

# REGLERNA FÖR NÄRA-NOLLENERGIHUS

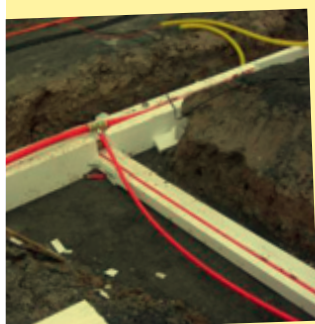
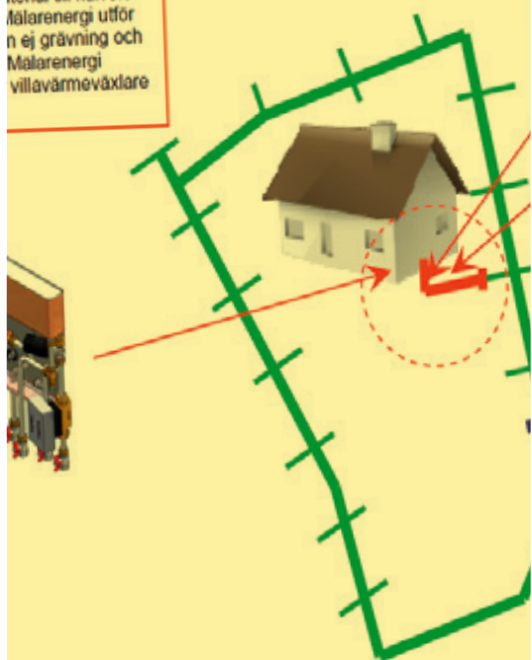


RAPPORT 2013:18

ter mot fjärrvärme.  
tvättmaskiner, tvättare och diskmaskin  
e i våtutrymmen. Fjärrvärmen ökar då med  
n hushållselen minskar lika mycket.

## Systemuppbyggnad för

Handhåller och  
material till kulvert  
Mälarenergi utför  
n ej grävning och  
Mälarenergi  
villavärmeväxlare





# REGLERNA FÖR NÄRA-NOLLENERGIHUS

## KONSEKVENSER AV OLIKA FORMULERINGAR AV ENERGIKRAVEN

ANDERS GÖRANSSON HÅKAN SKÖLDBERG

THOMAS UNGER ÅSA WAHLSTRÖM

PETER FILIPSSON TOMMY SUNDSTRÖM

## FÖRORD

Det råder inget tvivel om att energikraven i Boverkets byggregler påverkar valet av uppvärmningssätt vid såväl ny- som ombyggnad av fastigheter. Därför är det också rimligt att yrka på att energikraven så lång som möjligt ska vara neutrala i förhållande till olika teknik för uppvärmning. Mot den bakgrunden prövas och utvärderas olika utformningar av byggreglerna i den studie som avrapporteras här.

Studien har genomförts av Profu i Göteborg AB. Från Profu har Anders Göransson, Thomas Unger och Håkan Sköldberg delaktigt. Och från CIT Energy Management AB har Åsa Wallström deltagit. En referensgrupp har följt arbetet och lämnat synpunkter. Gruppen har bestått av AnnBritt Larsson, Tekniska Verken i Linköping, Hans-Gunnar Andréasson, Göteborg Energi, Urban Bergsell, Kalmar Energi, Marie Claesson, Energimyndigheten och Patrik Holmström, Svensk Fjärrvärme.

Projektet ingår i forskningsprogrammet Fjärrsyn, som finansieras av Svensk Fjärrvärme och Energimyndigheten. Forskningen inom Fjärrsyn ska stärka fjärrvärme och fjärrkyla, uppmuntra konkurrenskraftig affärs- och teknikutveckling och skapa resurs-effektiva lösningar för framtidens hållbara energisystem till nytta för fjärrvärmebranschen, kunderna, miljön och samhället i stort.

Jeanette Dackland  
Ordförande i Svensk Fjärrvärmes marknadsråd

Rapporten redovisar projektets resultat och slutsatser. Publicering innebär inte att Fjärrsyns styrelse eller Svensk Fjärrvärme har tagit ställning till innehållet.

## SAMMANFATTNING

Detta projekt belyser olika sätt att formulera de kommande svenska byggreglerna inför implementeringen av det reviderade direktivet för byggnaders energiprestanda. Nuvarande byggregler (BBR) mäter energin efter hur mycket som köps in till huset, oavsett den resursåtgång energin orsakar sett över hela energisystemet. Nu har EU beslutat om ett nytt direktiv med krav på nära-nollenergi (NNE) för nya och kraftigt ombyggda hus. Direktivet talar om att mäta energin i primärenergi, alltså med det bredare perspektiv på energianvändningen som bland annat fjärrvärmebranschen anser vara angeläget. Samtidigt är det också primärt att säkerställa husets egna, långsiktiga energiprestanda. Huset står länge – uppvärmningssystem kan bytas flera gånger under byggnadens livstid, och husets energiegenskaper ska då klara att ge låg energianvändning oavsett uppvärmningssätt. Ett synsätt är då, att byggreglerna och huset ska vara teknikneutrala vad gäller den uppvärmningsform man vill välja eller byta till.

I detta projekt belyses hur olika sätt att formulera byggreglerna påverkar dels husutformningen och valet av uppvärmningssätt vid nybyggande och större ombyggnader, och därmed fjärrvärmens konkurrenskraft, dels konsekvenserna för mängden primärenergi och CO<sub>2</sub>-utsläpp vid olika formuleringar av byggreglerna för energianvändning.

Energikraven har formulerats såsom köpt energi, använd energi respektive primärenergi. Olika kravnivåer för husens energiprestanda (egna egenskaper) har prövats. Detta har gjorts med tre typhus för bostäder – ett nybyggt flerbostadshus, ett nybyggt småhus, samt ett befintligt flerbostadshus med så genomgripande renovering att nybyggnadskrav på energi utlöses. De uppvärmningssätt som analyserats är fjärrvärme, bergvärmepump samt luftvattenvärmepump (för flerbostadshuset) och frånluftsvärmepump (för småhuset).

Resultaten omfattar konsekvenser i energitermer (använd energi, köpt energi, primärenergi/resursförbrukning), samt i CO<sub>2</sub>-utsläpp. Dessutom finns ekonomiska resultat i form av livscykelkostnad vid olika energinivåer och uppvärmningssätt.

Det finns olika synsätt vad gäller att beräkna primärenergi och CO<sub>2</sub>-utsläpp. I denna rapport redovisas tre olika förekommande synsätt. De benämns miljökommunikationsprincipen (bokföringsperspektiv), värmemarknadskommittéprincipen (partsöverenskommelse; bokföringsperspektiv) och förändringseffektprincipen (framåtblickande; energisystemets förändring på grund av ändringar såsom nybyggande). Det sistnämnda synsättet förordas av utredarna för sådana beräkningar som detta projekt avser.

### *Mer om teknikneutralitet vad gäller uppvärmningssätt*

Vår tolkning av teknikneutralitet i denna rapport är denna: Kraven i byggreglerna ska avse själva husets egenskaper – de ska i sig inte styra mot eller favorisera ett visst tillförselsätt. Häri ingår exempelvis principen, att en anordning för energitillförsel ska ses lika oavsett om den är placerad i huset eller utanför. Man kan också säga att detta

är konkurrensneutralitet, dvs att olika tillförselsystem ska på lika villkor kunna tävla om att leverera energi till byggnaden.

### Några huvudsakliga resultat

#### *Om kraven på energihushållning i dagens BBR*

- Kraven i dagens BBR medger högre eller mycket högre resursförbrukning (primärenergianvändning) för värmepumpshus jämfört med fjärrvärmehus. Detta gäller för alla de tre undersökta synsätten för primärenergiberäkning.
- Kraven i dagens BBR medger generellt högre CO<sub>2</sub>-utsläpp för värmepumpshus jämfört med fjärrvärmehus. Detta gäller för alla de tre undersökta synsätten för CO<sub>2</sub>-beräkning.
- Kraven i dagens BBR medger högre eller mycket högre nivå av husens använda energi<sup>1</sup> för värmepumpshus jämfört med fjärrvärmehus.
- Det senare innebär att husets egna energiegenskaper (med använd definition) kan vara sämre för värmepumpshus. Det finns tilläggskrav i BBR vad gäller genomsnittligt värmeegenomgångstal (U<sub>m</sub>-värde) och installerad eleffekt. U<sub>m</sub>-kravet säkerställer en rimlig isolering, men ingendera av dessa tilläggskrav innebär någon garanti för att nivån köpt energi måste reduceras under normnivån 55 kWh/m<sup>2</sup>. De ovanstående slutsatserna om primärenergi och CO<sub>2</sub>-utsläpp gäller därför även med hänsyn tagen till tilläggskraven, i rapportens exempel.
- Sammanfattningsvis möjliggör kraven i dagens BBR högre resursförbrukning, högre CO<sub>2</sub>-utsläpp och högre nivå använd energi i värmepumpsvärmda hus.

#### *Förändring av kraven på energihushållning i dagens BBR*

- Dagens BBR med krav på specifik energianvändning av köpt energi på 90 kWh/m<sup>2</sup> för fjärrvärme m fl uppvärmningssätt, och 55 kWh/m<sup>2</sup> för elvärme, innebär en kvot<sup>2</sup> på 1,64 mellan energibärarna. Vi har ställt upp ett beräkningsfall med skärpning av kvoten till 2,5 i Zon 3<sup>3</sup>, vilket ger kravet 36 kWh/m<sup>2</sup> för elvärme. Då blir de ovan nämnda skillnaderna avsevärt mindre:
  - Husets nivå av använd energi hamnar på ungefär samma nivå oavsett uppvärmningssätt (fjärrvärme eller värmepump) för typhuset.
  - Skillnaderna i primärenergi och CO<sub>2</sub>-utsläpp utjämnas betydligt – dock är fjärrvärme oftast förmånligare även här, med lägre tal för resursförbrukning och utsläpp.

<sup>1</sup> Se kap. 3.3 om olika sätt att avgränsa använd energi

<sup>2</sup> Beräkningarna för typhuset inkluderar all el enligt BBR, dvs till uppvärmning och varmvatten, och till fastighetsdrift. Antaganden om detta, se kap. 4.2

<sup>3</sup> Notera att vi enbart räknat för Zon 3 i denna rapport

### *Husets energiprestanda: Nivåer i BBR*

- Nivåerna av energianvändning eller köpt energi bör kunna sänkas avsevärt i BBR för nybyggda småhus och flerbostadshus. Detta har beräknats med den principmetod för ekonomiskt optimala nivåer som kommissionen angett då byggnormer ska utformas. Beräkningsresultat finns i kap. 4. Dessa är baserade på typhus; bredare underlag behövs givetvis vid bestämning av en nivå i BBR. Resultatet är mindre tydligt för småhus, vilket anknyter till en tidigare väckt idé, att man skulle skilja på kravnivåerna för småhus och flerbostadshus (med mindre stränga krav i kWh/m<sup>2</sup> för småhusen).

### *Fjärrvärmens konkurrensförmåga*

- **Nytt flerbostadshus:** Med dagens BBR visar våra beräkningar för typhuset på god konkurrensförmåga för fjärrvärme i förhållande till värmepumpar. I verkligheten finns givetvis en andel fall över landet, där förhållandet är det omvända. Om man ensidigt sänker nivån enbart för elvärmdda hus i dagens BBR (så att relationen mellan el och annat blir 2,5), så blir konkurrensen mot värmepumparna paradoxalt nog svårare i våra typfall. Om man sänker båda nivåerna (se detaljer i kapitel 7) till en generellt lägre nivå så som förespråkas i stycket ovan, så är fjärrvärmens klart konkurrenskraftig. (Reservationer för att beräkningarna är schablonmässiga).
- **Nytt småhus:** Beräkningarna avser småhusområden där fjärrvärme är motiverbart, dvs där man kan bygga ut smart, med bra värmeförbrukning och med bra teknik, så att anslutningsavgiften hålls på den nivå som är genomsnittlig för dagens fjärrvärmeanslutna småhus. I så fall:  
Med dagens BBR visar våra beräkningar för typhuset på god konkurrensförmåga för fjärrvärmdda småhus i förhållande till värmepumpar. Om man sänker kravnivåerna i dagens BBR - ensidigt för bara elvärmdda hus, eller generellt till lägre nivå så är fjärrvärmens fortfarande konkurrenskraftig (reservationer för att beräkningarna är schablonmässiga).
- **Flerbostadshus med stor renovering:** Om man hävdar energikrav i kWh/m<sup>2</sup> motsvarande nybyggnad i det studerade, fjärrvärmdda huset, så krävs omfattande energiåtgärder för att komma ned till normens energinivåer. I detta fall blir med dagens krav på energihushållning i BBR värmepumpskonvertering en konkurrent till befintlig fjärrvärme. Fjärrvärmens förblir konkurrenskraftig om fjärrvärmepriset är ganska lågt, och det ändå är aktuellt med klimatskärmsåtgärder som att byta fönster eller åtgärda fasadskikt (enbart de energirelaterade delarna medtas därvid i kalkylen). Fjärrvärmens förblir också billigare om U<sub>m</sub>-kraven hävdas fullt ut för ombyggnaden. - Dessa slutsatser gäller även om man skärper BBR-nivåerna.

Vi noterar att renoveringsfallet kan handla om stora volymer (miljonprogrammet), och därmed är angeläget att uppmärksamma. Oavsett uppvärmningssätt innebär det

i många fall en ökning av livscykelkostnaden att uppfylla nybyggnadskraven (undantag: om fasadåtgärder ändå krävs).

Vi har också (kap. 9) undersökt hur fjärrvärmens konkurrensförmåga påverkas om kraven uttrycks i använd energi eller primärenergi. Om de kraven formuleras logiskt, så innebär en sådan ändring i sig inget skift i konkurrensförmågan. I följande avsnitt tas mer principiellt upp för- och nackdelar förknippade med olika sätt att definiera kraven på energihushållning.

#### *Andra sätt att definiera kraven på energihushållning i BBR: Använd energi*

Att uttrycka normkraven som använd energi innebär ett logiskt och rättvist sätt att definiera krav på husets egna egenskaper, så att de är oberoende av uppvärmningssätt – man uppnår teknikneutralitet vad gäller energibärare. Ett ofta uttryckt syfte är, att husets långsiktiga egenskaper ska säkerställas, medan byte av uppvärmningssätt kan ske många gånger under husets livstid. Det är dock inte entydigt vad som ska ingå i de långsiktiga husegenskaperna, så en precisering behöver göras inklusive hur systemgränsen ska dras. Hur värmeåtervinning ska hanteras behöver beslutas. Tillförsel från exempelvis solfångare eller solceller antas ligga utanför avgränsningen. – Vi noterar att om den använda energin ska kunna verifieras med mätning, så krävs mer mätning än idag (se kap. 3.3).

Några fördelar med använd energi (för fullständigare schema, se kap. 10.1):

- + Teknikneutralt vad gäller val av eller byte mellan uppvärmningssystem.  
Öppet för tävlan på lika villkor på värmemarknaden
- + Styr entydigt mot att säkra husets långsiktiga egenskaper

Några nackdelar/noteringar med använd energi:

- Man frånhänder sig möjligheten att via byggreglerna styra hur den tillförda energin produceras, dvs hur dess miljöegenskaper etc ska vara. Detta får styras av andra styrmedel och/eller via marknaden
- Kräver mer mätning än idag (vi utgår från att kraven ska kunna verifieras genom mätning)
- Hanterar ej i sig direktivets krav på primärenergiindikator

#### *Andra sätt att definiera BBR-regler: Primärenergi*

Mycket hårdraget kan detta betyda att man sätter upp en och samma nivå på primärenergin, och att detta alltid ska styra husets utformning inklusive uppvärmningssystemet. - Normalt menas dock den metod som finns i direktivet och i de flesta andra länder, att man värderar primärenergin genom att ta köpt energi gånger olika på förhand bestämda faktorer för olika energibärare. Om de ska spegla primärenergin så korrekt som möjligt, så behöver de dock ses över med jämna mellanrum.

Några fördelar med primärenergi (för fullständigare schema, se kap. 10.1):

- + Beaktar systemsyn vad gäller resurseffektivitet
- + Går lätt att mäta, om man menar köpt energi gånger fasta faktorer



Några nackdelar/noteringar med primärenergi:

- Ger ingen förutsebar styrning av husets egenskaper
- Husets energiprestanda blir olika beroende på tillförseln, vilken i sig varierar över tid och mellan olika platser. Detta innebär bland annat att det blir svårt att motivera varför husägaren ska bygga sitt hus olika beroende på tillförsel-systemet. Svårstyrt som styrmedel
- Primärenergi-begreppen är inte entydigt definierade, och olika synsätt skiljer betydligt

### Skiss till strategi

Med en utgångspunkt att byggregler ska reglera själva byggnaderna, så blir det logiska målet att ha byggregler uttryckta i använd energi. De ska då utformas för att bli teknikneutrala gentemot val av olika uppvärmningssystem, antingen värmen kommer från ett större kollektivt system, eller från någon anordning inom, på eller nära huset. Man vill givetvis gärna också beakta andra önskemål (såsom låg primärenergianvändning eller låga klimatgasutsläpp), och helst få dem att samspela med huskraven. Det ligger dock i sakens natur, att regler för huset i använd energi ska förhålla sig neutrala till energitillförseln. Man frånhänder sig så att säga möjligheten att via byggreglerna styra hur bra energin produceras. Ansvaret för sådana systemaspekter får överlåtas till andra styrmedel, eller till att man på värmemarknaden talar för sitt energislags goda egenskaper vad gäller utsläpp och resursanvändning. Begreppet använd energi fokuserar på värmemarknaden.

Under detta utredningsarbete har en rad frågor blivit tydligare, liksom saker som behöver klarläggas ytterligare. Strategin kan därmed formuleras så här:

- Arbeta vidare med att systematiskt förtydliga begreppet använd energi, dess nyttor och kostnader, hur det skall definieras och mätas. Överväg det mer komplicerade sättet att mäta använd energi gentemot tydligare uppföljning av  $U_m$ -kraven direkt, och tydligare uppföljning av byggnadens lufttäthet. Överväg hur de systemegenskaper som inte kan hanteras med byggregler i använd energi skall hanteras i regler, styrmedel och marknadskommunikation.
- Ett första steg bör vara att påverka inom den gällande ramen för byggregler. Boverket bör rekommenderas att komma till rätta med den verifierade obalansen mellan elvärme och fjärrvärme och att se över kravnivåerna, alltså:
  - 1) Sänka nivåerna för köpt energi i dagens BBR till klart lägre nivåer. I kapitel 4 finns våra beräkningsresultat om detta. Men nivåerna behöver givetvis fastläggas med bredare underlag, bland annat skall sådant komma fram i det arbete med demonstrationsobjekt mm som görs inför kontrollstationen år 2015.
  - 2) Göra detta så att kvoten mellan el och annat blir omkring 2,5 (utreds noggrannare).

Det finns då också andra delar av energikraven som kan ses över, såsom  $U_m$ -kravets nivå och gränsen  $10 \text{ W/m}^2$  för att definiera elvärmad byggnad. Dessa har vi dock inte utrett i detta projekt.

Dessa ändringar kan göras inom ramen för Boverkets nuvarande bemyndiganden. De korrigerar obalansen vad gäller krav på husets energiprestanda ganska bra, och motsvarar därmed den framförda parollen: ”Inget hus skall slösa med energi”. Nämda justering utjämnar samtidigt skillnaden i primärenergianvändning rätt väl, och man närmar sig alltså den systemsyn (vad gäller resursförbrukning) som länge varit på tal.

Inget hindrar att man benämner detta som ett sätt att uttrycka kraven i en ”energi-prestandaindikator och en numerisk indikator för primärenergianvändning”, vilket direktivet kräver. Indikatorn för primärenergi (primärenergifaktorn) skulle bli 1,0 för fjärrvärmade och andra hus, och omkring 2,5 för elvärmade hus. Därmed uppfylls också direktivkraven.

Arbetet som utförts i detta projekt har varit av principiell natur. Vi har försökt fastlägga ett beräkningsspår att fullfölja, snarare än att göra det stora antal beräkningar som egentligen är nödvändiga för att belysa spridning i resultaten. Vi är medvetna om, att Boverkets byggregler utarbetas med beaktande av att de måste vara generella, och kunna hantera alla situationer, alla klimatzoner etc. Man bör också notera, att vi sett på fjärrvärme och några renodlade värmepumpslösningar, och inte alls på kombinerade uppvärmningar eller bränslepannor.

## SUMMARY

This project studies the consequences of alternative ways to define the energy performance requirements in the building codes in Sweden. Its background is the revision of EU's Energy Performance of Buildings Directive, which says that new buildings must be nearly zero-energy buildings from 2021 (2019 if owned by public authorities). Also, the project refers to the intense, ongoing discussion in Sweden about appropriate levels of energy requirements, and the best way to define them.

The present Swedish building code defines the energy requirements in terms of delivered energy, with one level for buildings heated with electricity (55 kWh/m<sup>2</sup> in most of Sweden), and another for all other heating systems (90 kWh/m<sup>2</sup>).

In this project alternative definitions to express the energy performance requirements are studied, namely (1) delivered energy, as today, (2) useful energy, or (3) primary energy. Also, new lower levels of energy use are studied to reflect the nearly-zero concept.

Consequencies for these various assumptions are calculated in two perspectives: (a) energy system impact in terms of primary energy and CO<sub>2</sub> emissions, and (b) the competitiveness of district heating vs heat pumps. There are various views of how to calculate primary energy and CO<sub>2</sub>, so three alternatives have been used. Calculations have been made for three type buildings – a new multi family house, a new single family house and an existing multi family house undergoing major renovation. Hence, the report does not reflect the wide range of possible outcomes in the heterogeneous building stock, but is of a more principal nature.

Some major findings are the following:

- The present Swedish building code allows a building with heat pump to have a higher level of useful energy than a building with district heating. Also, the code allows for a higher or much higher primary energy use, and more CO<sub>2</sub> emissions from the heat pump house. This is valid for each of the calculation alternatives.
- If the level for electricity heating is lowered (from 55 to 36 kWh/m<sup>2</sup>) so the ratio is 2,5 in relation to other heating, the mentioned results will be much more even between district heating and heat pumps.
- The optimal levels for energy use in new buildings (calculated as life cycle costs according to the commission's guidelines) are much lower in our cases than the present levels in the code, which supports that the levels in today's code generally could be considerably reduced.
- Energy requirements defined as useful energy is the logical choice if one wants to focus on the building itself and its energy properties. However, further clarifications are needed as to how useful energy should be defined, measured and verified. Also, with useful energy there is no way to reflect the system perspective in the code itself, i.e. which kind of energy supply the house should have.
- The competitiveness for district heating for new houses was found to be quite good, even for single family houses when built densely and with smart technical solutions.

