor på 3,5. Det behövs då 1 kWh el för att pumpen ska leverera 3,5 kWh värme. Kan 95 procent av den totala efterfrågan på värme tillgodoses via värmepumpen leder det till totalt 6 430 kWh (inkl. elspets) i levererad (el)energi till byggnaden för att täcka värmebehovet.

typ som vi har i Sverige ska priset på energi bl.a. signalera knapphet. Om priserna är samhällsekonomiskt effektivt satta innebär detta att olika tekniska omvandlingsförluster är inkluderade i priserna och ger därigenom konsumenterna tillräcklig information i sina konsumtionsbeslut. Att använda energipriser som styrande för energianvändningen istället för primärenergifaktorer accepteras numera även av Energimyndigheten<sup>11</sup>.

---

<sup>11</sup> Energimyndigheten. (2009-12-15). PM – Förslag till viktningfaktorer till Sveriges andra handlingsplan till direktivet om effektiv slutanvändning av energi- och energitjänster direktiv 2006/32/EG.

## 4. Referensalternativ – energikrav i BBR från den 1 oktober 2011

### Energi­krav i BBR

#### Byggnadens specifika energianvändning och eleffekt

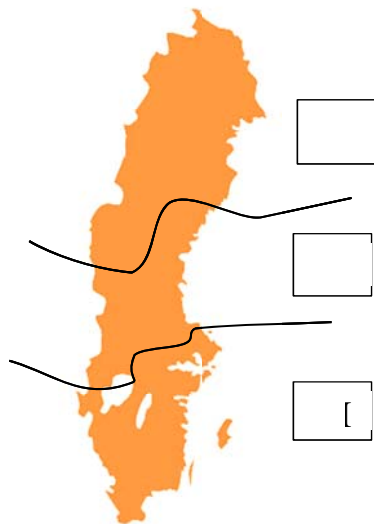
I BBR *avsnitt 9 Energihushållning* ställs krav på byggnadens specifika energianvändning och anges som maximalt tillåten energimängd per uppvärmd golvarea och år ( $\text{kWh/m}^2$  och år). Uttrycket energianvändning används för att tydliggöra att kravet avser det faktiska utfallet när byggnaden används. För elvärmade byggnader ställs också krav på maximalt installerad eleffekt för uppvärmning. Detta för att minska eleffektuttaget när det är som kallast ute och att förhindra eleffekt­drivande lösningar.

Krav på byggnadens specifika energianvändning och eleffekt anges för bostäder respektive lokaler och för tre klimatzoner, I, II och III enligt figur 4.1. Klimatzonsindelning används eftersom samma krav på byggnadens specifika energianvändning och eleffekt i hela landet skulle skapa orimliga skillnader i kraven på byggnader i norr respektive söder.

Kravet på byggnadens specifika energianvändning varierar således beroende på om byggnaden är en bostad eller en lokal, om den har elvärme eller inte och i vilken klimatzon byggnaden är belägen.

#### Klimatzoner

Figur 4.1. Klimatzonsindelning.



I: Norrbottens, Västerbottens och Jämtlands län

II: Västernorrlands, Gävleborgs, Dalarnas, och Värmlands län

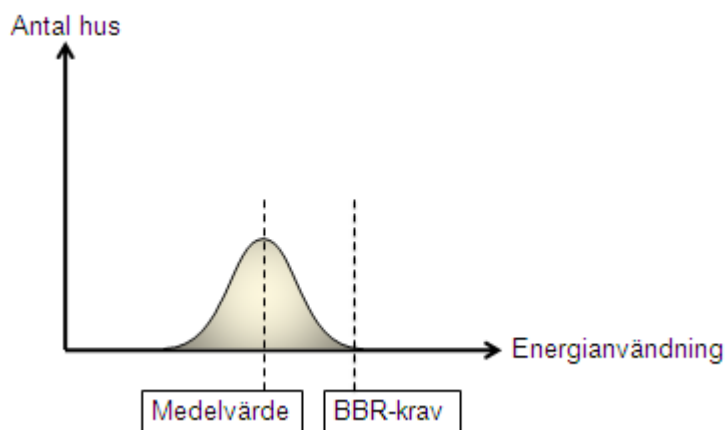
III: Övriga län

### Byggnadens energianvändning

Byggnadens energianvändning definieras i BBR som den till byggnaden under ett normalår levererade energimängden för uppvärmning, komfortkyla, tappvarmvatten och byggnadens fastighetsenergi (elenergi för pumpar, fläktar, motorer, fast belysning i driftsutrymmen m.m.). Däremot ingår inte hushållsel i byggnadens energianvändning eftersom den främst används för hushållsändamål. Hushållselen ingår dock indirekt eftersom användningen, som ger ett tillskott i form av värme, påverkar hur mycket levererad energi som behövs för att värma byggnaden. Samma sak gäller för verksamhetsel i en lokal som således inte heller ingår i byggnadens specifika energianvändning.

Enligt Boverkets byggregler gäller att angivna gränsvärden inte får överskridas. I figur 4.2. redovisas konsekvensen av det sätt Boverkets byggregler ställer krav på energihushållning genom att ange en övre gräns för energianvändningen ( $\text{kWh/m}^2$  och år).

Figur 4.2. Förväntat utfall av energianvändningen för att uppfylla energikraven i BBR.



Grått fält symboliserar fördelningen av nya byggnaders specifika energianvändning.

Angivna gränsvärden i byggreglerna är eller avser inte att vara något medelvärde. Vid projektering och byggande får höjd tas för att säkerställa så att kravet på byggnadens energianvändning uppfylls. Vid beräkning, provning och mätning av byggnadens energianvändning måste också metodens osäkerhet beaktas. Medelvärdet av nya byggnaders energianvändning kommer därför normalt att ligga lägre än kravnivån.

### Värmeisolering

Förutom krav på byggnadens energianvändning ställs också krav på minsta godtagbara värmeisolering av byggnaden. Kravet på byggnadens värmeisolering ställs som högst tillåten genomsnittlig värmegenomgångskoefficient ( $U_m$ ) för byggnaden, inklusive köldbryggor. Det ska poängteras att kravnivån inte alltid är tillräcklig för att uppfylla kravet på byggnadens specifika energianvändning i reglerna.

### Övriga energirelaterade krav

Utöver krav på byggnadens energianvändning och värmeisolering ställs också effektivitetskrav på värme-, kyl- och luftbehandlingsinstallationer, effektiv elanvändning och på installation av mätsystem för uppföljning av byggnadens energianvändning.

Effektivitetskrav ställs på värme-, kyl- och luftbehandlingsinstallationer. Bl.a. krav på verkningsgrad för värmepannor, minimering av kylbehov genom bygg- och installationstekniska åtgärder och styr- och regler-system för att kunna upprätthålla termisk komfort och god energieffektivitet. Reglering ska ske med automatisk verkande reglerutrustning så att tillförsel av värme och kyla regleras efter effektbehov i förhållande till ute- och inneklimatet. Värmeinstallationer i bostäder bör förses med anordningar för automatisk styrning av värmeavgivningen i varje bostadsrum.

Byggnadstekniska installationer som kräver elenergi såsom mekanisk ventilation, fast installerad belysning, elvärmare, cirkulationspumpar och motorer ska utformas så att effektbehovet begränsas och energin används effektivt. Mätsystem för energianvändning ska installeras så att byggnadens energianvändning kan följas upp.

### Verifiering

Metoder för att verifiera att energikraven uppfylls redovisas i ett allmänt råd. Verifiering bör ske dels genom beräkning vid projekteringen, dels genom mätning i den färdiga byggnaden. Eftersom reglerna ställer krav på energianvändningen i den färdiga byggnaden, medför detta att om man gör någon ändring under uppförandet, så måste man säkerställa att även denna nya utformning uppfyller kraven.

Mätning av byggnadens energianvändning kan ske med olika metoder som byggherren väljer. Resultatet från mätningen normalårskorrigeras för klimatet och korrigeras för eventuell avvikelse från projekterat brukande av byggnaden.

## Föreslagna kravnivåer från den 1 oktober 2011

I nedanstående tabeller 4.1–4.4 redovisas kraven på byggnadens specifika energianvändning, installerad eleffekt för uppvärmning och värmeisolering ( $U_m$ ) för respektive byggnadskategori, uppvärmningssystem och klimatzon. Redovisade kravnivåer avser föreslagna nivåer i BBR från den 1 oktober 2011.

Tabell 4.1. Bostäder som har annat uppvärmningssätt än elvärme<sup>12</sup>

Klimatzon	I	II	III
Byggnadens specifika energianvändning [kWh per m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> och år]	130	110	90
Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient [W/m <sup>2</sup> K]	0,40	0,40	0,40

<sup>12</sup> Avser föreslagna kravnivåer i BBR från den 1 oktober 2011.

Tabell 4.2. Bostäder med elvärme

Klimatzon	I	II	III
Byggnadens specifika energianvändning [kWh per m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> och år]	95	75	55
Installerad eleffekt för uppvärmning [kW]	5,5	5,0	4,5
+ tillägg då A <sub>temp</sub> är större än 130 m <sup>2</sup>	0,035(A <sub>temp</sub> - 130)	0,030(A <sub>temp</sub> - 130)	0,025(A <sub>temp</sub> - 130)
Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient [W/m <sup>2</sup> K]	0,40	0,40	0,40

Tabell 4.3. Lokaler som har annat uppvärmningssätt än elvärme<sup>13</sup>

Klimatzon	I	II	III
Byggnadens specifika energianvändning [kWh per m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> och år]	120	100	80
+ tillägg då uteluftsflödet av utökade hygieniska skäl är större än 0,35 l/s per m <sup>2</sup> i temperaturreglerade utrymmen. Där q <sub>medel</sub> är det genomsnittliga specifika uteluftsflödet under uppvärmningssäsongen och får högst tillgodoräknas upp till 1,00 [l/s per m <sup>2</sup> ].	110(q <sub>medel</sub> -0,35)	90(q <sub>medel</sub> -0,35)	70(q <sub>medel</sub> -0,35)
Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient [W/m <sup>2</sup> K]	0,60	0,60	0,60

<sup>13</sup> Avser föreslagna kravnivåer i BBR från den 1 oktober 2011.



Tabell 4.4. Lokaler med elvärme

Klimatzon	I	II	III
Byggnadens specifika energianvändning [kWh per m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> och år] + tillägg då uteluftsflödet av utökade hygieniska skäl är större än 0,35 l/s per m <sup>2</sup> i temperaturreglerade utrymmen. Där q <sub>medel</sub> är det genomsnittliga specifika uteluftsflödet under uppvärmningssäsongen och får högst tillgodoräknas upp till 1,00 [l/s per m <sup>2</sup> ].	95  65(q <sub>medel</sub> -0,35)	75  55(q <sub>medel</sub> -0,35)	55  45(q <sub>medel</sub> -0,35)
Installerad eleffekt för uppvärmning [kW] + tillägg då A <sub>temp</sub> är större än 130 m <sup>2</sup> + tillägg då uteluftsflödet av utökade kontinuerliga hygieniska skäl är större än 0,35 l/s per m <sup>2</sup> i temperaturreglerade utrymmen. Där q är det maximala specifika uteluftsflödet vid DVUT.	5,5  0,035(A <sub>temp</sub> - 130)  0,030(q-0,35)A <sub>temp</sub>	5,0  0,030(A <sub>temp</sub> - 130)  0,026(q-0,35)A <sub>temp</sub>	4,5  0,025(A <sub>temp</sub> - 130)  0,022(q-0,35)A <sub>temp</sub>
Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient [W/m <sup>2</sup> K]	0,60	0,60	0,60

## Tekniska egenskapskrav på byggnadsverk

De nio tekniska egenskapskrav som ställs på ett byggnadsverk enligt Plan och bygglagen, PBL, (2010:900) preciseras i tillhörande förordning, PBF, (2011:338). Preciseringsen framgår av 3 kap. 7–20 §§. Boverkets byggregler, BBR, är i sin tur tillämpningsföreskrifter till en del av dessa egenskapskrav.

### Energihushållning och värmeisolering

#### PBF

Ett byggnadsverk och dess installationer för uppvärmning, kylning och ventilation ska vara projekterade och utförda på ett sådant sätt att den mängd energi som med hänsyn till klimatförhållandena på platsen behövs för användandet är liten och värmekomforten för användarna tillfredsställande.

En eller flera bostäder eller lokaler samt deras installationer för uppvärmning, kylning och ventilation ha särskilt goda egenskaper när det gäller hushållning med elenergi. Gäller dock inte för fritidshus med högst två bostäder, för lokaler med verksamhet av tillfällig karaktär eller för byggnader upp till 50 m<sup>2</sup>.

Uppvärmningssystemet i en byggnad som innehåller en eller flera bostäder eller arbetslokaler ska i skälig utsträckning med hänsyn till uppvärmningssättet och energislaget utformas så att man utan omfattande

ändringar kan använda skilda energislag som är lämpliga från allmän energisynpunkt. Gäller dock inte för fritidshus med högst två bostäder.

#### *BBR*

Kravnivåer anges för byggnadens specifika energianvändning, lägst godtagbar genomsnittlig värmeisolering av byggnaden, högst tillåten installerad eleffekt för uppvärmning. Utöver krav på byggnadens energianvändning och värmeisolering ställs också effektivitetskrav på värme-, kyl- och luftbehandlingsinstallationer, effektiv elanvändning och på installation av mätsystem för uppföljning av byggnadens energianvändning.

En mer detaljerad beskrivning av energikraven i BBR finns under rubriken "Energikrav i BBR" i detta kapitel.

Nedan redovisas de övriga preciserade tekniska egenskapskraven som ställs i PBF samt en övergripande beskrivning av kraven i BBR.

### **Bärförmåga, stadga och beständighet**

#### *PBF*

Ett byggnadsverk ska vara projekterat och utfört på ett sådant sätt att den påverkan som byggnadsverket sannolikt utsätts för när det byggs eller används inte leder till

1. att byggnadsverket helt eller delvis rasar,
2. oacceptabla större deformationer,
3. skada på andra delar av byggnadsverket, dess installationer eller fasta utrustning till följd av större deformationer i den bärande konstruktionen, eller
4. skada som inte står i proportion till den händelse som orsakat skadan.

#### *BBR*

Bärande konstruktioner ska utformas och dimensioneras så att säkerheten mot materialbrott, instabilitet, stjälpning, lyftning och glidning är betryggande. Riskerna för fortskridande ras ska vara ringa.

Förutsättningar anges för lastpåverkan från t.ex. egentyngd av byggnadsverksdelar, jordtryck, vattentryck, nyttig last, snölast och vindlast.

Vidare anges krav och förutsättningar för geokonstruktioner samt för materialspecifika konstruktioner så som trä-, murverks-, betong-, stål- och aluminiumkonstruktioner. Även bärförmåga vid brand regleras.

### **Säkerhet i händelse av brand**

#### *PBF*

Ett byggnadsverk ska vara projekterat och utfört på ett sätt som innebär att

1. byggnadsverkets bärförmåga vid brand kan antas bestå under en bestämd tid,
2. utveckling och spridning av brand och rök inom byggnadsverket begränsas,
3. spridning av brand till närliggande byggnadsverk begränsas,
4. personer som befinner sig i byggnadsverket vid brand kan lämna det eller räddas på annat sätt, och

## 5. hänsyn har tagits till räddningsmanskapets säkerhet vid brand.

### *BBR*

Reglerna för brandskydd ställer krav på säker utrymning av byggnader så att människor ska ha möjlighet att lämna byggnaden vid brand. Krav ställs på bl.a. på brandcellsindelning, brandtekniska klasser för olika byggnadsdelar, material och ytskikt, gångavstånd till och framkomligheten i utrymningsvägar samt utrustning i form av belysning och larmsystem. Särskild hänsyn tas till bl.a. vårdanläggningar och särskilt boende för personer med vårdbehov.

Vidare ställs krav på skydd mot uppkomst av brand i form av krav på högsta yttemperaturer på närbelägna byggnadsdelar och fast inredning av brännbart material som kan orsakas av värmeinstallationer, eldningsapparater m.m.

Skydd mot brandspridning inom brandcell omfattar bl.a. krav på material, ytskikt och imkanaler. Skydd mot brand- och brandgasspridning mellan brandcell omfattar krav på brandtekniska klasser på brandcellskiljande byggnadsdelar, t.ex. fasadbeklädnader, fönster, vinds- och undertaksutrymmen, luftbehandlingsinstallationer och pannrum.

Skydd mot brandspridning mellan byggnader ställer krav på utformning och avstånd mellan byggnader, sektionering av stora byggnader med brandväggar och taktäckning med särskild brandteknisk klass.

Krav på bärförmåga vid brand innebär att bärande konstruktioner ska utformas och dimensioneras så att säkerheten mot materialbrott är betryggande vid brand och föreskriven last.

Anordningar för brandsläckning omfattar t.ex. krav på tillträde för räddningstjänsten till vind, yttertak och källare samt brandgasventilation och anordningar för brandsläckning.

### **Skydd med hänsyn till hygien, hälsa och miljö**

#### *PBF*

Ett byggnadsverk ska vara projekterat och utfört på ett sådant sätt att det inte medför en oacceptabel risk för användarnas eller grannarnas hygien eller hälsa, särskilt inte som följd av

1. utsläpp av giftig gas,
2. förekomst av farliga partiklar eller gaser i luften,
3. farlig strålning,
4. förorening eller förgiftning av vatten eller mark,
5. bristfällig hantering av avloppsvatten, rök eller fast eller flytande avfall, eller
6. förekomst av fukt i delar av byggnadsverket eller på ytor inom byggnadsverket.

### *BBR*

Reglerna för hygien, hälsa och miljö ställer krav på luft, ljus, termiskt klimat, fukt, vatten och avlopp, utsläpp till omgivningen och skydd mot skadedjur. Material och byggprodukter som används i en byggnad ska inte påverka inomhusmiljön negativt.

Beträffande krav på luft anges gränsvärden för radon i inomhusluften ( $200 \text{ Bq/m}^3$ ). För ventilation anges uteluftsflöden ( $0.35 \text{ l/s per m}^2$ ). Krav på luftdistribution ställs som krav på tilluft, luftförling i rum, överluft, frånluft och återluft, m.m.

När det gäller ljus ställs krav på belysning anpassad till den avsedda användningen. Vidare ställs krav på tillgång till dagsljus i byggnadens rum motsvarande en fönsterglasarea på minst 10 % av golvarean när fönstret har 2 eller 3 klarglas. Det ställs även krav på tillgång till direkt solljus och utsikt som ger möjlighet att följa dygnets och årstidernas variationer.

Termiskt klimat avser krav på termisk komfort anpassad till utrymmets avsedda användning vid normala driftförhållanden. För bostäder gäller lägst operativ riktad temperatur  $18 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $20 \text{ }^\circ\text{C}$  i hygienrum, vårdlokaler, förskolor och servicehus för äldre). Den operativa riktade temperaturens differenser i olika punkter i rummet ska vara högst  $5 \text{ K}$ . Yttemperaturen på golvet lägst  $16 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $18 \text{ }^\circ\text{C}$  i hygienrum och lokaler avsedda för barn) och ska kunna begränsas till  $26 \text{ }^\circ\text{C}$ . Lufthastigheten i rummet ska inte överstiga  $0,15 \text{ m/s}$  under uppvärmningssäsongen och  $0,25 \text{ m/s}$  under övrig tid på året.

Krav avseende fukt omfattar bl.a. högst tillåtna fukttillstånd för material eller i en byggnadsdel. Är det kritiska fukttillståndet för ett material inte känt ska en relativ fuktighet (RF) på 75 % användas. För att en byggnad inte ska skadas av fukt ställs också krav på markavvattning, dränering, inspekterbara kryputrymmen i grundkonstruktioner och vindstrymmen. Härutöver ställs också krav på vattentäta eller vattenavvisande skikt i t.ex. våtutrymmen.

Krav beträffande vatten och avlopp gäller installationer för tappvatten, för övrigt vatten och för avloppsvatten. Varmvattentemperatur för personlig hygien och hushållsändamål omfattar lägst  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  och högst  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  efter tappstället. För att undvika mikrobiell tillväxt ska cirkulerande tappvarmvatten inte understiga  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  i någon del av installationen. I beredare eller ackumulatortankar bör temperaturen inte understiga  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Utsläpp till omgivningen omfattar krav på förorenad luft, avloppsvatten och förbränningsgaser. Gränsvärden anges bl.a. för utsläpp av organiskt bundet kol och koloxid för fastbränsleanläggningar samt utsläpp av kolväte, koloxid och kväveoxider vid oljeeldning.

Skydd mot skadedjur innebär krav på genomföringar av rör, ledningar, kulvertar, ventilationsöppningar och dylikt så att skadedjur förhindras komma in i byggnaden.

## Säkerhet vid användning

### *PBF*

Ett byggnadsverk ska vara projekterat och utfört på ett sådant sätt att det vid användning eller drift inte innebär en oacceptabel risk för halkning, fall, sammanstötning, brännskador, elektriska stötar, skador av explosioner eller andra olyckor.

### *BBR*

Regler för säkerhet vid användning omfattar fall, sammanstötningar, klämning, brännskador, explosioner, instängning, förgiftning och elektriska stötar. Skydd mot fall omfattar bl.a. belysning i kommunikationsutrymmen för att säkert kunna röra sig i byggnaden och taksäkerhet. Skydd mot sammanstötningar omfattar bl.a. krav på laminerat säkerhetsglas och termiskt härdat säkerhetsglas för skydd mot fall genom glas respektive mot skärskador. Tomter som tas i anspråk för bebyggelse ska utformas så att risken för olycksfall begränsas.

## Skydd mot buller

### *PBF*

Ett byggnadsverk ska vara projekterat och utfört på ett sådant sätt att buller, som uppfattas av användarna eller andra personer i närheten av byggnadsverket, ligger på en nivå som inte medför en oacceptabel risk för dessa personers hälsa och som möjliggör sömn, vila och arbete under tillfredsställande förhållanden.

### *BBR*

Krav på bullerskydd omfattar utformning av byggnader och installationer så att ljud dämpas i den omfattning som krävs för att de som vistas i byggnaden inte ska besväras av ljudet. Ljudklassgränser anges för bostäder respektive lokaler. I lokaler ska även efterklangstiden beaktas.

## Lämplighet för det avsedda ändamålet

### *PBF*

Ett byggnadsverk ska ha de tekniska egenskaper som behövs för att göra byggnadsverket lämpligt för sitt ändamål.

En byggnad som innehåller bostäder ska vara projekterad och utförd på ett sådant sätt att bostäderna i skälig utsträckning har avskiljbara utrymmen för sömn och vila, samvaro, matlagning, måltider, hygien och förvaring.

Bostäderna ska med hänsyn till användningen ha inredning och utrustning för matlagning och hygien.

### *BBR*

Krav ställs på hur bostäder ska dimensioneras, disponeras, inredas och utrustas med hänsyn till sin långsiktiga användning. Kraven omfattar bostäder, bostäder för gruppboende, särskilda boendeformer för äldre, boendeformer för ungdomar och studerande, bostadskomplement, rums höjder och driftsutrymmen.

Tillgänglighet och användbarhet för personer med nedsatt rörelse- eller orienteringsförmåga

#### *PBF*

En byggnad ska vara projekterad och utförd på ett sådant sätt att byggnaden är tillgänglig och användbar för personer med nedsatt rörelse- eller orienteringsförmåga.

Om det behövs för att en byggnad ska vara tillgänglig och användbar för personer med nedsatt rörelse- eller orienteringsförmåga, ska byggnaden vara försedd med en eller flera hissar eller andra lyftanordningar.

En bostad inte vara tillgänglig genom en hiss eller annan lyftanordning, om byggnaden har färre än tre våningar. Om bostaden inte kan nå från marken, ska byggnaden dock vara projekterad och utförd på ett sådant sätt att en hiss eller annan lyftanordning kan installeras utan svårighet.

#### *BBR*

Reglerna i BBR ställer krav på entré- och kommunikationsutrymmen i form av krav på gångytor, ramper, kontrastmarkeringar, belysning, orienteringsskyltar, dörrar, portar och hissar.

### **Hushållning med vatten och avfall**

#### *PBF*

En byggnad ska vara projekterad och utförd på sådant sätt att den medger god hushållning med vatten.

Inom områden där det är eller kan uppkomma brist på vatten får kommunen i detaljplan eller områdesbestämmelser meddela de hushållningsbestämmelser som situationen inom området kräver.

#### *BBR*

Krav ställs på tappvattenflöde, tillfredställande mängd tappvatten, rätt tempererat tappvarmvatten och väntetider för tappvarmvatten. Reglerna möjliggör också användning av ”övrigt” vatten (annat vatten än vatten av dricksvattenkvalitet). Hushållning med dricksvatten kan därmed främjas.

Krav ställs också på att avfallsutrymmen utformas och dimensioneras så att återvinning av avfallet är möjligt samt plats för källsortering av avfall i bostadslägenheter.

## 5. Förändringsalternativ – den tekniskt möjliga nivån för energianvändning

### Förutsättningar för energiberäkning

Uppdraget innebär att skapa ett underlag för bedömning av vad som är tekniskt möjligt att uppnå med energisparåtgärder i byggnader. Den tekniskt möjliga nivån ska därvid beräknas för att kunna kvantifiera besparingspotentialen och därmed ge underlag för beräkning av det ekonomiska investeringsutrymmet.

Metoden för att ta fram lämpligt underlag för den ekonomiska analysen har varit att utgå från två referensbyggnader, ett småhus och ett flerbostadshus, som utformats så att deras årliga energianvändning exakt uppfyller en grundläggande referensnivå för energianvändning.

Denna referensnivå har satts så att den precis uppfyller kraven i BBR enligt den version som förväntas träda ikraft i oktober 2011. Beräkningarna har utförts för de tre klimatzonerna enligt BBR, både för byggnader som värms med elvärme och byggnad som har annat uppvärmningssätt än elvärme. De orter som beräkningarna utförts för är: Lund, Uppsala, Sundsvall och Kiruna.

Därefter har förbättringsåtgärder satts in i två steg.

I ett första steg ("Steg 1") har klimatskalets U-värde och täthet förbättrats samt för vissa byggnader har även återvinning av värme ur ventilationsluften införts. I ett andra steg ("Steg 2") har huset dessutom försetts med avloppsvärmeväxlare, solfångare och solceller.

De nivåer för vilka specifik energianvändning beräknats är sålunda:

- Referensbyggnader enligt BBR 2011 (exempelvis 55 respektive 90 kWh/m<sup>2</sup> och år, i klimatzon III)
- Steg 1: Förbättrad klimatskärm och FTX.
- Steg 2: Installation av avloppsvärmeväxlare, solfångare och solceller

Åtgärder och energiberäkningsresultat redovisas för Steg 1 samt för Steg 1 + Steg 2 med sina respektive energibesparingar dels som besparing i kWh/år, dels som besparing uttryckt i specifik energianvändning, kWh/m<sup>2</sup> och år, samt resulterande specifik energianvändning för byggnaden.

Resultat för respektive beräknad kombination av hustyp/ort/klimatzon/uppvärmningssätt redovisas separat i tabellerna 5.1–5.21.

### Resultat av energiberäkningar

I tabell 5.1, redovisas specifik energianvändning för referensbyggnaderna som används som utgångspunkt för beräkningarna. Energianvändningen uppfyller precis de kravnivåer som föreslås gälla enligt Boverkets byggregler från och med den 1 oktober 2011.

Tabell 5.1. Specifik energianvändning i referensbyggnaderna. kWh/m<sup>2</sup> och år.

Kommun	Klimatzon	Småhus		Flerbostadshus	
		VP	FJV	VP	FJV
Kiruna	I	94	129	94	130
Sundsvall	II	74	110	75	109
Uppsala	III	55	90	55	90
Lund	III	55	90	54	90

I klimatzon I är kravet på den specifika energianvändningen 95 kWh/m<sup>2</sup> och år för ett bostadshus som är elvärt och 130 kWh/m<sup>2</sup> och år om det har annat uppvärmningssätt än elvärme. Byggnaderna i referensalternativet har anpassats för att ligga så nära kravvärdena som möjligt.

I tabellerna 5.2–5.5, redovisas energianvändning för referensbyggnaderna efter förbättring av energihushållningen enligt Steg 1 respektive Steg 1 + Steg 2. Tabell 5.2 och 5.3 redovisar specifik energianvändning (kWh/m<sup>2</sup> och år) och tabell 5.4 och 5.5 redovisar energianvändningen i förhållande till kraven i BBR 2011 i procent.

Tabell 5.2. Specifik energianvändning efter åtgärder enligt Steg 1. kWh/m<sup>2</sup> och år.

Kommun	Klimatzon	Småhus		Flerbostadshus	
		VP	FJV	VP	FJV
Kiruna	I	40	115	37	84
Sundsvall	II	33	93	32	70
Uppsala	III	29	78	29	60
Lund	III	29	68	26	54

Tabell 5.2 visar att för exempelvis ett småhus i Kiruna som är elvärt (värmepump) minskar den specifika energianvändningen från 94 (enligt tabell 5.1) till 40 kWh/m<sup>2</sup> och år, om energiåtgärder enligt Steg 1 genomförs.

Tabell 5.3. Specifik energianvändning efter åtgärder enligt Steg 1 + Steg 2. kWh/m<sup>2</sup> och år.

Kommun	Klimatzon	Småhus		Flerbostadshus	
		VP	FJV	VP	FJV
Kiruna	I	32	98	28	67
Sundsvall	II	25	76	23	53
Uppsala	III	21	61	20	43
Lund	III	21	51	17	37

Tabell 5.3 visar att för exempelvis ett småhus i Kiruna som är elvärt (värmepump) minskar den specifika energianvändningen från 94 (enligt



tabell 5.1) ner till 32 kWh/m<sup>2</sup> och år, om energiåtgärder enligt Steg 1 + Steg 2 genomförs.

*Tabell 5.4. Specifik energianvändning efter åtgärder enligt Steg 1 i förhållande till referensalternativet. (%).*

Kommun	Klimat-zon	Småhus		Flerbostadshus	
		VP	FJV	VP	FJV
Kiruna	I	42 %	88 %	39 %	65 %
Sundsvall	II	44 %	85 %	43 %	64 %
Uppsala	III	53 %	87 %	53 %	67 %
Lund	III	53 %	76 %	47 %	60 %

Tabell 5.4 visar att för exempelvis ett småhus i Kiruna som är elvärmt (värmepump) minskar energianvändningen ner till 42 % av referensalternativet, om energiåtgärder enligt Steg 1 genomförs.

*Tabell 5.5. Specifik energianvändning efter åtgärder enligt Steg 1+ Steg 2 i förhållande till referensalternativet. (%).*

Kommun	Klimat-zon	Småhus		Flerbostadshus	
		VP	FJV	VP	FJV
Kiruna	I	34 %	75 %	29 %	52 %
Sundsvall	II	33 %	69 %	31 %	48 %
Uppsala	III	38 %	68 %	36 %	48 %
Lund	III	38 %	57 %	31 %	41 %

Tabell 5.5 visar att för exempelvis ett småhus i Kiruna som är elvärmt (värmepump) minskar energianvändningen ner till 34 % av referensalternativet, om energiåtgärder enligt Steg 1 + Steg 2 genomförs.

Tabellerna 5.6 till 5.21 redovisar för varje byggnad tekniska åtgärder för att minska energianvändningen, beräknad energibesparing, kostnad för respektive åtgärd samt eventuell årlig underhållskostnad och andra indata för beräkningarna. Tabellerna är indelade i två delar, åtgärder enligt Steg 1 (övre delen av tabellen) respektive åtgärder enligt Steg 1 + Steg 2 (nedre delen av tabellen). För respektive steg redovisas referensalternativet (i tabellerna markerad med BBR 2011) och förändringsalternativet (i tabellerna markerad med Steg 1 + Steg 2). Parametervärden för referensalternativet och förändringsalternativet liksom tillkommande kostnader för förändringsalternativet redovisas i kolumnerna 3 till 6. Tillkommande underhållskostnader för förändringsalternativet redovisas i kolumn 7. Längst ner i respektive tabell framgår varifrån kostnadsuppgifter är hämtade.

Tabell 5.6. Elvärt småhus i Kiruna

Småhus i Kiruna, 1 plan, elvärt (bergvärmepump COP 3.2)						
	Enhet	Klimatskal enligt		Kostnad per enhet	Total kostnad	Kostnad underhåll
		BBR 2011	Steg 1			
A-temp	m <sup>2</sup>	120	120			
A-om	m <sup>2</sup>	355	355			
U-medel, inkl. KB 20 %	W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,246	0,164			
Platta, isolering	mm	300	400	274	32889	
Area platta	m <sup>2</sup>	120				
Yttervägg, isolering	mm	250	450	1559	142355	
Ytterväggsarea	m <sup>2</sup>	91,3	91,3			
U-värde fönster	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1,2	0,8	1798	38843	
Fönsterarea	m <sup>2</sup>	21,6	21,6			
Glasarea	m <sup>2</sup>	15,12	15,12			
solfaktor, g	%	0,50	0,50			
Fönsterriktning	fördeln.	4 x 25 %	4 x 25 %			
Nyttiggjord solvärme	kWh/år	1200	1200			
Vindsbjälklag, isolering	mm	400	600	58	6942	
Area vindsbjälklag	m <sup>2</sup>	120				
U-värde dörr	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1,2	0,82	0	0	
Dörrarea	m <sup>2</sup>	2,1	2,1			
FTX temp. verkn.grad	%	0	80		62125	1100
Antal personer	st	3	3			
Hushållsel	kWh/år	3600	3600			
Fastighetsenergi	kWh/år	600	900			
Varmvatten	kWh/år	2400	2400			
Lulläckage	l/m <sup>2</sup> /s vid 50 Pa	0,6	0,3	61 kr/m <sup>2</sup> Aoms	21655	
Vådring	kWh/m <sup>2</sup> /år	2	2			
Takhöjd	m	2,5	2,5			
<b>Specifik energianvändning</b>		<b>94</b>	<b>40</b>	<b>Σ</b>	<b>304 809 kr</b>	<b>1 100 kr</b>
<b>Steg 1 + Steg 2</b>						
<b>Energianvändning, energibesparing och kostnader</b>						
		Specifik energi		Besparing		
<b>Åtgärd</b>		<b>kWh/m<sup>2</sup>/år</b>	<b>kWh/år</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup>/år</b>		
Klimatskal, mm		40	6480	54,0	304 809 kr	1 100 kr
Avloppsvärmeväxlare		38	264	2,2	80 000 kr	
Solfångare	7 m <sup>2</sup>	36	264	2,2	56 373 kr	
Solceller	5 m <sup>2</sup>	32	450	3,8	48 920 kr	
<b>Total energibesparing</b>			<b>7458</b>	<b>62,2</b>	<b>490 102 kr</b>	<b>1 100 kr</b>
<b>Åtgärd</b>	<b>Källa till kostnader</b>		<b>Åtgärd</b>	<b>Källa till kostnader</b>		
Ytterväggar	Wikells		FTX-system	Wikells, SP, ST-Vent AB i Växjö		
Vindsbjälklag	Wikells		Värmepumpar	Thermia		
Platta på mark	Wikells		Avloppsvvx	Power Products of Europe AB		
Fönster	Wikells		Solfångare	Boverket uppföljning solvärmestödet		
Ytterdörr	Ingen uppgift		Solceller	Uppgifter från solcellsstödet		
Tätning	Wikells					

Tabell 5.7. Fjärrvärmvärmt småhus i Kiruna.

Småhus i Kiruna, 1 plan, fjärrvärme						
	Enhet	Klimatskal enligt		Kostnad per enhet	Total kostnad	Kostnad underhåll
		BBR 2011	Steg 1			
A-temp	m <sup>2</sup>	120	120			
A-om	m <sup>2</sup>	355	355			
U-medel, inkl. KB 20 %	W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,186	0,164			
Platta, isolering	mm	400	400			
Area platta	m <sup>2</sup>	120				
Yttervägg, isolering	mm	360	450	1143	104378	
Ytterväggsarea	m <sup>2</sup>	91,3	91,3			
U-värde fönster	W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,8	0,8			
Fönsterarea	m <sup>2</sup>	21,6	21,6			
Glasarea	m <sup>2</sup>	15,12	15,12			
solfaktor, g	%	0,50	0,50			
Fönsterriktning	fördeln.	4 x 25 %	4 x 25 %			
Nyttiggjord solvärme	kWh/år	1200	1200			
Vindsbjälklag, isolering	mm	500	600	43	5208	
Area vindsbjälklag	m <sup>2</sup>	120				
U-värde dörr	W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,82	0,82			
Dörrarea	m <sup>2</sup>	2,1	2,1			
FTX temp. verkn.grad	%	80	80			
Antal personer	st	3	3			
Hushållsel	kWh/år	3600	3600			
Fastighetsenergi	kWh/år	900	900			
Varmvatten	kWh/år	2400	2400			
Luftläckage	l/m <sup>2</sup> /s vid 50 Pa	0,3	0,3			
Vådring	kWh/m <sup>2</sup> /år	2	2			
Takhöjd	m	2,5	2,5			
<b>Specifik energianvändning</b>		<b>129</b>	<b>115</b>	<b>∑</b>	<b>109 586 kr</b>	<b>0</b>
<b>Steg 1 + Steg 2</b>						
<b>Energianvändning, energibesparing och kostnader</b>						
		Specifik energi	Besparing			
<b>Åtgärd</b>		<b>kWh/m<sup>2</sup>/år</b>	<b>kWh/år</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup>/år</b>		
Klimatskal		115	1680	14,0	109 586 kr	0
Avloppsvärmeväxlare		108	792	6,6	80 000 kr	
Solfångare	7 m <sup>2</sup>	102	792	6,6	56 373 kr	
Solceller	5 m <sup>2</sup>	98	450	3,8	48 920 kr	
<b>Total energibesparing</b>			<b>3714</b>	<b>31,0</b>	<b>294 879 kr</b>	<b>0</b>
Varav fjärrvärme			3264			
Varav el			450			
<b>Åtgärd</b>	<b>Källa till kostnader</b>		<b>Åtgärd</b>	<b>Källa till kostnader</b>		
Ytterväggar	Wikells		FTX-system	Wikells, SP, ST-Vent AB i Växjö		
Vindsbjälklag	Wikells		Värmepumpar	Thermia		
Platta på mark	Wikells		Avloppsvvx	Power Products of Europe AB		
Fönster	Wikells		Solfångare	Boverket uppföljning solvärmestödet		
Ytterdörr	Ingen uppgift		Solceller	Uppgifter från solcellsstödet		
Tätning	Wikells					

Tabell 5.8. Elvärt flerbostadshus i Kiruna.

Flerbostadshus i Kiruna i 3 plan, 18 lgh, el (bergvärme COP 2.8)						
	Enhet	Klimatskal enligt		Kostnad per enhet	Total kostnad	Kostnad underhåll
		BBR 2011	Steg 1			
A-temp	m <sup>2</sup>	1440	1440			
A-om	m <sup>2</sup>	1740	1740			
U-medel, inkl. KB 20 %	W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,400	0,258			
Platta, isolering	mm	200	300	335	161016	
Area platta	m <sup>2</sup>	480				
Yttervägg, isolering	mm	250	450	1268	618491	
Ytterväggsarea	m <sup>2</sup>	487,8				
U-värde fönster	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1,2	0,8	1415	407643	
Fönsterarea	m <sup>2</sup>	288				
Glasarea	m <sup>2</sup>	201,6				
solfaktor, g	%	0,50	0,50			
Fönsterrikning	fördeln.	4 x 25 %	4 x 25 %			
Nyttiggjord solvärme	kWh/år	15000	13000			
Vindbjälklag, isolering	mm	300	600	216	103454	
Area vindbjälklag		480				
U-värde dörr	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1,2	0,82	0	0	
Dörrarea	m <sup>2</sup>	4,2				
FTX temp. verkn.grad	%	0	80		867250	11500
Värmepumpens effekt	kW	40	25		-225000	
Antal personer	st	31				
Hushållsel	kWh/år	43200	43200			
Fastighetsenergi	kWh/år	8000	12000			
Varmvatten*	kWh/år	36000	28800	18°3000+ 400/lgh/år	54000	7200
Lulläckage	l/m <sup>2</sup> /s vid 50 Pa	0,8	0,3	71 kr/m <sup>2</sup> Aoms	123540	
Vådring	kWh/m <sup>2</sup> /år	4	4			
Takhöjd	m	2,5	2,5			
<b>Specifik energianvändning</b>		<b>94</b>	<b>37</b>	<b>Σ</b>	<b>2 110 394 kr</b>	<b>18 700 kr</b>
* individuell mätning						
<b>Steg 1 + Steg 2</b>						
<b>Energianvändning, energibesparing och kostnader</b>						
		Specifik energi		Besparing		
Åtgärd		kWh/m <sup>2</sup> /år	kWh/år	kWh/m <sup>2</sup> /år		
Klimatskal, mm		37	82080	57,0	2 110 394 kr	18 700 kr
Avloppsvärmeväxlare		35	3394	2,4	170 000 kr	
Solfångare	48 m <sup>2</sup>	32	3394	2,4	338 242 kr	
Solceller	66 m <sup>2</sup>	28	6000	4,2	645 744 kr	
<b>Total energibesparing</b>			<b>94869</b>	<b>65,9</b>	<b>3 264 380 kr</b>	<b>18 700 kr</b>
Åtgärd	Källa till kostnader	Åtgärd	Källa till kostnader			
Ytterväggar	Wikells	FTX-system	Wikells, SP, ST-Vent AB i Växjö			
Vindbjälklag	Wikells	Värmepumpar	Thermia			
Platta på mark	Wikells	Avloppsvvx	Power Products of Europe AB			
Fönster	Wikells	Solfångare	Boverket uppföljning solvärmestödet			
Ytterdörr	Ingen uppgift	Solceller	Uppgifter från solcellsstödet			
Tätning	Wikells					

Tabell 5.9. Fjärrvärmvärmt flerbostadshus i Kiruna.

Flerbostadshus i Kiruna i 3 plan, 18 lgh, fjärrvärme						
	Enhet	Klimatskal enligt		Kostnad per enhet	Total kostnad	Kostnad underhåll
		BBR 2011	Steg 1			
A-temp	m <sup>2</sup>	1440	1440			
A-om	m <sup>2</sup>	1740	1740			
U-medel, inkl. KB 20 %	W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,400	0,258			
Platta, isolering	mm	200	300	335	161016	
Area platta	m <sup>2</sup>	480				
Yttervägg, isolering	mm	250	450	1268	618491	
Ytterväggsarea	m <sup>2</sup>	487,8				
U-värde fönster	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1,2	0,8	1415	407643	
Fönsterarea	m <sup>2</sup>	288				
Glasarea	m <sup>2</sup>	201,6				
solfaktor, g	%	0,50	0,50			
Fönsterrikning	fördeln.	4 x 25 %	4 x 25 %			
Nyttiggjord solvärme	kWh/år	15000	13000			
Vindsbjälklag, isolering	mm	300	600	216	103454	
Area vindsbjälklag	m <sup>2</sup>	480				
U-värde dörr	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1,2	0,82	0	0	
Dörrarea	m <sup>2</sup>	4,2				
FTX temp. verkn.grad	%	80	80			
Antal personer	st	31				
Hushållsel	kWh/år	43200	43200			
Fastighetsenergi	kWh/år	12000	12000			
Varmvatten*	kWh/år	36000	28800	18*3000+ 400/lgh/år	54000	7200
Lulläckage	l/m <sup>2</sup> /s vid 50 Pa	0,65	0,3	61 kr/m <sup>2</sup> Aoms	106140	
Vädring	kWh/m <sup>2</sup> /år	4	4			
Takhöjd	m	2,5	2,5			
<b>Specifik energianvändning</b>		<b>130</b>	<b>84</b>	<b>Σ</b>	<b>1 450 744 kr</b>	<b>7 200 kr</b>
* individuell mätning						
<b>Steg 1 + Steg 2</b>						
<b>Energianvändning, energibesparing och kostnader</b>						
		Specifik energi		Besparing		
<b>Åtgärd</b>		<b>kWh/m<sup>2</sup>/år</b>	<b>kWh/år</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup>/år</b>		
Klimatskal		84	66240	46,0	1 450 744 kr	7 200 kr
Avloppsvärmeväxlare		77	9504	6,6	170 000 kr	
Solfångare	48 m <sup>2</sup>	71	9504	6,6	338 242 kr	
Solceller	66 m <sup>2</sup>	67	6000	4,2	645 744 kr	
<b>Total energibesparing</b>			<b>91248</b>	<b>63,4</b>	<b>2 604 730 kr</b>	<b>7 200 kr</b>
Varav fjärrvärme			85248			
Varav el			6000			
<b>Åtgärd</b>	<b>Källa till kostnader</b>		<b>Åtgärd</b>	<b>Källa till kostnader</b>		
Ytterväggar	Wikells		FTX-system	Wikells, SP, ST-Vent AB i Vaxjö		
Vindsbjälklag	Wikells		Värmepumpar	Thermia		
Platta på mark	Wikells		Avloppsvvx	Power Products of Europe AB		
Fönster	Wikells		Solfångare	Boverket uppföljning solvärmestödet		
Ytterdörr	Ingen uppgift		Solceller	Uppgifter från solcellsstödet		
Tätning	Wikells					

Tabell 5.10. Elvärt småhus i Sundsvall.

Småhus i Sundsvall 1 plan, elvärt (bergvärmepump COP 3.2)						
	Enhet	Klimatskal enligt		Kostnad per enhet	Total kostnad	Kostnad underhåll
		BBR 2011	Steg 1			
A-temp	m <sup>2</sup>	120	120			
A-om	m <sup>2</sup>	355	355			
U-medel, inkl. KB 20 %	W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,256	0,164			
Platta, isolering	mm	250	400	319	38224	
Area platta	m <sup>2</sup>	120				
Yttervägg, isolering	mm	250	450	1559	142355	
Ytterväggsarea	m <sup>2</sup>	91,3	91,3			
U-värde fönster	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1,2	0,8	1798	38843	
Fönsterarea	m <sup>2</sup>	21,6	21,6			
Glasarea	m <sup>2</sup>	15,12	15,12			
solfaktor, g	%	0,50	0,50			
Fönsterriktning	fördeln.	4 x 25 %	4 x 25 %			
Nyttiggjord solvärme	kWh/år	1200	1200			
Vindsbjälklag, isolering	mm	400	600	58	6942	
Area vindsbjälklag	m <sup>2</sup>	120				
U-värde dörr	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1,2	0,82	0	0	
Dörrarea	m <sup>2</sup>	2,1	2,1			
FTX temp. verkn.grad	%	0	80		62125	1100
Antal personer	st	3	3			
Hushållsel	kWh/år	3600	3600			
Fastighetsenergi	kWh/år	600	900			
Varmvatten	kWh/år	2400	2400			
Lulläckage	l/m <sup>2</sup> /s vid 50 Pa	0,6	0,3	61 kr/m2 Aoms	21655	
Vädring	kWh/m <sup>2</sup> /år	2	2			
Takhöjd	m	2,5	2,5			
<b>Specifik energianvändning</b>		<b>74</b>	<b>33</b>	<b>Σ</b>	<b>310 144 kr</b>	<b>1 100 kr</b>
<b>Steg 1 + Steg 2</b>						
<b>Energianvändning, energibesparing och kostnader</b>						
Åtgärd		Specifik energi		Besparing		
		kWh/m <sup>2</sup> /år	kWh/år	kWh/m <sup>2</sup> /år	kWh/år	
Klimatskal, mm		33	4920	41,0	310 144 kr	1 100 kr
Avloppsvärmeväxlare		31	264	2,2	80 000 kr	
Solfångare	7 m <sup>2</sup>	29	264	2,2	56 373 kr	
Solceller	5 m <sup>2</sup>	25	450	3,8	48 920 kr	
<b>Total energibesparing</b>			<b>5898</b>	<b>49,2</b>	<b>495 437 kr</b>	<b>1 100 kr</b>
<b>Åtgärd</b>	<b>Källa till kostnader</b>	<b>Åtgärd</b>		<b>Källa till kostnader</b>		
Ytterväggar	Wikells	FTX-system		Wikells, SP, ST-Vent AB i Växjö		
Vindsbjälklag	Wikells	Värmepumpar		Thermia		
Platta på mark	Wikells	Avloppsvvx		Power Products of Europe AB		
Fönster	Wikells	Solfångare		Boverket uppföljning solvärmestödet		
Ytterdörr	Ingen uppgift	Solceller		Uppgifter från solcellsstödet		
Täning	Wikells					

Tabell 5.11. Fjärrvärmvärmt småhus i Sundsvall.

Småhus i Sundsvall 1 plan, fjärrvärme						
	Enhet	Klimatskal enligt		Kostnad per enhet	Total kostnad	Kostnad underhåll
		BBR 2011	Steg 1			
A-temp	m <sup>2</sup>	120	120			
A-om	m <sup>2</sup>	355	355			
U-medel, inkl. KB 20 %	W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,198	0,164			
Platta, isolering	mm	300	400	274	32889	
Area platta	m <sup>2</sup>	120				
Yttervägg, isolering	mm	300	450	1212	110636	
Ytterväggsarea	m <sup>2</sup>	91,3	91,3			
U-värde fönster	W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,8	0,8			
Fönsterarea	m <sup>2</sup>	21,6	21,6			
Glasarea	m <sup>2</sup>	15,12	15,12			
solfaktor, g	%	0,50	0,50			
Fönsterriktning	fördeln.	4 x 25 %	4 x 25 %			
Nyttiggjord solvärme	kWh/år	1200				
Vindsbjälklag, isolering	mm	500	600	43	5208	
Area vindsbjälklag	m <sup>2</sup>	120				
U-värde dörr	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1,2	0,82	0	0	
Dörrarea	m <sup>2</sup>	2,1	2,1			
FTX temp. verkn.grad	%	80	80			
Antal personer	st	3	3			
Hushållsel	kWh/år	3600	3600			
Fastighetsenergi	kWh/år	900	900			
Varmvatten	kWh/år	2400	2400			
Luftläckage	l/m <sup>2</sup> /s vid 50 Pa	0,3	0,3			
Vädring	kWh/m <sup>2</sup> /år	2	2			
Takhöjd	m	2,5	2,5			
<b>Specifik energianvändning</b>		<b>110</b>	<b>93</b>	<b>∑</b>	<b>148 733 kr</b>	<b>0</b>
<b>Steg 1 + Steg 2</b>						
<b>Energianvändning, energibesparing och kostnader</b>						
		Specifik energi	Besparing			
<b>Åtgärd</b>		<b>kWh/m<sup>2</sup>/år</b>	<b>kWh/år</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup>/år</b>		
Klimatskal		93	2040	17,0	148 733 kr	0
Avloppsvärmväxlare		86	792	6,6	80 000 kr	
Solfångare	7 m <sup>2</sup>	80	792	6,6	56 373 kr	
Solceller	5 m <sup>2</sup>	76	450	3,8	48 920 kr	
<b>Total energibesparing</b>			<b>4074</b>	<b>34,0</b>	<b>334 026 kr</b>	<b>0</b>
Varav fjärrvärme			3624			
Varav el			450			
<b>Åtgärd</b>	<b>Källa till kostnader</b>	<b>Åtgärd</b>	<b>Källa till kostnader</b>			
Ytterväggar	Wikells	FTX-system	Wikells, SP, ST-Vent AB i Växjö			
Vindsbjälklag	Wikells	Värmepumpar	Thermia			
Platta på mark	Wikells	Avloppsvvx	Power Products of Europe AB			
Fönster	Wikells	Solfångare	Boverket uppföljning solvärmestödet			
Ytterdörr	Ingen uppgift	Solceller	Uppgifter från solcellsstödet			
Täning	Wikells					

Tabell 5.12. Elvärt flerbostadshus i Sundsvall.