# INNEHÅLL

## INNEHÅLL

<b>1</b>	<b>UPPDRAGETS PROBLEM, SYFTE OCH ORGANISATION</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>PROBLEMETS BAKGRUND: EU SKÄRPER KRAVEN PÅ ENERGIANVÄNDNING I NYA BYGGNADER</b>	<b>15</b>
2.1	DIREKTIVET OCH ANDRA RIKTLINJER FRÅN EU	15
2.2	SVENSKT NNE-UTREDANDE, FORTSÄTTNING FÖR IMPLEMENTERING	16
2.2.1	Hantering formellt och hos myndigheter	16
2.2.2	Utredningsunderlag i övrigt	18
<b>3</b>	<b>OM ENERGI OCH SYSTEMGRÄNSER I BYGGREGLER</b>	<b>19</b>
3.1	ÖNSKEMÅL GÄLLANDE ENERGI I BYGGREGLER	20
3.2	BYGGREGLER I ANDRA LÄNDER. HUR HANTERAS NNE-KRAVEN DÄR?	22
3.2.1	Danmark	23
3.2.2	Norge	24
3.2.3	Estland	24
3.2.4	Frankrike	25
3.2.5	Tyskland	25
3.3	HUR KAN MAN MÄTA ANVÄND ENERGI?	26
3.3.1	Om mätning i dagens byggregler	26
3.3.2	Alternativ till byggregler med använd energi (nettoenergi)	27
3.3.3	Hur olika energiposter kan mätas	28
3.3.4	Några kommentarer	30
<b>4</b>	<b>UNDERLAG: HUSBERÄKNINGAR</b>	<b>31</b>
4.1	EU-METODEN FÖR ATT BERÄKNA OPTIMAL NIVÅ	31
4.2	TYPHUS I VÅR BERÄKNING	31
4.3	NYTT FLERBOSTADSHUS	36
4.4	NYTT SMÅHUS	40
4.5	BEFINTLIGT FLERBOSTADSHUS SOM OMBYGGES	44
<b>5</b>	<b>UNDERLAG: PRIMÄRENERGI- OCH UTSLÄPPSBERÄKNINGAR</b>	<b>49</b>
5.1	PRIMÄRENERGIVIKTNING OCH FÖRÄNDRINGSPERSPEKTIV	49
5.1.1	Miljökommunikationsprincipen	50
5.1.2	Värmemarknadskommittéprincipen	50
5.1.3	Förändringseffektprincipen	51

5.2	SAMMANFATTNING FÖR PRIMÄRENERGIVIKTNING	53
5.3	KOLDIOXIDUTSLÄPP	53
<b>6</b>	<b>UNDERLAG: ANTAGNA ENERGIPRISER</b>	<b>55</b>
6.1	ELPRIS	55
6.2	FJÄRRVÄRMEPRIS	56
<b>7</b>	<b>BERÄKNINGSANSATS, NNE-ALTERNATIV</b>	<b>57</b>
7.1	FORMULERING AV ENERGIKRAVEN I BYGGREGLERNA	57
7.2	BESKRIVNING AV ALTERNATIVEN	57
7.3	BERÄKNINGSFALL SOM VALTS ... OCH ANDRA SOM KUNDE VALTS	58
<b>8</b>	<b>BERÄKNINGAR AV SYSTEMKONSEKVENSER</b>	<b>60</b>
8.1	BERÄKNINGARNAS UTFÖRANDE	60
<b>9</b>	<b>BERÄKNINGAR AV FJÄRRVÄRMENS KONKURRENSKRAFT</b>	<b>67</b>
9.1	NYTT FLERBOSTADSHUS	67
9.2	NYTT SMÅHUS	68
9.3	BEFINTLIGT FLERBOSTADSHUS SOM OMBYGGGS	69
9.4	MER OM FJÄRRVÄRME TILL SMÅHUS: KONKURRENSKRAFT I PRAKTIKEN	70
<b>10</b>	<b>SAMLAD BEDÖMNING AV OLIKA METODER</b>	<b>72</b>
10.1	ÖVERSIKT OCH SKISSFÖRSLAG	72
10.2	FORTSATT ARBETE	74
<b>11</b>	<b>REFERENSER</b>	<b>75</b>
	<b>BILAGA 1</b>	<b>77</b>
	<b>BILAGA 2</b>	<b>83</b>

# 1 UPPDRAGETS PROBLEM, SYFTE OCH ORGANISATION

Projektet skall analysera hur olika sätt att formulera de kommande svenska byggreglerna för nära-nollenergibyggnader (NNE-byggnader) enligt direktivet för byggnaders energiprestanda påverkar

- dels valet av uppvärmningssätt vid nybyggande och större ombyggnader, och därmed fjärrvärmens konkurrenskraft,
- dels konsekvenserna för mängden primärenergi och CO<sub>2</sub>-utsläpp, liksom för kraven på byggnadernas långsiktiga egenskaper.

Därvid ingår alternativ till att i byggreglerna uttrycka energin enbart som köpt energi. Projektet applicerar ett systemperspektiv.

Nuvarande byggregler (BBR) mäter energin efter hur mycket som köps in till huset, oavsett den resursåtgång energi orsakar sett över hela energisystemet. Dock finns två nivåer av krav, för elvärmda byggnader och för andra uppvärmningssätt. EU-direktivet talar om att mäta energin i primärenergi, alltså med det bredare perspektiv på energianvändningen som bland annat fjärrvärmebranschen ofta talar för. Samtidigt är det också primärt att säkerställa husets egna, långsiktiga energiprestanda. Huset står länge – uppvärmningssystem kan bytas flera gånger under byggnadens livstid, och husets energiegenskaper skall då ge låg energianvändning oavsett uppvärmningssätt.

Projektet har sökt fånga upp flera sådana perspektiv och önskemål, och arbetat med att belysa i vilken grad och på vilket sätt de kan tillgodoses via just byggregelutformning.

Projektet erhöll finansiering från fjärrvärmebranschens och Energimyndighetens gemensamma forskningsprogram Fjärrsyn i december 2012. Det har sedan utförts under januari – maj 2013. Beställarens kontaktperson har varit Patrik Holmström, Svensk Fjärrvärme. Utredningsarbetet har främst utförts av Anders Göransson (projektledare), Håkan Sköldberg och Thomas Unger, samtliga från Profu. Från CIT Energy Management har Åsa Wahlström, Peter Filipsson och Tommy Sundström bidragit med främst kapitlen 3.2 och 3.3, samt beräkningsarbeten för typbyggnader (kapitel 4).

Arbetet har följts av en referensgrupp, vars medlemmar också bidragit med värdefulla synpunkter, bedömningar och underlagsmaterial. Medlemmar har varit:

- AnnBritt Larsson, Tekniska verken, Linköping
- Hans-Gunnar Andréasson, Göteborg Energi
- Urban Bergsell, Kalmar Energi
- Marie Claesson, Energimyndigheten
- Patrik Holmström, Svensk Fjärrvärme

Gruppen har haft fyra möten.

## 2 PROBLEMETS BAKGRUND: EU SKÄRPER KRAVEN PÅ ENERGIANVÄNDNING I NYA BYGGNADER

### 2.1 Direktivet och andra riktlinjer från EU

EU-direktivet 2010/31/EU om byggnaders energiprestanda (Europeiska Unionen 2010) antogs i maj 2010. Det är en omarbetning (ett så kallat recast) av ett tidigare direktiv, och innefattar bland annat skärpta krav på nya byggnaders energianvändning. De skall vara nära-nollenergibyggnader.

Några viktiga avsnitt i direktivtexten:

**Ur: Artikel 2, Definitioner**

Nära-nollenergibyggnad: en byggnad som har mycket hög energiprestanda, som bestäms i enlighet med Bilaga 1. Nära noll mängden eller den mycket låga mängden energi som krävs bör i mycket hög grad tillföras i form av energi från förnybara energikällor, inklusive energi från förnybara energikällor som produceras på plats, eller i närheten.

**Ur: Bilaga 1, som specificerar metoden för energiprestandaberäkning**

En byggnads energiprestanda ska uttryckas klart och tydligt och ska inkludera en energiprestandaindikator och en numerisk indikator för primärenergianvändning, grundad på primärenergifaktorer per energibärare, som kan bygga på nationella eller regionala viktade årsmedelvärden eller ett särskilt värde för lokal produktion....

Positiv påverkan av följande aspekter ska tas med i beräkningen i tillämpliga fall: a) Lokal solexponering, aktiva solsystem och andra...system som baseras på energi från förnybara energikällor, b) El från kraftvärme, c) Fjärr-/närvarmesystem och fjärr-/närkylasystem, d) Naturligt ljus.

**Ur: Artikel 2, definitioner**

Primärenergi: energi från förnybara och icke-förnybara energikällor som inte har genomgått någon omvandling.

Medlemsländerna ska se till, att alla nya byggnader senast den 31 december 2020 är nära-nollenergibyggnader. För nya byggnader som används och ägs av offentliga myndigheter skall detta gälla efter den 31 december 2018.

Vad gäller befintliga byggnader som genomgår större renovering, så skall medlemsstaterna säkerställa att de uppfyller minimikrav för energiprestanda som skall fastställas enligt artikel 4. Detta dock i den mån det är tekniskt, funktionellt och

ekonomiskt genomförbart. Man får skilja på nya och befintliga byggnader då minimikraven på energiprestanda fastställs. – Man kan notera, att det i Sverige hittills inte formulerats särskilda kravnivåer på energianvändning vid renovering (ändring; ombyggnad); om några krav då skall uppfyllas så är det nybyggnadsnivåerna man skall eftersträva.

Direktivet hänvisar (artikel 5) till en metod för beräkning av kostnadsoptimala nivåer för minimikrav på energiprestanda. Kommissionen har senare publicerat en sådan metod med detaljerade anvisningar för beräkning av kostnadsoptimala åtgärder, att användas vid utformning av nationella regler. Vi har använt den för husberäkningarna i kapitel 4, och metoden beskrivs kort där.

## 2.2 Svenskt NNE-utredande, fortsättning för implementering

Fastställandet av direktivet föregicks av en lång tids diskussion om nära-nollenergi-byggnader. Både direktivarbetet och annan uppmärksamhet på lågenergibyggnader har lett till att det finns en stor mängd underlag i frågan. Det som refereras nedan är bara några punktnedslag vad gäller hantering och underlagsmaterial:

### 2.2.1 Hantering formellt och hos myndigheter

Några viktigare dokument och händelser är de följande:

- *Energimyndighetens uppdragsrapport om strategi för främja byggandet av lågenergihus: Nationell strategi för lågenergibyggnader.* ER 2010:39. Eskilstuna. Energimyndigheten 2010

Här föreslås målnivåer för hur och när kraven på byggnaders energianvändning skall sänkas, med anledning av direktivet. Exempel: För nya icke elvärmdda bostäder i Zon 3 anges målnivån  $55 \text{ kWh/m}^2$ , och för elvärmdda  $30 \text{ kWh/m}^2$ . En fjärdedel av alla nya byggnader ska klara detta år 2015. Rapporten föreslår främjandeåtgärder. Systemgränser och primärenergiindikatorer bör utredas. Energimyndigheten ansåg det var möjligt att till 2020 nå en omställning till lågenergibyggnader i enlighet med angivna målnivåer.

Detta var ett regeringsuppdrag som Energimyndigheten och Boverket skulle genomföra i samråd. Boverket hade dock inte samma syn som angivits ovan – man ansåg det vara för tidigt att fastställa nivåer, och menade också att begreppet nära-nollenergibyggnad var missvisande att använda.

- *Näringsdepartementets promemoria om införandet av det omarbetade direktivet om byggnaders energiprestanda: Näringsdepartementet.* 2011. Omarbetat direktiv om byggnaders energiprestanda. Del II Bedömningar och förslag avseende nära-nollenergibyggnader.. Näringsdepartementet. Stockholm



Här kommer departementet fram till, att det nu inte finns underlag att bestämma om någon skärpning av energinivåerna i förhållande till gällande BBR. Dessa anses uppfylla direktivets krav. En kontrollstation år 2015 skall se över frågan igen. Som underlag till departementspromemorian fanns omfattande utredningar från WSP och CIT Energy Management (WSP 2011, Filipsson et al 2011) vilka båda ansåg att nivåerna kunde skärpas, och Boverket, som hade motsatt ståndpunkt.

- *Sammanställningen av remissvaren på Näringsdepartementets promemoria:* Näringsdepartementet. 2012. Remissammanställning Promemoria II förslag och bedömningar avseende nära-nollenergibygnader samt kompletterande information till denna promemoria. Dnr N2012/7477/E. Näringsdepartementet. Stockholm.

Remissvaren var genomgående kritiska. Energimyndigheten och en rad andra menade att kraven borde kunna skärpas. Svensk Fjärrvärme pekade på effektiviseringspotentialen sett över hela systemet, och stödde Energimyndighetens förslag om att se över systemgränser (Svensk Fjärrvärme 2012a). Dessutom pläderades för teknik- och konkurrensneutrala energiregler, samt att man snarast (i väntan på större översyn) korrigerar relationen mellan el och annat till 2,5. Samma sak har framförts flera gånger, bland annat i ett gemensamt remissvar från Svensk Energi och Svensk Fjärrvärme i januari 2011.

- *Regeringens efterföljande skrivelse om genomförandet av direktivet:* Regeringens skrivelse 2011/12:131. Vägen till nära-nollenergibygnader. Näringsdepartementet. Stockholm.

Skrivelsen behandlades i civilutskottet och togs under våren 2012 upp i riksdagen där den debatterades (Riksdagen 2012). Den lades därefter formellt till handlingarna (juni 2012). Arbetet på myndigheter m.fl. om fortsatt implementering förs dock givetvis vidare. Ståndpunkten är fortsatt, att det saknas underlag att ändra nivåerna nu, men att kraven senare behöver skärpas. Kontrollstationen för detta blir 2015. Det finns möjligheter att se på primärenergifrågan liksom teknikneutraliteten fram till denna tidpunkt.

- *Boverkets uppdragsrapport om kostnadsoptimala energikrav:* Boverket. Rapport 2013:2. Optimala kostnader för energieffektivisering. Boverket. Karlskrona.

I rapporten användes den metod som kommissionen tagit fram för att bestämma nivåer i nationella normer. Beräkningarna gjordes för tre typhus (småhus, flerbostadshus, kontor). Enligt dessa beräkningar är dagens kravnivåer i BBR i stort sett optimala, och det finns i huvudsak ingen lönsamhet i att göra åtgärder som sänker dem. (I föreliggande rapport har samma metodik använts för typhusberäkningar, se kapitel 4).

Det har i övrigt påbörjats mycket arbete för att förbereda inför kontrollstationen 2015. Energimyndigheten har exempelvis ambitionen att med ett omfattande program med demonstrationsobjekt (ursprungligen nämndes 500 stycken) få grepp om bland annat möjliga energianvändningsnivåer på vägen mot nära-noll.

### **2.2.2 Utredningsunderlag i övrigt**

Den omfattande utredningsverksamheten kring NNE-frågan har gett upphov till ett stort antal arbeten och utredningsrapporter, som har funnits i bakgrunden i föreliggande arbete. Som nämnts ovan i samband med departementspromemorian, så har såväl WSP som CIT Energy Management gjort flera detaljerade studier som fokuserar på vilka nivåer av energianvändning man kan gå ned till med lönsamhet. Boverket har utrett samma frågor i egna rapporter. Också andra aktörer, såsom Sveriges Centrum för Nollenergihus har studerat och kommenterat byggregelutformning.

I föreliggande arbete har vi genom medverkan från CIT Energy Management kunnat utnyttja kunskaperna från nämnda utredningsarbeten liksom från programmet Lågan, som arbetar med att stimulera tillkomsten av byggnader med låg energianvändning.

### 3 OM ENERGI OCH SYSTEMGRÄNSER I BYGGREGLER

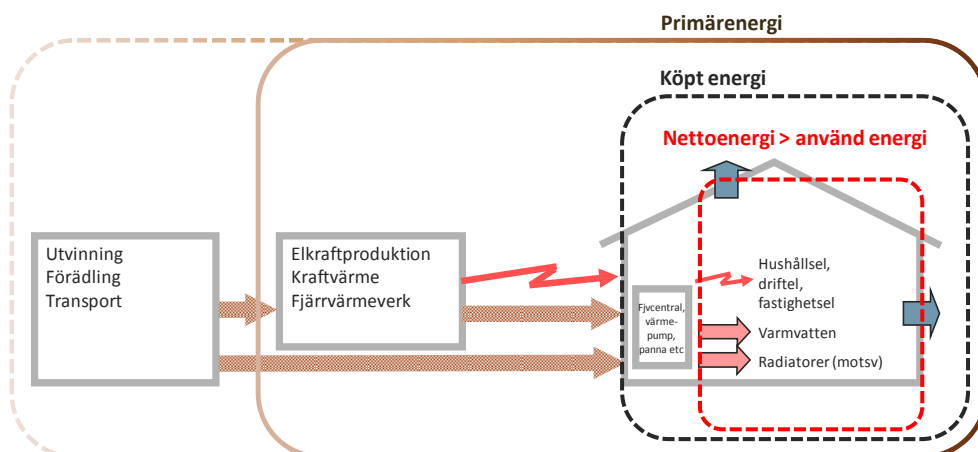
En huvudfråga i vårt arbete är att se på olika systemgränser för den energianvändning som kravnivåer uttrycks för.

Bilden nedan illustrerar energins väg från obearbetad resurs (till vänster) via förädling och omvandling (eller produktion som det heter i vardagligt, men fysikaliskt oriktigt, tal) till användning för klimatisering och andra tjänster i en byggnad. Därvid kan man se på energi- och resursanvändningen med olika avgränsningar. Bilden visar några ofta förekommande gränsdragningar, vilka förenklat kan beskrivas så här:

*Primärenergi:* Energiinnehållet innan det skett någon omvandling och bearbetning

*Köpt energi:* Energiinnehållet i den energi som levereras in till byggnaden. Detta mått inkluderar alltså förutom själva husets prestanda också verkningsgraden för en värmepanna och värmefaktorn för en värmepump om dessa är placerade inuti huset.

*Nettoenergi:* Energin som behövs för att åstadkomma de tjänster man vill sätta kraven för (viss klimatisering, varmt vatten, el till fastighetsdrift). I denna rapport använder vi ofta benämningen använd energi. Där ingår alltså inte exempelvis omvandlingsförluster i en värmepanna. Detta begrepp fokuserar på själva byggnadens egenskaper (energi-prestanda) oavsett hur värmen tillförs.



Inget av dessa mått är i sig självklara vad gäller definitioner. För *primärenergi* kan man dra gränsen på olika sätt, som figuren antyder. Ibland anger EU-dokument, att primärenergi enbart avser energiinnehållet i det som införs över landets gränser. I denna rapport utgår vi dock från, att primärenergi, såsom energiprestandadirektivet

anger, är energiinnehållet i bränslet etc innan det har genomgått någon omvandling. Till energiinnehållet i det färdiga bränslet skall då läggas den energi som åtgått för att utvinna, förädla och transportera det. Då medräknas bara energin för själva bränslebearbetningen, inte energi förknippat med att skapa den struktur varmed omvandlingen sker (byggandet av omvandlingskedjan eller byggandet av de hus där energin används).

*Köpt energi* är inte bara det man direkt köper med pengar, utan också exempelvis egen ved. Vad gäller byggregler är det också avgörande vilka energitjänster som överhuvudtaget skall inräknas. Hushållsenergi/hushållsel och verksamhetsenergi inräknas inte i BBR-nivåerna. BBR talar egentligen om en levererad energi kallad byggnadens energianvändning, som den definierar som: ”Den energi som, vid normalt brukande, under ett normalår behöver levereras till en byggnad (oftast benämnd köpt energi) för uppvärmning, komfortkyla, tappvarmvatten och byggnadens fastighetsenergi”.

*Nettoenergi eller använd energi* behöver också preciseras. Som en startpunkt kan man säga, att detta ska vara den energi som behöver avges från radiatorer eller liknande för att hålla byggnaden klimatiserad, samt energin för tappvarmvatten och fastighetsdrift (el till pumpar, fläktar, allmän belysning mm). Här finns dock avgränsningsfrågor som inte har något på förhand givet svar. Några viktiga sådana gäller värmeåtervinning och på byggnaden placerade solfångare eller solceller. Ska värmeåtervinning av ventilationsluft med eller utan värmepump inräknas i använd energi? Ska solfångare eller solceller som sitter på eller nära byggnaden ses som en integrerad del av huset, eller är de en del av tillförselsidan? – I kapitel 3.3 om mätning av använd energi återkommer vi till dessa frågor.

### 3.1 Önskemål gällande energi i byggregler

En bakgrund för detta projekt är en debatt som förts under lång tid gällande huruvida dagens byggregler styr på rätt sätt vad gäller energi, klimatgasutsläpp och resursanvändning. Utan att vi fördjupar oss i historik kan noteras, att energihushållningsfrågorna i byggreglerna under senare år medvetet ändrat karaktär från detaljregeringar till övergripande funktionskrav, inom vilka det är mer fritt att finna egna lösningar.

Energiprestandadirektivet och NNE-kraven syftar givetvis i första hand på byggnadernas egenskaper, men samtidigt är ambitionen att ha ett systemperspektiv med ett primärenergifokus. I detta avsnitt försöker vi därför att mycket kort i punktform ställa upp önskemål, som vi känner till har förekommit i byggregeldiskussionen, för att senare i rapporten återkomma till i vilken grad sådana önskemål kan tillgodoses med de byggregelutformningar vi analyserar. De önskemål som anges här kommer från olika håll, och det blir därmed tydligt, att de ibland är motstridiga.

*Mycket goda energiprestanda, energianvändning nära noll för byggnaden*

Byggnaden i sig skall ha mycket låg energianvändning; detta är en huvudfråga i direktivet och i byggregler och ståndpunkter i allmänhet. Direktivet föreskriver att en energiprestandaindikator skall finnas.

#### *Tillförsel med förnybar energi*

Direktivet anger, att energin till NNE-byggnader i hög grad skall komma från förnybara energikällor, inklusive sådana som produceras på plats eller i närheten.

#### *Systemsyn: Låg primärenergianvändning*

Låg resursförbrukning räknad i form av primärenergi. Direktivet föreskriver en numerisk indikator för primärenergianvändning.

#### *Systemsyn: Låga CO<sub>2</sub>-utsläpp*

Energianvändningen i byggnaden och tillförselsystemet skall ge låga CO<sub>2</sub>-utsläpp.

#### *Långsiktigt perspektiv på husets egna egenskaper*

Att reglerna främst säkrar de egenskaper i byggnaden som har lång livslängd och ändras sällan eller aldrig.

#### *Teknikneutralitet gentemot uppvärmningssätt*

Kraven i byggreglerna skall avse själva husets egenskaper – de skall i sig inte styra mot eller favorisera ett visst tillförselsätt. Häri ingår exempelvis principen, att en värmepump skall ses lika oavsett om den är placerad i huset eller utanför. Likaså, att det blir egalt om man byter värmekälla till huset. - Man kan också säga att detta är konkurrensneutralitet, dvs att olika tillförselsystem ska kunna tävla om att leverera till byggnaden, vilket kan väntas främja mångfald, teknikutveckling och prispress.

#### *Långsiktighet/robusthet gentemot ändrad produktionsmix, eller lokala varianter av produktionsmix*

Byggkrav som utgår från systemtänkande innebär samtidigt, att de speglar produktionsmixen för en viss tid och en viss plats eller område. Vad händer om mixen ändras? Det är en fördel om man finner en styrmedelsutformning som kan hantera detta – det kan ske också på andra vägar än via byggreglerna.

#### *Enkelhet i regelutformning*

Dagens BBR har en förhållandevis enkel uppbyggnad, som kan vara fördelaktig att behålla.

#### *Verifierbarhet – mätbarhet*

Sverige är unikt vad gäller att kräva att normernas energianvändningsnivåer verifieras i den färdiga byggnaden. Det underlättar både tillsyn (myndighetskontroll) och avtal mellan byggare och byggherre. Också mätkraven i byggreglerna får ställas under debatt, men det finns en uppenbar samsyn om att mätning och mätbarhet är bra.

Detta är enbart en grov översikt av hänsyn som kan behöva tas vid utformning av energikrav i bygg-regler, och som vi i någon mån berör i denna rapport. Det finns många andra stora och små frågor som kunde behöva övervägas, såsom:

Ska mer energiposter ingå, såsom hushållsel och verksamhetsel? Hur skall bygg-regler återspegla ett samhällsperspektiv respektive ett privatekonomiskt/företags-ekonomiskt perspektiv? Bör byggandets energi- och resursanvändning inkluderas på något sätt?

Särskilt den senare frågan borde studeras djupare. Flera studier tyder på att den resursanvändning och de utsläpp som är knutna till byggmaterialet och husbygget numera är mycket stora i förhållande till motsvarande under byggnadens driftsfas. Här uppstår många frågor om huruvida detta borde återspeglas i byggregler eller via andra styrmedel.

### **3.2 Byggregler i andra länder. Hur hanteras NNE-kraven där?**

De flesta europeiska länder har implementerat nya byggregler med krav på byggnaders energiprestanda, som en följd av den första versionen av direktivet för byggnaders energiprestanda (EPBD) 2002/91/EG omkring 2005. Dessa har sedan uppdaterats omkring 2010. I och med omskrivningen av direktivet (EPBD 2010/31/EG) har nu nya krav på nära-nollenergibyggnader (NNE) kommit.

De nio länder som har rapporterat till DG Energy, nio stycken fram till i december 2012, har olika strategi både för definitionen av NNE och för vägen fram till målet 2020. Definitionen på den numeriska faktorn spänner från 0 kWh/m<sup>2</sup> och år (Nederländerna) till 180 kWh/m<sup>2</sup> och år (Cypern). Även Norge deklarerar att de ska nå 0 kWh/m<sup>2</sup> men först 2030. Även om spridningen är ganska stor så är det inte själva nivån i sig själv som är intressant för föreliggande rapport utan snarare hur de olika ländernas sätt att definiera energiprestanda skiljer sig. Hur dras systemgränsen för energiprestanda och hur används primärenergifaktorer? Vad är planerna inför 2020?

Sammanfattningsvis har de flesta länders byggregler någon form av primärenergiekrav, förutom Norge som har nettoenergiebehov och Österrike som har slutlig energi-användning.

Idag finns några officiella definitioner på en nära-nollenergibyggnad i bl.a. Danmark, Estland och Frankrike. För dessa länder kommer själva formen på bygg-reglerna att kvarstå medan det är nivåerna som kommer att skärpas 2015 och 2020. Detta förfarande kan även vara sannolikt för övriga länder. Danmark utmärker sig dock här eftersom man inte bara skärper nivåerna 2015 och 2020, utan också definierar om sina primärenergifaktorer. För övriga länder finns ännu inga fastställda definitioner på NNE.

Tabell 3.1 på nästa sida ger en övergripande jämförelse av några länders byggregler. Utöver de länder som redovisas i tabellen finns i detta kapitel också korta texter om energi i byggregler i Frankrike och Tyskland.

Tabell 3.1 Övergripande jämförelse av byggregler

	Sverige	Danmark	Estland	Norge
Verifiering	Uppmätt under 12 månader	Beräknad	Beräknad	Beräknad
Energiprestanda	Köpt energi	Primärenergi	Primärenergi	Nettoenergi
Hushållsel	Exklusive hushållsel	Exklusive hushållsel	Inklusive hushållsel (standardiserat)	Inklusive belysning och hushållsapparater (standardiserat)
Kategorier av bostäder	Samma krav oavsett storlek på byggnad	Tar hänsyn till byggnadens storlek	Olika krav för småhus och flerbostadshus	Olika krav för småhus och flerbostadshus
Energi producerad i anslutning till byggnad	Solenergi som används direkt i byggnaden räknas inte in i energiprestanda	Solvärme räknas inte in i energiprestanda. El från solceller och vind räknas bort månadsvis upp till fastighetsenergianvändningen	Sol- och vindenergi räknas inte in i energiprestanda	
Möjlighet att tillgodoräkna överskott av energiproduktion	Energi som exporteras ingår inte i energiprestanda	Exporterad energi kan subtraheras från energiprestanda	Exporterad energi kan subtraheras från energiprestanda	
Finns framtida krav?		2015 och 2020	2020	2015 (2020)

### 3.2.1 Danmark

Danmarks regler (BR10) definierar krav på lägsta energiprestanda med primärenergi, men har också två frivilliga lågenergiklasser (klass 2015 och klass 2020), som sannolikt blir krav i byggreglerna 2015 och 2020. Total primär energianvändning innehåller energi för uppvärmning, ventilation, kylning, tappvarmvatten i bostäder, belysning (inte i bostäder). Hushållsel eller verksamhetsel ingår inte. Värme från solanläggningar på byggnaden ingår inte in i energiprestandan. El från solceller eller vindkraft får dras av från fastighetselen. Maximalt årlig subtraktion från solceller och vindel är begränsad till den årliga elanvändningen för fastighetsenergi, och månadsvis subtraktion begränsas till månadens totala elanvändning (dvs även hushållsel). Det spelar ingen roll om elen används i byggnaden eller exporteras för byggreglerna (men ekonomiskt har det konsekvenser).

 Tabell 3.2 Primärenergi för nya byggnader i Danmark enligt BR10 (2010, 2015 och 2020). Energiprestanda i kWh/(m<sup>2</sup> a). A = golvarea utanför ytterväggarna

	2010	Klass 2015	Klass 2020
Bostäder	52.5 + 1650/A	30 + 1000/A	20
Andra byggnader	71.3 + 1650/A	41 + 1000/A	25

Tabell 3.3 Primärenergifaktorer för nya byggnader i Danmark 2010, 2015 and 2020

	2010	2015	2020
Fjärrvärme	1,0	0,8	0,6
Annan uppvärmning	1,0	1,0	1,0
El	2,5	2,5	1,8

Byggreglerna har också en hel del komponentkrav och krav på inomhusmiljö.

### 3.2.2 Norge

Norges byggregler har krav på passivhus-standard vid nybyggnation 2015, och NNE-krav 2020. Det senare kravet är dock ännu inte definierat i detalj. Norges regler baseras på beräknad nettoenergi till uppvärmning, ventilation, kylning, tappvarmvatten i hushåll, belysning och hushållsenergi eller verksamhetsenergi (där denna är standardiserad).

2015 kommer passivhusstandard enligt NS 3700 (2010) för bostäder och NS 3701 (2012) för byggnader som inte är bostäder att gälla. Standarderna innehåller även en definition på lågenergibyggning som eventuellt kan bli krav vid renovering av byggnader. Idag gäller TEK10 vid större renovering av byggnader. Definitionen på NNE är fortfarande under utarbetande.

 Tabell 3.4 Nettoenergikrav för nya byggnader i Norge. Energiprestanda i kWh/m<sup>2</sup>,y

	TEK10	TEK15 Passive house	TEK20	TEK25	TEK30
Bostäder (enstaka hus)	130	80	NNE	Mellansteg	Nollenergi-hus
Bostäder (flerbostadshus)	115	Uppvärmning 15 Kylning: 0 Tappvarmvatten: 30			
Byggnader som inte är bostäder (kontor)	150	75 Uppvärmning: 20 Kylning: 10 Tappvarmvatten: 5			

### 3.2.3 Estland

De estniska byggreglerna definierar minimikrav för nya byggnader (klass C), lågenergibyggningar (klass B) och NNE-byggnader (klass A) i form av primärenergi för alla byggnader både nya och särskilda krav vid större renovering (klass D). Idag är klass A och klass B frivilliga, men används vid certifiering. NNE-krav (klass A) planeras att vara krav för all nybyggnation 2020 i enighet med direktivet.

Estlands regler baseras på beräknad primärenergi till uppvärmning, ventilation, kylning, tappvarmvatten i hushåll, belysning, fastighetsel och el till hushållsapparater eller verksamhetsapparater. Elektricitet för apparater definieras av standarder som varierar beroende av byggnadskategori, drifttid, närvaromönster, ventilationsflöden



och behov av varmvatten. För belysning kan både tabellerade och beräknade värden användas. Primärenergifaktorerna är enligt Tabell 3.5 nedan.

Tabell 3.5 Primärenergikrav i de estländska byggreglerna. Exempel på tre av nio byggnadskategorier. Sort: kWh/m<sup>2</sup>

	NNE Klass A	Lågenergi- byggnad Klass B	Nybyggnation Klass C	Större reno- vering Klass D
Småhus	50	120	160	210
Flerbostadshus	100	120	150	180
Kontor	100	130	160	210

Följande primärenergifaktorer används:

- El 2,0
- Fjärrvärme 0,9
- Fossil energi 1,0
- Förnybar energi 0,75

På byggnaden producerad förnybar energi (sol och vind) får räknas av vid beräkning av levererad eller exporterad energi. Ytterligare krav finns på inomhuskomfort.

### 3.2.4 Frankrike

Frankrikes regler baseras på beräknad primärenergi till uppvärmning, ventilation, kylning, tappvarmvatten, belysning och all tillhörande fastighetsel. Den anges av en gemensam koefficient, Cep (kWh/m<sup>2</sup>, år) där maxvärdet som får användas är 50 kWh/(m<sup>2</sup>, år) med några korrektionskoefficienter beroende av byggnadskategori, klimatzon, byggnadens totala area och använda energislag.

För att säkra en god projektering av klimatskärmen har de franska byggreglerna även krav på en ny parameter, Bbio, som kontrollerar bioklimatet. Parametern premierar låg transmission och infiltration och optimerar passiv solvärme och dagsljus. Det finns även krav på byggnadens täthet och inomhuskomfort.

Nya frivilliga märkningar finns för HPE-märke (High Energy Performance) vilken kräver 45 kWh/(m<sup>2</sup>, år) och THPE-märke (Very High Energy Performance) 40 (kWh/(m<sup>2</sup>, år). En annan märkning BEPOS-Effinergie +, som baseras på noll primärenergi-användning, och handhas av Effinergie Association har pekats ut som ett möjligt krav för byggregler 2020.

### 3.2.5 Tyskland

De tyska byggreglerna beräknar energianvändning i relation till en referensbyggnad med identisk geometri. För referensbyggnaden anges standardvärden på klimatskärmen och installationer. Primärenergin för den aktuella byggnaden måste vara lägre än referensbyggnaden. Det krävs att byggnaden förses med en minsta andel av förnybar energi. Primärenergifaktorn för el är 2,7.

För byggnader som inte är bostäder inkluderas energibalanser för kylning och belysning medan bostäder har energibalanser enbart för uppvärmning, tappvarmvatten och ventilation. El från solcellspaneler kan subtraheras från byggnadens energianvändning upp till byggnadens elanvändning under varje månad. Överskott på sommaren räknas inte in.

Det finns ännu inga fastställda definitioner på NNE eller byggregler för 2020, men Tyskland har ett antal program som ger bidrag till plusenergihus som har definierat några olika definitioner.

### 3.3 Hur kan man mäta använd energi?

Sveriges byggregler är i ett internationellt perspektiv unika genom att det ställs krav på uppmätt energi. Det vanliga är att byggregler enbart formuleras med krav på projekterad energianvändning. Att byggnadens energi ska mätas har inneburit att bygg- och fastighetsbranschen har skärpt sitt avtalsförhållande sinsemellan och kommit överens om branschstandarder som reglerar hur verifiering av bygganden ska ske (SVEBY). Sannolikt har detta lett till en kvalitetssäkring vid nybyggnation som har varit positiv för utvecklingen av mer energieffektiva byggnader. Att ta bort kravet upp mätuppföljning vore därför olyckligt och även om byggreglerna formuleras på ett annat sätt bör krav på mätning finnas kvar.

Om byggreglerna fortsatt bör uttryckas som *köpt energi*, så finns reglerna för uppmätning och verifiering redan på plats.

Om de ska uttryckas som *primärenergi*, så förutsätts att detta beräknas som köpt energi gånger olika faktorer, och mätmetoder är även då klara.

Men om begreppet *använd energi (nettoenergi)* skall användas, och om vi utgår från att denna energi ska vara mätt och inte beräknad, så behövs metoder för detta. En skiss finns i det följande.

#### 3.3.1 Om mätning i dagens byggregler

BBR ställer idag krav på köpt energi för uppvärmning, komfortkyla, tappvarmvatten och byggnadens fastighetsenergi. Reglerna kräver att byggnadens energianvändning kontinuerligt ska kunna följas upp genom ett mätsystem. Mätsystemet ska kunna avläsas så att byggnadens energianvändning för önskad tidsperiod kan beräknas.

I ett allmänt råd i BBR beskrivs att mätning av byggnadens energianvändning och verifiering av krav-nivåer kan ske genom avläsning och summering av till byggnaden levererade energimängder (kWh) som används för uppvärmning, komfortkyla, tappvarmvatten och byggnadens fastighetsenergi. I byggnad som har elvärme bör hushållsenergi och verksamhetsenergi, i de fall de förekommer, vara möjliga att avläsa separat. Byggnad som har annat uppvärmningssätt än elvärme och har elektrisk kylmaskin bör förses med möjlighet till separat avläsning av kylmaskinens elanvändning. Byggnadens energianvändning bör mätas under en sammanhängande 12-månadersperiod, avslutad senast 24 månader efter det att byggnaden tagits i bruk.

### 3.3.2 Alternativ till byggregler med använd energi (nettoenergi)

Ett alternativ till byggregler skulle kunna vara att BBR ställer krav på använd energi, eller s.k. netto-energi i byggnaden. Norge ställer bl.a. krav på nettoenergi i sina byggregler men då med projekterade värden. Att *beräkna* nettoenergi är betydligt enklare än att *mäta* den.

Utgångspunkt för krav på använd energi är att byggreglerna ska styra till samma kvalitet på byggnadens klimatskal, vad gäller infiltrations- och transmissionsförluster, utan hänsyn taget till valet av uppvärmningssystem (därutöver tillkommer krav på ventilationsförluster). Ett grundläggande skäl för detta är att byggnaden är konstruerad att stå länge, kanske ett århundrade, medan uppvärmningssystemen ofta har en kortare livslängd. De flesta byggnader som i dag är hundra år har bytt uppvärmningssystem flera gånger sedan de byggdes.

Idag har byggreglerna krav på transmissionsförluster i form av genomsnittlig värmegenomgångskoefficient och köldbryggor för byggnadens klimatskärm, det så kallade  $U_m$ -kravet. Detta krav är detsamma oavsett uppvärmningssystem. Krav på infiltrationsförluster sätts genom följande krav i byggreglerna: ”Byggnadens klimatskärm ska vara så tät att krav på byggnadens specifika energianvändning och installerad eleffekt för uppvärmning uppfylls.”

I byggreglerna ingår krav på uppvärmning, komfortkyla, tappvarmvatten och byggnadens fastighetsenergi. Att ställa krav på byggnadens använda energi gör att energi för uppvärmning och komfortkyla som distribueras till rummet på något sätt måste mätas. Till den mätningen tillkommer energi för byggnadens varmvattencirkulation som behöver ingå i begreppet använd energi (annars finns det risk för att varmvattencirkulationen blir ett nytt värmesystem).

Byggreglerna ger idag utrymme för att byggnadens energianvändning får reduceras med energin från solfångare eller solceller placerade på huvudbyggnad, uthus eller byggnadens tomt, i den omfattning byggnaden kan tillgodogöra sig energin. I alternativet att ställa krav på byggnadens använda energi har vi utgått från att denna möjlighet inte finns kvar, eftersom reglerna ska leda till bättre klimatskärm och inte till större andel förnybart. Därmed behöver tillförd solenergi också mätas.

#### Systemgräns för använd energi

Vid mätning av använd energi behöver värmeåtervinning ur ventilationsluft eller avloppsvatten beaktas. Detta kan göras med två olika systemgränser/synsätt:

1. I begreppet använd energi ge utrymme för att tillgodoräkna sig värmeåtervinning ur ventilationsluft eller avloppsvatten. Syftet är att begreppet använd energi ska leda till bättre klimatskärm och till att tillvarata den värme som finns i byggnaden. Vid mätning innebär detta att energi som tas från frånluft och tillförs byggnaden via uppvärmningssystemet måste räknas bort.
2. I begreppet använd energi inte ge utrymme för att tillgodoräkna sig värmeåtervinning ur ventilationsluft eller avloppsvatten. Syftet är att begreppet använd

energi ska leda till bättre klimatskärm utan hänsyn till byggnadens installationer. Att mäta detta är i princip en kvalitetskontroll av att kravet på genomsnittlig värmegenomgångskoefficient och köldbryggor för byggnadens klimatskärm, det så kallade  $U_m$  kravet, är uppfyllt.

Nackdelen med krav på nettoenergi är att det inte spelar någon roll om byggnaden förses med väldigt ineffektiva installationer eller har låg eller ingen andel av förnybar energi. Dessa krav måste med alternativet nettoenergi regleras med kompletterande krav.

### 3.3.3 Hur olika energiposter kan mätas

**Energi till tappvarmvatten - alla byggnader:** Krav på mätning av byggnadens fastighetsenergi och tappvarmvattenuppvärmning kan ske separat. Varmvattenanvändning kan mätas genom att volym levererat varmvatten för att energianvändning för tappvattenuppvärmning ska kunna beräknas. Flödesmätare bör placeras på kallvattenledning in till installation för beredning av varmvatten. Levererad energi för tappvattenuppvärmning under ett år beräknas enligt:

$$Energi_{vv} = \sum_{månad=1}^{12} volym_{vv,månad} \cdot 55 \quad (\text{kWh/år})$$

där:  $volym_{vv}$  = volym levererat varmvatten per månad ( $\text{m}^3$ )

**Energi till fastighetsenergi - alla byggnader:** Elledning för fastighetsenergi dras separat med egen elmätare. Här ingår då inte el för uppvärmning och kylning. Vidare bör elledning för hushållsenergi och/eller verksamhetsenergi dras separat med egen elmätare.

Mätning av fastighetsenergi sker därmed med minst 1 elmätare för varje byggnad. För elinstallation som tillhör kategorin hushållsel/verksamhetsel men som mäts med mätare för fastighetsenergi (t.ex gemensam tvättstuga) eller om elinstallation som tillhör kategorin fastighetsenergi mäts med mätare för hushållsel/verksamhetsel (t.ex golvvärme) gäller att:

- a. om elinstallationen förväntas ha en årlig elanvändning som bidrar till byggnadens totala energiprestanda med 3 kWh per  $\text{m}^2 A_{temp}$  eller mer, så ska undermätare för elinstallation installeras för korrigering av elanvändning.
- b. om elinstallationen förväntas ha en årlig elanvändning som bidrar till byggnadens totala energiprestanda med mindre än 3 kWh per  $\text{m}^2 A_{temp}$ , så kan schablonvärden användas vid korrigering av elanvändning.
  - i. schablonvärden baseras på installerad effekt och användningstid
  - ii. schablonvärden får maximalt användas för totalt 20 % av byggnadens totala energiprestanda.

Om apparat som tillhör kategorin fastighetsenergi förses med energi med hjälp av annan energibärare ska mätning ske separat för varje energibärare (t.ex. fjärrvärmeuppvärmt golv eller handdukstorkar).

För de byggnader som har solex tillförs genererad el före fastighetselmätaren.

**Använd energi för uppvärmning och VVC – byggnader med fjärrvärme:** Här kan debiteringsmätaren för fjärrvärme användas som mätare, då täcks energi till uppvärmning, VVC, tappvarmvatten och eventuell eftervärmning av ventilationsluft. För de byggnader som har solvärme behöver separat värmemängdsmätare installeras. Uppvärmning av tappvarmvatten får här avräknas. (Ett alternativ är att låta alla byggnader mätas på samma sätt oavsett uppvärmningsform så bortses även förluster i undercentralen.)

**Använd energi för VVC-byggnader med annat uppvärmningssätt än fjärrvärme:** Cirkulationsflöde på VVC-returen mäts tillsammans med temperaturer på VVC-kretsens framledning och retur. Ener-gimängden kan därmed beräknas. För de byggnader som har solvärme tillförs solvärmen före VVC-kretsen.

**Använd energi för uppvärmning - byggnader med annat uppvärmningssätt än fjärrvärme och med vattenburet distributionssystem för värme:** Flöde på värmedistributionskretsen mäts tillsammans med temperaturer på kretsens framledning och retur. Energimängden kan därmed beräknas. För de byggnader som har solvärme tillförs solvärmen före värmedistributionssystemet. (Detta gäller för byggnader med värmepump, pellets, gas etc.)

**Använd energi för uppvärmning - byggnader med annat uppvärmningssätt än fjärrvärme och med luftburet distributionssystem för värme:** Här mäts med värmemängdsmätare den energi som tillförs ventilationsluften i värmebatteriet. Om det sker med direktel är det enklast att eftervärmningsbatteriet ingår i fastighetsmätningen. (Sker det med fjärrvärme ingår det i fjärrvärmemätningen enligt ovan). Används luft-luft-värmepumpar mäts elförbrukningen i dessa, och den använda värmenergin beräknas utifrån angiven värmefaktor för den aktuella värmepumpen.

**Använd energi för kylning - byggnader med vattenburet distributionssystem för kyla:** Flöde på kyl-distributionskretsen mäts tillsammans med temperaturer på kretsens framledning och retur. Energimängden kan därmed beräknas.

**Använd energi för kylning - byggnader med luftburet distributionssystem för kyla:** Här mäts med värmemängdsmätare den energi som tillförs ventilationsluften i kylbatteriet, dvs i brinekretsen. Energimängden kan därmed beräknas. Detta kräver att mätare installeras i kylmaskinerna från början. (Alternativt att det görs som idag att el till kylmaskinen mäts och multipliceras med en faktor 3. Men då rubbar man ju på vitsen med använd energi.)

**Använd energi ur frånluft (om systemgräns 1):** Här mäts ventilationsflöde, frånlufttemperatur och avluftstemperatur efter uttagen värme, till exempel till frånluftsvärmepump. Energimängden tagen ur frånluft kan därmed beräknas och subtraheras från använd energi. Vid kondenserande värmeutvinning mäts även luftfuktighet var-

vid energimängden beräknas med entalpier. - På motsvarande sätt mäts energi använd ur avloppsvattnet som tillförs värmesystemet.

**Använd energi för värmeåtervinning (om systemgräns 2):** Här mäts ventilationsflöde, utetemperatur och tilluftstemperatur i byggnaden. Energimängden kan därmed beräknas och adderas till använd energi. Om värmeåtervinningsaggregatet har värmebatteri mäts tilluftstemperatur innan batteriet. Här behövs särskild noggrannhet för att mäta rätt, och mätningen kan kombineras med mätning av luftburen värme enligt ovan. - På motsvarande sätt mäts energi använd ur avloppsvattnet.

### 3.3.4 Några kommentarer

Vi förutsätter att man i Sverige vill fortsätta att kunna mäta den energi som byggreglerna ger nivåer för. Genomgången ovan tyder på, att begreppet använd energi kommer att kräva fler mätare än vad som är fallet med dagens BBR. Mätning är generellt bra som drivkraft för bättre byggande och bättre drift. Det utvecklas bättre och billigare system för mätning. Trender i energidirektiv och byggregler för att mäta och debitera individuellt driver på denna utveckling. Tuffare energikrav såsom NNE-krav leder snarast till att det blir viktigt att kunna mäta noggrannare, och att kunna särskilja vad som är byggnadens egenskaper (som ska uppfyllas enligt norm) och vad som är användarpåverkan mm.