Flerbostadshus i Sundsvall i 3 plan, 18 lgh, el (bergvärme COP 2.8)						
	Enhet	Klimatskal enligt		Kostnad per enhet	Total kostnad	Kostnad underhåll
		BBR 2011	Steg 1			
A-temp	m <sup>2</sup>	1440	1440			
A-om	m <sup>2</sup>	1740	1740			
U-medel, inkl. KB 20 %	W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,400	0,258			
Platta, isolering	mm	200	300	335	161016	
Area platta	m <sup>2</sup>	480				
Yttervägg, isolering	mm	250	450	1268	618491	
Ytterväggsarea	m <sup>2</sup>	487,8				
U-värde fönster	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1,2	0,8	1415	407643	
Fönsterarea	m <sup>2</sup>	288				
Glasarea	m <sup>2</sup>	201,6				
solfaktor, g	%	0,50	0,50			
Fönsterrikning	fördeln.	4 x 25 %	4 x 25 %			
Nyttiggjord solvärme	kWh/år	15000	13000			
Vindsbjälklag, isolering	mm	300	600	216	103454	
Area vindsbjälklag	m <sup>2</sup>	480				
U-värde dörr	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1,2	0,82	0	0	
Dörrarea	m <sup>2</sup>	4,2				
FTX temp. verkn.grad	%	0	80		867250	11500
Värmepumpens effekt	kW	35	20		-225000	
Antal personer	st	31				
Hushållsel	kWh/år	43200	43200			
Fastighetsenergi	kWh/år	8000	12000			
Varmvatten*	kWh/år	36000	28800	18*3000+ 400/lgh/år	54000	7200
Lulläckage	l/m <sup>2</sup> /s vid 50 Pa	0,8	0,3	71 kr/m <sup>2</sup> Aoms	123540	
Vådring	kWh/m <sup>2</sup> /år	4	4			
Takhöjd	m	2,5	2,5			
<b>Specifik energianvändning</b>		<b>75</b>	<b>32</b>	<b>Σ</b>	<b>2 110 394 kr</b>	<b>18 700 kr</b>
* individuell mätning						
<b>Steg 1 + Steg 2</b>						
<b>Energianvändning, energibesparing och kostnader</b>						
		Specifik energi		Besparing		
Åtgärd		kWh/m <sup>2</sup> /år	kWh/år	kWh/m <sup>2</sup> /år		
Klimatskal		32	61920	43,0	2 110 394 kr	18 700 kr
Avloppsvärmeväxlare		30	3394	2,4	170 000 kr	
Solfångare	48 m <sup>2</sup>	27	3394	2,4	338 242 kr	
Solceller	66 m <sup>2</sup>	23	6000	4,2	645 744 kr	
<b>Total energibesparing</b>			<b>74709</b>	<b>51,9</b>	<b>3 264 380 kr</b>	<b>18 700 kr</b>
Åtgärd	Källa till kostnader	Åtgärd	Källa till kostnader			
Ytterväggar	Wikells	FTX-system	Wikells, SP, ST-Vent AB i Växjö			
Vindsbjälklag	Wikells	Värmepumpar	Thermia			
Platta på mark	Wikells	Avloppsvvx	Power Products of Europe AB			
Fönster	Wikells	Solfångare	Boverket uppföljning solvärmestödet			
Ytterdörr	Ingen uppgift	Solceller	Uppgifter från solcellsstödet			
Tätning	Wikells					



Tabell 5.13. Fjärrvärmvärmt flerbostadshus i Sundsvall.

Flerbostadshus i Sundsvall i 3 plan, 18 lgh, fjärrvärme						
	Enhet	Klimatskal enligt		Kostnad per enhet	Total kostnad	Kostnad underhåll
		BBR 2011	Steg 1			
A-temp	m <sup>2</sup>	1440	1440			
A-om	m <sup>2</sup>	1740	1740			
U-medel, inkl. KB 20 %	W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,400	0,258			
Platta, isolering	mm	200	300	335	161016	
Area platta	m <sup>2</sup>	480				
Yttervägg, isolering	mm	250	450	1268	618491	
Ytterväggsarea	m <sup>2</sup>	487,8				
U-värde fönster	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1,2	0,8	1415	407643	
Fönsterarea	m <sup>2</sup>	288				
Glasarea	m <sup>2</sup>	201,6				
solfaktor, g	%	0,50	0,50			
Fönsterrikning	fördeln.	4 x 25 %	4 x 25 %			
Nyttiggjord solvärme	kWh/år	15000	13000			
Vindsbjälklag, isolering	mm	300	600	216	103454	
Area vindsbjälklag	m <sup>2</sup>	480				
U-värde dörr	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1,2	0,82	0	0	
Dörrarea	m <sup>2</sup>	4,2				
FTX temp. verkn.grad	%	80	80			
Antal personer	st	31				
Hushållsel	kWh/år	43200	43200			
Fastighetsenergi	kWh/år	12000	12000			
Varmvatten*	kWh/år	36000	28800	18*3000+ 400/lgh/år	54000	7200
Luftläckage	l/m <sup>2</sup> /s vid 50 Pa	0,8	0,3	71 kr/m <sup>2</sup> Aoms	123540	
Vädring	kWh/m <sup>2</sup> /år	4	4			
Takhöjd	m	2,5	2,5			
<b>Specifik energianvändning</b>		<b>109</b>	<b>70</b>	<b>Σ</b>	<b>1 468 144 kr</b>	<b>7 200 kr</b>
* individuell mätning						
<b>Steg 1 + Steg 2</b>						
<b>Energianvändning, energibesparing och kostnader</b>						
		Specifik energi		Besparing		
<b>Åtgärd</b>		<b>kWh/m<sup>2</sup>/år</b>	<b>kWh/år</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup>/år</b>		
Klimatskal, mm		70	56160	39,0	1 468 144 kr	7 200 kr
Avloppsvärmeväxlare		63	9504	6,6	170 000 kr	
Solfångare	48 m <sup>2</sup>	57	9504	6,6	338 242 kr	
Solceller	66 m <sup>2</sup>	53	6000	4,2	645 744 kr	
<b>Total energibesparing</b>			<b>81168</b>	<b>56,4</b>	<b>2 622 130 kr</b>	<b>7 200 kr</b>
Varav fjärrvärme			75168			
Varav el			6000			
<b>Åtgärd</b>	<b>Källa till kostnader</b>		<b>Åtgärd</b>	<b>Källa till kostnader</b>		
Ytterväggar	Wikells		FTX-system	Wikells, SP, ST-Vent AB i Växjö		
Vindsbjälklag	Wikells		Värmepumpar	Thermia		
Platta på mark	Wikells		Avloppsvvx	Power Products of Europe AB		
Fönster	Wikells		Solfångare	Boverket uppföljning solvärmestödet		
Ytterdörr	Ingen uppgift		Solceller	Uppgifter från solcellsstödet		
Tätning	Wikells					

Tabell 5.14. Elvärt småhus i Uppsala.

Småhus i Uppsala 1 plan, elvärt (bergvärmepump COP 3.2)						
	Enhet	Klimatskal enligt		Kostnad per enhet	Total kostnad	Kostnad underhåll
		BBR 2011	Steg 1			
A-temp	m <sup>2</sup>	120	120			
A-om	m <sup>2</sup>	355	355			
U-medel, inkl. KB 20 %	W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,225	0,164			
Platta, isolering	mm	300	400	100	12000	
Area platta	m <sup>2</sup>	120				
Yttervägg, isolering	mm	250	450	1559	142355	
Ytterväggsarea	m <sup>2</sup>	91,3	91,3			
U-värde fönster	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1,1	0,8	1798	38843	
Fönsterarea	m <sup>2</sup>	21,6	21,6			
Glasarea	m <sup>2</sup>	15,12	15,12			
solfaktor, g	%	0,50	0,50			
Fönsterriktning	fördeln.	4 x 25 %	4 x 25 %			
Nyttiggjord solvärme	kWh/år	1200	1200			
Vindsbjällklag, isolering	mm	500	600	43	5208	
Area vindsbjällklag	m <sup>2</sup>	120				
U-värde dörr	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1,2	0,82	0	0	
Dörrarea	m <sup>2</sup>	2,1	2,1			
FTX temp. verkn.grad	%	0	80		62125	1100
Antal personer	st	3	3			
Hushållsel	kWh/år	3600	3600			
Fastighetsenergi	kWh/år	600	900			
Varmvatten	kWh/år	2400	2400			
Luftläckage	l/m <sup>2</sup> /s vid 50 Pa	0,6	0,3	61 kr/m <sup>2</sup> Aoms	21655	
Vådning	kWh/m <sup>2</sup> /år	2	2			
Takhöjd	m	2,5	2,5			
<b>Specifik energianvändning</b>		<b>55</b>	<b>29</b>	<b>Σ</b>	<b>282 186 kr</b>	<b>1 100 kr</b>
<b>Steg 1 + Steg 2</b>						
<b>Energianvändning, energibesparing och kostnader</b>						
		Specifik energi	Besparing			
<b>Åtgärd</b>		<b>kWh/m<sup>2</sup>/år</b>	<b>kWh/år</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup>/år</b>		
Klimatskal, mm		29	3120	26,0	282 186 kr	1 100 kr
Avloppsvärmeväxlare		27	264	2,2	80 000 kr	
Solfångare	7 m <sup>2</sup>	25	264	2,2	56 373 kr	
Solceller	5 m <sup>2</sup>	21	450	3,8	48 920 kr	
<b>Total energibesparing</b>			<b>4098</b>	<b>34,2</b>	<b>467 479 kr</b>	<b>1 100 kr</b>
<b>Åtgärd</b>	<b>Källa till kostnader</b>		<b>Åtgärd</b>	<b>Källa till kostnader</b>		
Ytterväggar	Wikells		FTX-system	Wikells, SP, ST-Vent AB i Vaxjö		
Vindsbjällklag	Wikells		Värmepumpar	Thermia		
Platta på mark	Wikells		Avloppsvvx	Power Products of Europe AB		
Fönster	Wikells		Solfångare	Boverket uppföljning solvärmestödet		
Ytterdörr	Ingen uppgift		Solceller	Uppgifter från solcellsstödet		
Tätning	Wikells					

Tabell 5.15. Fjärrvärmvärmt småhus i Uppsala.

Småhus i Uppsala 1 plan, fjärrvärme						
	Enhet	Klimatskal enligt		Kostnad per enhet	Total kostnad	Kostnad underhåll
		BBR 2011	Steg 1			
A-temp	m <sup>2</sup>	120	120			
A-om	m <sup>2</sup>	355	355			
U-medel, inkl. KB 20 %	W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,192	0,164			
Platta, isolering	mm	300	400	274	32889	
	m <sup>2</sup>	120				
Yttervägg, isolering	mm	340	450	1171	106890	
Ytterväggsarea	m <sup>2</sup>	91,3	91,3			
U-värde fönster	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1,2	0,8	1798	38844	
Fönsterarea	m <sup>2</sup>	21,6	21,6			
Glasarea	m <sup>2</sup>	15,12	15,12			
solfaktor, g	%	0,50	0,50			
Fönsterriktning	fördeln.	4 x 25 %	4 x 25 %			
Nyttiggjord solvärme	kWh/år	1200	1200			
Vindsbjälklag, isolering	mm	500	600	43	5208	
Area vindsbjälklag	m <sup>2</sup>	120				
U-värde dörr	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1,2	0,82	0	0	
Dörrarea	m <sup>2</sup>	2,1	2,1			
FTX temp. verkn.grad	%	80	80			
Antal personer	st	3	3			
Hushållsel	kWh/år	3600	3600			
Fastighetsenergi	kWh/år	900	900			
Varmvatten	kWh/år	2400	2400			
Luftläckage	l/m <sup>2</sup> /s vid 50 Pa	0,3	0,3			
Vådring	kWh/m <sup>2</sup> /år	2	2			
Takhöjd	m	2,5	2,5			
<b>Specifik energianvändning</b>		<b>90</b>	<b>78</b>	<b>∑</b>	<b>183 831 kr</b>	<b>0</b>
<b>Steg 1 + Steg 2</b>						
<b>Energianvändning, energibesparing och kostnader</b>						
		Specifik energi	Besparing			
<b>Åtgärd</b>		<b>kWh/m<sup>2</sup>/år</b>	<b>kWh/år</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup>/år</b>		
Klimatskal		78	1440	12,0	183 831 kr	0
Avloppsvärmeväxlare		71	792	6,6	80 000 kr	
Solfångare	7 m <sup>2</sup>	65	792	6,6	56 373 kr	
Solceller	5 m <sup>2</sup>	61	450	3,8	48 920 kr	
<b>Total energibesparing</b>			<b>3474</b>	<b>29,0</b>	<b>369 124 kr</b>	<b>0</b>
Varav fjärrvärme			3024			
Varav el			450			
<b>Åtgärd</b>	<b>Källa till kostnader</b>		<b>Åtgärd</b>	<b>Källa till kostnader</b>		
Ytterväggar	Wikells		FTX-system	Wikells, SP, ST-Vent AB i Växjö		
Vindsbjälklag	Wikells		Värmepumpar	Thermia		
Platta på mark	Wikells		Avloppsvvx	Power Products of Europe AB		
Fönster	Wikells		Solfångare	Boverket uppföljning solvärmestödet		
Ytterdörr	Ingen uppgift		Solceller	Uppgifter från solcellsstödet		
Tätning	Wikells					

Tabell 5.16. Elvärt flerbostadshus i Uppsala.

Flerbostadshus i Uppsala i 3 plan, 18 lgh, el (bergvärme COP 2.8)						
	Enhet	Klimatskal enligt		Kostnad per enhet	Total kostnad	Kostnad underhåll
		BBR 2011	Steg 1			
A-temp	m <sup>2</sup>	1440	1440			
A-om	m <sup>2</sup>	1740	1740			
U-medel, inkl. KB 20 %	W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,400	0,258			
Platta, isolering	mm	200	300	335	161016	
Area platta	m <sup>2</sup>	480				
Yttervägg, isolering	mm	250	450	1268	618491	
Ytterväggsarea	m <sup>2</sup>	487,8				
U-värde fönster	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1,2	0,8	1415	407643	
Fönsterarea	m <sup>2</sup>	288				
Glasarea	m <sup>2</sup>	201,6				
solfaktor, g	%	0,50	0,50			
Fönsterriktning	fördeln.	4 x 25 %	4 x 25 %			
Nyttiggjord solvärme	kWh/år	15000	13000			
Vindsbjälklag, isolering	mm	300	600	216	103454	
Area vindsbjälklag		480				
U-värde dörr	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1,2	0,82	0	0	
Dörrarea	m <sup>2</sup>	4,2				
FTX temp. verkn.grad	%	0	80		867250	11500
Värmepumpens effekt	kW	35	20		-225000	
Antal personer	st	31				
Hushållsel	kWh/år	43200	43200			
Fastighetsenergi	kWh/år	8000	12000			
Varmvatten*	kWh/år	36000	28800	18*3000+ 400/lgh/år	54000	7200
Lulläckage	l/m <sup>2</sup> /s vid 50 Pa	0,8	0,3	71 kr/m <sup>2</sup> Aoms	123540	
Vådring	kWh/m <sup>2</sup> /år	4	4			
Takhöjd	m	2,5	2,5			
<b>Specifik energianvändning</b>		<b>55</b>	<b>29</b>	<b>Σ</b>	<b>2 110 394 kr</b>	<b>18 700 kr</b>
* individuell mätning						
<b>Steg 1 + Steg 2</b>						
<b>Energianvändning, energibesparing och kostnader</b>						
		Specifik energi		Besparing		
Åtgärd		kWh/m <sup>2</sup> /år	kWh/år	kWh/m <sup>2</sup> /år		
Klimatskal		29	37440	26,0	2 110 394 kr	18 700 kr
Avloppsvärmeväxlare		27	3394	2,4	170 000 kr	
Solfångare	48 m <sup>2</sup>	24	3394	2,4	338 242 kr	
Solceller	66 m <sup>2</sup>	20	6000	4,2	645 744 kr	
<b>Total energibesparing</b>			<b>50229</b>	<b>34,9</b>	<b>3 264 380 kr</b>	<b>18 700 kr</b>
Åtgärd	Källa till kostnader	Åtgärd	Källa till kostnader			
Ytterväggar	Wikells	FTX-system	Wikells, SP, ST-Vent AB i Vaxjö			
Vindsbjälklag	Wikells	Värmepumpar	Thermia			
Platta på mark	Wikells	Avloppsvvx	Power Products of Europe AB			
Fönster	Wikells	Solfångare	Boverket uppföljning solvärmestödet			
Ytterdörr	Ingen uppgift	Solceller	Uppgifter från solcellsstödet			
Täning	Wikells					

Tabell 5.17. Fjärrvärmvärmt flerbostadshus i Uppsala.

Flerbostadshus i Uppsala i 3 plan, 18 lgh, fjärrvärme						
	Enhet	Klimatskal enligt		Kostnad per enhet	Total kostnad	Kostnad underhåll
		BBR 2011	Steg 1			
A-temp	m <sup>2</sup>	1440	1440			
A-om	m <sup>2</sup>	1740	1740			
U-medel, inkl. KB 20 %	W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,400	0,258			
Platta, isolering	mm	200	300	335	161016	
Area platta	m <sup>2</sup>	480				
Yttervägg, isolering	mm	250	450	1268	618491	
Ytterväggsarea	m <sup>2</sup>	487,8				
U-värde fönster	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1,2	0,8	1415	407643	
Fönsterarea	m <sup>2</sup>	288				
Glasarea	m <sup>2</sup>	201,6				
solfaktor, g	%	0,50	0,50			
Fönsterrikning	fördeln.	4 x 25 %	4 x 25 %			
Nyttiggjord solvärme	kWh/år	15000	13000			
Vindsbjälklag, isolering	mm	300	600	216	103454	
Area vindsbjälklag	m <sup>2</sup>	480				
U-värde dörr	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1,2	0,82	0	0	
Dörrarea	m <sup>2</sup>	4,2				
FTX temp. verkn.grad	%	80	80			
Antal personer	st	31				
Hushållsel	kWh/år	43200	43200			
Fastighetsenergi	kWh/år	12000	12000			
Varmvatten*	kWh/år	36000	28800	18*3000+ 400/lgh/år	54000	7200
Luftläckage	l/m <sup>2</sup> /s vid 50 Pa	0,45	0,3	51 kr/m <sup>2</sup> Aoms	88740	
Vädring	kWh/m <sup>2</sup> /år	4	4			
Takhöjd	m	2,5	2,5			
<b>Specifik energianvändning</b>		<b>90</b>	<b>60</b>	<b>Σ</b>	<b>1 433 344 kr</b>	<b>7 200 kr</b>
* individuell mätning						
<b>Steg 1 + Steg 2</b>						
<b>Energianvändning, energibesparing och kostnader</b>						
		<b>Specifik energi</b>		<b>Besparing</b>		
<b>Åtgärd</b>		<b>kWh/m<sup>2</sup>/år</b>	<b>kWh/år</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup>/år</b>		
Klimatskal		60	43200	30,0	1 433 344 kr	7 200 kr
Avloppsvärmeväxlare		53	9504	6,6	170 000 kr	
Solfångare	48 m <sup>2</sup>	47	9504	6,6	338 242 kr	
Solceller	66 m <sup>2</sup>	43	6000	4,2	645 744 kr	
<b>Total energibesparing</b>			<b>68208</b>	<b>47,4</b>	<b>2 587 330 kr</b>	<b>7 200 kr</b>
Varav fjärrvärme			62208			
Varav el			6000			
<b>Åtgärd</b>	<b>Källa till kostnader</b>		<b>Åtgärd</b>	<b>Källa till kostnader</b>		
Ytterväggar	Wikells		FTX-system	Wikells, SP, ST-Vent AB i Växjö		
Vindsbjälklag	Wikells		Värmepumpar	Thermia		
Platta på mark	Wikells		Avloppsvvx	Power Products of Europe AB		
Fönster	Wikells		Solfångare	Boverket uppföljning solvärmestödet		
Ytterdörr	Ingen uppgift		Solceller	Uppgifter från solcellsstödet		
Tätning	Wikells					

Tabell 5.18. Elvärmt småhus i Lund.

Småhus i Lund 1 plan, elvärmt (frånluftsvärmepump COP 1.9-3.5)						
	Enhet	Klimatskal enligt		Kostnad per enhet	Total kostnad	Kostnad underhåll
		BBR 2011	Steg 1			
A-temp	m <sup>2</sup>	120	120			
A-om	m <sup>2</sup>	355	355			
U-medel, inkl. KB 20 %	W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,248	0,164			
Platta, isolering	mm	300	400	274	32889	
Area platta	m <sup>2</sup>	120				
Yttervägg, isolering	mm	220	450	1559	142355	
Ytterväggsarea	m <sup>2</sup>	91,3	91,3			
U-värde fönster	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1,2	0,8	1798	38843	
Fönsterarea	m <sup>2</sup>	21,6	21,6			
Glasarea	m <sup>2</sup>	15,12	15,12			
soffaktor, g	%	0,50	0,50			
Fönsterriktning	fördeln.	4 x 25 %	4 x 25 %			
Nyttiggjord solvärme	kWh/år	1200	1200			
Vindsbjälklag, isolering	mm	450	600	51	6075	
Area vindsbjälklag	m <sup>2</sup>	120				
U-värde dörr	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1,2	0,82	0	0	
Dörrarea	m <sup>2</sup>	2,1	2,1			
FTX temp. verkn.grad	%	0	0			
Antal personer	st	3	3			
Hushållsel	kWh/år	3600	3600			
Fastighetsenergi	kWh/år	600	900			
Varmvatten	kWh/år	2400	2400			
Luftläckage	l/m <sup>2</sup> /s vid 50 Pa	0,6	0,3	61 kr/m2 Aoms	21655	
Vädring	kWh/m <sup>2</sup> /år	2	2			
Takhöjd	m	2,5	2,5			
<b>Specifik energianvändning</b>		<b>55</b>	<b>29</b>	<b>∑</b>	<b>241 817 kr</b>	<b>- kr</b>
<b>Steg 1 + Steg 2</b>						
<b>Energianvändning, energibesparing och kostnader</b>						
		Specifik energi		Besparing		
<b>Åtgärd</b>		<b>kWh/m<sup>2</sup>/år</b>	<b>kWh/år</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup>/år</b>		
Klimatskal, mm		29	3120	26,0	241 817 kr	- kr
Avloppsvarmeväxlare		27	264	2,2	80 000 kr	
Solfångare	7 m <sup>2</sup>	25	264	2,2	56 373 kr	
Solceller	5 m <sup>2</sup>	21	450	3,8	48 920 kr	
<b>Total energibesparing</b>			<b>4098</b>	<b>34,2</b>	<b>427 110 kr</b>	<b>- kr</b>
<b>Åtgärd</b>	<b>Källa till kostnader</b>	<b>Åtgärd</b>	<b>Källa till kostnader</b>			
Ytterväggar	Wikells	FTX-system	Wikells, SP, ST-Vent AB i Vaxjö			
Vindsbjälklag	Wikells	Värmepumpar	Thermia			
Platta på mark	Wikells	Avloppsvvx	Power Products of Europe AB			
Fönster	Wikells	Solfångare	Boverket uppföljning solvärmestödet			
Ytterdörr	Ingen uppgift	Solceller	Uppgifter från solcellsstödet			
Tätning	Wikells					

Tabell 5.19. Fjärrvärmvärmt småhus i Lund.