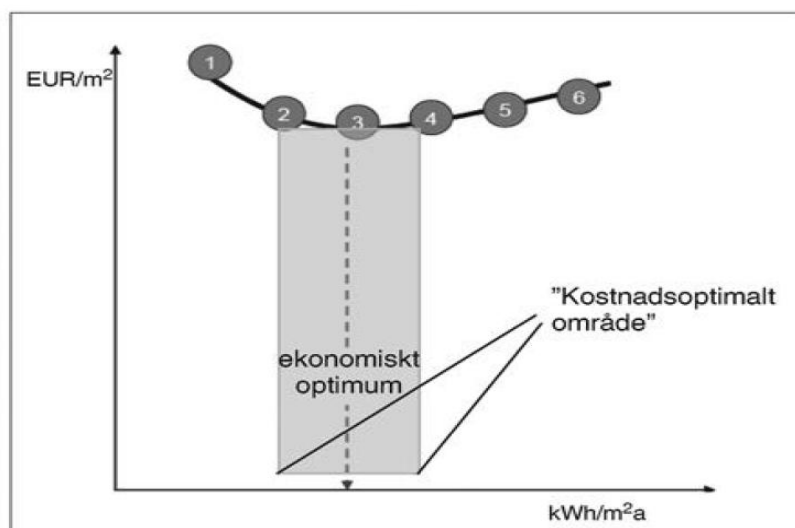
Inom ramen för detta projekt har inte funnits utrymme att beräkna tillkommande kostnader för att mäta använd energi. Projektet pekar på att man måste arbeta vidare med att definiera använd energi. Oavsett definition, så tycks det tillkomma många mätpunkter, och till kostnaderna för mätare ska läggas mätvärdeshantering. Det skulle krävas en särskild och djupare utredning för att klargöra dessa frågor. Den bör lämpligen omfatta en cost-benefit-analys, där kostnaderna vägs mot vilka vinster som kan göras, inklusive vinsten av att övergå till begreppet använd energi. Vi noterar också, att även om det finns en rad goda skäl att generellt främja bättre mätning, så ska byggreglerna vara minimikrav som ska vara motiverade att föreskriva i samtliga nya byggnader.

## 4 UNDERLAG: HUSBERÄKNINGAR

### 4.1 EU-metoden för att beräkna optimal nivå

Som underlag för analyserna av hur byggreglerna fungerar, och för att belysa olika åtgärders kostnadseffektivitet och uppvärmningssätts konkurrenskraft har CIT Energy Management genomfört beräkningar på tre typhus. Sättet att beräkna och illustrera följer den metod som EU-kommissionen lanserat i samband med det reviderade direktivet om byggnaders energiprestanda (European Union 2012).

Den är framtagen för att illustrera optimala nivåer för hur mycket man ska göra av energihushållningsåtgärder, och är avsedd att brukas när länders ska utforma byggregler.



Denna figur finns i kommissionens dokument; x-axeln visar specifik energianvändning och y-axeln livscykelkostnad. Varje siffra utgör ett paket av åtgärder, där paket 6 illustrerar det första paketet med högst energianvändning. Paket 1 är det som ger lägst energianvändning, men högst livscykelkostnad. Paket 3 är det som representerar den kostnadsoptimala nivån, då livscykelkostnad är lägst. Detta innebär dock inte att paket 2 inte är lönsamt, eftersom livscykelkostnaden här är lägre än utgångspunkten (paket 6) och energianvändningen dessutom är reducerad.

### 4.2 Typhus i vår beräkning

Studien i detta kapitel redovisar alltså de ekonomiska konsekvenserna av energiprestandakrav. Den bygger vidare på rapporterna Utredning av kostnadsoptimal energieffektivisering i flerbostadshus (för Effsys; Filipsson et al 2012) och Energikrav för NäraNollEnergibygnader (för Energimyndigheten; Filipsson et al 2011) som även de har tagits fram av CIT. Studien är begränsad till några typfall av byggnader belägna i

klimatzon 3. För att få en bild av hur resultatet skiljer sig från andra hustyper och klimatzoner hänvisas till ovan nämnda rapporter. Följande typhus är beräknade i föreliggande rapport:

### (1) Nybyggt flerbostadshus

Flerbostadshus enligt tidigare gjord utredning av CIT, med 2 718 m<sup>2</sup> Atemp. Med uppvärmningsalternativ fjärrvärme, bergvärmepump och luft-vattenvärmepump. Beräkningen startar med dagens BBR-nivåer, och sedan prövas åtgärder som förbättrar energiprestandan.

### (2) Nybyggt småhus

Typiskt nybyggt småhus, med utformning och placering så att fjärrvärme kan erbjudas. Area 140 m<sup>2</sup> Atemp (medelarea idag och enligt Energimyndighetens prognos för nybyggande kommande år). Uppvärmningsalternativ: fjärrvärme, bergvärmepump och frånluftsvärmepump. - Fjärrvärmeförutsättningarna antas alltså vara sådana, att anslutningsavgiften ligger på medelnivån för fjärrvärmda småhus i landet (dessa förutsättningar gäller alltså bara för en mindre del av alla nybyggda småhus).

### (3) Befintligt flerbostadshus med stor ombyggnad

Lamellhus byggt 1960-1975. Area 1 800 m<sup>2</sup>, med genomsnittlig värmeanvändning enligt statistik. Har fjärrvärme idag. Genomgår så stor ombyggnad att nybyggnadskrav vad gäller energi kan komma att utlösas. Införande av effektiviseringsåtgärder beräknas, baserat på underlag från en tidigare beräkning av CIT. Dessutom lönsamhetsberäknas byte från fjärrvärme till uppvärmning med bergvärmepump eller luft-vattenvärmepump med elspets.

Beräkningarna görs enbart för ett hus i klimatzon 3. De olika beräkningsfallen sammanfattas i tabellen nedan:

	Fjärrvärme	Bergvärmepump	Luft-vattenvärmepump	Frånluftsvärmepump
Nytt flerbostadshus	X	X	X	
Nytt småhus	X	X		X
Befintligt flerbostadshus	X	X	X	

Vid beräkningarna för flerbostadshus har som alternativa uppvärmningssätt valts bergvärmepump och luft-vattenvärmepump, eftersom dessa kan anses vara de som avgör nivån för eluppvärmd byggnad. Luft-vattenvärmepump måste beaktas, eftersom det inte går att borra för bergvärme på alla ställen i Sverige.

För småhuset har istället en frånluftsvärmepump använts eftersom den relativt kostnadseffektivt har möjlighet att som enda uppvärmningsform förse byggnaden. Den är idag ett mycket vanligt uppvärmningsalternativ vid nybyggnad av småhus. Luft-vattenvärmepumpen har här begränsningar de kallaste vinterdagarna.



Följande årsvärmefaktorer har antagits för värmepumparna i dessa beräkningar:

- Flerbostadshus, nytt eller ombyggt: bergvärmepump 3,3, luft-vattenvärmepump 2,6
- Nytt småhus: bergvärmepump 3,5, frånluftsvärmepump 2,15 (inkl elspets; 3,2 exkl elspets)

Fastighetselanvändningen antas till 13 kWh/m<sup>2</sup> i det nya flerbostadshuset, 15 kWh/m<sup>2</sup> i det ombygga med FTX, och ca 4 kWh/m<sup>2</sup> i det nya småhuset.

### **BBR-krav i husberäkningarna**

Beräkningarna är gjorda med hänsyn till kraven i BBR för

- energianvändning i kWh/m<sup>2</sup>, och
- maximalt installerad eleffekt, och
- maximal genomsnittlig värmegenomgångskoefficient ( $U_m$ ).

De BBR-krav som resultaten jämförs med är:

- Specifik energianvändning (ej elvärmda byggnader): 90 kWh/m<sup>2</sup>, år
- Specifik energianvändning (elvärmda byggnader): 55 kWh/m<sup>2</sup>,år
- Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient ( $U_m$ ): 0,40 W/m<sup>2</sup>K
- Installerad eleffekt för uppvärmning: 4,5 + 0,025 x (Atemp-130) kW

Eleffektbehovet som ska jämföras med BBR-kravet beräknas enligt följande instruktion i BBR: ”Det maximala effektbehovet kan beräknas vid DVUT och tappvarmvattenanvändning motsvarande minst 0,5 kW per lägenhet”.

### **Ekonomi, energipriser**

De ekonomiska beräkningarna är gjorda som en livscykelberäkning med kalkyltiden 30 år. Priserna är genomgående avsedda att spegla situationen ca år 2020, då NNE-kraven ska börja gälla, men de är uttryckta i 2012 års prisnivå. Underlag vad gäller energipriser, se kapitel 6.

Vi har bara räknat med fall av renodlade uppvärmningssätt (exempel: en bergvärmekonvertering av det befintliga flerbostadshuset innebär att man helkonverterar från fjärrvärme), annars hade energiprisberäkningarna behövt vara mer komplexa. Vad gäller åtgärdskostnader antas i huvudsak, att de reala priserna består till år 2020.

Samtliga priser i detta avsnitt är exklusive moms.

Det finns ett *grundfall* samt några *känslighetsanalyser* med alternativa antaganden:

- **Kalkylränta:** Grundfall 3 %. Alternativ 8 %
- **Spridning fjärrvärmepriser:** Grundfall 0,69 kr/kWh. Alternativ: 0,35 kr/kWh och 0,78 kr/kWh (spridningen motsvarar landets lägsta och högsta pris).
- **Ombyggnad, åtgärds kostnad:** Grundfall alla åtgärds kostnader med i kalkylen. Alternativ: Fasadåtgärder som ändå behöver göras (ej energirelaterade) tas ej med.
- **Alternativa energipriser:** Tabellen nedan visar detaljer om priser i grundfall och alternativfall. Alternativfallet motsvarar den prisstruktur som finns i Effsys-rapporten från december 2012, dock justerade till en nivå år 2020 i 2012 års pris-nivå enligt kapitel 6. Priser inom parentes = alternativfallet.

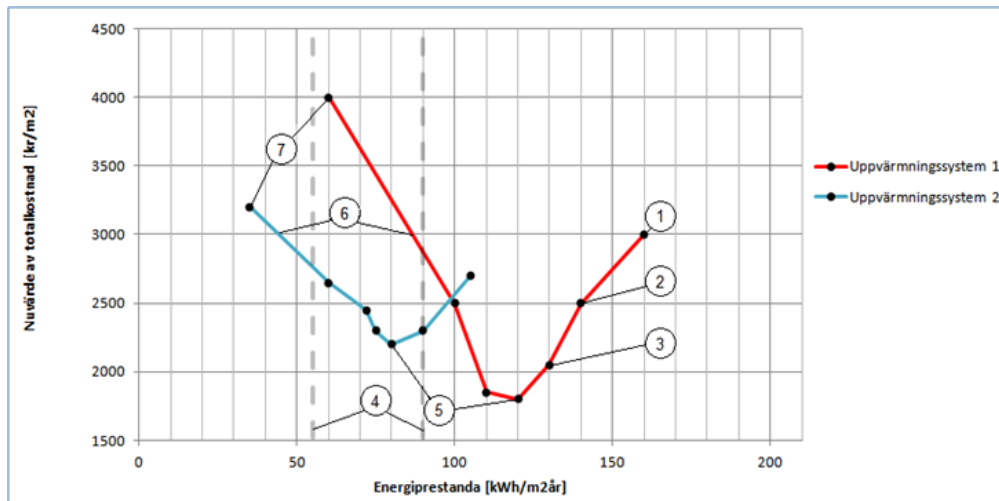
	Befintligt flerbostadshus	Nytt flerbostadshus	Nytt småhus
Fjärrvärmepris - uppvärmningsdel [kr/kWh]	0,69 (0,78)	0,69 (0,72)	0,69 (0,74)
Fjärrvärmepris - tappvarmvatten-del [kr/kWh]	0,53 (0,59)		
Elpris [kr/kWh]. För grundfallet exkl fast nätbel; för alternativfallet hopvägt el+nät	1,06 exkl fast nätbel (1,27 el+nät)		
Kostnad för elnät fast del [kr/år] med fjärrvärme med bergvärmepump	oförändr (oför)	6 000 (0)	1 800 (0)
med luftvatten-/frånluftsvärmepump	ök n 30 000 (0)	32 000 (0)	3 300 (0)
	ök n 35 000 (0)	40 000 (0)	3 300 (0)

I Bilaga 1 finns fler detaljer om de förutsättningar som använts i beräkningarna.

### Om diagrammen: Så här ska de tolkas

Som nämnts ovan så presenteras resultatet i diagram som visar byggnadens energiprestanda (i köpt energi i kWh/m<sup>2</sup>) på x-axeln och livscykelkostnaden på y-axeln, se figuren på nästa sida. Den redovisade livscykelkostnaden inkluderar nuvärdet av alla de kostnader som direkt beror på vilket uppvärmningssystem och åtgärds paket som väljs. Kostnader för underhåll som är desamma oavsett uppvärmningssystem eller energieffektiviseringsåtgärd ingår alltså inte.

Som nämnts ovan, så härrör redovisningssättet från kommissionens riktlinjer för beräkning av kostnads optimala energiprestandanivåer (European Union 2012).



Figur 4.1 Principexempel för beräkning av kostnadsoptimala energiprestandanivåer

Figuren ovan redovisar ett principexempel, där två olika uppvärmningssystem visas (röd och blå kurva). Man läser varje kurva från höger till vänster så här:

1. Byggnadens energiprestanda och livscykelkostnad i utgångsläget
2. Energiförbrukning och livscykelkostnad om den mest lönsamma åtgärden genomförs. I våra beräkningar är den definierad som den åtgärd som sänker livscykelkostnaden mest.
3. Energiförbrukning och livscykelkostnad om de två mest lönsamma åtgärderna genomförs, o.s.v.
4. Energiförbrukningskrav enligt BBR19 (för elvärm resp. icke elvärm byggnad)
5. Kostnadsoptimala nivåer (lägsta livscykelkostnad)
6. Lägst lönsamma energiprestandanivåer – om man gör fler åtgärder, och flyttar sig mer åt vänster, så kommer livscykelkostnaden att bli högre än i startpunkten 1.
7. Tekniskt möjliga energiprestandanivåer (med de undersökta åtgärderna)

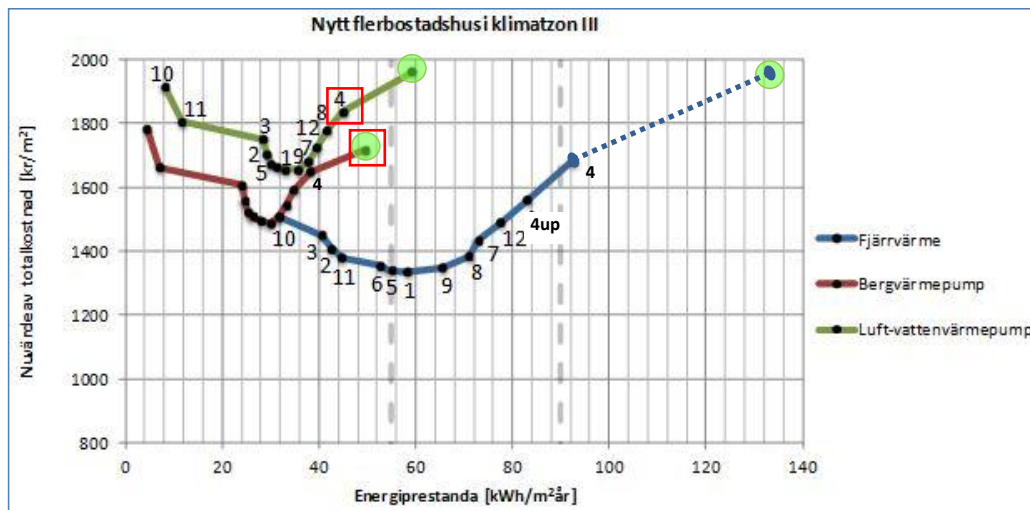
När det gäller rangordningen efter mest lönsamma åtgärder ska sägas att man alternativt hade kunnat ordna åtgärderna efter något annat kriterium, såsom efter (fallande) internränta.

Vi kommer också längre fram att lägga in särskilda markeringar för när längs kurvan som olika BBR-krav nås, exempelvis om kravet på visst  $U_m$ -värde uppnås först när ett antal åtgärder längs kurvan är genomförda.

Beräkningarnas *grundfall* representeras i samtliga diagram av kurvor med *svarta prickar*. Kurvor som visar känslighetsanalyser är de utan prickar.

Energiförbrukning är alltså i dessa diagram uttryckta i *köpt energi*.

### 4.3 Nytt flerbostadshus



Figur 4.2 Grundfall av beräkning för nytt flerbostadshus

För att man ska kunna se om samtliga energikrav i BBR är uppfyllda, så har vi i denna figur utöver energiprestanda ( $\text{kWh/m}^2$ ) också introducerat markeringar för:

- Den punkt på kurvan där  $U_m$ -kravet är uppfyllt, och
- Den punkt på kurvan där eleffektkraven är uppfyllda (för elvärmda hus)

Kurvans svarta prickar representerar dessa olika åtgärder:

- |                       |                                       |                       |
|-----------------------|---------------------------------------|-----------------------|
| 1. Mer fasadisolering | 5. Bättre fönster                     | 10. Solvärme          |
| 2. Mer takisolering   | 6. Behovsstyrd ventilation            | 11. Solceller         |
| 3. Mer grundisolering | 7. Prognosstyrning/bättre injustering | 12. Tätare klimatskal |
| 4. FTX införande      | 8. Fastighetselåtgärder               |                       |
| 4up. FTX uppgradering | 9. Tappvarmvattenåtgärder             |                       |

Om FTX: För fjärrvärmehuset införs FTX (åtgärd 4) för att nå startläget = dagens BBR. Därefter finns åtgärd 4up, FTX, innebärande uppgradering från 70 % till 90 % temperaturverkningsgrad. Värmepumpshusens startläge är frånluftsventilation, när vi går till vänster införs FTX (åtgärd 4). - Åtgärd 11, solceller, förutsätter att man sommardag kan sälja el till samma pris som man köper el på vinterhalvåret.

Husets startläge (längst till höger) är ett hus med  $U_m=0,40$ , dvs enligt BBRs minimikrav på klimatskärm, samt med frånluftsventilation.

*Fjärrvärmehuset* klarar inte energiprestandakravet på  $90 \text{ kWh/m}^2$ , utan här införs FTX med 70 % temperaturverkningsgrad (åtgärd 4) för att kravet ska klaras.

*Huset med bergvärmepump* klarar nivån  $55 \text{ kWh/m}^2$ , och *huset med luft-vattenvärmepump* klarar nästan denna nivå, men vi måste också kolla mot eleffektkravet: En husstorlek på  $2\,718 \text{ m}^2$  medför krav på maximalt 69 kW installerad eleffekt. Med värmepump, utan andra åtgärder, är byggnadens värmebehov 93 kW. Det betyder att en värmepump måste prestera ett COP inkl. elspets på 1,35 när det är som kallast ute.

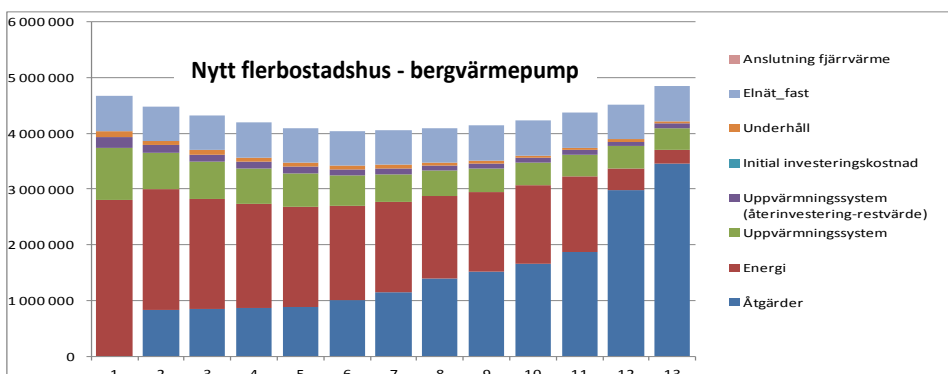
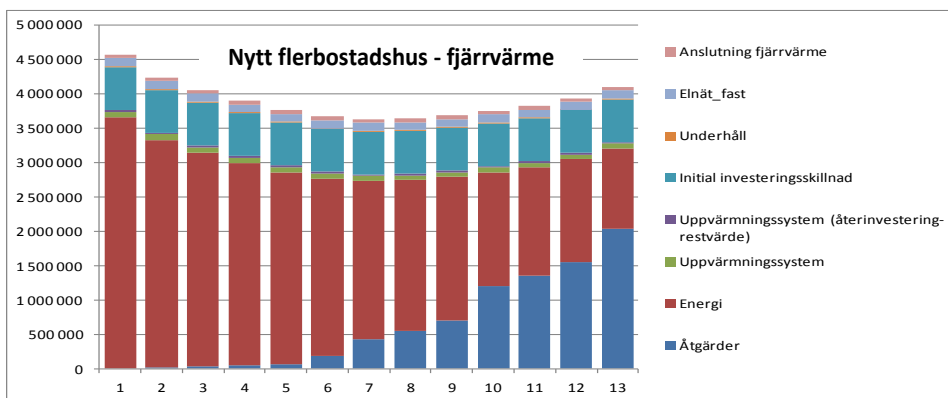
Detta klarar en normal bergvärmepump redan i utgångsläget (punkten längst till höger). Om luft-vattenvärmepumpen inte kan vara igång när det är som kallast ute krävs däremot åtgärder för att klara eleffektkravet. Den mest lönsamma åtgärden, FTX-ventilation (punkt 4), sänker värmeeffektbehovet till 59 kW, och räcker alltså för att klara kravet på maximalt installerad eleffekt.

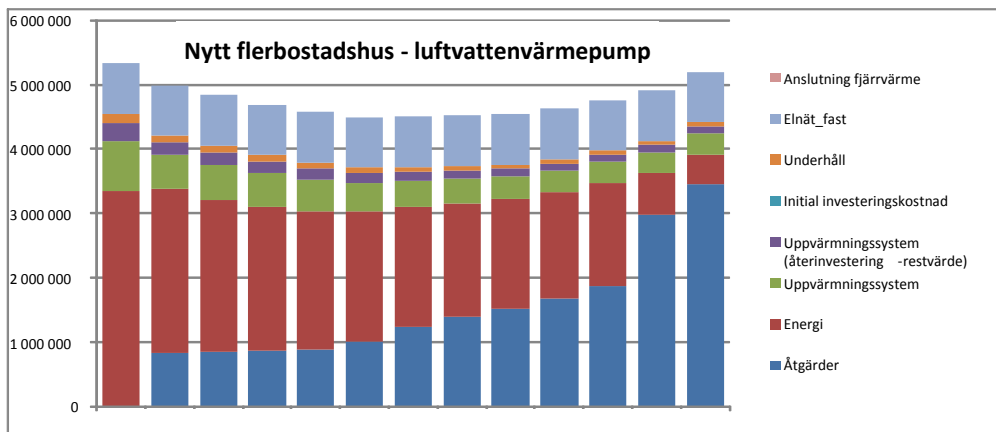
Vi noterar alltså, att man i detta fall slipper tilluft och återvinning i huset med bergvärmepump för att klara BBRs miniminivå.

När vi därmed definierat vilka punkter på kurvorna som överhuvudtaget klarar alla BBR-kraven, så kan vi gå vidare och se på optimal nivå för fler åtgärder: För huset med fjärrvärme kan livscykelkostnaden sänkas genom en rad åtgärder/förbättringar, och vi når en lågpunkt på kurvan vid energianvändningen 60 kWh/m<sup>2</sup>. Även för värmepumpshuset är det lönsamt att göra mer åtgärder, vilket leder mot energianvändningar runt 30-35 kWh/m<sup>2</sup>.