Småhus i Lund 1 plan, fjärrvärme						
	Enhet	Klimatskal enligt		Kostnad per enhet	Total kostnad	Kostnad underhåll
		BBR 2011	Steg 1			
A-temp	m <sup>2</sup>	120	120			
A-om	m <sup>2</sup>	355	355			
U-medel, inkl. KB 20 %	W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,222	0,164			
Platta, isolering	mm	300	400	274	32889	
Area platta	m <sup>2</sup>	120				
Yttervägg, isolering	mm	335	450	1178	107515	
Ytterväggsarea	m <sup>2</sup>	91,3	91,3			
U-värde fönster	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1,2	0,8	1798	38844	
Fönsterarea	m <sup>2</sup>	21,6	21,6			
Glasarea	m <sup>2</sup>	15,12	15,12			
solfaktor, g	%	0,50	0,50			
Fönsterriktning	fördeln.	4 x 25 %	4 x 25 %			
Nyttiggjord solvärme	kWh/år	12000	12000			
Vindsbjälklag, isolering	mm	500	600	43	5208	
Area vindsbjälklag	m <sup>2</sup>	120				
U-värde dörr	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1,2	0,82	0	0	
Dörrarea	m <sup>2</sup>	2,1	2,1			
FTX temp. verkn.grad	%	80	80			
Antal personer	st	3	3			
Hushållsel	kWh/år	3600	3600			
Fastighetsenergi	kWh/år	900	900			
Varmvatten	kWh/år	2400	2400			
Luftläckage	l/m <sup>2</sup> /s vid 50 Pa	0,3	0,3			
Vådning	kWh/m <sup>2</sup> /år	2	2			
Takhöjd	m	2,5	2,5			
<b>Specifik energianvändning</b>		<b>90</b>	<b>68</b>	<b>∑</b>	<b>184 456 kr</b>	<b>0</b>
<b>Steg 1 + Steg 2</b>						
<b>Energianvändning, energibesparing och kostnader</b>						
		Specifik energi	Besparing			
<b>Åtgärd</b>		<b>kWh/m<sup>2</sup>/år</b>	<b>kWh/år</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup>/år</b>		
Klimatskal		68	2640	22,0	184 456 kr	0
Avloppsvärmväxlare		61	792	6,6	80 000 kr	
Solfångare	7 m <sup>2</sup>	55	792	6,6	56 373 kr	
Solceller	5 m <sup>2</sup>	51	450	3,8	48 920 kr	
<b>Total energibesparing</b>			<b>4674</b>	<b>39,0</b>	<b>369 749 kr</b>	<b>0</b>
Varav fjärrvärme			4224			
Varav el			450			
<b>Åtgärd</b>	<b>Källa till kostnader</b>		<b>Åtgärd</b>	<b>Källa till kostnader</b>		
Ytterväggar	Wikells		FTX-system	Wikells, SP, ST-Vent AB i Växjö		
Vindsbjälklag	Wikells		Värmepumpar	Thermia		
Platta på mark	Wikells		Avloppsvvx	Power Products of Europe AB		
Fönster	Wikells		Solfångare	Boverket uppföljning solvärmestödet		
Ytterdörr	Ingen uppgift		Solceller	Uppgifter från solcellsstödet		
Täning	Wikells					

Tabell 5.20. Elvärt flerbostadshus i Lund.

Flerbostadshus i Lund i 3 plan, 18 lgh, el (bergvärme COP 2.8)						
	Enhet	Klimatskal enligt		Kostnad per enhet	Total kostnad	Kostnad underhåll
		BBR 2011	Steg 1			
A-temp	m <sup>2</sup>	1440	1440			
A-om	m <sup>2</sup>	1740	1740			
U-medel, inkl. KB 20 %	W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,400	0,258			
Platta, isolering	mm	200	300	335	161016	
Area platta	m <sup>2</sup>	480				
Yttervägg, isolering	mm	250	450	1268	618491	
Ytterväggsarea	m <sup>2</sup>	487,8				
U-värde fönster	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1,2	0,8	1415	407643	
Fönsterarea	m <sup>2</sup>	288				
Glasarea	m <sup>2</sup>	201,6				
solfaktor, g	%	0,50	0,50			
Fönsterrikning	fördeln.	4 x 25 %	4 x 25 %			
Nyttiggjord solvärme	kWh/år	15000	13000			
Vindsbjälklag, isolering	mm	300	600	216	103454	
Area vindsbjälklag		480				
U-värde dörr	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1,2	0,82	0	0	
Dörrarea	m <sup>2</sup>	4,2				
FTX temp. verkn.grad	%	0	80		867250	11500
Värmepumpens effekt	kW	35	20		-225000	
Antal personer	st	31				
Hushållsel	kWh/år	43200	43200			
Fastighetsenergi	kWh/år	8000	12000			
Varmvatten*	kWh/år	36000	28800	18*3000+400 lgh/år	54000	7200
Lulläckage	l/m <sup>2</sup> /s vid 50 Pa	0,8	0,3	71 kr/m <sup>2</sup> Aoms	123540	
Vådring	kWh/m <sup>2</sup> /år	4	4			
Takhöjd	m	2,5	2,5			
<b>Specifik energianvändning</b>		<b>54</b>	<b>26</b>	<b>Σ</b>	<b>2 110 394 kr</b>	<b>18 700 kr</b>
* individuell mätning						
<b>Steg 1 + Steg 2</b>						
<b>Energianvändning, energibesparing och kostnader</b>						
		Specifik energi	Besparing			
<b>Åtgärd</b>		kWh/m <sup>2</sup> /år	kWh/år	kWh/m <sup>2</sup> /år		
Klimatskal		26	40320	28,0	2 110 394 kr	18 700 kr
Avloppsvärmeväxlare		24	3394	2,4	170 000 kr	
Solfångare	48 m <sup>2</sup>	21	3394	2,4	338 242 kr	
Solceller	66 m <sup>2</sup>	17	6000	4,2	645 744 kr	
<b>Total energibesparing</b>			<b>53109</b>	<b>36,9</b>	<b>3 264 380 kr</b>	<b>18 700 kr</b>
<b>Åtgärd</b>	<b>Källa till kostnader</b>		<b>Åtgärd</b>	<b>Källa till kostnader</b>		
Ytterväggar	Wikells		FTX-system	Wikells, SP, ST-Vent AB i Växjö		
Vindsbjälklag	Wikells		Värmepumpar	Thermia		
Platta på mark	Wikells		Avloppsvvx	Power Products of Europe AB		
Fönster	Wikells		Solfångare	Boverket uppföljning solvärmestödet		
Ytterdörr	Ingen uppgift		Solceller	Uppgifter från solcellsstödet		
Tätning	Wikells					



Tabell 5.21. Fjärrvärmvärmt flerbostadshus i Lund.

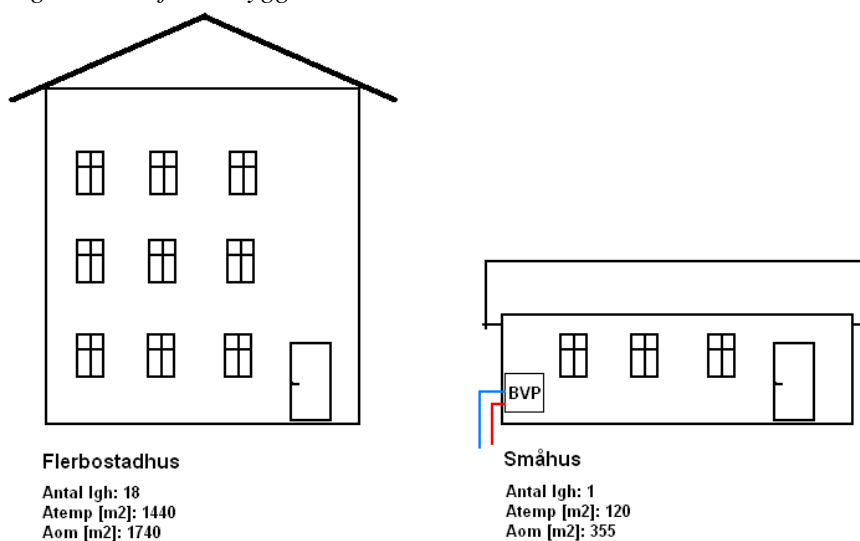
Flerbostadshus i Lund i 3 plan, 18 lgh, fjärrvärme						
	Enhet	Klimatskal enligt		Kostnad per enhet	Total kostnad	Kostnad underhåll
		BBR 2011	Steg 1			
A-temp	m <sup>2</sup>	1440	1440			
A-om	m <sup>2</sup>	1740	1740			
U-medel, inkl. KB 20 %	W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,400	0,258			
Platta, isolering	mm	200	300	335	161016	
Area platta	m <sup>2</sup>	480				
Yttervägg, isolering	mm	250	450	1268	618491	
Ytterväggsarea	m <sup>2</sup>	487,8				
U-värde fönster	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1,2	0,8	1415	407643	
Fönsterarea	m <sup>2</sup>	288				
Glasarea	m <sup>2</sup>	201,6				
solfaktor, g	%	0,50	0,50			
Fönsterrikning	fördeln.	4 x 25 %	4 x 25 %			
Nyttiggjord solvärme	kWh/år	15000	13000			
Vindsbjälklag, isolering	mm	300	600	216	103454	
Area vindsbjälklag	m <sup>2</sup>	480				
U-värde dörr	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1,2	0,82	0	0	
Dörrarea	m <sup>2</sup>	4,2				
FTX temp. verkn.grad	%	80	80			
Antal personer	st	31				
Hushållsel	kWh/år	43200	43200			
Fastighetsenergi	kWh/år	12000	12000			
Varmvatten*	kWh/år	36000	28800	18*3000+ 400/lgh/år	54000	7200
Luftläckage	l/m <sup>2</sup> /s vid 50 Pa	0,8	0,3	71 kr/m <sup>2</sup> Aoms	123540	
Vädring	kWh/m <sup>2</sup> /år	4	4			
Takhöjd	m	2,5	2,5			
<b>Specifik energianvändning</b>		<b>90</b>	<b>54</b>	<b>Σ</b>	<b>1 468 144 kr</b>	<b>7 200 kr</b>
* individuell mätning						
<b>Steg 1 + Steg 2</b>						
<b>Energianvändning, energibesparing och kostnader</b>						
		Specifik energi		Besparing		
<b>Åtgärd</b>		<b>kWh/m<sup>2</sup>/år</b>	<b>kWh/år</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup>/år</b>		
Klimatskal		54	51840	36,0	1 468 144 kr	7 200 kr
Avloppsvärmeväxlare		47	9504	6,6	170 000 kr	
Solfångare	48 m <sup>2</sup>	41	9504	6,6	338 242 kr	
Solceller	66 m <sup>2</sup>	37	6000	4,2	645 744 kr	
<b>Total energibesparing</b>			<b>76848</b>	<b>53,4</b>	<b>2 622 130 kr</b>	<b>7 200 kr</b>
Varav fjärrvärme			70848			
Varav el			6000			
<b>Åtgärd</b>	<b>Källa till kostnader</b>		<b>Åtgärd</b>	<b>Källa till kostnader</b>		
Ytterväggar	Wikells		FTX-system	Wikells, SP, ST-Vent AB i Växjö		
Vindsbjälklag	Wikells		Värmepumpar	Thermia		
Platta på mark	Wikells		Avloppsvvx	Power Products of Europe AB		
Fönster	Wikells		Solfångare	Boverket uppföljning solvärmestödet		
Ytterdörr	Ingen uppgift		Solceller	Uppgifter från solcellsstödet		
Tätning	Wikells					

## Beskrivning av åtgärder för att reducera energianvändningen

Analysen baseras på två referenshus, dvs. två tänkta byggnader. Byggnaderna är ett nybyggt småhus och ett nybyggt flerbostadshus. Båda referensbyggnaderna är uppförda och utrustade så att de precis uppfyller de föreslagna energikraven enligt Boverkets byggregler 2011.

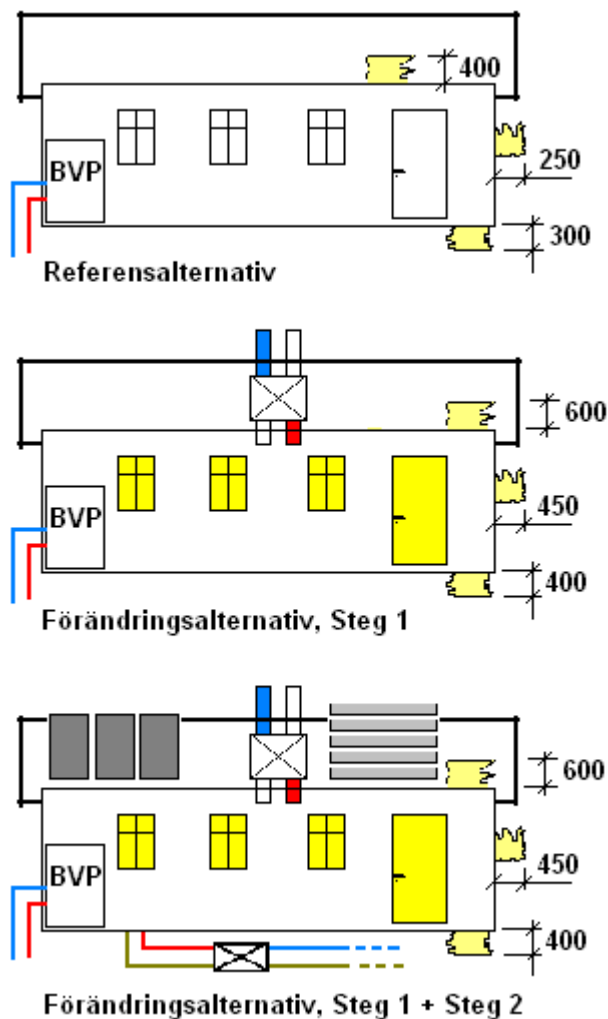
Flerbostadshuset är uppfört i 3 plan med en enkel rektangulär form. Även småhuset har en enkel geometrisk utformning och är i ett plan.

Figur 5.1. Referensbyggnader.



Med utgångspunkt i referensalternativet skapas två förändringsalternativ (Steg 1 respektive Steg 1 + Steg 2) genom tillägg av olika, tekniskt möjliga, åtgärder för att minska byggnadernas specifika energianvändning. Såväl bygg- som installationstekniska åtgärder används.

Figur 5.2. Referensalternativ och förändringsalternativ för elvärt småhus i Kiruna.



### Åtgärder enligt Steg 1 och Steg 2

De energibesparande åtgärderna har beräkningsmässigt gjorts i två steg. "Steg 1" omfattar: bättre isolering av klimatskal inklusive bättre ytterdörrar och fönster, tätning av klimatskal och installation av värmeåtervinning av frånluften (FTX). De förbättrade egenskaperna har därvid åsatts sådana värden att ytterligare förbättringar, med dagens kunskap, inte kan anses rimliga. Utöver dessa åtgärder har sedan i ett "Steg 2" värmeåtervinning från avloppsvatten, solfångare och solceller införts.

### Beräkningar

Beräkningarna har gjorts för två olika uppvärmningssätt, fjärrvärme och elvärme i form av värmepump med elspets via en elpatron. Värmepumpen i småhuset har antagits vara en bergvärmepump, alternativt en modern varvtalsstyrd frånluftsvärmepump.

Den första åtgärden i Steg 2 är installation av värmeåtervinning på avloppsvattnet. För dagen finns denna utrustning anpassad för fler-

bostadshus, men kan även användas i småhus. Normal återvinning motsvarar enligt leverantörens uppgift en tredjedel av byggnadens energibehov av tappvarmvatten.

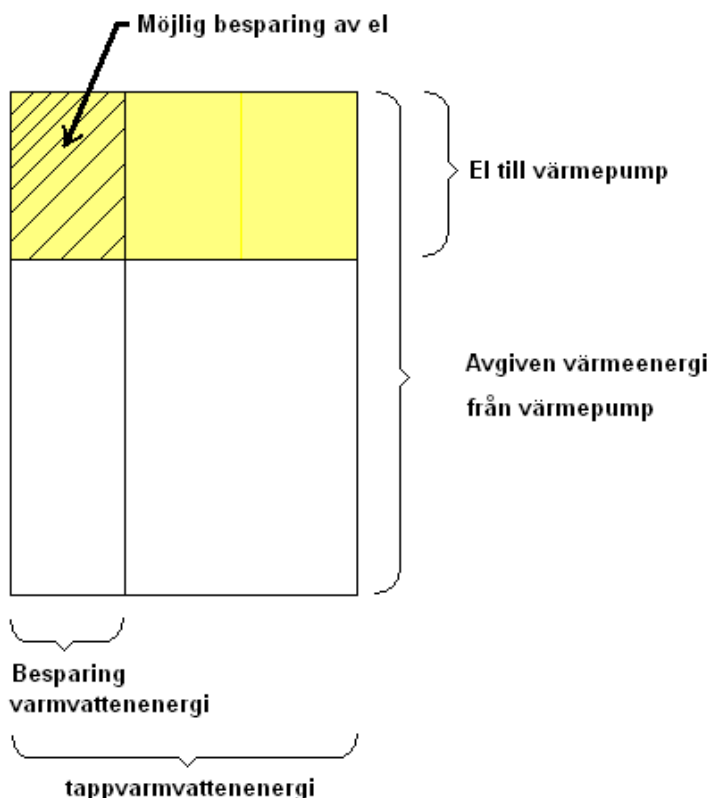
Som andra åtgärd har solfångare (7 m<sup>2</sup> i småhuset resp. 48 m<sup>2</sup> i flerbostadshuset) installerats för tappvarmvattenproduktion. Normalt kan ca 50 % av årsenergibehovet för tappvarmvatten produceras med solfångare vilket framgår av SP:s provning och beräkning enligt ISO/DIS 9459-5 för tre olika system i södra Sverige. Eftersom en tredjedel av tappvarmvattenenergin redan tillgodoräknats avloppsvärmeväxlaren återstår således två tredjedelar som solfångarna kan bidra med att tillgodose. Av denna energimängd bidrar solfångarna då med hälften. I värmepumpsalternativet sparas då endast den el som värmepumpen hade behövt för att generera samma mängd tappvarmvatten.

Som en tredje åtgärd har sedan solceller installerats. Dessa har dimensionerats med förenklade antaganden (5 m<sup>2</sup> i småhuset resp. 66 m<sup>2</sup> i flerbostadshuset) så att de kan bidra till att ersätta halva behovet av köpt fastighetsenergi i form av el som används till pumpar, fläktar och belysning i allmänna utrymmen. Förutsättningarna för att generera solel är desamma som för solvärme sett över året. Det är den ljusare delen av året som ger den övervägande produktionen. Solcellerna har inte dimensionerats för att generera hushållsel. Detta beror på att hushållsel inte ingår i byggnadens energianvändning enligt BBR. En sådan ytterligare eventuell besparing skulle därmed inte påverka kalkylerna som redovisas i denna rapport.

Som nämnts ovan kan flera åtgärder avse besparing på samma energianvändning, t.ex. tappvarmvatten. Det är då av vikt att efterhand reducera den möjliga besparingen för efterföljande åtgärder för att inte dubbelräkna besparingen av ett paket med åtgärder. Ordningsföljden för införandet av besparingsåtgärderna påverkar också det ekonomiska utfallet för respektive åtgärd.

I figur 5.3 illustreras den elbesparing (diagonalstreckad ruta) som kan förväntas med återvinning av värme ur avloppsvattnet eller med installation av solfångare, i det fall huset redan har försetts med värmepump. En inbesparing med en tredjedel av tappvarmvattenenergin ger endast en besparing av en tredjedel av den elenergi som en värmepump behöver för tappvarmvattenproduktionen. Det innebär att elbesparingen endast blir en niondel av hela energibehovet för tappvarmvatten. Samma princip gäller även för FTX och klimatskalsförbättringar.

Figur 5.3. Beräkningsprincip vid energibesparing



## Val av beräkningsfall

### Klimatzoner

Beräkningarna har utförts för byggnader placerade i de tre klimatzoner som framgår av BBR. I klimatzon III har beräkningar utförts både för Lund och för Uppsala så att eventuella påtagliga skillnader inom denna klimatzon kan klargöras. I klimatzon I har beräkningar utförts för Kiruna och i klimatzon II för Sundsvall.

### Småhus

Det småhus som beräkningar gjorts för är ett rektangulärt enplanshus med de invändiga måtten 8 m x 15 m, har platta på mark, träregelkonstruktion och ett våningsplan med invändig takhöjd om 2,5 m ( $A_{temp}$  120 m<sup>2</sup>). Småhuset har en fönsterarea som är 18 % av uppvärmd golvarea. Fönsterarean är jämnt fördelad på respektive yttervägg. Huset är orienterat i nord-sydlig-ost-västlig riktning och solljuset genom fönster avskärmas av vegetation och omgivande bebyggelse till 50 %. I beräkningarna har även tagits hänsyn till glasandel (70 %) och skuggning (30 %). Den nyttiggjorda värmen från solinstrålning genom fönster har beräknats för samtliga klimatzoner för de aktuella byggnaderna. Med kännedom om de osäkerheter som finns i denna typ av beräkning har den nyttiggjorda energin därefter avrundats till 1 200 kWh/småhus och år.

Vädring har antagits till  $2 \text{ kWh/m}^2$  och år. I övrigt har indata valts enligt SVEBY:s rekommendationer för antal personer, hushållsel och tappvarmvatten.

### **Flerbostadshus**

Det flerbostadshus som valts ut är ett genomsnittligt hus enligt BETSI-undersökningen. Huset är grundlagt med platta på mark med underliggande isolering, utan källare och har tre våningar. Huset har 18 lägenheter, rektangulär form och är av medeltung konstruktion. Antalet boende har satts till 1,7 personer per lägenhet, utifrån SCB:s statistik. Huset har FTX-ventilation med 80 % temperaturverkningsgrad för att beräkningsmässigt klara kraven i kommande BBR-version 2011. I övrigt har indata valts enligt SVEBY:s rekommendationer för antal personer, hushållsel och tappvarmvatten. Ventilationen har dock satts exakt enligt BBR:s krav till  $0,35 \text{ l/s m}^2$ .

## **Teknik och förväntad teknisk utveckling**

Att överblicka den framtida teknikutvecklingen för en så pass lång tidsperiod som 40–50 år är svårt. De genomförda beräkningarna baserar sig därför på känd teknik som bedöms kunna användas under den valda beräkningsperioden. En faktor som kan få viss inverkan under den valda beräkningsperioden är utvecklingen inom hushållsapparatområdet. Den allmänna trenden är att vitvaror och andra elektriska apparater i hemmen får lägre effektbehov och därmed lägre energianvändning efterhand. Samma trend gäller även inom belysningsområdet där lågenergilampor och LED-belysning efterhand förväntas reducera energibehovet. Men samtidigt kommer avgiven värme som kan tillgodogöras för byggnadsuppvärmning att reduceras. Denna energimängd måste då kompenseras av uppvärmningsanordningen vilket medför ökad mängd uppvärmningsenergi under uppvärmningsperioden. Storleksordningen på en sådan ökning kan bedömas om man antar att hushållselen i normalfallet kan reduceras från 4 000 till 2 000 kWh/år. Av denna reduktion kan ca hälften behöva ersättas av värme-systemet. Det skulle då motsvara 1 000 kWh. Uttryckt som specifik energianvändning skulle detta då ge en ökning på  $1\,000/120 = 8 \text{ kWh/m}^2$  och år i småhusfallet. Detta utgör då en ansenlig post i ett lågenergihus. I beräkningarna har emellertid inte denna aspekt beaktats då den inte är tillräckligt kvantifierad ännu.

## 6. Det fastighetsekonomiska utfallet av den minskade energianvändningen

### Utgångspunkter vid beräkningarna

Bakgrunden till uppdraget är att Näringsdepartementet och Socialdepartementet anser att det behöver införas en definition av begreppet nära noll-energibyggnader i det svenska regelverket som ska finnas på plats senast i juli 2012. Definitionen kommer dock inte att omedelbart resultera i energikrav, utan det är först år 2020 som sådana krav eventuellt kommer att införas. I den fortsatta redovisningen är dock utgångspunkten att sådana krav införs år 2020.

En tänkbar effekt av införandet av en definition redan år 2012 är att det signalerar och klargör för byggherrar de spelregler som gäller efter år 2020. Därigenom ges förutsättningar för att redan nu anpassa sig till eventuella framtida skärpningar i energikravet, vilket också kan stimulera till att en teknisk utveckling kommer till stånd. Under de åtta år som hinner förflyta innan kraven ska användas operativt kan man med kontinuerlig uppföljning och utvärdering av demonstrationsprojekt skaffa det nödvändiga faktaunderlaget för att meddela föreskrifter.

Kalkylmässigt hanteras ovanstående på följande sätt. Eftersom de eventuellt skärpta energikraven införs först år 2020 antas att investeringarna görs i slutet av detta år. Analysperioden sträcker sig 40 år framåt i tiden till och med år 2060.

Nedan redovisas det underlag som bildar utgångspunkten i analysen.

### **Energiprisutvecklingen**

Energimyndighetens energiprisprognoser, vilka kalkylerna enligt uppdraget ska baseras på, sträcker sig fram till och med 2030, dvs. 20 år framåt i tiden. I nedanstående tabell redovisas Energimyndighetens prognoser för elvärme och för fjärrvärme, de två uppvärmningsalternativ som Boverket analyserar.

Tabell 6.1. Energimyndighetens energiprisprognoser för el och fjärrvärme. 2010 års priser inklusive moms.

År	Elvärme	Fjärrvärme	Fjärrvärme
	Bostäder	Småhus	Flerbostadshus
	öre/kWh	öre/kWh	öre/kWh
2020*	149,4	88,8	85,7
2030*	150,6	97,3	94,2
2040	151,8	106,7	103,5
2050	153	116,9	113,8
2060	154,3	128,1	125,1

\*Energimyndighetens prognos i "Långtidsprognos 2010", ER 2011:03, s. 56, uppräknat till 2010 års priser.

När det gäller elpriset för uppvärmning i bostäder är den årliga procentuella ökningen 0,08 % mellan åren 2020 och 2030 i Energimyndighetens prisprognos. Med denna prisutveckling från och med år 2030 och framåt blir elpriset 151,8 öre per kWh år 2040, 153 öre per kWh år 2050 och 154,3 öre per kWh år 2060.

För fjärrvärmepriset i småhus är den årliga procentuella ökningen 0,92 % mellan 2020–2030. Med samma antagande om prisutvecklingen från år 2030 ger detta 106,7 öre per kWh år 2040, 116,9 respektive 128,1 öre per kWh för åren 2050 och 2060. Slutligen för fjärrvärmepriser i flerbostadshus är den årliga procentuella ökningen 0,95 % mellan åren 2020–2030. Med antagande om samma ökning ger detta de prisnivåer som anges i tabell 6.1.

I den ekonomiska konsekvensanalysen kommer de i tabell 6.1 presenterade priserna inledningsvis att hanteras som vore de fullständigt rörliga.<sup>14</sup> I praktiken inkluderas i energipriser en del som är fast och en del som är rörlig. När en energikonsument genomför energieffektiviserande åtgärder leder detta till att konsumenten minskar utläggerna för energi. Denna minskning sker på de rörliga kostnaderna, medan de fasta kostnaderna vanligtvis förblir oförändrade.

I resultatredovisningen presenteras därför också en situation där den rörliga delen av energipriset är 80 procent av hela energipriset enligt tabell 6.1.

### Åtgärds-kostnader

Boverket har låtit konsultfirman Wikells byggberäkningar AB i Växjö ta fram kostnadsuppgifter för olika åtgärder som bedöms krävas för att genomföra de olika energieffektiviseringsåtgärderna. Nedan redovisas kostnaderna för Kiruna för de fyra olika fallen som studeras.

<sup>14</sup> Enligt uppgift från Energimyndigheten.



Tabell 6.2. Kostnader för olika energieffektiviseringsåtgärder i Kiruna. 2010 års priser inklusive moms.

	<u>SMÅHUS EL</u>		<u>FLERBOSTADSHUS EL</u>	
	Investerings- kostnader	Årlig drift- Kostnad	Investerings- kostnader	Årlig drift- Kostnad
Klimatskal m.m.	304 809	1 100	2 110 394	18 700
Avloppsvärmeväxlare	80 000		170 000	
Solfångare	56 373		338 242	
Solceller	48 920		645 744	
<b>TOTALT</b>	<b>490 102</b>		<b>3 264 380</b>	

	<u>SMÅHUS FJÄRRVÄRME</u>		<u>FLERBOSTADSHUS FJÄRRVÄRME</u>	
	Investerings- kostnader	Årlig drift- Kostnad	Investerings- kostnader	Årlig drift- kostnad
Klimatskal m.m.	109 586	0	1 450 744	7 200
Avloppsvärmeväxlare	80 000		170 000	
Solfångare	56 373		338 242	
Solceller	48 920		645 744	
<b>TOTALT</b>	<b>294 879</b>		<b>2 604 730</b>	

Motsvarande kostnader för Sundsvall, Uppsala och Lund återfinns i kapitel 5.

### Den årliga energibesparingen

Energibesparingar har beräknats i ett småhus respektive i ett flerbostadshus placerat på fyra orter i tre olika klimatzoner. De fyra orter som beräkningar utförts på är Kiruna (klimatzon I), Sundsvall (klimatzon II) samt Uppsala och Lund (klimatzon III).

*Energibesparingen i ett småhus beräknad för fyra olika orter**Småhus, fjärrvärme**Tabell 6.3. Beräknade energibesparingar i ett småhus uppvärmt med fjärrvärme beräknad för på olika orter*

<b><u>Kravnivå</u></b>	<b><u>Kiruna</u></b>		<b><u>Sundsvall</u></b>	
	<b>Besparing (kWh/år)</b>	<b>Total energi- användning (kWh/år)</b>	<b>Besparing (kWh/år)</b>	<b>Total energi- användning (kWh/år)</b>
<b>2011 (Referensalternativ)</b>		15 480		13 200
<b><u>Energieffektiviseringar</u></b>				
Steg 1	1 680	13 800	2 040	11 160
Steg 1 + Steg 2	3 714	11 766	4 074	9 126
Varav: fjärrvärme	3 264		3 624	
EI	450		450	
<b>2020 (Förändringsalternativ)</b>		11 766		9 126
<hr/>				
	<b><u>Uppsala</u></b>		<b><u>Lund</u></b>	
<b>2011 (Referensalternativ)</b>		10 800		10 800
<b><u>Energieffektiviseringar</u></b>				
Steg 1	1 440	9 360	2 640	8 160
Steg 1 + Steg 2	3 474	7 326	4 674	6 126
Varav: fjärrvärme	3 024		4 224	
EI	450		450	
<b>2020 (Förändringsalternativ)</b>		7 326		6 126

Utgångspunkten i beräkningarna är föreslagna energikrav i BBR 2011. För exempelvis Kiruna, belägen i klimatzon I, innebär detta en maximal energianvändning på 130 kWh per kvadratmeter och år när uppvärmningen sker med fjärrvärme. Det ger en total energiförbrukning på 15 480 kWh per år.

Därefter införs åtgärder för att minska energianvändningen. I Steg 1 förbättras klimatskalet med bl.a. isolering av ytterväggar och vindbjälklag. Energinvändningen minskar därigenom med 1 680 kWh per år. I Steg 2 installeras solfångare, solceller och avloppsvärmeväxlare och ytterligare 2034 kWh sparas. Totalt för Steg 1 + Steg 2 minskar energianvändningen med 3 714 kWh per år, fördelat på 3 264 kWh i fjärrvärme och 450 kWh el. I Kiruna beräknas således den totala energianvändningen minska från 15 480 kWh per år med referensalternativet till 11 766 kWh per år i förändringsalternativet. Motsvarande beskrivningar gäller för småhuset i de tre andra orterna som undersöks.

#### *Småhus, el*

*Tabell 6.4. Beräknade energibesparingar i ett småhus uppvärmt med elvärme beräknad för olika orter*

<u>Kravnivå</u>	<u>Kiruna</u>		<u>Sundsvall</u>	
	<u>Besparing (kWh/år)</u>	<u>Total energi-användning (kWh/år)</u>	<u>Besparing (kWh/år)</u>	<u>Total energi-användning (kWh/år)</u>
<b>2011 (Referensalternativ)</b>		11 280		8 880
<b><u>Energieffektiviseringar</u></b>				
Steg 1	6 480	4 800	4 920	3 960
Steg 1 + Steg 2	7 458	3 822	5 898	2 982
<b>2020 (Förändringsalternativ)</b>		3 822		2 982
<hr/>				
	<u>Uppsala</u>		<u>Lund</u>	
<b>2011 (Referensalternativ)</b>		6 600		6 600
<b><u>Energieffektiviseringar</u></b>				
Steg 1	3 120	3 480	3 120	3 480
Steg 1 + Steg 2	4 098	2 502	4 098	2 502
<b>2020 (Förändringsalternativ)</b>		2 502		2 502

För det elvärmda småhuset i Kiruna minskar den årliga energianvändningen med 6 480 kWh i Steg 1 och ytterligare 978 kWh (7 458–6 480) i Steg 2. Totalt minskar därmed energianvändningen från 11 280 kWh till 3 822 kWh per år i Kiruna. Motsvarande beskrivning gäller sedan för de tre andra orterna i tabellen.

*Energibesparingen i ett flerbostadshus beräknad för fyra olika orter*

*Flerbostadshus, fjärrvärme*

*Tabell 6.5. Beräknade energibesparingar i ett flerbostadshus uppvärmt med fjärrvärme beräknad för olika orter*

<u>Kravnivå</u>	<u>Kiruna</u>		<u>Sundsvall</u>	
	Besparing (kWh/år)	Total energi- användning (kWh/år)	Besparing (kWh/år)	Total energi- användning (kWh/år)
<b>2011 (Referensalternativ)</b>		187 200		156 960
<b><u>Energieffektiviseringar</u></b>				
Steg 1	66 240	120 960	56 160	100 800
Steg 1 + Steg 2	91 248	95 952	81 168	75 792
Varav: fjärrvärme	85 248		75 168	
EI	6 000		6 000	
<b>2020 (Förändringsalternativ)</b>		95 952		75 792
<hr/>				
	<u>Uppsala</u>		<u>Lund</u>	
<b>2011 (Referensalternativ)</b>		129 600		129 600
<b><u>Energieffektiviseringar</u></b>				
Steg 1	43 200	86 400	51 840	77 760
Steg 1 + Steg 2	68 208	61 392	76 848	52 752
Varav: fjärrvärme	62 208		70 848	
EI	6 000		6 000	
<b>2020 (Förändringsalternativ)</b>		61 392		52 752

Tabell 6.5 läses som tabellerna för småhusen

*Flerbostadshus, el*

Tabell 6.6. Beräknade energibesparingar i ett flerbostadshus uppvärmt med elvärme beräknad för olika orter

<b>Kravnivå</b>	<b>Kiruna</b>		<b>Sundsvall</b>	
	<b>Besparing (kWh/år)</b>	<b>Total energi- användning (kWh/år)</b>	<b>Besparing (kWh/år)</b>	<b>Total energi- användning (kWh/år)</b>
<b>2011 (Referensalternativ)</b>		135 360		108 000
<b><u>Energieffektiviseringar</u></b>				
Steg 1	82 080	53 280	61 920	46 080
Steg 1 + Steg 2	94 869	40 491	74 709	33 291
<b>2020 (Förändringsalternativ)</b>		40 491		33 291
<hr/>				
	<b>Uppsala</b>		<b>Lund</b>	
<b>2011 (Referensalternativ)</b>		79 200		79 200
<b><u>Energieffektiviseringar</u></b>				
Steg 1	37 400	41 800	40 320	38 880
Steg 1 + Steg 2	50 229	28 971	53 109	26 091
<b>2020 (Förändringsalternativ)</b>		28 971		26 091

Tabell 6.6 läses som tabellerna för småhusen.

## Fastighetsekonomiska intäkter och kostnader för att införa ytterligare energisparåtgärder.

### Tillvägagångssätt

Förändringsalternativet som studeras i denna rapport antas träda i kraft år 2020. Investeringar görs i slutet av detta år. Analysperioden sträcker sig 40 år framåt i tiden, till år 2060. De beräknade energibesparingarna kommer därmed fastighetsägaren till del under denna tidsrymd. Genom att multiplicera med el- och fjärrvärmepriser får man fram ett värde på den årliga energibesparingen. Detta tas till ett nuvärde och därigenom erhålls de totala fastighetsekonomiska intäkterna.

För att kunna tillgodogöra sig dessa intäkter måste fastighetsägaren genomföra investeringar i energieffektiviserande åtgärder. Vissa av dessa investeringar har en livslängd på 40 år, dvs. hela den analyserade perioden. Andra investeringar har en kortare livslängd, 20 år, och då måste er-

sättningsinvesteringar göras. Vidare tillkommer i vissa fall årliga drift- och underhållskostnader. Genom att även ta kostnader som infaller olika år till ett nuvärde erhålls de totala fastighetsekonomiska kostnaderna.

### **Antaganden**

Följande antaganden görs i huvudkalkylen:

- Kalkylperioden är 40 år (2021–2060)
- Kalkylräntan sätts till 4 %.
- Åtgärdskostnaderna antas reall oförändrade under perioden
- Kalkylen görs i fasta priser (2010 års priser).
- I slutet av 40-åriga kalkylperioden finns inga restvärden.
- Klimatskal: Livslängd 40 år.
- FTX: Livslängd 20 år. Vid återinvestering år 21; 60 % av investeringskostnad för småhus och 40 % för flerbostadshus.
- Individuell tappvarmvattenmätning, flerbostadshus: Livslängd 20 år. Investering år 21 i ett helt nytt system.
- Avloppsvärmeväxlare: Livslängd 40 år.
- Solfångare: Livslängd 20 år. Investering år 21 i ett helt nytt system.
- Solceller: Livslängd 40 år.

### **Resultat**

I tabell 6.7 redovisas resultaten för ett småhus vid en antagen kalkylränta på 4 procent.<sup>15</sup>

---

<sup>15</sup> Vare sig ägare till småhus eller ägare till flerbostadshus kan dra av mervärdesskatten på el- och fjärrvärmepriserna, varför skatten räknas in i den fastighetsekonomiska kalkylen.

Tabell 6.7. Det fastighetsekonomiska utfallet för småhus. 2010 års priser inkl. moms. Kalkylränta 4 %.

<b>UTFALL: SMÅHUS FJÄRRVÄRME</b>						
	<b><u>KIRUNA</u></b>			<b><u>SUNDSVALL</u></b>		
	S:a nuvärde	S:a nuvärde		S:a nuvärde	S:a nuvärde	
	Intäkter	Kostnader		Intäkter	Kostnader	
Steg 1	34 200	109 586	<b>Olönsam</b>	41 529	148 733	<b>Olönsam</b>
Steg 1 + Steg 2	79 920	319 617	<b>Olönsam</b>	87 249	358 764	<b>Olönsam</b>
<b>UTFALL: SMÅHUS EL</b>						
	<b><u>KIRUNA</u></b>			<b><u>SUNDSVALL</u></b>		
	S:a nuvärde	S:a nuvärde		S:a nuvärde	S:a nuvärde	
	Intäkter	Kostnader		Intäkter	Kostnader	
Steg 1	29 315	183 831	<b>Olönsam</b>	53 744	184 456	<b>Olönsam</b>
Steg 1 + Steg 2	75 034	393 862	<b>Olönsam</b>	99 463	394 487	<b>Olönsam</b>
	<b><u>UPPSALA</u></b>			<b><u>LUND</u></b>		
	S:a nuvärde	S:a nuvärde		S:a nuvärde	S:a nuvärde	
	Intäkter	Kostnader		Intäkter	Kostnader	
Steg 1	93 417	320 316	<b>Olönsam</b>	93 417	263 590	<b>Olönsam</b>
Steg 1 + Steg 2	122 700	530 347	<b>Olönsam</b>	122 700	473 621	<b>Olönsam</b>

Intäkterna är värderade efter de energipriser som återfinns i Tabell 6.1. Det har antagits att dessa priser till 100 procent är rörliga. Åtgärdskostnaderna har antagits vara reall oförändrade i förhållande till dagens situation. Det hinner dock förflyta cirka 10 år till 2020, det år då kalkylperioden börjar. Någon justering av kostnaderna via något index, uppåt eller nedåt, har inte gjorts.

Som framgår av tabellen är inte något av de studerade energieffektiviseringsfallen lönsamma. Det innebär att en fastighetsägare som vill tillgodogöra sig värdet av energieffektiviseringarna måste göra investeringar, och kostnaderna för dessa investeringar överstiger vida de fördelar som vinnas i form av minskade utlägg för energi.

I exempelvis Kiruna, i ett småhus som försörjs med fjärrvärme, förbättras klimatskalet i Steg 1 som medför en minskad energianvändning i förhållande till föreslagna energikrav i BBR 2011 på 1 680 kWh per år. Värdet av denna minskning beräknas till 34 200 kronor för kalkylperio-

den. Nuvärdet av kostnaderna uppgår dock till 109 586 kronor. Åtgärderna i Steg 1 är alltså inte lönsamma.

Om en fastighetsägare i Kiruna gör ytterligare energieffektiviseringar i småhuset, Steg 1 + Steg 2, blir utfallet än mer olönsamt. Steg 2 innebär att investeringar görs i avloppsvärmeväxlare, solfångare och solceller. Dessa investeringar medför att fastighetsägaren sparar ytterligare 2 034 kWh och det samlade värdet uppgår till 79 920 kronor. Nuvärdet av kostnaderna har dock ökat betydligt och uppgår nu till 319 617 kronor.

Ett småhus i Kiruna som utnyttjar el för uppvärmning kommer med Steg 1 att spara 6 480 kWh per år, vilket värderas till 194 020 kronor under kalkylperioden. De samlade kostnaderna uppgår till 342 939 kronor. Om också Steg 2 genomförs sparas årligen ytterligare 978 kWh och det totala värdet av energibesparingen, Steg 1 + Steg 2, blir 223 302 kronor.<sup>16</sup> Det samlade kostnaderna blir 552 970 kronor.

I tabell 6.8 redovisas utfallen för flerbostadshuset.

---

<sup>16</sup> Hur man ur ekonomisk synvinkel ska förhålla sig till energieffektiviseringar som kommer i form av ”paketlösningar” diskuteras av professor Hans Lind i tidningen Fastighetsnytt 2/2011. Lind skriver att affärsmässighet innebär att ett företag ska ha samma avkastningskrav på samtliga i paketet ingående åtgärder. En lönsam energieffektiviseringsåtgärd ska inte finansiera en olönsam åtgärd även om de två åtgärderna sammantagna uppfyller det uppställda avkastningskravet.



Tabell 6.8. Det fastighetsekonomiska utfallet för flerbostadshus. 2010 års priser inkl. moms. Kalkylränta 4 %.

<b><u>UTFALL: FLERBOSTADSHUS FJÄRRVÄRME</u></b>						
	<b><u>KIRUNA</u></b>			<b><u>SUNDSVALL</u></b>		
	S:a nuvärde	S:a nuvärde		S:a nuvärde	S:a nuvärde	
	Intäkter	Kostnader		Intäkter	Kostnader	
Steg 1	1 307 666	1 616 949	Olönsam	1 108 673	1 634 349	Olönsam
Steg 1 + Steg 2	1 862 557	2 919 367	Olönsam	1 663 565	2 936 767	Olönsam
<b><u>UTFALL: FLERBOSTADSHUS EL</u></b>						
	<b><u>KIRUNA</u></b>			<b><u>SUNDSVALL</u></b>		
	S:a nuvärde	S:a nuvärde		S:a nuvärde	S:a nuvärde	
	Intäkter	Kostnader		Intäkter	Kostnader	
Steg 1	852 826	1 599 549	Olönsam	1 023 391	1 634 349	Olönsam
Steg 1 + Steg 2	1 407 717	2 901 967	Olönsam	1 578 282	2 936 767	Olönsam
	<b><u>UPPSALA</u></b>			<b><u>LUND</u></b>		
	S:a nuvärde	S:a nuvärde		S:a nuvärde	S:a nuvärde	
	Intäkter	Kostnader		Intäkter	Kostnader	
Steg 1	1 119 806	2 655 877	Olönsam	1 207 235	2 655 877	Olönsam
Steg 1 + Steg 2	1 503 923	3 958 295	Olönsam	1 590 154	3 958 295	Olönsam

De ekonomiska utfallen i flerbostadshuset är även de sådana, att det blir fastighetsekonomiskt olönsamt att genomföra de studerade energi-effektiviseringsåtgärderna.

Sammanfattningsvis; utav de 16 fall i småhus och i flerbostadshus som studerats och där åtgärder enligt Steg 1 genomförts (huvudsakligen klimatskålsåtgärder) har samtliga befunnits olönsamma. Driver man energieffektiviseringen ännu längre (Steg 1 + Steg 2) genom att också investera i avloppsvärmeväxlare, solfångare och solceller försämras resultaten ytterligare.

## Om intäkts- och kostnadssidan

### Intäktssidan

När en energikonsument genomför energieffektiviserande åtgärder leder detta till att konsumenten minskar utläggerna för energi. Denna minskning sker på de rörliga kostnaderna, medan de fasta kostnaderna förblir oförändrade.

I analysen har det antagits att de energipriser som presenteras i Tabell 6.1 är helt rörliga. Om den rörliga delen utgör en andel, exempelvis 80 procent i stället för 100 procent, kommer intäktssidan att påverkas. Varje sparad kWh värderas då lägre, innebärande att nuvärdet av energibesparingarna också blir lägre. Denna analys kan enkelt göras, genom att multiplicera intäkterna med faktorn 0,8 i tabellerna 6.7 och 6.8. Nedan har detta gjorts för flerbostadshuset med åtgärder enligt Steg 1 i Kiruna.

*Tabell 6.9. Det fastighetsekonomiska utfallet för flerbostadshus i Kiruna som värms upp med fjärrvärme alternativt med el. Rörliga energipriser uppgår till 80 % av energipriserna i tabell 6.1. 2010 års priser inkl. moms. Kalkylränta 4 %.*

<b>Fjärrvärme</b>			
	<b>S:a nuvärde</b>	<b>S:a nuvärde</b>	
	<b>Intäkter</b>	<b>Kostnader</b>	
Steg 1	1 046 133	1 616 949	Olönsam
<b>El</b>			
	<b>S:a nuvärde</b>	<b>S:a nuvärde</b>	
	<b>Intäkter</b>	<b>Kostnader</b>	
Steg 1	1 966 068	2 655 877	Olönsam

Som kan konstateras minskar intäkterna; från 1 307 666 kronor till 1 046 133 kronor om flerbostadshuset uppvärms med fjärrvärme och från 2 457 585 kronor till 1 966 068 kronor om el används för uppvärmning.

### Kostnadssidan

I analysen har det antagits att kostnaderna är reellt oförändrade. Innebörden av detta antagande är att kostnaderna ökar med inflationen. En investering enligt Steg 1 som görs i slutet av år 2020, i ett flerbostadshus i Kiruna med fjärrvärmeuppvärmning, beräknas i kalkylen kosta 1 450 744 kronor räknat i 2010 års priser. Om samma investering i stället genomförs idag blir investeringskostnaden också 1 450 744 kronor. Det är det som är innebörden av reellt oförändrade kostnader.

Om kostnaderna för energieffektiviserande åtgärder antas öka med 10 procent reellt under den återstående tiden fram till år 2020 skulle dessa uppgå till 1 595 818 kronor. Antas kostnaderna minska med 10 procent reellt skulle investeringskostnaderna uppgå till 1 305 670 kronor år 2020. Denna aspekt kommer att utvecklas i nästa avsnitt.

I kapitel 7 görs en genomgång av hur investeringar i energieffektiviserande åtgärder kan komma att påverka de åtta andra egenskapskraven som samtidigt också ska uppfyllas i en nyproducerad byggnad. Där argumenteras det att om energieffektiviseringsåtgärder genomförs och det

samtidigt leder till att andra, mer kostsamma lösningar måste användas bland de övriga egenskapskraven, bör detta belasta energikalkylen.

En aspekt som kan vara aktuell vid klimatskalsinvesteringar i flerbostadshus är att den uthyrbara bostadsarean kan komma att minska. Detta leder i så fall till ett intäktsbortfall som ska vara med som en kostnadspost i en samhällsekonomisk kalkyl av energieffektiviseringar och den bör också vara med i den fastighetsekonomiska kalkylen. I det flerbostadshus som används i denna utredning minskar den uthyrbara bostadsarean med 62 kvadratmeter, vid en ökning av isoleringens tjocklek från 250 till 450 mm om isoleringen görs inåt, vilket kan vara aktuellt om byggrätten är fullt utnyttjad. Ansätts en hyra på 1600 kronor/m<sup>2</sup> och år uppgår det årliga intäktsbortfallet till 99 200 kronor.<sup>17</sup>

Detta är ett exempel som också visar att om man endast fokuserar på de direkta kostnaderna för energieffektivisering och bortser från de följd-effekter/följdinvesteringar som kan uppstå, riskerar energikalkylen att generera ett felaktigt resultat ur samhällsekonomisk synvinkel.

## Vad krävs i form av teknisk utveckling?

Som nämndes tidigare är kraven i Boverkets byggregler utformade som s.k. funktionskrav. Det innebär att krav ställs på vilka egenskaper den färdiga byggnaden ska ha, men inte hur man ska bygga för att åstadkomma detta. Frihetsgraderna för byggherren är därigenom stora och funktionskrav stimulerar också teknisk utveckling.

Enligt direktiv 2010/31/EU ska en definition av s.k. nära nollenergi-byggnad börja tillämpas från år 2020. Om denna definition införs i förordning år 2012 blir den stora frågeställningen hur den kan tänkas påverka den tekniska utvecklingen, när byggherrar och andra tidigt får information om definitionen och därmed ges möjlighet att anpassa sig.<sup>18</sup>

Resultaten från de ovan presenterade energikalkylerna pekar på att de nivåer på energieffektiviseringen som studerats är olönsamma. Av totalt 16 undersökta fall med Steg 1 åtgärder är ingen fastighetsekonomisk lönsam. Den tekniska utvecklingen måste alltså leda till att mer kostnadseffektiva lösningar utvecklas under perioden fram till år 2020.

---

<sup>17</sup> I Lund beräknas åtgärder enligt Steg 1 (huvudsakligen klimatskalsåtgärder) spara 40 320 kWh när flerbostadshuset uppvärms med el. Värdet av första årets energibesparing (år 2021) beräknas till 60 289 kronor. Det innebär att om fastighetsägaren har ett intäktsbortfall i denna storleksordning (99 200 kronor per år) pga. energieffektiviseringar, förmår värdet av energibesparingarna inte finansiera intäktsbortfallet.