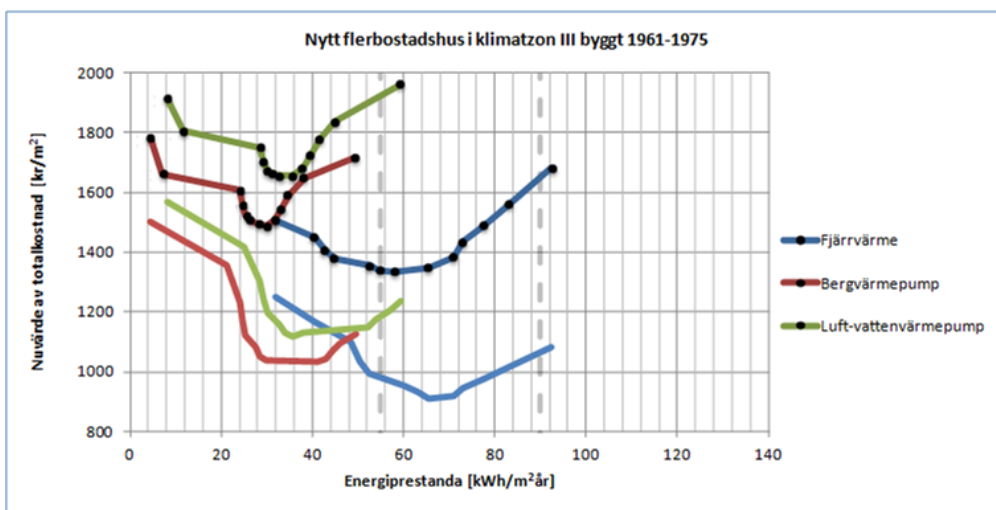
Fjärrvärme har klart lägst livscykelkostnad med detta husexempel, därefter bergvärmepump.

Följande tre diagram visar samma nuvärden som figuren på föregående sida, men uppdelade i nuvärdets olika komponenter. (Obs! att fallet utan åtgärder nu är längst till vänster och vice versa.) Figurerna illustrerar bra hur åtgärdskostnaderna ökar samtidigt som energikostnaderna minskar, och man ser inverkan av de olika delarna i energikostnaden.





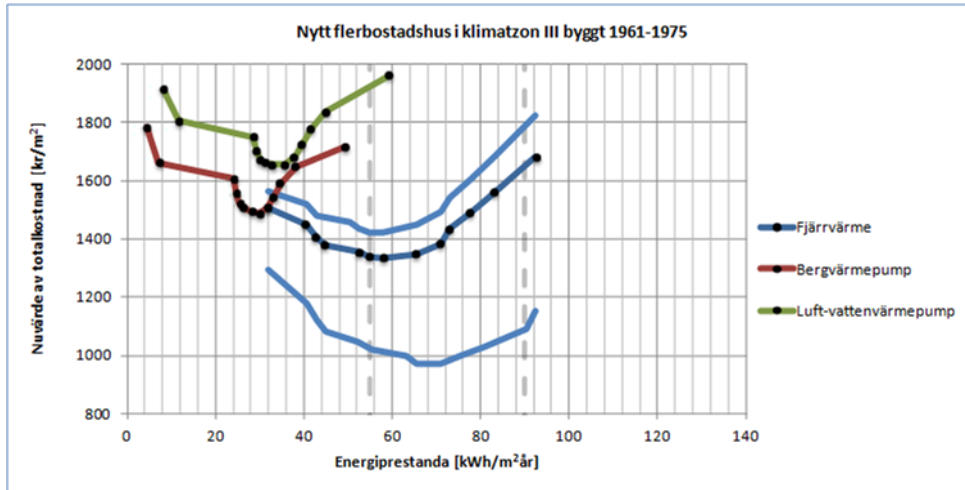
De följande tre figurerna visar ett antal *känslighetsanalyser* för det nya flerbostadshuset. Genomgående visas grundfallet som en kurva med svarta prickar, medan alternativen har kurvor utan prickar. Först visas inverkan av annat val av kalkylränta:



Figur 4.3 Kalkylränta 3 % (kurva med prickar) respektive 8 % (kurva utan prickar)

Högre kalkylränta leder till lägre nuvärden generellt. Fjärrvärme har fortfarande lägre livscykelkostnader. Färre åtgärder (eller prestandaförbättringar) blir dock lönsamma, och de optimala energianvändningsnivåerna blir högre än i basfallet. Med högre kalkylränta betyder de framtida energikostnaderna mindre, vilket minskar skillnaderna mellan uppvärmningssätten då man går mot lägre energianvändningsnivåer.

Nästa känslighetsanalys visar inverkan av olika fjärrvärmepriser:

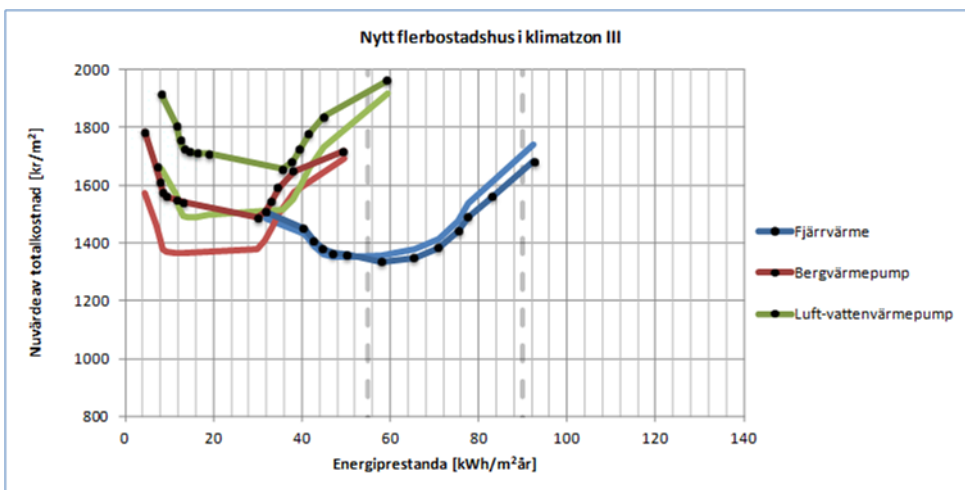


Figur 4.4 Kurvor med prickar är basfallet, med fjärrvärmens genomsnittspris. Blå kurvor utan prickar är lägsta och högsta fjärrvärmepris i Sverige

Genomsnittspriset är 0,69 kr/kWh, medan lägsta och högsta pris i Sverige är 0,35 respektive 0,78 öre/kWh (exkl moms). Noga räknat finns det lägsta priset inte i Klimatzon 3, men bilden får ses mer principiell.

Som väntat så accentueras skillnaden mot värmepumparna där fjärrvärmepriserna är som i landets lägre skikt. Som väntat blir det inte heller optimum vid riktigt lika många åtgärder eller prestandaförbättringar.

Nästa känslighetsanalys redovisar utfallet vid alternativa prisantaganden.



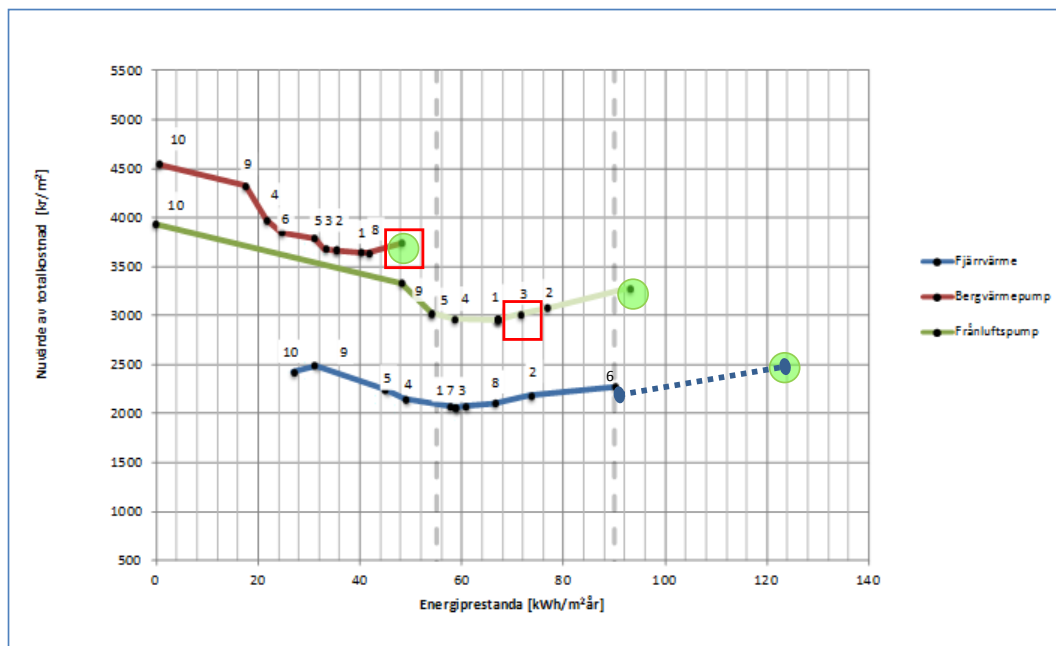
Figur 4.5 Kurvor med prickar är basfallet av prisantaganden, kurvor utan prickar är alternativa priser enligt kapitel 4.2

Prisantagandena definieras i början av kapitel 4.2. Basfallet har energipriser i samma nivå som CITs tidigare framtagna Effsys-rapport (Filipsson et al 2012), men istället för en genomsnittlig kostnad för all el och nät (1,27 kr/kWh exkl moms) är den fasta

delen av elnätskostnaden separerad för att återge förhållandet att elnätskostnaden inte är proportionell mot förbrukningen. Detta innebär en viss relativ fördyring för värmepumpsalternativen. De alternativa prisantagandena använder Effsys-antagandet för el och nät, medan fjärrvärmepriset höjts något för att motsvara det fjärrvärmepris vi i denna rapport beräknat för läget år 2020 (i 2012 års prisliv), se kapitel 6.

De alternativa priserna ger därmed ett fall där värmepumparna får bättre relativa prisförutsättningar. Figur 4.3 illustrerar detta. Jämfört med basfallet (kurvor med prickar) väger det mer jämnt i lägsta livscykelkostnad mellan fjärrvärme och bergvärmepump med alternativpriserna (kurvorna utan prickar).

#### 4.4 Nytt småhus



Figur 4.6 Grundfall av beräkning för nytt småhus

För att man ska kunna se om samtliga energikrav i BBR är uppfyllda, så har vi också i denna figur utöver energi prestanda ( $\text{kWh/m}^2$ ) introducerat markeringar för:

- Den punkt på kurvan där  $U_m$ -kravet är uppfyllt, och
- Den punkt på kurvan där eleffektkraven är uppfyllda (för elvärmdda hus)

Kurvans svarta prickar representerar dessa olika åtgärder:

- |                       |                       |                            |               |
|-----------------------|-----------------------|----------------------------|---------------|
| 1. Tätare klimatskal  | 4. Mer takisolering   | 7. FTX uppgradering        | 10. Solceller |
| 2. Mer fasadisolering | 5. Mer grundisolering | 8. Behovsstyrd ventilation |               |
| 3. Bättre fönster     | 6. Frånluft till FTX  | 9. Solvärme                |               |

Om FTX: För fjärrvärmehuset införs FTX (åtgärd 6) för att nå startläget = dagens BBR. Därefter finns längre till vänster åtgärd 7, som är uppgradering från 70 % till 90 % temperaturverkningsgrad. Huset med bergvärmepump klarar sig med frånluftssystem i starten – betydligt längre till vänster kommer åtgärd 6, införande av FTX. - Solcell-såtgärden förutsätter att man sommartid kan sälja el till samma pris som man köper el på vinterhalvåret. Eftersom det normalt sett inte är möjligt har den åtgärden placerats sist.



Husets startläge (längst till höger) är ett hus med frånluftsventilation, och med  $U_m=0,36$ , dvs det uppfyller med lite marginal BBRs minimikrav på klimatskärm.

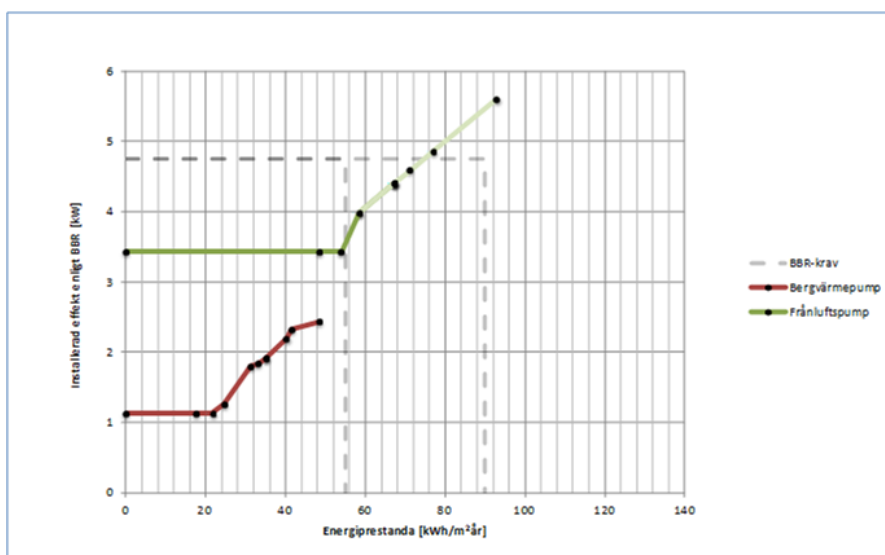
*Fjärrvärmehuset* klarar inte energiprestandakravet på  $90 \text{ kWh/m}^2$ , utan här införs FTX med 70 % temperaturverkningsgrad (åtgärd 6) för att kravet ska klaras.

*Huset med bergvärmepump* klarar nivån  $55 \text{ kWh/m}^2$  i startläget, men inte huset med *frånluftsvärmepump*. För det huset krävs ett antal olika förbättringar av startlägets klimatskärm (åtgärderna 1-5, se kurvan) innan man når nivån  $55 \text{ kWh/m}^2$ .

Man behöver också kolla mot *eleffektkravet*: En husstorlek på  $140 \text{ m}^2$  medför krav på maximalt  $4,75 \text{ kW}$  installerad eleffekt. Med värmepump, utan andra åtgärder, är byggnadens värmebehov i frånluftsfallet  $5,6 \text{ kW}$  eleffekt. Det krävs alltså åtgärder för att klara eleffektbehovet, och det klaras efter två klimatskärsåtgärder. Som vi sett ovan behövs dock ännu mer för att klara kravet i  $\text{kWh/m}^2$ .

Liksom för flerbostadshuset noteras, att man för detta småhus slipper tilluft och återvinning i huset med bergvärmepump men inte i fjärrvärmehuset för att klara BBRs miniminivå.

Följande diagram ger ytterligare förtydligande av hur den installerade eleffekten minskar med åtgärder. Ordningen är samma som i basfallet. Den installerade effekten som visas är den eleffekt som behövs vid dimensionerande utetemperatur (DVUT). I detta fall är den  $-17,2 \text{ }^\circ\text{C}$ . Till denna effekt läggs en effekt för varmvattenuppvärmning på  $0,5 \text{ kW}$ .



Figur 4.7 Installerad eleffekt och energiprestanda för nytt småhus

Vi återgår till diagrammet med huvudresultatet i Figur 4.6:

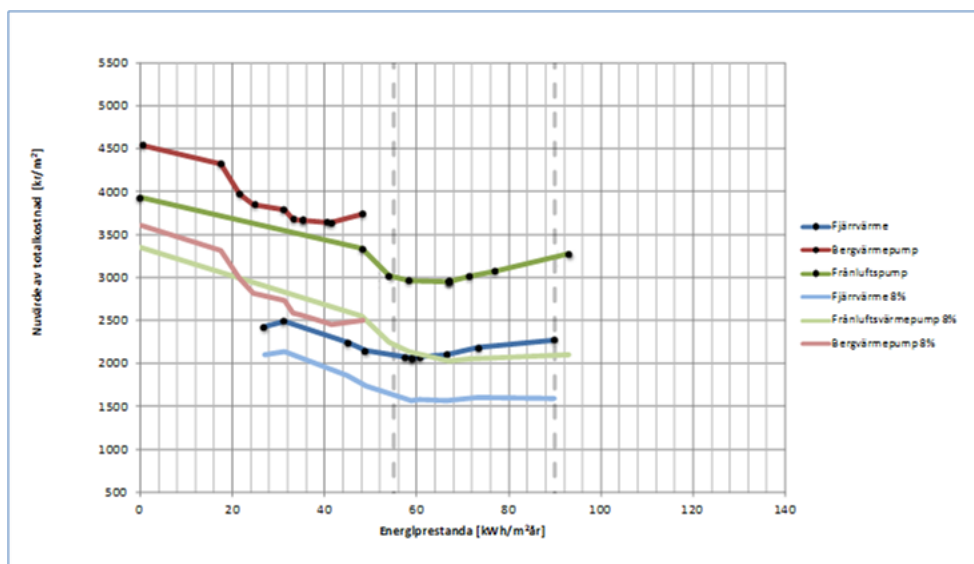
Börjar vi med det *fjärrvärmda* småhuset till höger på kurvan, där alla BBR-krav precis klaras, så ser vi kurvan med livscykelkostnaden är mycket flack, och att det med små insatser går att åstadkomma en betydande förbättring av energiprestanda, alltså betydligt lägre förbrukning i  $\text{kWh/m}^2$ . Optimum ligger omkring  $60 \text{ kWh/m}^2$ ,

men ännu fler åtgärder är lönsamma i den meningen att livscykelkostnaden ligger lägre än startpunkten.

För småhuset med *frånluftsvärmepump* är det ingen idé att göra fler åtgärder efter punkt 5. För huset med *bergvärmepump* kan ytterligare några åtgärder från startpunkten ge en något lägre livscykelkostnad och en viss minskad förbrukningsnivå (till omkring 40 kWh/m<sup>2</sup>) med lönsamhet.

Fjärrvärmehuset har lägst livscykelkostnad med detta husexempel. Man bör åter notera, att vad gäller fjärrvärme till småhus räknar vi inte på ett genomsnittligt småhus som representerar hela landets nybyggande, utan på den (ganska lilla) andel som har goda fjärrvärmeförutsättningar. Den anslutningskostnad vi räknar med (ca 65.000 kr exkl moms för anslutningskostnad plus fjärrvärmecentral) ligger alltså på den nivå som gäller de småhus i landet som faktiskt har eller får fjärrvärme. Småhus med högre kostnader för nätbyggande och anslutning antas alltså inte erbjudas fjärrvärme i vår beräkning.

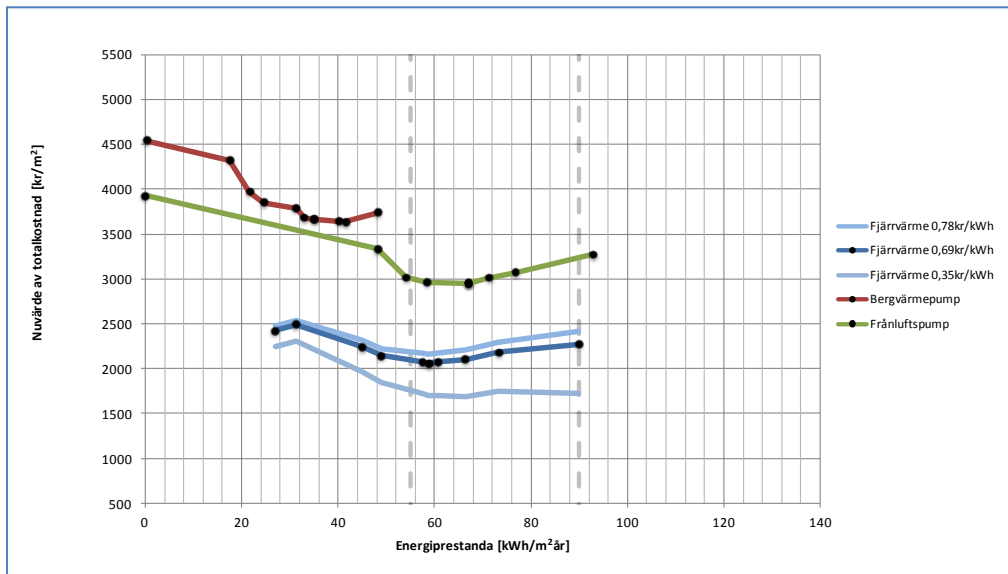
De följande tre figurerna visar ett antal *känslighetsanalyser* för det nya småhuset. Liksom förut visas grundfallet som en kurva med svarta prickar, medan alternativen har kurvor utan prickar. Först visas inverkan av annat val av kalkylränta:



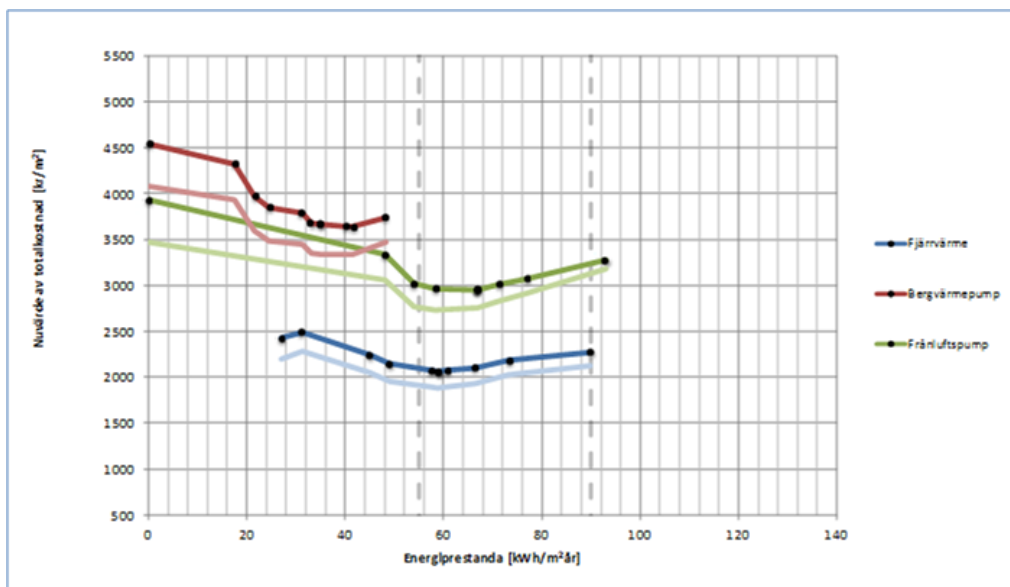
Figur 4.8 Kalkylränta 3 % (kurva med prickar) respektive 8 % (kurva utan prickar)

Högre kalkylränta leder till lägre nuvärden generellt. Fjärrvärme har fortfarande lägst livscykelkostnader. Åtgärder/prestandaförbättringar utöver startläget kan vara motiverade för fjärrvärmehuset (dock en flack kurva), och i någon mån för bergvärmehuset.