<sup>18</sup> Ur samhällsekonomisk synvinkel uppkommer frågan om en skärpning av ett administrativt styrmedel är det bästa sättet att ”trigga” igång teknisk utveckling eller om ekonomiska styrmedel är att föredra. Eller en kombination? Inom ramen för detta arbete har det inte funnits tid för att undersöka detta närmare.

### Teknisk utveckling och kostnadsminskningar

En enkel ansats för att belysa den tekniska utvecklingen är att utifrån dagens kostnadsnivåer ställa sig frågan vilka årliga procentuella reala kostnadsminskningar skulle krävas för att de investeringskostnader som görs i slutet av år 2020 leder till att de undersökta fallen når "break-even". Detta kommer att undersökas i det följande. I tabell 6.10 redovisas analysen för småhuset.

Tabell 6.10. Den årliga procentuella minskningen i investeringskostnaderna i småhus för att nå "break-even" med Steg 1.

<b>SMÅHUS FJÄRRVÄRME</b>				
	<b>Kiruna</b>	<b>Sundsvall</b>	<b>Uppsala</b>	<b>Lund</b>
Investerings-				
kostnader år 2020	109 586	148 733	183 831	184 456
Nuvärde, återinvesteringar	0	0	0	0
Nuvärde, drift- och underhåll	0	0	0	0
<b>Totala kostnader</b>	<b>109 586</b>	<b>148 733</b>	<b>183 831</b>	<b>184 456</b>
Kostnadsutrymmet	34 200	41 529	29 315	53 744
Årlig procentuell minskning 2012-2020	12,1%	13,2%	18,5%	12,8%
<b>SMÅHUS EL</b>				
	<b>Kiruna</b>	<b>Sundsvall</b>	<b>Uppsala</b>	<b>Lund</b>
Investerings-				
kostnader år 2020	304 809	310 144	282 186	241 818
Nuvärde, återinvesteringar	16 358	16 358	16 358	0
Nuvärde, drift- och underhåll	21 772	21 772	21 772	0
<b>Totala kostnader</b>	<b>342 939</b>	<b>348 274</b>	<b>320 316</b>	<b>241 818</b>
Kostnadsutrymmet	194 020	147 311	93 417	93 417
Årlig procentuell minskning 2012-2020	7,2 %	11,0 %	16,6 %	10,0 %

I tabellen tydliggörs hur beräkningarna i kalkylmodellen är utformade. I exempelvis Kiruna när småhuset uppvärms med fjärrvärme uppgår investeringskostnaderna i Steg 1, som görs i slutet av år 2020, till totalt 109 586 kronor. Det är klimatskalsåtgärder med en antagen livslängd på 40 år. Några ersättningsinvesteringar görs inte under perioden varför nuvärdet är 0 kronor. Vidare förutsätts att energiinvesteringarna inte skapar några drift- och underhållskostnader, och också detta nuvärde är 0 kronor. Investeringen leder till att energi sparas från och med år 2021 och 40 år framåt. Nuvärdet år 2020 av energibesparingen uppgår till 34 200 kronor. Detta värde utgör också det kostnadsutrymme som finns för investeringar. Men genom att de investeringskostnader som bedöms krävas är större än kostnadsutrymmet är investeringen olönsam.

År 2020 ligger dock nio år framåt i tiden och möjligheten finns för teknisk utveckling, vilken kan leda till att åtgärdskostnaderna reduceras. För att komma ner till kostnadsutrymmet måste investeringskostnaderna minska från 109 586 kronor till 34 200 kronor, en minskning med 75 386 kronor. För att uppnå detta måste den tekniska utvecklingen leda till en årlig procentuell realkostnadsminskning på 12,1 procent.

Som kan konstateras varierar den årliga procentuella kostnadsminskningen som krävs för att komma ner till kostnadsutrymmet i de olika fallen. När småhuset uppvärms med fjärrvärme varierar den mellan, som lägst, 12,1 procent i Kiruna och som högst 18,5 procent i Uppsala. Situationen om småhuset uppvärms med el är att den årliga kostnadsminskningen som krävs är mellan 7,2 procent i Kiruna och 16,6 procent i Uppsala som högst.

I tabell 6.11 visas situationen i flerbostadshuset.

*Tabell 6.11. Den årliga procentuella minskningen i investeringskostnaderna i flerbostadshus för att nå "break-even" med Steg 1.*

<b><u>FLERBOSTADSHUS FJÄRRVÄRME</u></b>				
	<b>Kiruna</b>	<b>Sundsvall</b>	<b>Uppsala</b>	<b>Lund</b>
Investeringskostnader år 2020	1 450 744	1 468 144	1 433 344	1 468 144
Nuvärde, återinvesteringar	23 697	23 697	23 697	23 697
Nuvärde, drift- och underhåll	142 508	142 508	142 508	142 508
<b>Totala kostnader</b>	<b>1 616 949</b>	<b>1 634 349</b>	<b>1 599 549</b>	<b>1 634 349</b>
Kostnadsutrymmet	1 307 666	1 108 673	852 826	1 023 391
Årlig procentuell minskning 2012-2020	2,6 %	4,8 %	7,9 %	5,8 %
<b><u>FLERBOSTADSHUS EL</u></b>				
	<b>Kiruna</b>	<b>Sundsvall</b>	<b>Uppsala</b>	<b>Lund</b>
Investeringskostnader år 2020	2 110 394	2 110 394	2 110 394	2 110 394
Nuvärde, återinvesteringar	175 358	175 358	175 358	175 358
Nuvärde, drift- och underhåll	370 125	370 125	370 125	370 125
<b>Totala kostnader</b>	<b>2 655 877</b>	<b>2 655 877</b>	<b>2 655 877</b>	<b>2 655 877</b>
Kostnadsutrymmet	2 457 585	1 853 968	1 119 806	1 207 235
Årlig procentuell minskning 2012-2020	1,2 %	5,8 %	15,0 %	13,5 %

I exempelvis Kiruna och där flerbostadshuset uppvärms med fjärrvärme uppgår investeringskostnaderna, som görs i slutet av år 2020, till totalt 1 450 744 kronor. I detta belopp ingår investeringar i utrustning för individuell mätning av tappvarmvatten med 54 000 kronor. Livslängden för denna del av investeringen sätts till 20 år vilket innebär, att en ersättningsinvestering måste göras år 2041, också till en total kostnad på 54 000 kronor. Tas detta till ett nuvärde blir detta 23 697 kronor vid den antagna 4 procentiga kalkylräntan.

De extra årliga drift- och underhållskostnaderna uppskattas till 7 200 kronor. Nuvärdet av detta blir 142 508 kronor. Sammantaget leder det till att de totala kostnaderna uppgår till 1 616 949 kronor.

Skillnaden mellan de totala kostnaderna och kostnadsutrymmet är 309 283 kronor. Detta belopp måste de ursprungliga investeringskostnaderna minska med för att erhålla det efterfrågade resultatet<sup>19</sup>.

När flerbostadshuset uppvärms med fjärrvärme varierar den årliga procentuella kostnadsminskningen, från som lägst 2,6 procent i Kiruna och som högst 7,9 procent i Uppsala. Uppvärmis flerbostadshuset med el krävs en årlig kostnadsminskning i Kiruna på 1,2 procent. På övriga orter krävs årliga kostnadsminskningar på mellan 5,8 och 15,0 procent.

### **Hur har kostnaderna utvecklats historiskt?**

Kalkylerna i denna rapport visar att det krävs väsentliga reala kostnadsminskningar fram till år 2020 om de nivåer på energianvändningen som studerats ska vara fastighetsekoniskt lönsamma, givet dagens åtgärds-kostnader. Då har endast de direkta åtgärds-kostnaderna inkluderats och eventuella följd effekter har inte beaktats, såsom exempelvis eventuella intäktsbortfall i flerbostadshus. Intäktsbortfallet kommer av att energi-effektiviseringar i klimatskal kan kräva utrymme, vilket i så fall minskar den uthyrbara bostadsarean. Det har även förutsatts att de tekniska lösningar som väljs inom energiområdet inte kräver fördyrande åtgärder för att uppfylla de åtta andra egenskapskraven.

Energieffektiviseringsåtgärder i Steg 1 innebär ytterligare isolering av klimatskal inklusive bättre ytterdörrar och fönster, tätning av klimatskal, installation av FTX eller ev. byte till FTX med högre verkningsgrad. Den totala investeringskostnaden för ett flerbostadshus som uppvärms med el är densamma på de fyra orterna, 2 110 394 kronor. Av detta hänförs 1 189 144 kronor till direkta klimatskalsåtgärder, 867 250 kronor till FTX och 54 000 kronor till utrustning för individuell tappvarmvattenmätning. Procentuellt blir det 56 procent, 41 procent respektive 3 procent.

Blickar man tillbaka på hur kostnadsutvecklingen varit de senaste 10 åren uppkommer frågan vilket av de många publicerade index som ska användas. Det är viktigt att rätt index väljs som fångar in de kostnader som berörs. (SCB 2010). Faktorprisindex för flerbostadshus och för gruppbyggda småhus har ökat reallt med 23 procent respektive 19 procent under perioden 2000–2010.<sup>20</sup> Fångar dessa index in kostnaderna för ener-

<sup>19</sup> Vi antar att kostnadsminskningen måste göras på investeringskostnaderna. Drift- och underhållskostnader förblir oförändrade.

<sup>20</sup> Faktorprisindex för byggnadsverksamhet mäter förändringen av entreprenörens kostnad respektive byggherrekostnaden. De olika kostnadsposterna är material, arbetslöner, ma-

giffektivisering och om denna utveckling bedöms fortsätta, borde de i kalkylen använda kostnaderna ha justerats med hänsyn tagen till realprisökningen. Detta skulle då ytterligare försämra kalkylresultaten. Vi väljer här istället att använda reall oförändrade kostnader. Det innebär att resultaten i denna analys rimligtvis har en god säkerhetsmarginal.

Sammanfattar vi resultaten från kalkylerna visar de att de nivåer på energianvändningen som valts inte är fastighetsekonomiska lönsamma. För att få lönsamhet krävs betydande reala kostnadsminskningar under perioden 2012–2020. Detta ska jämföras med att faktorprisindex har ökat i reala termer under de senaste 10 åren (19 - 23 %). För att få fastighetsekonomisk lönsamhet i de energieffektiviserande åtgärder som återfinns i Steg 1, måste därför den historiska kostnadstrenden brytas och vändas i dess motsats.

## Känslighetsanalys

I känslighetsanalys undersöks hur kalkylens slutresultat påverkas vid alternativa antaganden på de mest osäkra parametrarna. Redan tidigare i denna rapport har känslighetsanalyser genomförts; dels konstaterades det att intäkterna kommer att minska om de rörliga energipriserna utgör en andel (80 procent i det studerade fallet) av de priser som används i huvudkalkylen, dels diskuterades det rimliga i att anta reall oförändrade kostnader i ljustet av att det historiskt varit en real ökning. Var och en av dessa faktorer förstärker resultaten om olönsamma investeringar för de nivåer på energieffektiviseringen som valts. Kalkylräntan, energiprisutvecklingen och livslängden på investeringen är tre parametrar som också påverkar utfallen. Detta analyseras i det följande.

### **Känslighetsanalys vid olika ränte- och energiprisantaganden**

Vid lägre kalkylränta och vid högre energiprisutveckling, allt annat lika, förbättras resultaten från kalkylen. I tabell 6.12 redovisas utfallen för flerbostadshuset uppvärmt med fjärrvärme alternativt med el vid olika ränte- och energiprisantaganden.

Tabell 6.12. Känslighetsanalys för ett flerbostadshus som genomför Steg 1 investeringar vid olika kalkylräntor. Energipriserna som i huvudalternativet. 2010 års priser. Kronor inklusive moms.

<b>UTFALL: FLERBOSTADSHUS FJÄRRVÄRME</b>							
<b><u>KIRUNA</u></b>				<b><u>SUNDSVALL</u></b>			
Ränta	Energipris- Ökning	S:a nuvärde Intäkter	S:a nuvärde Kostnader		S:a nuvärde Intäkter	S:a nuvärde Kostnader	
2 %	Huvudalt.	1 849 826	1 683 331	Lönsam	1 568 331	1 700 731	Olönsam
4 %	Huvudalt.	1 307 666	1 616 949	Olönsam	1 108 673	1 634 349	Olönsam
6 %	Huvudalt.	973 751	1 574 962	Olönsam	825 572	1 592 362	Olönsam
<b><u>UPPSALA</u></b>				<b><u>LUND</u></b>			
		S:a nuvärde Intäkter	S:a nuvärde Kostnader		S:a nuvärde Intäkter	S:a nuvärde Kostnader	
2 %	Huvudalt.	1 206 408	1 665 931	Olönsam	1 447 690	1 700 731	Olönsam
4 %	Huvudalt.	852 826	1 599 549	Olönsam	1 023 391	1 634 349	Olönsam
6 %	Huvudalt.	635 055	1 557 562	Olönsam	762 066	1 592 362	Olönsam
<b>UTFALL: FLERBOSTADSHUS EL</b>							
<b><u>KIRUNA</u></b>				<b><u>SUNDSVALL</u></b>			
		S:a nuvärde Intäkter	S:a nuvärde Kostnader		S:a nuvärde Intäkter	S:a nuvärde Kostnader	
2 %	Huvudalt.	3 403 183	2 885 588	Lönsam	2 567 314	2 885 588	Olönsam
4 %	Huvudalt.	2 457 585	2 655 877	Olönsam	1 853 968	2 655 877	Olönsam
6 %	Huvudalt.	1 865 065	2 509 304	Olönsam	1 406 979	2 509 304	Olönsam
<b><u>UPPSALA</u></b>				<b><u>LUND</u></b>			
		S:a nuvärde Intäkter	S:a nuvärde Kostnader		S:a nuvärde Intäkter	S:a nuvärde Kostnader	
2 %	Huvudalt.	1 550 671	2 885 588	Olönsam	1 671 739	2 885 588	Olönsam
4 %	Huvudalt.	1 119 806	2 655 877	Olönsam	1 207 235	2 655 877	Olönsam
6 %	Huvudalt.	849 823	2 509 304	Olönsam	916 172	2 509 304	Olönsam

Kalkylräntan ansätts till 2, 4 och 6 procent medan energiprisutvecklingen är enligt huvudalternativet (Energimyndighetens prognos). När flerbostadshuset uppvärms med fjärrvärme; vid en kalkylränta på 2 procent kommer nu åtgärder enligt Steg 1 att vara lönsamma i Kiruna. I övriga fall är investeringen olönsam.

När flerbostadshuset uppvärms med el kommer investeringen att vara lönsam i Kiruna vid en kalkylränta på 2 procent. I övrigt är utfallen fortsatt olönsamma.

I tabell 6.13 nedan varieras också energipriserna. De antas årligen öka med 2 procent.



Tabell 6.13. Känslighetsanalys för ett flerbostadshus som genomför Steg 1 investeringar vid olika kalkylräntor. Energipriserna som ökar med 2 % årligen. 2010 års priser. Kronor inklusive moms.

<b>UTFALL: FLERBOSTADSHUS FJÄRRVÄRME</b>							
<b><u>KIRUNA</u></b>				<b><u>SUNDSVALL</u></b>			
<b>Ränta</b>	<b>Energipris- Ökning</b>	<b>S:a nuvärde Intäkter</b>	<b>S:a nuvärde Kostnader</b>		<b>S:a nuvärde Intäkter</b>	<b>S:a nuvärde Kostnader</b>	
<b>2 %</b>	<b>2 %</b>	2 270 707	1 683 331	<b>Lönsam</b>	1 925 165	1 700 731	<b>Lönsam</b>
<b>4 %</b>	<b>2 %</b>	1 563 641	1 616 949	<b>Olönsam</b>	1 325 696	1 634 349	<b>Olönsam</b>
<b>6 %</b>	<b>2 %</b>	1 136 824	1 574 962	<b>Olönsam</b>	963 829	1 592 362	<b>Olönsam</b>
<b><u>UPPSALA</u></b>				<b><u>LUND</u></b>			
		<b>S:a nuvärde Intäkter</b>	<b>S:a nuvärde Kostnader</b>		<b>S:a nuvärde Intäkter</b>	<b>S:a nuvärde Kostnader</b>	
<b>2 %</b>	<b>2 %</b>	1 480 896	1 665 931	<b>Olönsam</b>	1 777 075	1 700 731	<b>Lönsam</b>
<b>4 %</b>	<b>2 %</b>	1 019 766	1 599 549	<b>Olönsam</b>	1 223 719	1 634 349	<b>Olönsam</b>
<b>6 %</b>	<b>2 %</b>	741 407	1 557 562	<b>Olönsam</b>	889 688	1 592 362	<b>Olönsam</b>
<b>UTFALL: FLERBOSTADSHUS EL</b>							
<b><u>KIRUNA</u></b>				<b><u>SUNDSVALL</u></b>			
		<b>S:a nuvärde Intäkter</b>	<b>S:a nuvärde Kostnader</b>		<b>S:a nuvärde Intäkter</b>	<b>S:a nuvärde Kostnader</b>	
<b>2 %</b>	<b>2 %</b>	4 905 355	2 885 588	<b>Lönsam</b>	3 700 531	2 885 588	<b>Lönsam</b>
<b>4 %</b>	<b>2 %</b>	3 377 897	2 655 877	<b>Lönsam</b>	2 548 238	2 655 877	<b>Olönsam</b>
<b>6 %</b>	<b>2 %</b>	2 455 854	2 509 304	<b>Olönsam</b>	1 852 662	2 509 304	<b>Olönsam</b>
<b><u>UPPSALA</u></b>				<b><u>LUND</u></b>			
		<b>S:a nuvärde Intäkter</b>	<b>S:a nuvärde Kostnader</b>		<b>S:a nuvärde Intäkter</b>	<b>S:a nuvärde Kostnader</b>	
<b>2 %</b>	<b>2 %</b>	2 235 140	2 885 588	<b>Olönsam</b>	2 409 648	2 885 588	<b>Olönsam</b>
<b>4 %</b>	<b>2 %</b>	1 539 149	2 655 877	<b>Olönsam</b>	1 659 318	2 655 877	<b>Olönsam</b>
<b>6 %</b>	<b>2 %</b>	1 119 017	2 509 304	<b>Olönsam</b>	1 206 385	2 509 304	<b>Olönsam</b>

När energiprisutvecklingen sätts till 2 procent årligen, såväl för elpriset som för fjärrvärmepriset, kommer utfallen vid en kalkylränta på 2 procent att vara lönsamma i Kiruna, i Sundsvall och i Lund när flerbostadshuset uppvärms med fjärrvärme.

Uppvärmis flerbostadshuset med el blir investeringen lönsam i Kiruna vid kalkylräntenivåerna 2 respektive 4 procent, och i Sundsvall när kalkylräntan är 2 procent. I klimatzon III där Uppsala och Lund är belägna är investeringen fortsatt olönsam oberoende av vilka tre kalkylränteanta-ganden som görs, trots att el- och fjärrvärmepriserna antas öka med 2 procent årligen.

**Känslighetsanalys med andra antaganden på livslängd och kalkylperiod**

Livslängderna på de energieffektiviserande åtgärder som används i huvudalternativet är antingen 40 eller 20 år beroende på åtgärd. I detta avsnitt görs en känslighetsanalys då åtgärderna ansätts en kortare livslängd. Följande antaganden görs:

- Kalkylperiod: 30 år.
- Klimatskal: Livslängd 30 år.
- FTX: Livslängd 15 år. Vid återinvestering år 16; 60 % av investeringskostnad för småhus och 40 % för flerbostadshus.
- Individuell tappvarmvattenmätning, flerbostadshus: Livslängd 15 år. Investering år 16 i ett helt nytt system.
- Energiprisutvecklingen antas till huvudalternativets utveckling (Energimyndighetens prognos).

Förändringen av kalkylperiod och livslängder leder till följande resultat.

Tabell 6.14. Känslighetsanalys för ett flerbostadshus som genomför Steg 1 investeringar vid olika kalkylräntor. Livslängder 30 respektive 15 år. Energipriserna som i huvudalternativet. 2010 års priser. Kronor inklusive moms.

<b><u>UTFALL: FLERBOSTADSHUS FJÄRRVÄRME</u></b>						
<b><u>KIRUNA</u></b>			<b><u>SUNDSVALL</u></b>			
	S:a nuvärde	S:a nuvärde		S:a nuvärde	S:a nuvärde	
Ränta	Intäkter	Kostnader		Intäkter	Kostnader	
2 %	1 456 492	1 651 336	Olönsam	1 234 852	1 668 736	Olönsam
4 %	1 109 615	1 604 079	Olönsam	940 760	1 621 479	Olönsam
6 %	872 412	1 571 109	Olönsam	739 654	1 588 509	Olönsam
<b><u>UPPSALA</u></b>			<b><u>LUND</u></b>			
	S:a nuvärde	S:a nuvärde		S:a nuvärde	S:a nuvärde	
	Intäkter	Kostnader		Intäkter	Kostnader	
2 %	949 886	1 633 936	Olönsam	1 139 863	1 668 736	Olönsam
4 %	723 662	1 586 679	Olönsam	868 394	1 621 479	Olönsam
6 %	568 964	1 553 709	Olönsam	682 757	1 588 509	Olönsam
<b><u>UTFALL: FLERBOSTADSHUS EL</u></b>						
<b><u>KIRUNA</u></b>			<b><u>SUNDSVALL</u></b>			
	S:a nuvärde	S:a nuvärde		S:a nuvärde	S:a nuvärde	
	Intäkter	Kostnader		Intäkter	Kostnader	
2 %	2 777 607	2 820 295	Olönsam	2 095 388	2 820 295	Olönsam
4 %	2 142 159	2 647 105	Olönsam	1 616 015	2 647 105	Olönsam
6 %	1 703 450	2 525 097	Olönsam	1 285 059	2 525 097	Olönsam
<b><u>UPPSALA</u></b>			<b><u>LUND</u></b>			
	S:a nuvärde	S:a nuvärde		S:a nuvärde	S:a nuvärde	
	Intäkter	Kostnader		Intäkter	Kostnader	
2 %	1 265 625	2 820 295	Olönsam	1 364 439	2 820 295	Olönsam
4 %	976 081	2 647 105	Olönsam	1 052 289	2 647 105	Olönsam
6 %	776 182	2 525 097	Olönsam	836 783	2 525 097	Olönsam

Det som händer vid kortare livslängder på intäktssidan är, att fastighetsägaren nu kan tillgodogöra sig värdet av årliga energibesparingar under 30 år i stället för, som tidigare, 40 år. Nuvärdet blir därför lägre.

På kostnadssidan innebär kortare livslängder i modellen, att investeringskostnaderna år 2020 är desamma som tidigare, men att de varar kortare tid. Ersättningsinvesteringarna i FTX och utrustning för individuell mätning av varmvatten kommer att infalla år 16, dvs. år 2036.

Resultaten i modellen vid kortare livslängder är att samtliga åtgärder enligt Steg 1 investeringarna är olönsamma.

Något restvärde har inte ansatts i kalkylerna. Om exempelvis klimatskalsåtgärder vid utgången av år 30, dvs. år 2050, fortfarande har ett ekonomiskt värde borde detta inkluderas i kalkylen. Detta ekonomiska värde

ska tas till ett nuvärde. Med restvärden skulle resultaten i Tabell 6.14 förbättras något.

För att exemplifiera vilket restvärde det skulle krävas för att nå "break-even" i några fall; i Sundsvall när flerbostadshuset uppvärms med fjärrvärme är nuvärdet av intäkterna 1 234 852 kronor och nuvärdet av kostnaderna 1 668 736 kronor vid 2 procent kalkylränta. Investeringen, vars kostnad uppgår till 1 468 144 kronor år 2020, är olönsam och skillnaden mellan kostnader och intäkter uppgår till 433 884 kronor. För att investeringen till att nå "break-even" krävs, att restvärdet taget till ett nuvärde uppgår till 433 884 kronor. År 30 skulle det kräva att restvärdet är 785 921 kronor, eller 53 procent av den ursprungliga investeringskostnaden.

I samma hus och på samma ort, men vid 4 procents kalkylränta är intäkterna 940 760 kronor och kostnaderna 1 621 479 kronor, en skillnad på 680 719 kronor. För att nå "break-even" i detta fall krävs ett restvärde år 30 på 2 207 842 kronor, dvs. 50 procent större är den ursprungliga investeringen.

Kalkylerna, med restvärden inkluderade, pekar på att restvärdena måste vara orealistiskt höga vid utgången av den 30-åriga kalkylperioden för att uppnå "break-even". I praktiken kommer restvärdena att vara lägre. Med restvärdena inkluderade leder det ändå till att utfallen blir olönsamma.

## 7. Hur påverkas möjligheten att uppfylla de övriga egenskapskraven?

### Inledning

Vid framtagning av konsekvensutredningar av regeländringar är några av de steg som ska göras att identifiera och beskriva effekterna, kvantifiera dem och om möjligt också värdera dem. I idealfallet kan man mäta samtliga effekter, såväl positiva som negativa med samma enhet, t.ex. i kronor. Det är detta som den samhällsekonomiska kostnads- och intäktsanalysen bygger på. När såväl positiva som negativa effekter mäts i samma enhet kan avvägningar göras och de olika egenskapskraven kan ställas mot varandra. Exempelvis kan en ytterligare skärpning av energikravet försvaras ur samhällsekonomisk synvinkel om värdet av samtliga positiva effekter i form av minskade kostnader för energiomvandlingen och minskade skadekostnader på miljön överstiger värdet av samtliga de negativa (åtgärds-kostnader och övriga kostnader) som skärpningen leder till.

Det är således ett helhetsperspektiv på byggnaden som anläggs och ett sådant förfaringssätt kan också ge en indikation på vilka nivåer som ska ställas på de övriga egenskapskraven. Utgår man från givna nivåer på övriga egenskapskrav i exempelvis BBR 2011, och skärper energikravet kan slutresultatet mycket väl bli att man bör lätta på något eller några av de övriga egenskapskraven p.g.a. att värdet av de negativa effekterna (dvs. kostnaderna) för detta är lägre än värdet av de positiva effekterna (dvs. intäkterna) som skärpningen av energikravet leder till.<sup>21</sup>

Även om den ovan beskrivna angreppssättet är eftersträvansvärt stöter det på svårigheter i praktiken. Dels ingår i uppdraget att skärpningen av energikravet inte får gå ut över övriga egenskapskrav. Boverkets tolkning av detta är att de nivåer som gäller i BBR 2011 när det gäller övriga egenskapskrav även ska gälla fortsättningsvis. Något utrymme ges därför inte att lätta på något eller några av dessa krav. Vidare är det svårt att i praktiken identifiera, kvantifiera och värdera samtliga väsentliga effekter som en skärpning av energikravet får på de övriga egenskapskraven.

Vid avvägningen mellan en skärpning av energikravet och övriga egenskapskrav accentueras svårigheterna genom att marknadspriser existerar för energi men inte för de övriga egenskapskraven, såsom exem-

<sup>21</sup> Om vi antar att byggherren söker att uppfylla samtliga krav till lägsta möjliga kostnad kan det problem som byggherren står inför formuleras som ett optimeringsproblem. Ett optimeringsproblem har en målfunktion som ska optimeras med ett eller flera s.k. bivillkor eller restriktioner som påläggs. Målfunktionens värde kan antingen maximeras eller minimeras. Exempelvis kan målfunktionen vara ett företags vinstfunktion, som då ska maximeras. Målfunktionen kan också vara ett företags kostnadsfunktion. Där består optimeringen i att minimera målfunktionens värde. I byggherrens fall är målfunktionen livscykelkostnaderna vilka ska minimeras under förutsättning att samtliga nio egenskapskrav uppfylls. I livscykelkostnaderna inkluderas samtliga kostnader under byggnadens livslängd för samtliga egenskapskrav (investeringskostnader, drift- och underhåll osv.).

pelvis ”tillgänglighet” och ”skydd med hänsyn till hygien, hälsa och miljö”. Man har att väga ett krav där det finns marknadspriser att tillgå mot andra 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 såsom försämrad tillgänglighet eller risk för fukt och mögelskador eller försämrat inomhusklimat. Risken är därför påtaglig att för stor vikt läggs på sådana effekter som det är lätt att räkna på och att de aspekter som är svåra att kvantifiera och värdera definieras bort.

Ett vanligt tillvägagångssätt är helt enkelt anta att de övriga egenskapskraven uppfylls, utan att analysera vad som egentligen krävs för att antagandet ska vara uppfyllt. I verkligheten kan det behövas att andra, mer kostsamma lösningar används bland de övriga egenskapskraven för att de inte ska påverkas av en skärpning av energikravet. Är så fallet bör energikalkylen även belastas med dessa kostnader, något som sällan eller aldrig görs.

Nedan presenteras de möjliga effekterna på de övriga egenskapskraven vid en skärpning av energikravet. För egenskapskraven identifieras och beskrivs de överblickbara effekterna, såväl positiva som negativa.

## Bedömda effekter (positiva och negativa) på de övriga egenskapskraven vid en skärpning av energikravet

Utgångspunkten i redovisningen är referensalternativet, dvs. föreslagna energikrav i BBR från den 1 oktober 2011. De bedömda effekterna avser en situation där referensalternativet jämförs med att energikravet skärps till vad som är tekniskt möjligt att uppnå.

Redovisningen av de bedömda effekterna utgår från den kvalitet på de övriga tekniska egenskapskraven som erhålls med dagens byggregler. Det innebär t.ex. att när man sätter in mer energieffektiva fönster än dagens standard, så ger inte detta någon ytterligare påtaglig förbättring vad avser buller eller kallras. Anledningen är att fönsterkvalitén i dessa avseenden redan bedöms vara tillfredställande.

### **Bärförmåga, stadga och beständighet**

- Ökad isolering under en platta på mark minskar värmeförlusterna genom plattan. Men samtidigt kan det leda till tjälproblem eftersom underliggande mark inte värms upp av byggnaden i samma utsträckning som under en platta på mark med mindre isolering. Det kan medföra att grundläggningen behöver göras djupare, med tjockare kantbalkar, plintar, pålning, utbyte av tjälfarliga massor eller motsvarande.
- En väl isolerad yttervägg minskar värmeförlusterna genom väggen men ger samtidigt en kall fasad. Detta kan leda till problem med fasadmaterial såsom tegel. Risk föreligger för frostbildning och frostsprängning då tegelväggen har svårare att torka ut efter fuktinträning.

### Säkerhet i händelse av brand

- Installation av ett centralt mekanisk från- och tilluftsventilation med värmeåtervinning (FTX) minskar energianvändningen för uppvärmning. Där ventilationskanaler bryter genom brandceller måste kanalerna förses med brandgasspjäll och fläktaggregaten måste också placeras i fläktrum som utgör egen brandcell, för att upprätthålla brandskyddsnivån.

### Skydd med hänsyn till hygien, hälsa och miljö

- Installation av mekanisk från- och tilluftsventilation med värmeåtervinning (FTX) minskar energianvändningen för uppvärmning och ökar den termiska komforten vid kall väderlek då tilluften är förvärmad. Roterande ventilationsvärmväxlare kan dock leda till fuktåterföring och därmed ökad fuktbelastning i byggnaden.
- Byggnader med välisolerat klimatskal minskar energianvändningen för uppvärmning. De interna effekttillskotten från solinstrålning genom fönster, personvärme, teknisk utrustning m.m. kan under perioder överstiga effektbehovet för uppvärmning och leda till övertemperaturer inomhus. Detta kan leda till ökat behov av komfortkyla vilket då ökar energianvändningen.
- Ökad vindsisolering minskar värmeförlusterna genom vinden men medför kallare och fuktigare vindar med ökad risk för kondens och mögel. Detta kan motverkas genom att en del av värmeisoleringen görs längs undersidan på yttertak. Det är en dyrare lösning jämfört med att isolera ovansidan av vindsbjälklaget med lösull.
- Ökad värmeisolering i yttervägg och lufttätare klimatskärm medför tätare väggkonstruktion och minskar energianvändningen för uppvärmning. Den termiska komforten bedöms inte öka eftersom dagens standard på väggar redan ger tillfredställande termisk komfort. Temperaturen i väggkonstruktionens ytterdel kan bli lägre pga. den bättre värmeisoleringen vilket leder till att fuktigheten blir högre. Minskat värmeläckage ger långsammare uttorkning av fukt som tränger in i väggen eller byggfukt. Om väggen innehåller organiskt material, exempelvis trä, ökar risken för mögeltillväxt.
- Ökad lufttäthet för klimatskärmen medför minskade fuktskador genom att risken för kondens i ytterväggar och tak minskar pga. mindre utläckande fuktig luft i klimatskalet.
- Ökad lufttäthet för klimatskärmen medför att mekaniskt från- och tilluftsventilation kan styras och fungera bättre på grund av mindre påverkan av yttre lufttrycksförhållanden. Skulle sådant ventilationsystem falla, t.ex. genom brist i skötsel och underhåll, kompenseras ventilationen i mindre utsträckning av ofrivillig ventilation genom otätheter i klimatskärmen. Resultatet blir i sådant fall sämre inomhusluft. Speciellt gäller detta om ventilationssystemet också har funktionen att minska radonhalten i inomhusluften.
- I välisolerade och därmed tjocka ytterväggar minskar ljusinsläppet från fönster. Fönsterglasarean bör ökas eller väggarna fasas runt fönsternischer för att inte ljusinsläppet ska minska. Ökas glasarean ökar energianvändningen.

- Installation av energieffektiva fönster minskar värmeförlusterna genom fönstret. Dagsljuset i byggnadens rum bedöms inte försämrats eftersom skillnaden i dagsljusfaktor mellan dagens standard på fönster och fönster med bättre energieffektivitet är marginell. Den termiska komforten bedöms inte öka eftersom dagens standard på fönster redan ger tillfredställande termisk komfort.
- Installation av solfångare eller solceller minskar energianvändningen för uppvärmning alternativt elanvändningen. Risken för läckage på tak och fasad ökar vid infästningar och rör-/kabelgenomföringar. Fuktrinträngning i tak-/väggkonstruktionen kan i förlängningen leda till fukt- och mögelskador.

#### **Skydd mot buller**

- Installation av energieffektiva fönster minskar värmeförlusterna genom fönstret. Bullerskyddet bedöms inte öka eftersom dagens standard på fönster redan i normalfallet ger tillräckligt bullerskydd. Det kan istället medföra att det blir för tyst inomhus. Inomhusljud, exempelvis ventilationsljud, hörs tydligare i en tystare miljö och kan då uppfattas som störande. Ljud utifrån så som fågelkvitter stängs ute.

#### **Energihushållning och värmeisolering**

- Installation av mekanisk från- och tilluftsventilation med värmeåtervinning (FTX) minskar energianvändningen för uppvärmning. Men samtidigt ökar elanvändning pga. att fler fläktmotorer behövs, större tryckfall i ventilationssystemet och eventuell eleftervärmning av ventilationsluften.
- Ökad lufttätethet för klimatskärmen minskar energiförluster pga. att den ofrivilliga ventilationen minskar.

#### **Tillgänglighet och användbarhet för personer med nedsatt rörelse- eller orienteringsförmåga**

- Ökad värmeisolering i yttervägg minskar energianvändningen för uppvärmning. Väggen inkräktar på det inre utrymmet om väggens isolering sker på insidan, vilket blir fallet om bygggrätten helt utnyttjas. Detta kan medföra, förutom minskad uthyrbar bostadsarea, även mindre plats för kommunikationsutrymmen.
- Mer isolerade och därmed tyngre ytterdörrar försvårar tillgängligheten för personer med nedsatt rörelseförmåga.
- Installation av solfångare kräver normalt installation av ackumulatortank. Detta kan medföra mindre plats för kommunikationsutrymmen.

#### **Hushållning med vatten och avfall**

- För att erhålla god verkningsgrad för värmepumpar som värmer tappvarmvatten är en låg temperatur önskvärd. Vid temperaturer lägre än 60 °C ökar risken för skadlig tillväxt av legionellabakterier.



## Effekter av tidigare energisparåtgärder

### Tidigare skärpningar av energikraven

Det snabbt stigande oljepriset på 70-talet ledde till en omfattande energikris i världen. 1974 infördes i Sverige kvotransonering av eldningsolja och värmeenergi samt kortransonering av drivmedel för motordrift (SOU 2009:3).

Krisen ledde fram till olika energisparprogram och en skärpt energilagstiftning på byggområdet. I SBN 1975 infördes t.ex. explicita krav på lufttäthet för första gången. Förutom att energikraven på nya byggnader skärptes tilläggsisolerades och lufttätades många befintliga byggnaders klimatskal.

Dessa åtgärder ledde till energieffektivare byggnader, men samtidigt uppstod problem med fukt och mögel i många av de åtgärdade och nya byggnaderna. För att minska transmissionsförluster av värme isolerades bland annat plattor på mark med överliggande isolering mellan ingjutna träreglar. Det fanns t.ex. en vedertagen lösning för denna konstruktion. Problem med mögel i dessa konstruktioner ledde till att en förvaltningsmyndighet, Småhusskadenämnden, inrättades av staten för att ekonomiskt hjälpa de fastighetsägare som fått problem då de följt föreskrifter och allmänna råd i byggreglerna.

### Småhusskadenämnden

Småhusskadenämnden (Fonden för fukt- och mögelskador 1986–2008) prövade frågor om ekonomiskt stöd för avhjälpande av fukt- och mögelskador i en- och tvåbostadshus.

Sedan starten 1986 har småhusskadenämnden hanterat ca 14 000 ansökningar från fukt- och mögelskadade småhus. Ca 5 000 av dessa småhus fick bidrag till sanering och reparation med totalt 590 miljoner i saneringsbidrag. Bidragets storlek uppgick i genomsnitt till ca 20 % av den totala saneringskostnaden.

De vanligaste ärendena som småhusskadenämnden hanterade var följande som antalsmässigt var ungefärligt jämnt fördelade.

- Uteluftsventilerade kryppgrunder med mögeltillväxt på undersidan av bjälklaget pga. för hög fukthalt. Välisolerade bjälklag torkar inte ut kryppgrunden. Mögellukt spred sig in i huset genom bjälklaget.
- Betongplatta på mark med ovanliggande värmeisolering. Mögel och röta drabbade virke som placerats ovanpå eller gjutits in i betongplattan. Tryckimpregnerat virke, som skyddar mot röta men inte mögel användes. Tryckimpregnerat möjligt virke gav upphov till elak lukt.
- Inredd källare och bottenvåningen i suterränghus med invändig värmeisolering. Mögel och röta drabbade trä som placerats i kontakt med betongväggen.
- Även fukt- och mögelskador i kallvindar pga. kondens.

### Beprövade lösningar

Samtidigt som nya byggnader med ett mindre energibehov uppfördes och befintliga byggnader åtgärdades för att minska behovet av värme uppstod en rad andra problem. Under de senaste 10 åren har ett antal byggnader,

åtminstone enligt projekterade värden, uppförts med ett mycket lågt värme- och energibehov. Dessa bör nogt utvärderas avseende alla tekniska egenskapskrav innan tvingande regler införs.

## 8. Det samhällsekonomiska utfallet av den minskade energianvändningen

### Samhällsekonomiska intäkter och kostnader

I kapitel 6 skattades det fastighetsekonomiska utfallet av att gå från referensalternativet till förändringsalternativet. Intäktssidan, dvs. värdet av energibesparingen baserades på prognoser från Energimyndigheten över de energipriser som olika fastighetsägare kommer att möta i framtiden. Kostnadssidan baserades på skattningar av olika åtgärds-kostnader för att uppnå den tekniskt möjliga nivån. I detta kapitel ska analysen utökas till att även diskutera det samhällsekonomiska utfallet av förändringsalternativet.

Frågeställningen utifrån en samhällsekonomisk synvinkel blir att identifiera, kvantifiera och värdera sådana effekter som inte tas med i den fastighetsekonomiska kalkylen. En samhällsekonomisk kalkyl ska idealt omfatta samtliga de effekter som en energieffektivisering leder till för samhället. Detta är dock en mycket omfattande analys, och olika typer av avgränsningar görs.

Vidare kan effekter som ingår i den fastighetsekonomiska kalkylen komma att värderas annorlunda i den samhällsekonomiska kalkylen. Exempelvis exkluderar man vanligtvis skatter, då dessa huvudsakligen är transfereringar inom samhällsekonomin<sup>22</sup>. Kalkylräntans storlek är också en faktor som kan skilja. Ytterligare aspekter är om det i de energipriser som används i den fastighetsekonomiska kalkylen återfinns till exempel miljöskatter för att beakta de negativa externa effekter som energiomvandlingen leder till. Om så är fallet, avspeglar nivåerna på miljöskatterna den marginella skadekostnaden på miljön?

Denna presentation avgränsas till att identifiera och beskriva de samhällsekonomiska aspekterna på energieffektiviseringen. Nedan redovisas de samhällsekonomiska intäkterna medan de samhällsekonomiska kostnaderna beskrivs i avsnittet därefter.

#### Samhällsekonomiska intäkter

I Boverkets rapport ”Energi i bebyggelsen – tekniska egenskaper och beräkningar” (2011) görs en litteraturstudie och baserat på denna definierades bl.a. följande samhällsekonomiska intäkter vid energieffektiviseringar:<sup>23</sup>

<sup>22</sup> I Mattsson (2006) ges vägledning för hur direkta och indirekta skatter kan hanteras i en samhällsekonomisk kalkyl. Konsumenter betalar marknadspriset där moms är inkluderat (konsumentkronor) medan producenter erhåller marknadspriset exklusive moms (producentkronor). Man kan välja antingen att värdera fördelar och kostnader i konsumentkronor eller i producentkronor. Det viktiga är att vara konsekvent. När det gäller hanteringen av varor som är föremål för s.k. punktskatt såsom el och olja för uppvärmning är rekommendationen, att värdera dessa varor exklusive alla indirekta skatter och lägga på moms för att få priset i konsumentkronor.

<sup>23</sup> Skrivningarna bygger i hög grad på Bilaga 1 i rapporten.

- Produktionskostnader undviks
- Negativa externa effekter minskar
  - Utsläpp till luft, mark och vatten minskar
  - Negativ hälsopåverkan minskar
- 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 för energiomvandlingen.

När investeringar görs i energieffektiviserande åtgärder kommer efterfrågan på energi att minska. Det samhällsekonomiska värdet av denna minskning är lika med marginalkostnaden för det produktions sätt som ersätts och de skador på miljön som undviks. Eftersom dyrare produktions sätt utnyttjas under vinterhalvåret, blir värdet av energieffektiviseringen högre på vintern än på sommaren<sup>24</sup>.

I grunden handlar det om hur väl energipriserna i den fastighetsekonomiska kalkylen avspeglar de rörliga kostnaderna vid energiomvandlingen. Är energipriserna högre än de rörliga kostnaderna är det samhällsekonomiska värdet av energieffektiviseringen lägre; är energipriserna i den fastighetsekonomiska kalkylen lägre än de rörliga kostnaderna är det samhällsekonomiska värdet högre vid energieffektivisering.

#### *Negativa externa effekter minskar.*

Om energieffektiviseringen också leder till en minskad energianvändning påverkas miljö och hälsa i positiv riktning. Några av miljöeffekterna är försurning, övergödning, partiklar och klimatpåverkan. Försurning orsakas av surt nedfall som bildas då svaveldioxid och kväveoxider släpps ut och leder bland annat 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, algbloomning 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

<sup>24</sup> Energieffektiviseringsåtgärder kan leda till att den totala energianvändningen minskar. Men det finns en motverkande kraft, den s.k. rekyleffekten (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).

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 skadestnader som undviks. Det finns metoder framtagna för att värdera olika slags skadeverkningar, se exempelvis Andersson och Bohm (1981).

I de el- och fjärrvärmepriserna som använt i den fastighetsekonomiska kalkylen (kapitel 6) inkluderas kostnaden för utsläppsrätter. Elproduktionen är i Sverige befriad från energi- och koldioxidskatt, men i vissa fall betalas kväveoxidavgift och svavelskatt. Värmeproduktion belastas med energiskatt, koldioxidskatt och i vissa fall svavelskatt samt kväveoxidavgift<sup>25</sup>. Frågan är om nivåerna på miljöavgifter/skatter och på utsläppsrätter är tillräckligt höga för att helt internalisera skadestnaden på miljö som utsläppen förorsakar. Eller borde nivåerna vara högre?

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 (dvs. de negativa hälsoeffekterna som undviks) kan delas upp i minskad sjuklighet och minskad dödlighet, se Vredin Johansson och Forslund (2009) för metodbeskrivning.

#### *Ökat välbefinnande vid vistelse inomhus.*

Energieffektiviseringen leder också till olika positiva sidoeffekter vid vistelse inomhus 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).

Denna intäktspost torde framförallt vara aktuell vid ombyggnad av befintliga byggnader. Skälet till detta är att Boverkets byggregler gäller vid nybyggnad och utgångspunkten (referensalternativet) i den analys som presenteras i denna rapport är 2011 års regler. Det innebär t.ex. att när man sätter in mer energieffektiva fönster än dagens standard, så ger inte detta någon ytterligare påtaglig förbättring vad avser buller eller kallras. Anledningen är att fönsterkvalitén i dessa avseenden redan bedöms vara tillfredställande. Värdet av de positiva sidoeffekterna vid nybyggnad som skapas vid ytterligare energieffektiviseringar i förhållande till 2011 års föreslagna energikrav bedöms därför som marginellt.

#### **Samhällsekonomiska kostnader**

När energieffektivisering genomförs bedöms detta leda till följande väsentliga kostnader:

- Direkta åtgärds-kostnader för material och arbetskraft

---

<sup>25</sup> Informationen hämtas från Energimyndigheten (2011)

- Utbildningskostnader
- Transaktionskostnader
- Ökade underhållskostnader
- Övriga kostnader
- Kostnader för eventuella negativa sidoeffekter
  - För låg luftomsättning
  - Ökning av förekomsten av fukt och mögel
- Förlust av kulturvärden och estetiska värden

#### *Direkta åtgärdskostnader för material och arbetskraft*

Direkta åtgärdskostnader för material och arbetskraft är det som vanligtvis ingår i energikalkyler. Utifrån en samhällsekonomisk synvinkel kan material tas upp till marknadspriser, och kostnader för arbetskraft ska tas upp till faktiskt utbetalade belopp, utom i situationer då en påtaglig arbetslöshet råder. Kostnader för energieffektiviserande åtgärder i befintlig bebyggelse beror ofta på i vilket sammanhang åtgärden utförs. Utförs åtgärden exempelvis när man ändå skulle göra en annan åtgärd på samma byggnadsdel, t.ex. tilläggsisolering när fasadmateriel 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*

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 informationen om vilka åtgärder som skulle fungera, dels för att räkna på om det skulle vara en lönsam investering i just denna byggnad<sup>26</sup>. 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.

#### *Ökade förvaltnings- och underhållskostnader*

Ökade förvaltnings- och underhållskostnader kan bli en följd av att t.ex. komplexa system för värme och ventilation installeras. Filter för tilluft

<sup>26</sup> Vid införandet av energideklarationerna beräknades de kostnadseffektiva åtgärdsförslag som energiexperten ger fastighetsägaren leda till en ökad energieffektivisering. Hittills har det faktiska utfallet inte varit det förväntade, delvis beroende på projekteringskostnader.

måste bytas, värmeväxlare rengöras, styr- och reglersystem underhållas och övervakas och mer kompetent personal anställas eller anlitas.

Erfarenheterna från den obligatoriska funktionskontrollen, OVK, vilken infördes 1992 för att kontrollera ventilationen i nya byggnader och sedan följa upp med jämna intervall, visar på de svårigheter som existerar att upprätthålla en tillfredställande ventilation. (Boverket 2010).

Om de mer komplexa systemen för värme och ventilation inte underhålls, riskerar man att få negativa sidoeffekter, se nedan.

#### *Övriga kostnader.*

Ökad värmeisolering i yttervägg tar mer plats om väggens ökning sker mot insidan, vilket är fallet om byggrätten är helt utnyttjad. Detta kan medföra, förutom minskad uthyrbar bostadsarea, även mindre plats för kommunikationsutrymmen. Detta är en kostnad som bör belasta energi-effektiviseringskalkylen.

Leder energieffektiviseringen till en utflyttning i samband med en ombyggnad bör även detta belasta kalkylen (Mattsson och Juås, 1977).

#### *Kostnader för eventuella negativa sidoeffekter.*

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 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.

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.<sup>27</sup>

Blickar man tillbaka på de senaste 30 årens energisparprogram har negativa sidoeffekter uppstått, delvis beroende på de energieffektiviseringsåtgärder som genomförts. Frågan är på vilken sätt som detta faktum kan tas hänsyn till i den samhällsekonomiska kalkylen.

#### *Förlust av kulturvärden och estetiska värden*

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 Boverkets rapport "Energi i bebyggelsen – tekniska egenskaper och beräkningar" (2011) redovisas 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. Även vid nybyggnad kan allt för långtgående energikrav medföra arkitektoniska be-

<sup>27</sup> Störst risk för att drabbas av cancer löper den person som bor i ett radonhus och samtidigt är rökare.

gränsningar. Det föreligger svårigheter såväl med kvantifieringen som med värderingen av byggnadsbeståndets kulturhistoriska och estetiska värden.

### En uppsummering

En samhällsekonomisk kalkyl ska idealt omfatta samtliga effekter som en energieffektivisering leder till för samhället. Effekterna ska identifieras, kvantifieras och värderas. Detta är dock en mycket omfattande analys och olika avgränsningar görs.

Inom ramen för detta uppdrag har arbetet avgränsats till det första steget, att identifiera möjliga effekter. På intäktssidan återfinns poster såsom att minskad energianvändning leder till lägre energiomvandlingskostnader (produktionskostnader), negativa externa effekter på naturmiljön minskar samt ett ökat välbefinnande inomhus.

På kostnadssidan återfinns direkta åtgärdskostnader för material och arbetskraft, utbildningskostnader, transaktionskostnader, ökade underhållskostnader, övriga kostnader (t.ex. intäktsbortfall), kostnader för eventuella negativa sidoeffekter (t.ex. fukt, mögel, radon). Vid ombyggnad tillkommer även kostnader för eventuell förlust av kulturvärden och estetiska värden.