Nästa känslighetsanalys visar inverkan av olika fjärrvärmepreiser:



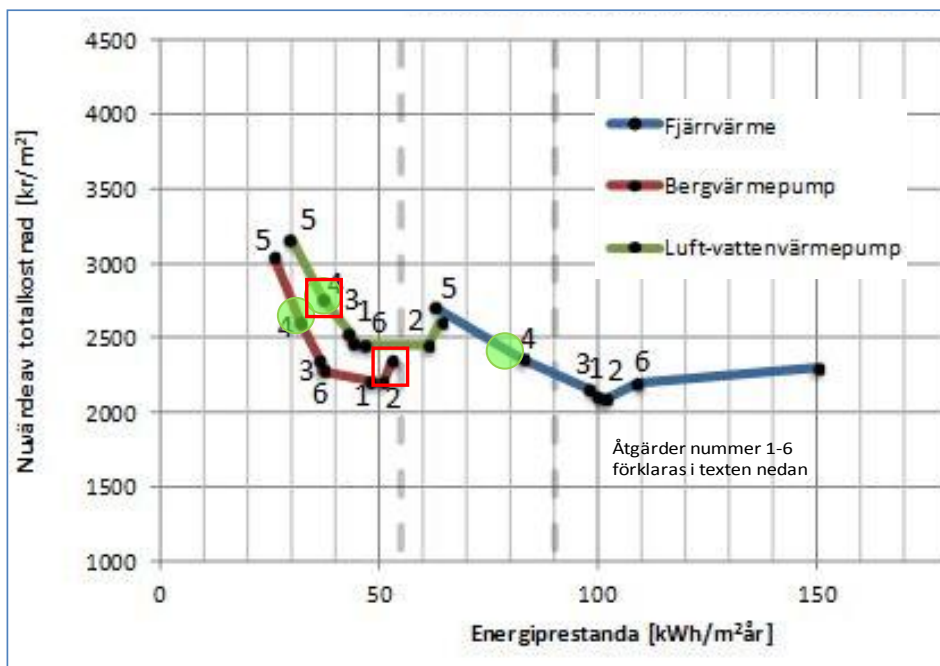
Figur 4.9 Nytt småhus. Kurvor med prickar är basfallet, med fjärrvärmens genomsnittspris. Blå kurvor utan prickar är lägsta och högsta fjärrvärmepreis i Sverige



Figur 4.10 Nytt småhus. Kurvor med prickar är basfallet av prisantaganden, kurvor utan prickar är alternativa priser enligt kapitel 4.2

De två ovanstående varianterna i känslighetsanalysen leder inte till någon principiell ändring av utfallet. Fjärrvärmehuset ger lägsta kostnad. Det slår lite olika huruvida fler åtgärder är motiverade för fjärrvärmehuset; för bergvärmehuset är det lite tveksamt, och för huset med frånluftsvärme lönar det sig inte med fler åtgärder.

## 4.5 Befintligt flerbostadshus som ombyggs



Figur 4.11 Grundfall av beräkning för befintligt flerbostadshus som ombyggs

Detta husexempel representerar en mycket ofta förekommande hustyp i den befintliga bebyggelsen, ett lamellhus byggt 1960-1975, med frånluftsventilation. Vi utgår från att huset har fjärrvärme idag (med en befintlig, 20 år gammal fjärrvärmecentral, som behöver bytas inom 10 år). Förbrukningsnivån antas till ca 150 kWh/m<sup>2</sup>, motsvarande genomsnittlig värmeanvändning enligt statistik. Antagen area 1 800 m<sup>2</sup>. Det genomgår så stor ombyggnad att nybyggnadskrav för energianvändningen kan komma att utlösas, dvs den köpta energin ska komma ned till 90 kWh/m<sup>2</sup> om fjärrvärmens bibehålles. Även en investering i form av konvertering till värmepump prövas, och då ska den köpta energin bli högst 55 kWh/m<sup>2</sup>.

För att man ska kunna se om samtliga energikrav i BBR är uppfyllda, så har vi också i denna figur utöver energiprestanda (kWh/m<sup>2</sup>) introducerat markeringar för:

- Den punkt på kurvan där Um-kravet är uppfyllt, och
- Den punkt på kurvan där eleffektkraven är uppfyllda

Kurvans svarta prickar representerar dessa olika åtgärder:

1. Fastighetsel-åtgärder
2. Tappvarmvattenåtgärder
3. Vindisolering
4. Fönsterbyte
5. Fasadisolering
6. FTX installeras

*U<sub>m</sub>-kravet:* Före åtgärder är byggnadens U<sub>m</sub>-värde 0,49 W/m<sup>2</sup>K. Genomför man alla åtgärder utom fasadisoleringen blir U<sub>m</sub>-värdet 0,41 W/m<sup>2</sup>K. Genomför man dessutom fasadisoleringen blir U<sub>m</sub>-värdet 0,26, vilket är under BBR-kravet 0,40. Eftersom BBRs ändringskrav anger en flexibilitet gentemot kraven vid nybyggnad, så antar vi att det räcker att stanna vid nivån 0,41. Om fjärrvärmen bibehålls, så måste alltså åtgärderna föras fram till punkten 4 eller lite till, för att U<sub>m</sub>-kravet ska uppfyllas. Då klaras även nivån 90 kWh/m<sup>2</sup> för den köpta energin.

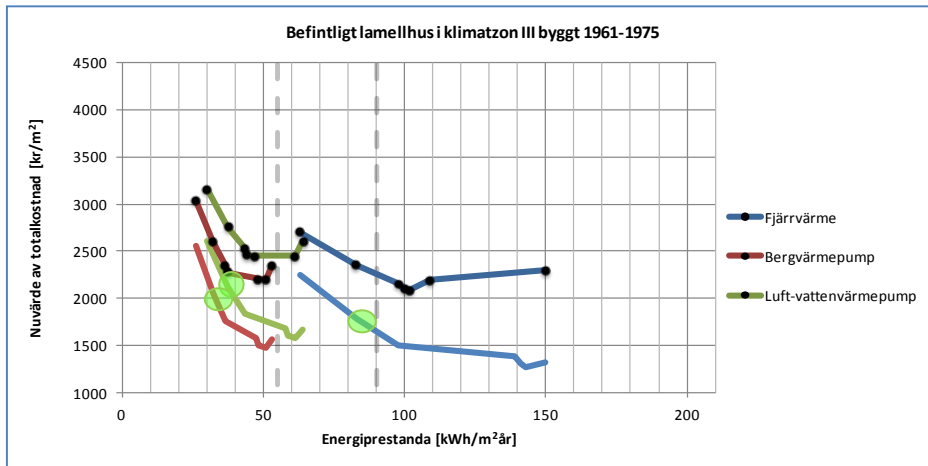
*Värmepumpskonvertering - effektkravet:* Vi prövar också konvertering till bergvärme- eller luft-vattenvärmepump. En husstorlek på 1 800 m<sup>2</sup> medför krav på maximalt 46 kW installerad effekt. Utan några åtgärder är byggnadens värmeeffektbehov 73 kW. Det betyder att en värmepump måste prestera ett COP inkl. elspets på 1,6 när det är som kallast ute. Detta klarar en normal *bergvärmepump* (med effekttäckningsgrad över 60 %).

Om *luft-vattenvärmepumpen* inte kan vara igång när det är som kallast ute krävs däremot åtgärder för att klara effektkravet. I det fallet krävs alla åtgärder utom fasadisoleringen. Observera att tappvarmvattenåtgärderna (snålspolande armatur) inte påverkar det beräknade effektbehovet, detta i enlighet med tidigare nämnda beräkningsinstruktioner i BBR.

Nu kan vi sammanfattningsvis se vad alla dessa krav innebär: Oavsett vad som görs – effektiviseringsåtgärder eller konvertering eller bådadera - så kommer *U<sub>m</sub>-kravet* att styra, och den totala livscykelkostnaden kommer på en högre nivå än före ombyggnaden. Den nya livscykelkostnaden blir lägst om man bibehåller fjärrvärmen.

Även om detta är ett principiellt intressant resonemang, så finns givetvis många skäl till att utfallet blir annorlunda i verkliga fall. Om den som prövar mot BBR-kraven gör en annorlunda bedömning, och inte hävdar de olika kraven, så kan man komma till helt andra slutsatser om vilka åtgärder som behöver göras, och om konvertering ändå blir gynnsam.

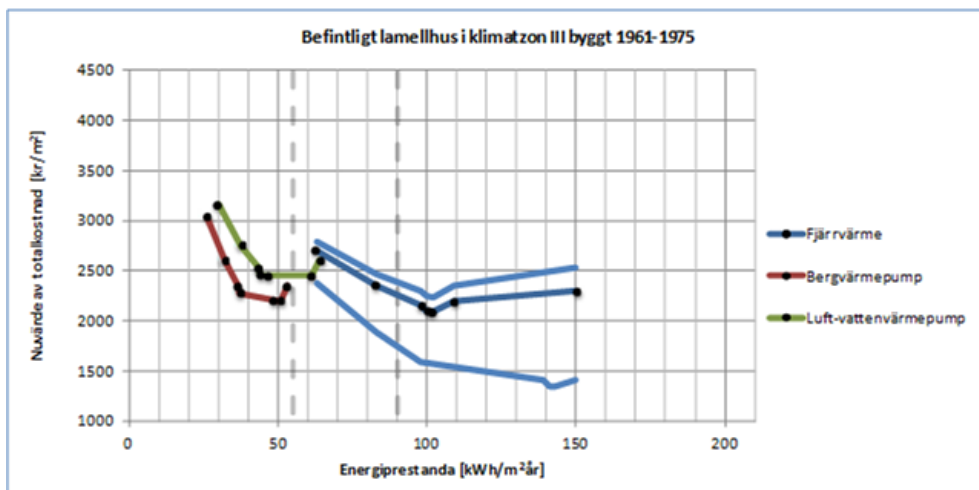
De följande figurerna visar ett antal *känslighetsanalyser* för det ombyggda flerbostadshuset. Figur 4.12 nedan visar annat val av kalkylränta. Liksom förut visas grundfallet som en kurva med svarta prickar (3 % ränta), medan kurva utan prickar visar alternativet (8 %).



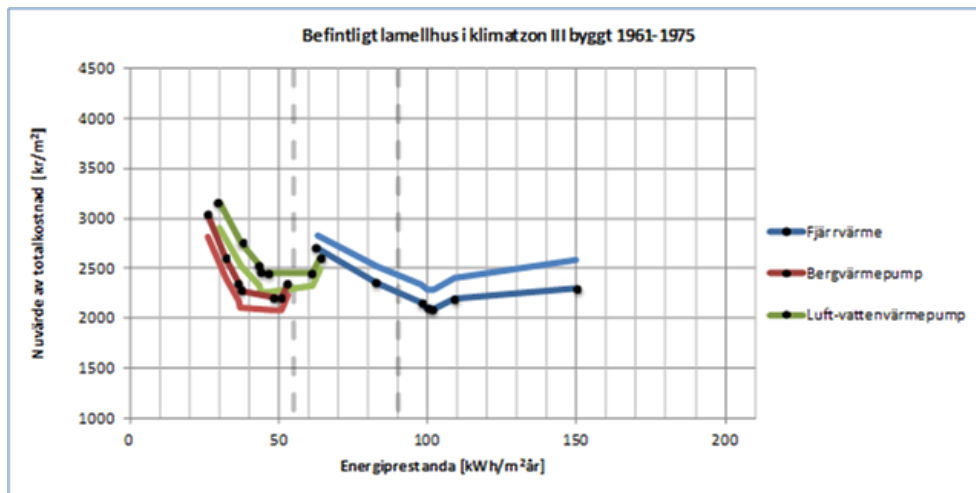
Figur 4.12 Kalkylränta 3 % (kurva med prickar) respektive 8 % (kurva utan prickar)

Figur 4.12 visar att resultatet med 8 % ränta blir principiellt lika som för den lägre kalkylräntan 3 % (bibehållen fjärrvärmens ger lägst livscykelkostnad), men att *ökningen* av livscykelkostnaderna förorsakad av ombyggnaden blir större.

Följande två figurer illustrerar alternativa prisantaganden.



Figur 4.13 Kurvor med prickar är basfallet, med fjärrvärmens genomsnittspris. Blå kurvor utan prickar är lägsta och högsta fjärrvärmepreis i Sverige

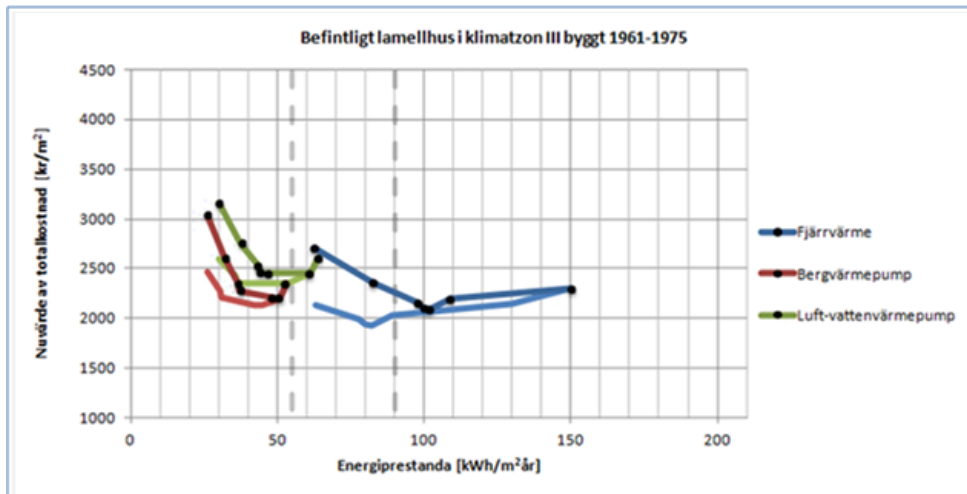


Figur 4.14 Kurvor med prickar är basfallet av prisantaganden, kurvor utan prickar är alternativa priser enligt kapitel 4.2

I dessa båda känslighetsanalyser kan konvertering till värmepump (främst bergvärme) tävla med bibehållen fjärrvärme. Detta gäller särskilt om fjärrvärmepriset ligger på en hög nivå, och vid de alternativa priserna. Observera, att om  $U_m$ -kravet hävdas, så måste man gå långt till vänster på respektive kurva för att uppfylla BBR.

Vissa åtgärder förbättrar inte bara byggnadens energiprestanda utan kan vara nödvändiga ur andra aspekter. Figur 4.15 nedan visar resultatet om man antar att byggnaden är i behov av renovering, och man bara belastar energikalkylen med den del av kostnaden som kan härledas till energiprestandaförbättringen. Kostnaden för fasadrenovering har här reducerats med 82 %, och kostnaden för fönsterbyte med 14 %. Åtgärderna ändrar ordning genom att fasadisoleringen går upp till första plats i fjärrvärmefallet och till andra plats i värmepumpsfallen, i övrigt inga förändringar.

Fjärrvärmesystemet blir nu mer konkurrenskraftigt gentemot värmepumpskonverteringarna. En lägre nivå på energianvändning blir optimal, och det blir lönsamt att klara BBR-kravet på  $90 \text{ kWh/m}^2$ . Detta gäller antingen  $U_m$ -kravet hävdas eller ej.



Figur 4.15 Kurvor med prickar är basfallet, kurvor utan prickar är alternativet att bara kostnader för det som förbättrar energieffektivitet tas med



## 5 UNDERLAG: PRIMÄRENERGI- OCH UTSLÄPPSBERÄKNINGAR

Eftersom de nya byggreglerna ska börja gälla tidigast 2020 och det är rimligt att förvänta att de fastigheter som då byggs har livslängder på många decennier, har vi i vår analys valt att, inom rimliga gränser, anlägga ett framtidsperspektiv. Ju längre fram man blickar desto större blir naturligtvis osäkerheterna. Samtidigt kan vi vara säkra på att de omvärldsförutsättningar, till exempel avseende energipriser, styrmedel och teknisk utveckling, som råder under den period då de nya byggreglerna är verk samma, är annorlunda jämfört med dagens situation. För att hitta en rimlig balans mellan vad vi tror oss veta om framtiden och det faktum att vi ska analysera konsekvenser av byggregler som kommer att ha påverkan bortom nästa sekelskifte, så har vi valt år 2020 som nedslagspunkt för våra bedömningar av energipriser och teknikutveckling.

### 5.1 Primärenergiviktning och förändringsperspektiv

Primärenergiviktning, det vill säga val av primärenergifaktorer, är ett område där det råder oenighet samtidigt som det officiella underlaget från Kommissionen ger liten vägledning. Icke desto mindre har valet av primärenergifaktorer stor betydelse för det slutliga resultatet. Delvis kopplat till valet av primärenergifaktorer är det perspektiv man anlägger på konsekvenserna av de här studerade frågeställningarna, nämligen effekterna av val av uppvärmningssystem.

Ska dessa förändringar sättas in ett systemperspektiv? Inom vilket system värderar man då el respektive fjärrvärme? Ska man i analysen blicka framåt eller nöja sig med data baserad på existerande statistik och system?

Om detta finns tveklöst olika uppfattningar. För att hantera dels osäkerheter i primärenergifaktorer och dels olika perspektiv på system och förändring, så har vi valt att analysera frågeställningarna mot bakgrund av tre olika så kallade primärenergiviktningssprinciper. Vi gör så eftersom vi vet att osäkerheterna är stora och att uppfattningar kan skilja sig åt, samtidigt som det idag inte existerar en tydlig samsyn kring dessa frågeställningar. Men vi gör heller ingen hemlighet av att det bland dessa tre principer finns en som i högre grad överensstämmer med vår egen syn än vad de två andra gör.

De tre principerna för primärenergiviktning namnges efter respektive huvudkälla/synsätt<sup>4</sup>:

---

<sup>4</sup> Notera, att de alternativ som redovisas i detta kapitel avser egenskaper hos hela energisystemet. De är inte i sig knutna till något enskilt av de olika alternativ för byggregelutformning som anges i kapitel 6, men de används vid beskrivning av vad olika byggregelutformning ger för konsekvenser i form av primärenergianvändning och CO<sub>2</sub>-utsläpp.

### 5.1.1 Miljökommunikationsprincipen

Denna primärenergiviktningssprincip är uteslutande baserad på de primärenergifaktorer som redovisas i Fjärrsynrapporten Miljökommunikation med nyckeltal och indikatorer (Gode et al 2012). Denna bygger i sin tur i huvudsak på en mycket detaljerad och omfattande livscykelstudie åt Värmeforsk av olika bränslen och energislag, nämligen Miljöfaktaboken (Gode et al 2011). I korthet tilldelas samtliga bränslen en primärenergifaktor (PEF) på drygt 1, det vill säga drygt 1 MWh primärenergi per levererad MWh bränsle.

Att denna är större än 1 beror på att primärenergiinsatsen för utvinning och distribution till leveranspunkten (till exempel ett kraftverk) ingår. För stenkol anges till exempel PEF till 1,15. Även biobränslen ges här en PEF på drygt 1. Enda undantaget bland bränslena är brännbart avfall som erhåller en PEF på 0,61 (i Fjärrvärmerapporten 2012 men ej i Värmeforsk 2011). En del av avfallet betraktas alltså som spill och är därmed inte förknippat med en insats av prima energi. Av samma skäl viktas industriell spillvärme med en PEF på omkring noll.

När det gäller primärenergiviktning av el och fjärrvärme använder sig miljökommunikationsprincipen av det så kallade bokföringsperspektivet. Detta grundar sig uteslutande på statistik för det befintliga produktionssystemet för el och fjärrvärme samt på synen att all användning av el och fjärrvärme, oavsett om den är befintlig eller tillkommande, ska vägas mot den genomsnittliga produktionen av dessa energislag.

För elanvändning i Sverige betyder det enligt referensen: nordisk medel i det kortare tidsperspektivet samt europeisk medel i det längre tidsperspektivet (i vårt fall år 2020). Detta eftersom man argumenterar för att den svenska/nordiska elmarknaden på längre sikt knyts ännu närmare de kontinentaleuropeiska elmarknaderna. Fjärrvärmeanvändningen däremot, vägs mot den svenska genomsnittsproduktionen som anges i rapportunderlaget för miljökommunikationsprincipen. Visserligen omfattar källmaterialet även skattningar på primärenergifaktorer för olika lokala fjärrvärmesystem, men för vår del är en sådan detaljnivå inte praktiskt möjlig inom ramarna för detta uppdrag.

### 5.1.2 Värmemarknadskommittéprincipen

Denna är vår andra definierade princip för primärenergiviktning. Denna bygger på överenskommelsen inom Värmemarknadskommittén, som är ett samarbetsorgan för fjärrvärme- och fastighetsbranschen där Svensk Fjärrvärme, Fastighetsägarna, Hyresgästföreningen, SABO, Riksbyggen och HSB ingår (Svensk Fjärrvärme 2012b).

Värmemarknadskommittéprincipen bygger på samma PEF som i miljökommunikationsprincipen men med några viktiga skillnader. Huvuddelen av de biobränslen som används inom el- och fjärrvärmegenerering tilldelas en PEF på omkring 0. Detta antagande förklaras med att dessa bränslen betraktas som restbränslen alternativt spillbränslen från annan verksamhet dit själva primärenergin allokeras istället. GROT är till exempel en restprodukt vid råvaruuttag för skogsindustrin medan pellets och briketter är ett resultat av att man förädlat spill från träindustrin (till exempel från såg-

spån och kutterspån). Att PEF för dessa biobränslen inte är exakt noll utan endast nära noll (till exempel 0,03 för GROT) beror på att en viss insats av prima energi förekommer i anslutning till utvinning och distribution. Bränslet i sig innehåller dock ingen primärenergi enligt den här valda principen. Även det brännbara avfallet tilldelas en PEF på omkring 0. Torv har dock en PEF på drygt ett, precis som de fossila bränsleslagen.

På samma sätt som i miljökommunikationsprincipen utnyttjas primärt ett bokföringsperspektiv på el och fjärrvärme. Eftersom huvuddelen av fjärrvärmeproduktionen sker med bränslen som har PEF på nära noll så får den genomsnittliga fjärrvärmens i Sverige ett relativt låg PEF, ca 0,3 (Svensk Fjärrvärme 2012b). Elens PEF är ett resultat av Svensk Fjärrvärmes och Svensk Energis gemensamma plattform för miljövärdering av el och fjärrvärme (Svensk Fjärrvärme & Svensk Energi 2012, samt Svensk Energi 2012). Elens PEF beror därmed på om man köper ursprungsmärkt alternativt produktspecificerad el, till exempel Bra miljöval-el (då får elen genomgående en låg PEF), eller om man som kund inte gjort ett aktivt val. I det senare fallet beräknas elens PEF utifrån den så kallade nordiska residualmixens egenskaper, det vill säga den el som återstår då man reducerar/korrigerar för produktspecificerad el (både inom Norden och via export utanför Norden) och import och export av fysisk el till och från Norden. Eftersom vi här studerar en typisk fastighet och dess uppvärmning har vi valt att inkludera såväl residualmix som ursprungsmärkt el med respektive andel av totalmixen<sup>5</sup>. Detta är därmed principiellt detsamma som den nordiska medelvärdet som finns även i miljökommunikationsprincipen. Den sistnämnda principen tillämpar dock en vidare systemgräns, europeisk medelvärdet, för det år som vi intresserar oss för här (2020).

### 5.1.3 Förändringseffektprincipen

Denna den tredje och sista primärenergiviktningensprincipen bygger på den kunskap som vi på Profu har byggt upp under en rad år om hur framförallt elanvändning (och elproduktion) men även fjärrvärme bör miljövärderas. När det gäller primärenergiviktning av bränslen har vi däremot ingen uppfattning som avviker från det som presenterats så här långt. Vi väljer därför att i förändringseffektprincipen använda oss av samma PEF som i värmemarknadskommittéprincipen för bränslen, biobränslen, avfallsbränslen och industriell spillvärme.

Däremot skiljer sig vår ansats när det gäller el och fjärrvärme. För dessa energibärande anläggningar har vi två perspektiv, dels ett perspektiv av att förändring leder till effekt (effekt i betydelsen konsekvens), dels ett framåtblickande perspektiv. Vi menar att våra frågeställningar handlar om effekter av förändringar i ett system som utvecklas

<sup>5</sup> Den nordiska totalmixens (och residualmixens) sammansättning redovisas årligen i Svensk Energis "Vägledning angående ursprungsmärkning av el". Tillsammans med de vägda primärenergifaktorerna för kärnkraft, fossilkraft och förnybar kraft (från kraftverksgrind till elkund) som redovisas i Miljövärdering 2012 – Guide för allokering i kraftvärmeverk och fjärrvärmens elanvändning (Svensk Energi & Svensk Fjärrvärme 2012) beräknar vi en vägdd primärenergifaktor för den nordiska elmixen baserat på sifferunderlaget för 2012.

såväl oberoende som beroende av dessa förändringar. Sådana förändringar är i sig ett resultat av ett val eller ett beslut (till exempel ett investeringsbeslut).