Tidplanen har inte medgett att de samhällsekonomiska effekterna kvantifieras och värderas. Dock kan det konstateras att den fastighetsekonomiska kalkylen fångar in samhällsekonomiska poster, såväl på intäktssidan som på kostnadssidan. När investeringar i byggnader görs avseende energieffektiviserande åtgärder kommer efterfrågan på energi att minska. Minskningen kan skattas men samtidigt finns det en motverkande kraft, den s.k. rekyleffekten (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.

Lägre energianvändning leder till att energiomvandlingskostnaderna minskar och till att skador på miljön undviks. Frågan är dock om de energipriser som används i den fastighetsekonomiska kalkylen på ett korrekt sätt avspeglar det samhällsliga värdet, eller om en justering behöver göras. Exempelvis måste ett antagande om fördelningen av den minskade energianvändningen göras, eftersom efterfrågan på energi varierar sett över dygnet och över året. Dyrare produktionsätt utnyttjas under vinterhalvåret och värdet av energieffektiviseringen är högre på vintern än på sommaren.

Vidare inkluderas i de el- och fjärrvärmepriser som använts i den fastighetsekonomiska kalkylen kostnaden för utsläppsrätter. Elproduktionen är i Sverige befriad från energi- och koldioxidskatt, men i vissa fall betalas kväveoxidavgift och svavelskatt. Värmeproduktion belastas med energiskatt, koldioxidskatt och i vissa fall svavelskatt samt kväveoxidavgift. Frågan är om nivåerna på miljöavgifter/skatter och på utsläppsrätter är tillräckligt höga för att helt internalisera skadekostnaden på miljön som utsläppen förorsakar.

På kostnadssidan i den fastighetsekonomiska kalkylen är direkta åtgärdskostnader för material och arbetskraft inkluderade, liksom ökade underhållskostnader. Frågan är vad som händer med utbildningskostnader, transaktionskostnader och kontrollkostnader när man går från energi-



kraven i 2011 års byggregler till det som bedöms vara tekniskt möjligt. Detta har inte undersökts i denna rapport.

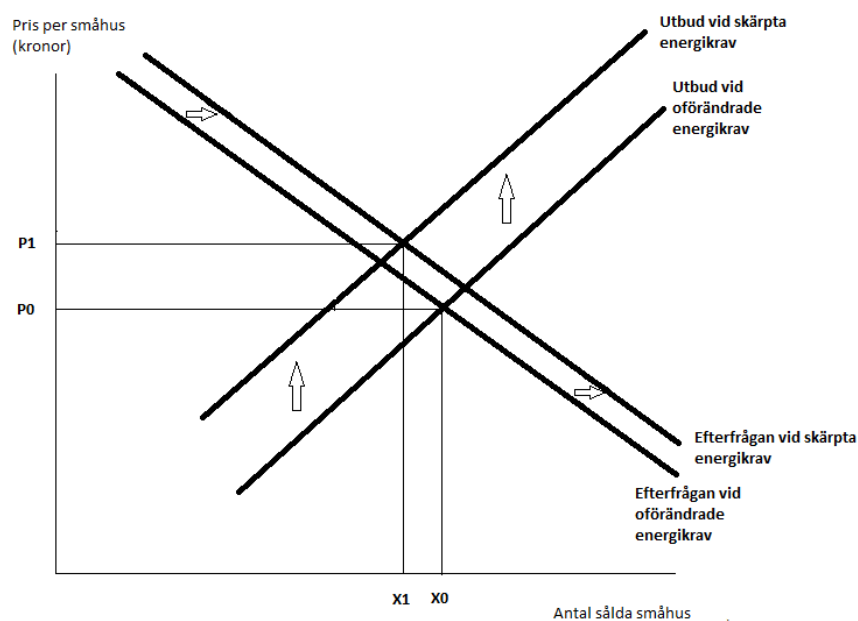
I posten ”övriga kostnader” återfinns bl.a. kostnader som kan leda till intäktsbortfall genom minskad uthyrbar bostadsarea pga. ökad värmeisolering i yttervägg tar mer plats. Utrymme är en knapp resurs och från samhällsekonomisk synvinkel ska förlusten av utrymmet värderas till vad det skulle ge i bästa alternativa användning. I den fastighetsekonomiska kalkylen har dock inga kostnader under posten ”övriga kostnader” beaktats.

Om de system för värme och ventilation som installeras underhålls på avsett sätt behöver inte kostnader för negativa sidoeffekter uppstå. Men historien lär oss att luftomsättningen kan bli för låg med försämrat inomhusklimat som följd och det finns risk för mögeltillväxt. Det är svårt att värdera detta i kronor och ören men ska icke desto mindre vara med i den samhällsekonomiska kalkylen.

## Marknadseffekter av energiinvesteringar i nya byggnader

En energiinvestering som görs i en byggnad leder till att såväl kostnaderna som de nuvärdesberäknade intäkterna ökar. De samlade intäkterna kan också avläsas i en högre värdering av byggnaden. Om värdet av byggnaden stiger med mer än investeringskostnaderna, då är investeringen lönsam; är värdestegringen lägre är investeringen olönsam. Frågan som ska undersökas här är vilken effekt som energiinvesteringen kan tänkas få på marknaden för nyproducerade småhus. Figur 8.1 belyser situationen.

Figur 8.1. Effekter av energieffektiviseringar på marknaden för nyproducerade småhus



I Figur 8.1 har efterfråge- och utbudskurvor för nyproducerade småhus ritats in. Efterfrågekurvorna har negativ lutning innebärande, att ju lägre priset på småhus är, desto fler småhus kommer att efterfrågas. Utbudskurvorna har positiv lutning; vid högre pris desto fler småhus kommer att produceras.<sup>28</sup>

Utgångspunkten i analysen är där efterfrågekurvan vid oförändrade energikrav skär utbudskurvan vid oförändrade energikrav. En jämvikt erhålls där antalet nyproducerade småhus uppgår till X0 stycken och priset per småhus är P0 kronor. När riksdag och regering beslutar om skärpta energikrav, vilka operationaliseras i Boverkets byggregler, leder det till att ytterligare åtgärder krävs. I figuren leder detta till två effekter. Skärpta energikrav leder till ökade produktionskostnader, vilket skiftar utbudskurvan uppåt till ”Utbud vid skärpta energikrav”. Exempelvis beräknas investeringskostnaderna för småhus som uppvärms med fjärrvärme att öka med mellan 109 586 och 184 456 kronor i de fyra orter som studeras i denna rapport.

Men skärpta energikrav leder också till att värdet av byggnaderna ökar, genom att mindre energi krävs för att tillgodose hushållens krav på värmekomfort. Detta ger ett skift utåt i efterfrågan på nyproducerade småhus, från ”Efterfrågan vid oförändrade energikrav” till ”Efterfrågan vid skärpta energikrav”. Storleken på skiftet i efterfrågan beror på vilken effekt som energiinvesteringen får på de framtida intäkterna. I de småhus som uppvärms med fjärrvärme beräknas värdeökningen (de nuvärdesberäknade intäkterna) varieras mellan 34 200 och 53 744 kronor. I figuren har en ny jämvikt ritats in. Med skiften i utbuds- och efterfrågekurvorna kommer priset vid den nya jämvikten att vara högre, P1, och antalet nyproducerade småhus lägre, X1, i förhållande till den ursprungliga jämvikten.

### *Slutsats*

Slutsatsen av marknadsanalysen är därför att såväl utbudet som efterfrågan på nyproducerade småhus kommer att påverkas av skärpta energikrav. Kostnader för energieffektiviseringar ökar produktionskostnaderna, vilket förorsakar skiftet inåt/uppåt i utbudskurvan. Energieffektiviseringar leder också till ett skift utåt av efterfrågekurvan eftersom betalningsviljan för en mer energieffektiv byggnad är högre än om byggnaden är mindre energieffektiv. Men värdestegringen (betalningsviljan) för småhusen är lägre än investeringskostnaderna för de olika energieffektiviseringsalternativ som analyserats i denna rapport.

<sup>28</sup> Vid konstruktion av såväl efterfrågekurvor som utbudskurvor konstanthåller man alla faktorer, förutom priset på varan i fråga. Efterfrågekurvan ”Efterfrågan vid oförändrade energikrav” för småhus skapas således genom att konstanthålla inkomsten, energianvändningen i huset, priset på komplement och substitut osv. En ökning av priset på småhus är en rörelse längs med en given efterfrågekurva. Ett skift av en efterfrågekurva fås genom en förändring av någon av de tidigare konstanthållna parametrarna. Om inkomsten ökar sker ett skift utåt i efterfrågekurvan. Också när energikraven skärps i småhus skiftar efterfrågekurvan utåt pga. att betalningsviljan kommer att vara högre att köpa ett småhus som använder mindre energi än om småhuset använder mer.

Sammantaget leder det till att priset på nyproducerade småhus kommer att gå upp och antalet nyproducerade småhus torde minska i förhållande till utgångsläget med oförändrade energikrav.

## Elförbrukning och dess fördelning över året

I uppdraget ingår även att särskilt analysera elförbrukningen och dess fördelning över året. Särskild fokus bör läggas på den elförbrukning som sammanfaller med höglast och tillkommande elförbrukning bör analyseras med hänsyn till elsystemets utveckling och kommande timmätning.

Marknadsmislyckanden på energimarknaderna avser frågor kring energipriserna och vilken information som de innehåller. Energiprisernas roll i en marknadsekonomi 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.

Ett skäl 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 konsumenterna tydligare får information om kostnaden för energiomvandlingen vid olika tidpunkter under året och dygnet. Med en teknisk utveckling kan detta i förlängningen leda till realtidsprissättning.<sup>29</sup>

Energimarknadsinspektionen (2010) utredde frågan vilka ekonomiska och legala konsekvenser en övergång till timmätning skulle innebära för de elanvändare som idag har månadsvis mätning. En övergång till timmätning leder till att det blir en direkt koppling mellan den nordiska elbörsens timvisa spotpriser och det pris som elkonsumenterna får betala. Det leder till en effektivare elmarknad eftersom elkonsumenterna har möjlighet att anpassa sin elanvändning efter rådande priser. Ett av marknadsmislyckandena på energimarknaderna åtgärdas därmed, helt eller delvis.

### Eleffektkrav i BBR

I BBR infördes redan 2009 nya föreskrifter som kraftfullt begränsar den eleffekt för uppvärmning som får installeras i nya byggnader. Kravnivån har satts så pass lågt att effektkravet stundom blir dimensionerande. Detta gör att sämre koncept ur effektsynpunkt exempelvis effektmässigt mindre frånluftvärmepumpar och uteluftvärmepumpar blir diskvalificerade eller måste utvecklas ytterligare för att klara den större delen av husets maximala effektbehov enligt BBR. På så sätt finns redan strikta regler i kraft som begränsar ett omfattande framtida eleffektbehov för byggnadsuppvärmning i de nytillkommande byggnaderna.

Detta har redan omsatts i praktiken genom att äldre koncept av frånluftsvärmepumpar och uteluftsvärmepumpar med väl tilltagen elspets, numera ersatts av effektbegränsade produkter, i nya byggnader.

---

<sup>29</sup> Andra mislyckanden på energimarknaderna är negativa miljöexternaliteter och försörjningstrygghet, se Gillingham m.fl. (2009) för en fördjupad diskussion.

### Förändring av eleffektbehov vid skärpta energikrav

Byggnaders effektbehov bestäms till största delen av utetemperaturen under den kallare årstiden då denna direkt påverkar transmissions- och ventilationsförlusterna. Utöver detta tillkommer effekt för tappvarmvattenbehovet. Detta behov är tämligen jämnt fördelat över året och utgör på så sätt en mindre problematisk belastning ur effektsynpunkt än klimatet. Dock är effektbehovet sett över dygnet ojämnt fördelat och effekttopparna kan vara avsevärda. I byggnadens specifika energianvändning inräknas enligt BBR även fastighetsenergi som normalt bl. a. består av fläkt- och pumpel samt el till hissar och belysning i allmänna utrymmen.

De beräkningar som gjorts av tekniskt möjliga nivåer på energianvändning för småhus med bergvärmepump visar att maximalt effektbehov skulle kunna minska från 2,3 kW till 1,6 kW. Motsvarande minskning i det elvärmade flerbostadshuset är från 2,0 kW till 0,8 kW per lägenhet. Enligt SCB statistik kan nyproduktionen av småhus antas vara ca 10 000 per år och ca 14 % av dessa är fjärrvärmvärmda. Motsvarande uppgifter för flerbostadshus är ca 15 000 lägenheter per år och ca 76 % av dessa fjärrvärmvärmda.

Med strängare energikrav kommer mindre energi att levereras till byggnaderna. Detta kan medföra att leverantörer av fjärrvärme bedömer att det inte är lönsamt att ansluta sådana byggnader. Om vi för tydlighetens skull därför antar att samtliga byggnader i en framtid med skarpare krav på energihushållning värms med el istället för med fjärrvärme, skulle det totala eleffektbehovet öka. Det genomsnittliga eleffektbehovet per nybyggt hus minskar dock men samtidigt tillkommer nya byggnader med elvärme som annars skulle ha anslutits till fjärrvärme.

I ett beräkningsexempel tabell 8.1, med indata enligt uppgifter enligt ovan, erhålls ett ökat eleffektbehov för landet på 1 000 kW per år eftersom eluppvärmning blir mer attraktivt val vid lågt energibehov. På 40 års sikt skulle ökningen bli 40 MW på grund av skärpta energikrav.

Tabell 8.1. Förändrat eleffektbehov vid skärpta krav på energihushållning enligt Steg 1.

Antal elvärmade bostäder med BBR 2011		Antal elvärmade bostäder med krav enl. Steg 1	
Småhus 8 600 st	Lgh i flerbost. 3 600 st	Småhus 10 000 st	Lgh i flerbost. 15 000 st
<b>Totalt eleffektbehov för värme med BBR 2011</b>		<b>Totalt eleffektbehov för värme med krav enl. Steg 1</b>	
Småhus 19 800 kW	Lgh i flerbost. 7 200 kW	Småhus 16 000 kW	Lgh i flerbost. 12 000 kW
Σ innan åtgärder: 27 000 kW		Σ efter åtgärder: 28 000 kW	
<b>Förändrat maximalt eleffektbehov för värme: + 1 000 kW</b>			

I ett nationellt perspektiv kan detta ses som relativt beskedliga effektbehov. Dock bör noteras att det är en belastning som läggs på marginalen av elproduktionen eftersom behovet uppstår vid höglasttid för det svenska elnätet.

Som jämförelse har ett nytt småhus med trefas elanslutning om lägst 16 ampere möjlighet till ett eleffektuttag på 10,5 kW. 10 000 nya småhus

kan tillsammans maximalt utnyttja 105 000 kW eleffekt för uppvärmning och hushållsel.

### **Timmätning**

Med införandet av timmätning och debitering av elenergi, som momentant eller i förhand ger information om variationerna i elpris, ges förutsättningar för en stor inverkan på det totala eleffektuttaget, eftersom inte enbart uppvärmning utan även på effektuttag för hushållsel och fastighetsel påverkas. Timmätning påverkar därför troligtvis eleffektuttaget i större omfattning än införande av strängare energikrav. Timmätning bedöms däremot inte påverka eleffektuttaget för uppvärmning av nya byggnader i någon större utsträckning.



## 9. Resultatet av de genomförda analyserna jämfört med andra studier

### Ex-ante och ex-post utvärderingar

Arbetet med den ekonomiska konsekvensanalysen av förändringsalternativet till vad som idag bedöms vara tekniskt möjligt har inneburit att man blickar in i framtiden. Boverkets ansats har varit att skatta vad som är tekniskt möjligt att uppnå i termer av energianvändningen i tre olika klimatzoner och sedan jämföra detta med föreslagna energikrav i BBR 2011. Det är ett exempel på s.k. ex-ante studier.

Metoden att före införandet av ett åtgärdsprogram för energieffektivisering beräkna utfallen benämns ex-ante studier och är mycket vanligt förekommande. 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 (Gillingham m.fl. 2009).

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, dvs. 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?

Under de åtta år som hinner förflyta innan definitionen av ”nära noll-energibyggnader” ska tillämpas operativt måste man, enligt Boverkets uppfattning, med kontinuerlig uppföljning och utvärdering av demonstrationsprojekt skaffa det nödvändiga faktaunderlaget för att meddela föreskrifter. Görs inte detta, riskerar vi att få historien återupprepad med allvarliga problem i nyproducerade byggnader. Erfarenheterna från den putsade odränerade träregelväggen kan tjäna som exempel. Detta är en mycket skadedrabbad ytterväggskonstruktion 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 2009).

### Två nyligen publicerade ex-ante studier

#### **Uppdrag 13: Nationell strategi för lågenergibyggnader, Energimyndigheten, ER 2010:39**

Konsultföretaget WSP fick i uppdrag av Energimyndigheten att utarbeta ett underlag till nationell strategi för lågenergibyggnader. En rad kontakter togs med representanter från näringslivet och forskningen. Workshop genomfördes liksom en samrådsremiss och hearing.

I det förslag till nationell strategi för lågenergibyggnader som Energimyndigheten presenterar föreslås en halvering av byggnadernas specifika energianvändning i förhållande till BBR:s gällande energikrav (2010). I

tillhörande konsekvensbeskrivningen, vilken avhandlades mycket kortfattat, anges för nybyggnad att "Energimyndigheten bedömer att konsekvenserna för byggherrar blir små genom att merkostnaden för nära noll-energibyggnader bedöms som låg."

Boverket konstaterar att i Energimyndighetens konsekvensbeskrivning redovisas vare sig tekniska eller ekonomiska beräkningar. Detta pekar på svårigheterna med att ta fram ett relevant underlag för att överblicka och förutsäga vilka effekterna blir av skärpta energikrav för nya byggnader.

### **Marknadsöversikt av uppförda lågenergibyggnader, LÅGAN Rapport 2011:01**

Rapporten är en sammanställning av s.k. lågenergibyggnader uppförda under 2000-talet i Sverige. Syftet med sammanställningen är att ge en översiktlig bild av hur många byggnader av olika kategorier som har byggts i Sverige. Sammanställningen har tagits fram inom LÅGAN – programmet, ett program med syfte att öka byggtakten av lågenergibyggnader som bl.a. ger stöd till demonstrationsprojekt. Sammanställningen har genomförts som en litteratursammanställning och enkätförfrågan till ca 300 branschaktörer.

Utredningen redovisar att marknaden för lågenergibyggnader har utvecklats långsamt men att den har börjat ta fart under de senaste åren. Det rör sig om drygt 100 villor, 3 200 lägenheter och 700 000 m<sup>2</sup> lokalyta som byggts som lågenergibyggnader. De allra flesta av byggnaderna är uppförda de senaste två åren och det saknas uppföljningar med mätning och utvärdering. I rapporten anges att det är fullt möjligt att bygga bostäder som ligger 50–60 procent under gällande byggregler men att byggprocessen behöver effektiviseras för att det ska bli lönsamt för fastighetsägarna. För skolor och kontor anges att det är både tekniskt och ekonomiskt möjligt med en energianvändning som är 50 procent respektive 25 procent av gällande byggregler.

Boverkets slutsatser av rapporten är att den ger en värdefull överblick av de senaste årens lågenergibyggnader men att det i dag inte går att säga med säkerhet vilken energiprestanda byggnader har som uppförts med målet att ligga väsentligt under de krav som gäller enligt BBR. Inte heller finns några tillförlitliga uppgifter om de ökade investerings- eller byggkostnader uppförande av lågenergihusen medfört. Dessutom saknas i princip helt en uppföljning av andra väsentliga egenskapskrav.



# Källförteckning

- Andersson, R och P Bohm (1981). *Samhällsekonomisk utvärdering av energiprojekt*. Nämnden för energiproduktionsforskning, NE 1981:12
- Björkqvist, O och C-O Wene (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.
- Boverket. (2004). *Principer för BBR-revideringar*. Karlskrona: Boverket.
- Boverket. (2006). *Boverkets byggregler, BBR, BFS 2006:12*. Karlskrona: Boverket.
- Boverket. (2008). *Boverkets byggregler, BBR, BFS 2008:20*. Karlskrona: Boverket.
- Boverket (2009). *Så mår våra hus. Redovisning av regeringsuppdrag beträffande byggnaders tekniska utformning m.m.* Karlskrona: Boverket
- Boverket (2010). *God bebyggd miljö – Utvärdering av delmål för god inomhusmiljö. Resultat från projektet BETSI*. Karlskrona: Boverket
- Boverket (2011a). *Energi i bebyggelsen – tekniska egenskaper och beräkningar – resultat från projektet BETSI*. Karlskrona: Boverket.
- Boverket (2011b). *Boverkets föreskrifter om ändring i verkets byggregler (1993:57) – föreskrifter och allmänna råd. (EU-anmälan 2011-03-31)*.
- Brännlund, R T Ghalwash och H Nordström (2007). *Increased Energy Efficiency and the Rebound Effect: Effects on consumption and emissions*. Energy Economics, 29.
- Energimarknadsinspektionen (2009), *Uppvärmningen i Sverige 2009*. El R2009:07. Eskilstuna: Energimarknadsinspektionen
- Energimarknadsinspektionen (2010). *Ökat inflytande för kunderna på elmarknaden. Timmätning för elkunder med abonnemang om hösta 63 ampere*. El R2010:22. Eskilstuna: Energimarknadsinspektionen
- Energimyndigheten. (2008). *Koldioxidvärdering av energianvändning, Vad kan du göra för klimatet?* Eskilstuna: Energimyndigheten.
- Energimyndigheten. (2009-12-15). *PM – Förslag till viktningfaktorer till Sveriges andra handlingsplan till direktivet om effektiv slutanvändning av energi- och energitjänster direktiv 2006/32/EG*. Eskilstuna: Energimyndigheten.
- Energimyndigheten (2010a). *Finansieringsinstrument för energieffektivisering*. ER 2010:37. Eskilstuna: Energimyndigheten
- Energimyndigheten. (2010b). *Uppdrag 13: Nationell strategi för lågenergibygnader*, ER 2010:39. Eskilstuna: Energimyndigheten.
- Energimyndigheten. (2011). *Långsiktsprogno 2010*, ER 2011:03, Eskilstuna: Energimyndigheten
- Europaparlamentet och Ministerrådet. (2002). *EG direktiv om byggnaders energiprestanda, 2002/91/EG*.
- Europaparlamentet och Ministerrådet. (2010). *EG direktiv om byggnaders energiprestanda, 2010/31/EU*.
- Gillingham, K, R G Newell och K Palmer (2009), *Energy Efficiency Economics and Policy*, Resources for the future, RRF DP 09-13.
- Konsekvensutredning, *Revidering av avsnitten 1, 2, 6, 7 och 9 i Boverkets byggregler (BFS 1993:57) med ändringar t.o.m. BFS 2006:12*

- Konsekvensutredning, *Revidering av avsnitt 9 i Boverkets byggregler (BFS 1993:57) med ändringar t.o.m. BFS 2008:20*
- Konsekvensutredning, *Revidering av avsnitt 9 i Boverkets byggregler (BFS 1993:57)(EU-anmälan 2011-03-31)*.
- Lind, H (2011). *Energi och ekonomi: några reflektioner*. Fastighetsnytt 2/2011
- LÅGAN – för energieffektiva byggnader (2011). *Marknadsöversikt av uppförda lågenergibygnader*. LÅGAN Rapport 2011:01.
- Mattsson, B (2006). *Kostnadsnyttoanalys för nybörjare*. Karlstad: Räddningsverket.
- Mattsson, B och B Juås (1977). *Samhällets kostnader för energisparande åtgärder i den befintliga bebyggelsen*. DsI 1977:18
- Multiconsult (2011), *Konsekvensanalys av å införe nye forskriftskrav til energieffektivisering av bygg*,  
[http://www.regjeringen.no/pages/16501923/konsekvensanalyse\\_energieffektivisering.pdf](http://www.regjeringen.no/pages/16501923/konsekvensanalyse_energieffektivisering.pdf)
- Mundaca, L. (2007). *Transaction Costs of Tradable White Certificate Schemes. The Energy Efficiency Commitment as a Case Study*. Energy Policy, Vol. 35
- Plan- och byggförordning (2011:338).
- Plan- och bygglag (2010:900).
- Regeringsuppdrag. (2009). *Uppföljning av nya byggnaders specifika energianvändning*. Karlskrona: Boverket.
- SBN 1975
- SCB (2010), *Sammanställning av SCB:s olika index*.
- SOU 2009:3 *Ransonering och prisreglering i krig och fred*.
- SVEBY, *Branschstandard för energi i byggnader*.
- Vredin Johansson, M och J Forslund (2009). *Klimatanpassning i Sverige - Samhällsekonomiska värderingar av hälsoeffekter*. Konjunkturinstitutet, Specialstudier Nr 20
- Wikells byggberäkningar AB i Växjö (2011). *Kostnadsunderlag*



# Boverket

Myndigheten för samhällsplanering,  
byggande och boende

Box 534, 371 23 Karlskrona  
Besök: Drottninggatan 18  
Telefon: 0455-35 30 00  
Webbplats: [www.boverket.se](http://www.boverket.se)