Detta betraktelsesätt avviker fundamentalt från de tidigare principernas bokföringsperspektiv. Följden av att elanvändningen eller fjärrvärmeanvändningen ändras (vilket det ju handlar om här, till exempel fjärrvärme till nybyggda hus) är knappast att den genomsnittliga produktionen av el respektive fjärrvärme ändras i samma utsträckning. Vi menar att effekten eller följden istället sker i form av avvikelser från systemets ostörda eller kontrafaktiska utveckling. Med systemets ostörda eller kontrafaktiska utveckling menar vi den utveckling som systemet skulle ha haft om den förändring i el- eller fjärrvärmeanvändning, som vi är intresserade av att fastställa effekten av, inte hade ägt rum. Ett alternativt uttrycksätt är att vi analyserar effekter på marginalen av energisystemets struktur (i synnerhet om förändringen är tillräckligt liten, vilket är tillämpligt här).

Den resulterande effekten från sådana här förändringar har vi analyserat i ett antal olika modellstudier, se exempelvis Elforskrapporterna (Sköldberg et al 2006, och Sköldberg et al 2008). Den så kallade långsiktiga marginaleffekten uppstår som ett resultat av förändringar med lång varaktighet i tiden (till exempel nyanslutning av fjärrvärme eller en ökning i elanvändning av någon anledning) och inkluderar såväl förändringar i den existerande kapacitetens produktion som investeringar i ny kapacitet. Med andra ord kan den långsiktiga marginaleffekten innehålla en mix av olika teknikslag och olika bränslen. Denna sammansättning kan skilja sig väsentligt från den genomsnittliga produktionen. Våra beräkningar av den långsiktiga marginaleffekten uppdateras kontinuerligt i takt med att omvärldsförutsättningarna förändras. I förändringseffektprincipen har vi valt samma modellansats för såväl el som fjärrvärme. Beskrivningen av fjärrvärmeproduktionen är förenklad såtillvida att vi endast räknar på ett Sverigeaggregat innehållande all svensk fjärrvärmeproduktion. Därför är vår PEF-viktning för fjärrvärme grundad på en framåtblickande förändring (effekt) av den genomsnittliga svenska fjärrvärmeproduktionen. När det gäller el så är systemgränsen Nordeuropa, det vill säga de fyra nordiska länderna och Tyskland och Polen.

Förändringseffektprincipen medför också att vi har en dynamik i PEF-viktningen av el och fjärrvärme, det vill säga den förändras över tiden. Detta är dock helt och hållet ett resultat av den initiala förändringen i el- respektive fjärrvärmebehov.

Man kan utan vidare konstatera att denna primärenergiviktningssprincip har ett betydligt mer komplext anslag än de två föregående principerna. Dels krävs någon form av modellansats och dels varierar ofta modellresultatet i stor utsträckning med de antaganden man gör kring omvärldsutvecklingen. Detta är dock inte en brist hos metoden i sig utan istället ett utslag av den verkliga osäkerhet som råder om den framtida utvecklingen. I ett sådant läge är det naturligtvis enklare och mer transparent att utnyttja befintlig statistik och anta att förändringar i användning av el och fjärrvärme hanteras med förändringar i den genomsnittliga produktionen. Så fungerar dock varken elmarknaden eller, generellt sett, fjärrvärmeproduktionen, vilket pekar på nackdelen med det synsättet.

## 5.2 Sammanfattning för primärenergiviktning

I Tabell 5.1 sammanfattar vi de olika primärenergifaktorerna som vi här har definierat för våra olika ansatser. När det gäller tidsperspektivet så har vi i det här uppdraget utgått från en situation där vi har en ny fastighet på plats år 2020. För två av principerna, miljökommunikations- och värmemarknadskommittéprincipen spelar det ingen egentlig roll eftersom vi i de fallen konsekvent använder oss av ett bokföringsperspektiv där man utnyttjar befintlig statistik. I miljökommunikationsprincipen rekommenderas dock europeisk medel (och inte nordisk) från och med 2020 men, av naturliga skäl, baserat på existerande statistik. För förändringseffektprincipen däremot är valet av årtal viktigt eftersom vi där betraktar resurs- och klimatpåverkan från fastigheten över en tidsrymd, i det här fallet från 2020 och fram till och med 2050 (modellhorisonten sträcker sig inte längre än till 2050).

Tabell 5.1 Primärenergifaktorer (PEF) för olika energislag enligt de tre viktningssprinciperna

Princip	Fossila bränslen	Torv	Bio-bränslen (huvuddelen)	Avfall	El	Fjärrvärme
Miljökommunikation	~ 1	~1	~1	~0,6	2,6	1
Värmemarknadskommitté	~ 1	~1	~0	~0	1,7	0,3
Förändringseffekt	~ 1	~1	~0	~0	2,2 <sup>1)</sup>	0,5 <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Som nämnts i huvudtexten bygger förändringseffektprincipen i allt väsentligt på modellberäkningar. Variationerna i modellresultaten kan vara stora som ett resultat av olika syn på utvecklingen för omvärldsförutsättningar (scenarier) men även mellan olika år för ett givet scenario. Detta beror på en lång rad systemeffekter och bidrar till komplexiteten i metoden. Vi har dock medvetet valt att anpassa resultaten, till exempel genom kurvutjämning, för att göra dessa mer användbara. Siffrorna i tabellen är medelvärden över perioden 2020-2050.

PEF är uttryckta i MWh primärenergi per levererad MWh för varje energislag. Leveranspunkten för bränslen är en anläggning för el eller fjärrvärmeproduktion, medan leveranspunkten för el respektive fjärrvärme är slutlig användning (det vill säga inklusive distributionsförluster).

## 5.3 Koldioxidutsläpp

I följande tabell redovisas de specifika koldioxidutsläppen (CO<sub>2</sub>-utsläppen) för el och fjärrvärme som vi använt oss av i analysen (uttryckt i kg CO<sub>2</sub> per levererad MWh el respektive fjärrvärme). I de fall där källmaterialet redovisar utsläpp per producerad enhet har vi själva valt att kompensera med en förlustterm för distribution<sup>6</sup>. CO<sub>2</sub>-utsläppen omfattar inte uppströms utsläpp, det vill säga utsläpp som är förknippade med utvinning och transport till kraftverk alternativt värmeverk, när det gäller förändringseffekt- och värmemarknadskommittéprincipen. Detta beror på att vi inte haft

<sup>6</sup> Den exakta förlusttermen är naturligtvis beroende på typ av slutanvändare. I de fall där det varit nödvändigt har vi använt oss av schablonvärdena 8 % för el respektive drygt 10 % för fjärrvärme

tillgång till sådant sifferunderlag (i källmaterialet för värmemarknadskommittéprincipen ingår ett livscykelerspektiv avseende CO<sub>2</sub>-utsläpp för bränslen men ej för el). För miljökommunikationsprincipen ingår dock även uppströms utsläpp. Detta gör naturligtvis att principerna inte är helt jämförbara, även om utsläppen i bränslekedjan före själva elproduktionen torde utgöra en mindre del av elproduktionens utsläpp. Därmed är alltså systemgränsen för CO<sub>2</sub>-utsläpp något snävare än för primärenergiviktningen för två av våra beräkningsprinciper.

När det gäller rapportunderlaget som definierar värmemarknadskommittéprincipen så görs ingen explicit bedömning av de specifika CO<sub>2</sub>-utsläppen för svensk fjärrvärme som helhet. Istället ges rekommendationer för hur dessa ska beräknas på lokal nivå. Eftersom vi i detta uppdrag betraktar en typfastighet någonstans i Sverige har vi för denna princip själva valt att ansätta samma specifika utsläpp för fjärrvärmens som i miljökommunikationsprincipen. Dessa bägge principer delar nämligen bokföringsperspektivet.

Som vi nämnde i föregående avsnitt är den tänkta situationen en ny fastighet som står på plats år 2020. Detta speglar därmed valet av de specifika utsläppen av CO<sub>2</sub> för framförallt förändringseffektprincipen (vi påminner om att man för miljökommunikationsprincipen och värmemarknadskommittéprincipen inte gör explicita beräkningar för situationen år 2020 utan att siffrorna bygger på statistik för nuläget).

Tabell 5.2: Specifika CO<sub>2</sub>-utsläpp per MWh levererad el respektive fjärrvärme

Princip	El (kg CO <sub>2</sub> /MWh el)	Fjärrvärme (kg CO <sub>2</sub> /MWh fjärrvärme)
Miljökommunikation	425 <sup>1)</sup>	65 <sup>3)</sup>
Värmemarknadskommitté	125 <sup>2)</sup>	65 <sup>3)</sup>
Förändringseffekt	500	90

<sup>1)</sup> Europeisk medelel

<sup>2)</sup> Nordisk medelel

<sup>3)</sup> Vägt medel för svensk fjärrvärme

## 6 UNDERLAG: ANTAGNA ENERGIPRISER

### 6.1 Elpris

När det gäller den framtida elprisutvecklingen baseras våra antaganden på Energimyndighetens senaste långsiktsprognois, som publicerades under 2013 (Långsiktsprognois 2012), se tabell nedan. I den tabellen kan man utläsa att en typisk elvärmekund betalar nästan 1,50 kr/kWh inklusive skatter, moms och elnätsavgifter år 2020. I Energimyndighetens bedömning ingår också en uppskattning av hur kundstocken fördelar sig på olika avtal. Priset speglar alltså det pris en genomsnittlig typkund betalar. En aktivare kund eller en kund som ligger på rörligt pris skulle därför kunna få ett något lägre elpris än vad som redovisas i tabellen. I detta uppdrag tar vi dock inte hänsyn till detta.

Tabell 6.1 Elpris, nätavgift och skatter för olika kundkategorier, 2007 års prisnivå. Inklusive moms. Kopia av Tabell 10 i Energimyndighetens Långsiktsprognois 2012

öre/kWh	Stor elintensiv industri	Mellanstor industri	Elvärme i bostäder	Hushållsel
<b>2007 (basår)</b>				
Elpris	26,4	31,9	49,4	59,2
Nätavgift	6,0	10,0	22,9	47,5
Punktskatt	0,5	0,5	26,5	26,5
Totalt pris	32,9	42,4	123,5	166,5
<b>2020</b>				
Elpris	49,4	54,9	62,9	71,9
Nätavgift	6,2	10,3	26,1	56,1
Punktskatt	0,5	0,5	28,0	28,0
Totalt pris	56,1	65,7	146,3	195,0
<b>2030</b>				
Elpris	61,6	67,1	75,1	84,1
Nätavgift	6,5	10,8	27,7	60,0
Punktskatt	0,5	0,5	28,0	28,0
Totalt pris	68,5	78,3	163,4	215,1

Anm: Elcertifikatavgiften ingår i elpriset

I denna rapport redovisar vi normalt energipriser exklusive moms och i 2012 års prisnivå. Vi räknar också på läget år 2020. För kategorin elvärme i bostäder visar tabellen ovan på nivån 146,3 öre/kWh. Omräknat till vår nivå blir detta 1,27 kr/kWh, vilket har använts i kapitel 4.

## 6.2 Fjärrvärmepreis

På samma sätt som för elpriset har man i tidigare långsiktprognoser från Energimyndigheten redovisat prognoser för ett typiskt fjärrvärmepreis. I föregående Långsiktprognos 2010 såg det ut enligt nedanstående tabell (2007 års prisnivå):

	2007	2010	2020	2030
Småhus	623	736	853	935
Flerbostadshus	593	706	823	905

I senaste Långsiktprognos 2012 redovisas emellertid inget fjärrvärmepreis. Viktiga skillnader i energiprisutveckling och i prisutvecklingen på EU ETS mellan de bägge långsiktprognoserna gör det svårt att rakt av, utifrån det som redovisas i Långsiktprognos 2010, säga något om prisbilden för fjärrvärme motsvarande omvärldsbeskrivningen i Långsiktprognos 2012.

Profu har dock varit involverad i beräkningsarbetet i bägge långsiktprognoserna. Det modellverktyg som Profu använder sig av genererar bland annat marginalkostnaden för fjärrvärmeproduktion för ett tänkt Sverigesystem (det vill säga summan av hela Sveriges fjärrvärmeproduktion). Genom att jämföra den beräknade marginalkostnaden för fjärrvärme i de bägge långsiktprognoserna har vi reviderat 2010 års bedömning av ett typiskt fjärrvärmepreis så att det harmoniserar med förutsättningarna i 2012 års långsiktprognos. Vi utgår medvetet från Energimyndighetens bedömning eftersom det priset motsvarar just ett kundpris och inte bara marginalkostnaden för produktionen av fjärrvärme.

Med tanke på att de avlästa marginalkostnaderna uppvisar relativt små skillnader så är också vår uppdaterade bedömning av prisnivån inte helt olik den bedömning Energimyndigheten gjorde i Långsiktprognos 2010. För 2020 antar vi därmed att ett typiskt fjärrvärmepreis ligger på omkring 830 kr/MWh fjärrvärme för ett flerbostadshus och omkring 860 kr/MWh fjärrvärme för småhus. Detta är med de mått som Energimyndigheten redovisar i sina prognoser, vilket är i 2007 års prisnivå och inklusive moms.

Med omräkning till 2012 års prisnivå och exklusive moms motsvarar detta 0,72 kr/kWh för flerbostadshus och 0,74 kr/kWh för småhus.



## 7 BERÄKNINGSANSATS, NNE-ALTERNATIV

### 7.1 Formulering av energikraven i byggreglerna

Vi ämnar nu ställa upp olika varianter av byggregelskrav på energianvändningen i bostäder, för att sedan bedöma och analysera förväntade utfall av och kvaliteter hos dessa krav. Utgångspunkten är att alternativen ska vara realistiska – det ska vara tänkbart att de kan komma att införas som en del av BBR inom något eller några år.

Vi utgår i grund och botten från den struktur som energikraven har i dagens byggregler, exempelvis att de omfattar värme, varmvatten och el för fastighetsdrift. Men vi prövar alternativ för den inbördes avvägningen mellan elvärmda hus och övrigvärmade hus, och vi prövar att uttrycka kraven i de tre alternativen

- Köpt energi (som idag)
- Använd energi (nettoenergi)
- Primärenergi

Vi prövar också olika nivåer på ingående värden, dvs grad av skärpning av dessa nivåer. Notera att den relation mellan el och annat vi prövar är *all* el – både el till uppvärmning och fastighetsel (antaganden om denna, se kap. 4.2).

### 7.2 Beskrivning av alternativen

Vi har valt att formulera följande alternativ för hur energiregler i BBR skulle kunna se ut. De har getts följande benämningar som används i diagram mm:

#### Alternativ som prövar olika varianter av dagens regler med köpt energi

<b>Köpt 1</b>	Som dagens BBR: Köpt energi, med två nivåer, för elvärm och annat
<b>Köpt 2</b>	Som dagens BBR men med kraven på elvärm skärpt, så att relationen mellan el och annat blir 2,5 (mot idag 1,64).
<b>Köpt 3</b>	Som köpt energi, med två nivåer för elvärm och annat, men med de lägre nivåerna i Energimyndighetens måltabell, dvs 55 kWh/m <sup>2</sup> för annat och 30 kWh/m <sup>2</sup> för elvärm.
<b>Köpt 4</b>	Som ovanstående, men med relationen el/annat som 2,5, vilket ger nivåerna 55 respektive 22 kWh/m <sup>2</sup> .

### Utformning som fokuserar logiskt på husets egna, långsiktiga energiegenskaper

<b>Använd 1</b>	Kravet på husets egenskaper sätts lika för alla hus helt oavsett uppvärmningssätt. Uttrycks i använd energi i kWh/m <sup>2</sup> . Nivån sätts som för ett fjärrvärt (icke-elvärt) hus enligt dagens BBR.
<b>Använd 2</b>	Som Använd 1 enligt ovan, men med nivå motsvarande Energi-myndighetens målnivå för fjärrvärt (icke-elvärt) hus

### Utformning som fokuserar logiskt på resursanvändningen pga den använda energin i huset

<b>Primär 1</b>	Kravet mätt i primärenergi sätts på den nivå som motsvarar dagens BBR för fjärr-värmt hus. Sedan samma mängd primärenergi oavsett uppvärmningssätt. Notera att det blir olika nivåer vid olika synsätt på hur primärenergi ska räknas.
<b>Primär 2</b>	Som Primär 1, men nivå i fjärrvärmda huset motsvarande Energi-myndighetens målnivå

## 7.3 Beräkningsfall som valts ... och andra som kunde valts

Inom detta projekt prioriteras att göra principiella beräkningar. Vi koncentrerar oss med andra ord på att fastställa ett beräkningsspår som vi kan fullfölja, snarare än att göra det stora antal beräkningar som egentligen är nödvändiga för att belysa spridning i resultaten.

Vi är medvetna om, att Boverkets byggregler utarbetas med beaktande av att de måste vara generella, och kunna hantera alla situationer. I detta projekt måste vi emellertid prioritera, och i samråd med referensgruppen har vi prioriterat som den följande tabellen visar:

Tabell 6.1 Beräkningsfall som ingått i denna studie, och beräkningsfall som hade varit önskvärda att studera

Dessa fall omfattas av beräkningar i studien	Dessa fall täcks <i>inte</i> av beräkningar, möjligen av kvalitativa bedömningar, i studien, men borde göras till föremål i fortsatta studier
Nybyggnad och stor ombyggnad (som utlöser energikrav för nybyggnad)	Stor ombyggnad av småhus
Flerbostadshus, typiskt Småhus, typiskt	Fler typer flerbostadshus (även befintliga med olika byggår, andra husformer). Fler typer av småhus. Lokalbyggnader
Klimatzon 3	Klimatzon 1 och 2
Fjärrvärme Bergvärmepump Luft-vattenvärmepump (flerbostadshus) Frånluftsvärmepump (småhus)	Andra uppvärmningssätt
Genomsnitt för verkningsgrader och värmefaktorer	Fler alternativ, spridning, teknikutveckling
Medelsystem/typiskt system för fjärrvärme vad gäller produktionsmix	Spridning på Sverige-varianter
Genomsnittliga fjärrvärme- och elpriser i två varianter	Spridning vad gäller prisnivåer mot olika kunder och för många fjärrvärmeområden
Ekonomiska beräkningar med livscykelberäkning och två fall av kalkylränta	Andra varianter av lönsamhetsvärdering. Även samhälls-ekonomisk beräkning
BBR-regler exkl hushålls- och verksamhetsel som idag	Hushålls- och verksamhetsel inräknas, andra varianter av kravformulering

## 8 BERÄKNINGAR AV SYSTEMKONSEKVENSER

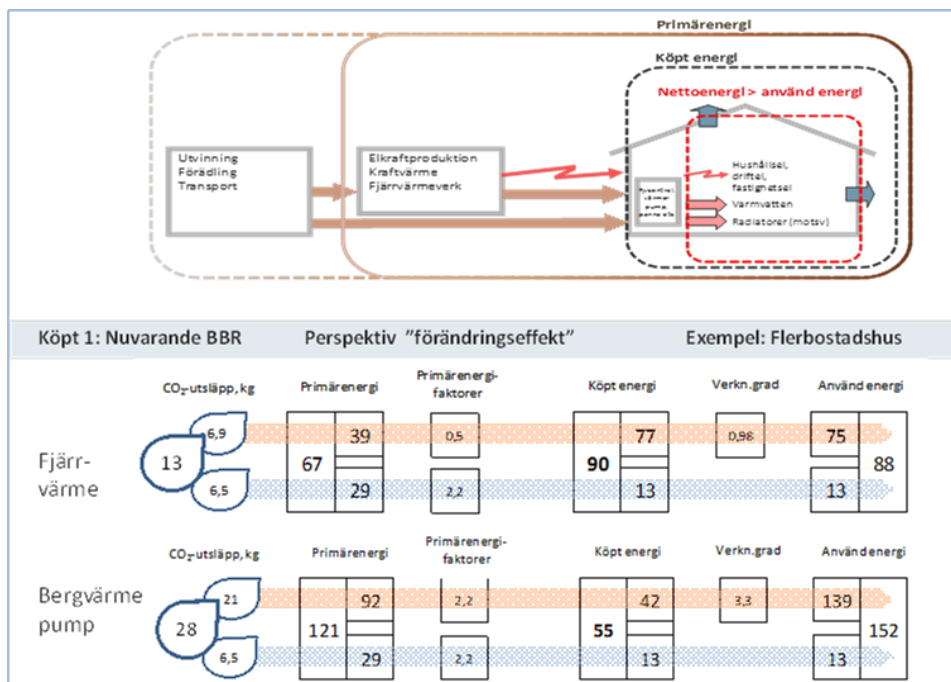
### 8.1 Beräkningarnas utförande

Figuren nedan illustrerar hur vi gjort en beräkning av använd energi (nettoenergi), köpt energi, primäre energi och CO<sub>2</sub>-utsläpp för vart och ett av alternativen vad gäller normformulering. Detta har gjorts för angivna typhus och uppvärmningssätt, liksom med antagna verkningsgrader/värmefaktorer, primärenergifaktorer och CO<sub>2</sub>-utsläpp per levererad kWh enligt föregående kapitel.

När – exempelvis – utgångspunkten är dagens BBR-nivå (Köpt 1), som är 90 resp 55 kWh/m<sup>2</sup> köpt energi, så räknar vi dels åt höger för att få använd energi, dels åt vänster för att få primäre energi och CO<sub>2</sub>-utsläpp. Den köpta energin behöver först beakta hur mycket som behöver gå till fastighetsdrift, resten går till värme och varmvatten. Detta belopp multipliceras med verkningsgrad (för fjärrvärmens del fjärrvärmecentral och lite för sekundärnät förluster; för värmepumpshuset blir det årsvärmefaktor inklusive eventuell elspets). Summan av de två blir total använd energi, längst till höger.

Till vänster räknar vi om den köpta energin (fjärrvärme respektive el) med de primärenergifaktorer och CO<sub>2</sub>-utsläpp som motiverats i kapitel 6.

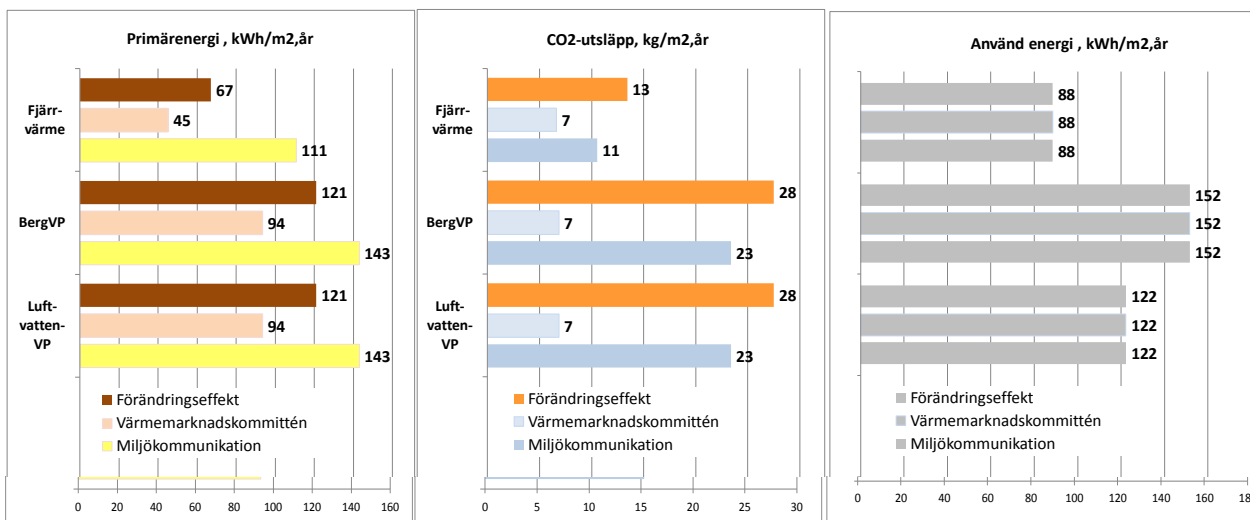
Alla värden i följande figurer är angivna *per m<sup>2</sup> Atemp* (kWh/m<sup>2</sup> resp kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>)



Figur 8.1 Beräkningsskedja, exempel flerbostadshus med fjärrvärme respektive bergvärmepump

## Så här redovisas primärenergi, CO<sub>2</sub>-utsläpp och använd energi

Förklaringar till figurerna \* Exempel Flerbostadshus Köpt 1



### Primärenergi

Köpt 1 = dagens BBR

Primärenergi för de tre uppvärmningssätten fjärrvärme, bergvärmepump och luftvattenvärmepump

För varje uppvärmningssätt finns tre staplar, för de tre sätten att beräkna primärenergi

### CO<sub>2</sub>-utsläpp

Köpt 1 = dagens BBR

Energiproduktionens CO<sub>2</sub>-utsläpp för de tre uppvärmningssätten fjärrvärme, bergvärmepump och luftvattenvärmepump

För varje uppvärmningssätt finns tre staplar, för de tre sätten att beräkna CO<sub>2</sub>-utsläpp.

### Använd energi

Köpt 1 = dagens BBR

Använd energi inuti huset med de tre uppvärmningssätten fjärrvärme, bergvärmepump och luftvattenvärmepump

Även här finns tre staplar, motsvarande de tre sätten att beräkna. Dessa beräkningssätt avser dock inte omräkningen köpt till använd energi, därför blir staplarna lika per uppvärmningssätt.

Detta är en introduktion till redovisningssättet. De tre diagrammen ovan visar alternativet Köpt 1, som är primärenergi etc för nivåerna i dagens BBR-krav.

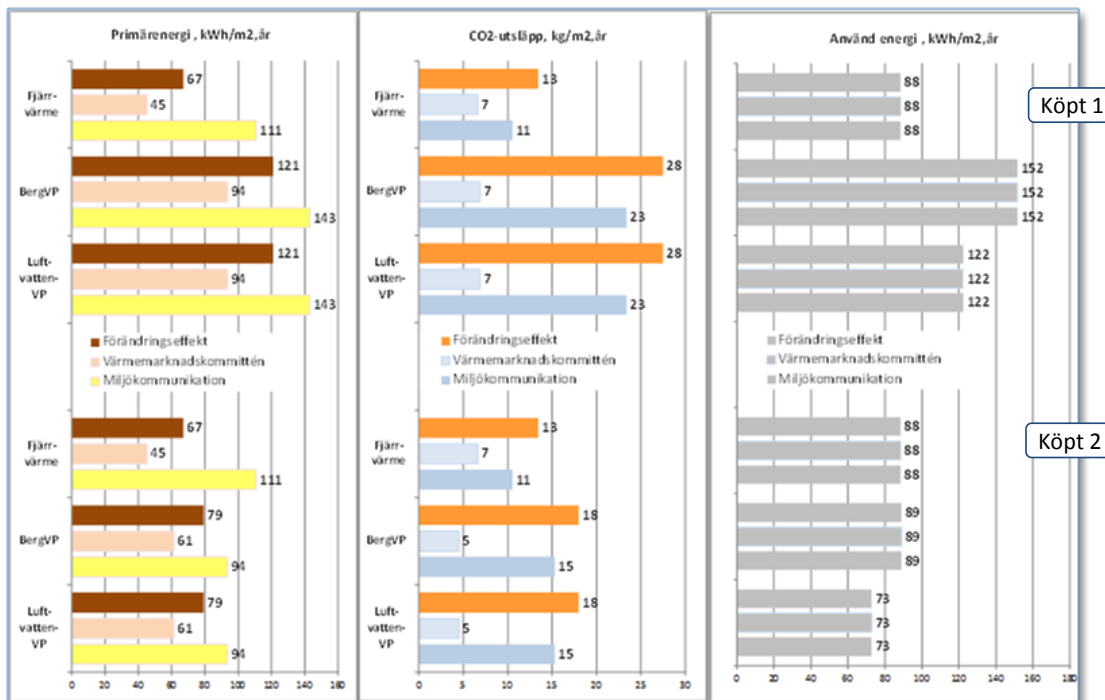
**Primärenergi:** De mörkbruna staplarna representerar förändringseffektprincipen, och visar att då husen ligger på normnivåerna 90 resp 55 kWh/m<sup>2</sup>, så blir primärenergianvändningen klart högre för värmepumpshuset (båda har 121 kWh/m<sup>2</sup>) än för fjärrvärmehuset (med 67 kWh/m<sup>2</sup>). De beigefärgade staplarna representerar värmemarknadskommittéprincipen, och även för dem har värmepumpshuset högre primärenergianvändning. De ljusgula staplarna representerar miljökommunikationprincipen, som även den ger högre primärenergianvändning för värmepumpshuset.

**CO<sub>2</sub>-utsläpp:** I mitten finns motsvarande för energiproduktionens CO<sub>2</sub>-utsläpp. Under förändringseffekt- och miljökommunikationsprincipen har fjärrvärmehuset lägre utsläpp, medan under värmemarknadskommittéprincipen har fjärrvärme- och värmepumpshuset samma utsläpp.

**Använd energi:** Fjärrvärmehusens använda energi är 88 kWh/m<sup>2</sup>. Värmepumpshuset är avgjort högre, 152 respektive 122 kWh/m<sup>2</sup>. Använd energi beräknas här med synsätt 1 i kap. 3.3.

På samma sätt redovisas primärenergi, CO<sub>2</sub>-utsläpp och använd energi för övriga alternativ på följande sidor. Först kommer flerbostadshuset, därefter småhusen.

## FLERBOSTADSHUS fortsättning \* Köpt 1 och Köpt 2



Här återkommer Köpt 1, dvs dagens BBR, därunder finns Köpt 2, med nivån på elvärmda sänkt till 36 kWh/m<sup>2</sup>, så att relationen till fjärrvärme och annat blir 2,5.

Med Köpt 2 blir husets använda energi betydligt utjämnad mellan uppvärmnings-sätten. Den hamnar för värmepumpshuset på ungefär samma nivå som för fjärrvärmehuset. Skillnaderna i primärenergi och CO<sub>2</sub>-utsläpp utjämnas också betydligt, dock är fjärrvärme oftast förmånligare, med lägre tal för resursförbrukning och utsläpp. Så är det definitivt med den av utredarna föredragna förändringseffektprincipen.

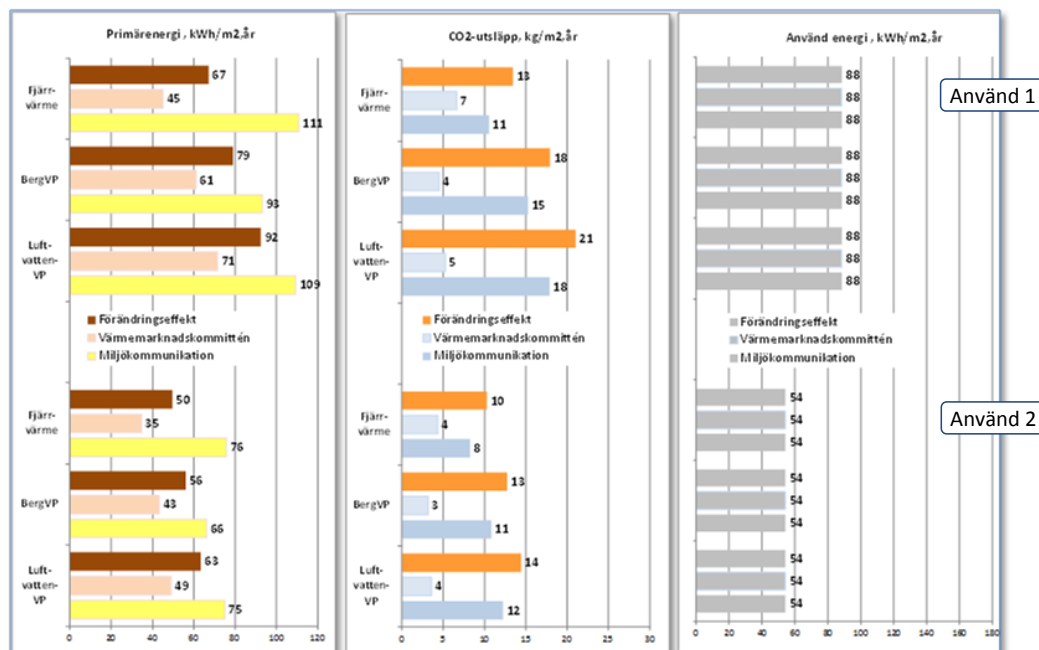
Resultat för Köpt 3 och Köpt 4 visar vi inte diagrammen för. Resultaten är mycket snarlika de ovanstående, men genomgående på en något lägre energinivå, eftersom den köpta energin är satt lägre.

### Summering: Om BBR-kraven uttrycks som köpt energi

- Dagens BBR innebär att ett värmepumpshus kan använda mer energi än ett fjärrvärt hus (med typhuset enligt kap. 4.2), samtidigt som det kräver mer primärenergi och ger mer CO<sub>2</sub>-utsläpp. Detta gäller för samtliga de tre synsätten på beräkning av primärenergi och CO<sub>2</sub>.
- Om man ändrar relationen mellan elvärme och andra uppvärmningssätt så att faktorn blir 2,5, så leder det till att husegenskaperna (uttryckt som använd energi) blir ganska lika i fjärrvärmehuset respektive värmepumpshuset, dvs situationen för dessa typhus blir mer teknikneutral när det gäller själva husets egenskaper. Fjärrvärmehuset får fortfarande bättre eller lika utfall vad gäller primärenergi och utsläpp, förutom vad gäller primärenergin under miljökommunikationsprincipen.

- Dessa slutsatser står sig även om man ställer ett hårdare grundkrav på huset enligt Energimyndighetens målnivåer. Alla värden flyttar sig då proportionellt nedåt.

### FLERBOSTADSHUS fortsättning \* Använd 1 och Använd 2



### Om BBR-kraven uttrycks som använd energi

Husegenskaperna blir givetvis lika oavsett uppvärmningssätt – det är poängen med denna kravdefinition<sup>7</sup>. Vi påminner om definitionerna:

**Använd 1** innebär att nivån sätts lika med den använda energin för vårt fjärrvärmda (icke elvärmda) typhus enligt dagens BBR. **Använd 2** är motsvarande, men med den lägre nivån på använd energi som motsvarar Energimyndighetens målnivå för fjärrvärmtd (icke-elvärmtd) hus.

Inte helt oväntat, så påminner primärenergi och utsläpp om bilden för Köpt 2. Där hade ju användningsnivåerna jämnats ut mellan fjärrvärmefallet och värmepumpsfallen, och när vi här bestämmer den använda energin till en viss nivå, så uppträder samma bild:

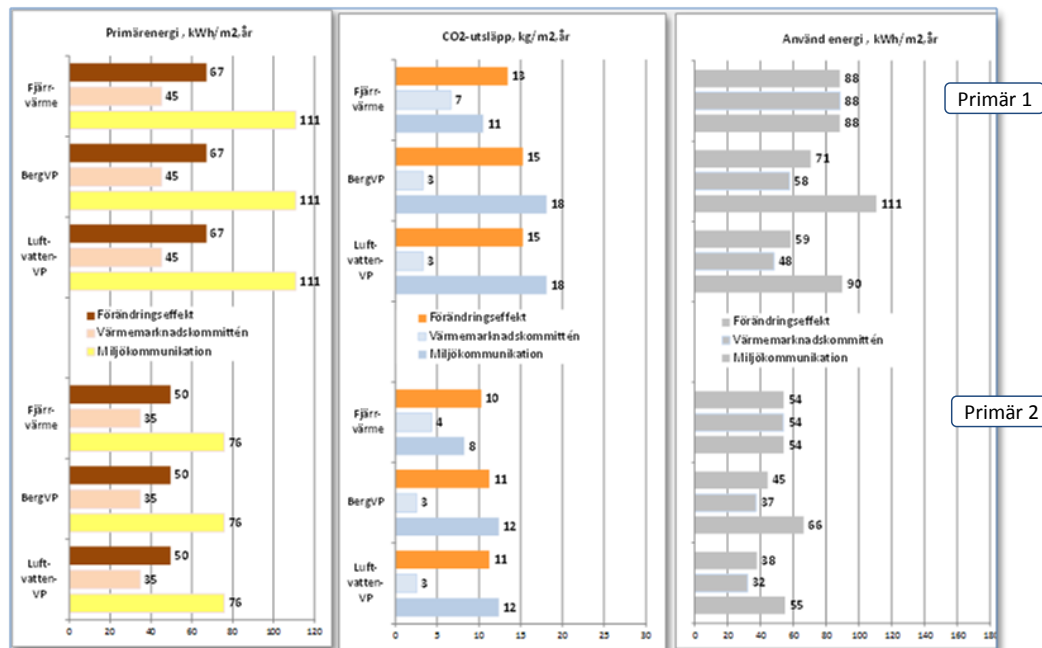
Fjärrvärmehuset får i samtliga fall bättre eller likvärdiga värden för primärenergi och utsläpp jämfört med värmepumpshuset. Detta gäller för både Använd 1 och Använd 2, de skiljer sig ju bara i att ha olika kravnivåer och inte mellan olika uppvärmningssätt.

Undantaget är primärenergin under miljökommunikationsprincipen. Detta beror på, att man i beräkningarna utifrån denna princip utgår från att det mesta av de bio-bränslen som används i fjärrvärmtd ska ha en primärenergifaktor på drygt 1, medan värmemarknadskommittéprincipen sätter dem till drygt 0, eftersom de betraktas som

<sup>7</sup> Använd energi är i dessa diagram definierat enligt synsätt 1 i kapitel 3.3.2

restbränslen alternativt spillbränslen vid annan verksamhet dit själva primärenergien allokeras istället.

## FLERBOSTADSHUS fortsättning \*Primär 1 och Primär 2



### Om BBR-kraven uttrycks som primärenergi

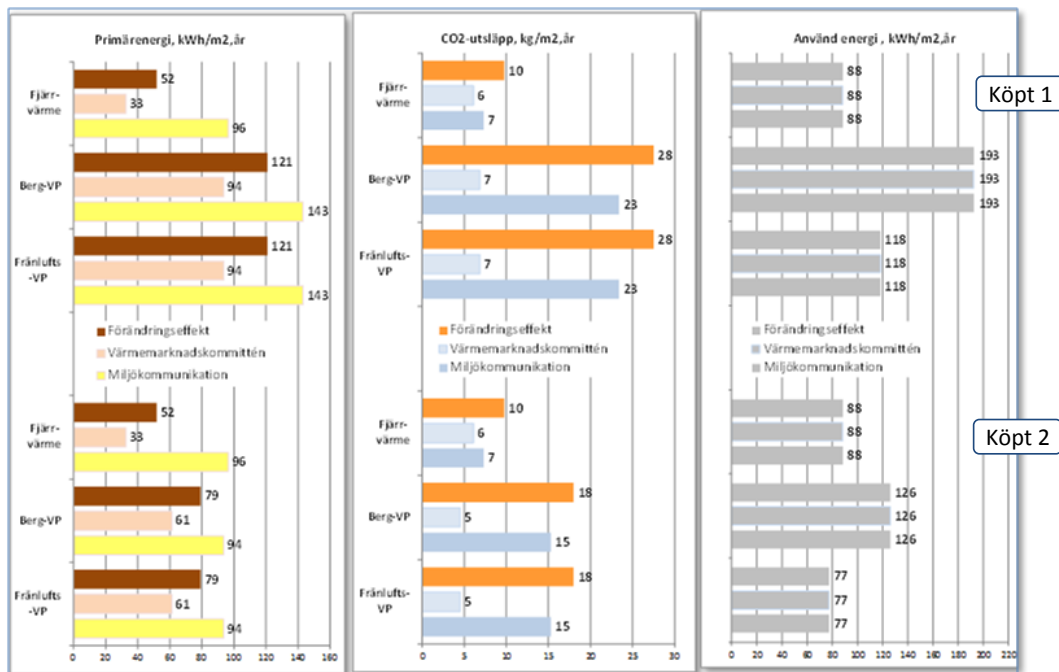
En viss nivå på husegenskaperna ger synnerligen olika anvisning om var nivån på primärenergi ska läggas, beroende på vilken primärenergiviktningssprincip som tillämpas. Exempel: Om själva huset ska ha egenskaper motsvarande dagens fjärrvärmehus (Primär 1), så hamnar primärenergikravet (vid samma mix av el- och fjärrvärmeproduktion) på antingen 67, eller 45, eller 111 kWh/m<sup>2</sup> beroende på val av princip.

Omvänt så skulle en viss fastlagd nivå på energin uttryckt som primärenergi ge mycket olika krav på själva byggnadens egenskaper, både för olika principer, och för olika uppvärmningssätt. I detta fall skulle fjärrvärmehuset i flera fall kunna ges sämre energiprestanda än värmepumpshuset.

Om man finner att en av de tre principerna är mer rätt, och bör användas som grund, så reduceras naturligtvis spridningen, och det skulle bli mer relevant att slå fast ett normkrav uttryckt som primärenergi. Dock kvarstår behovet att inför kritiska byggherrar motivera, att hus ska byggas med olika energiprestanda och till olika kostnader beroende på till synes rätt abstrakta beräkningar av primärenergi.



## SMÅHUS \* Köpt 1 och Köpt 2

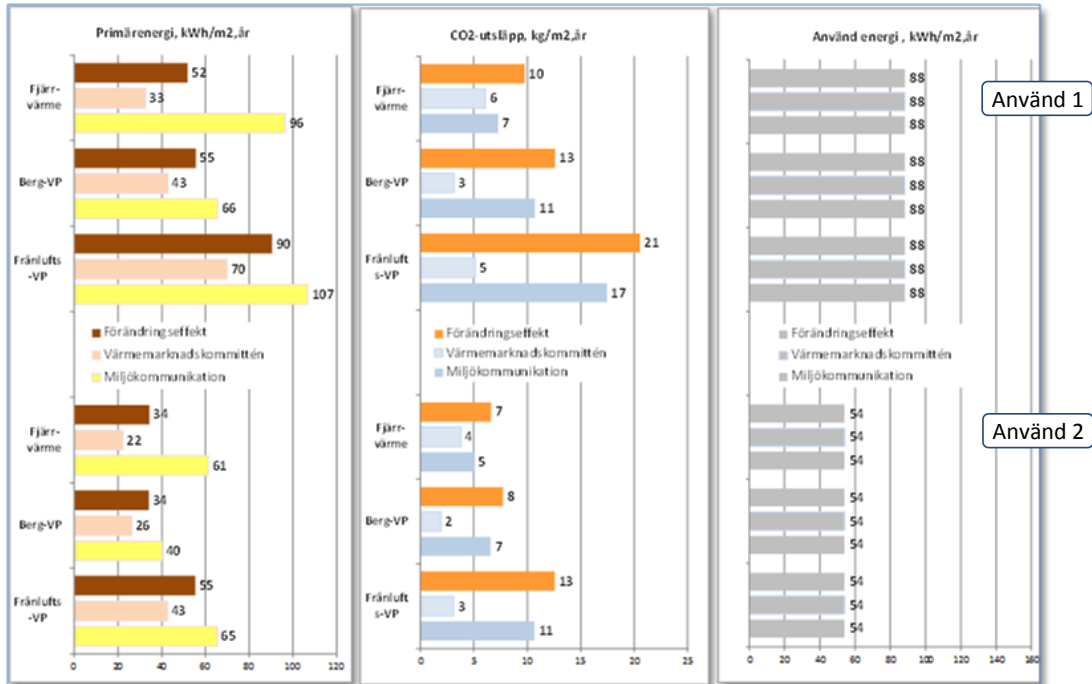
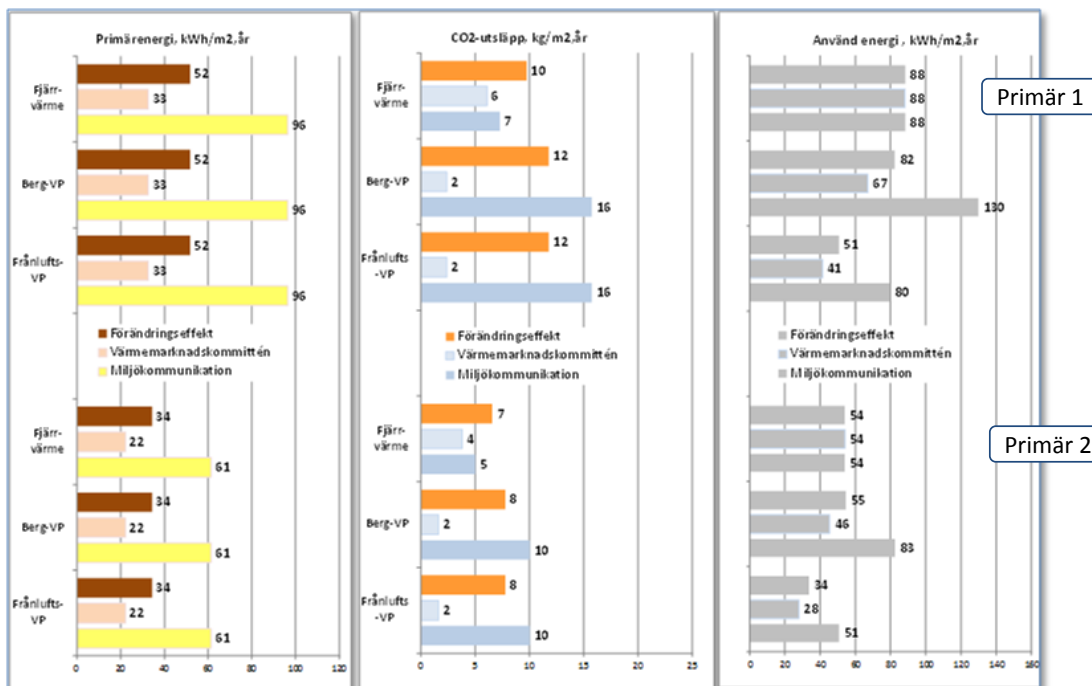


Här redovisas motsvarande diagram för småhus, på denna sida först alternativet med köpt energi.

För **Köpt 1**, dvs dagens BBR, blir utfallet likt flerbostadshuset. Småhuset kan i värmepumpsfallen använda mer energi än det fjärrvärmade småhuset, samtidigt som de kräver mer primärenergi och ger mer CO<sub>2</sub>-utsläpp. Detta gäller för samtliga de tre principerna för beräkning av primärenergi och CO<sub>2</sub>.

Om man i **Köpt 2** ändrar relationen eluppvärmning och annan uppvärmning till 2,5 så utjämnas skillnaderna i använd energi, men utfallet blir spretigare än för flerbostadshuset. Den större skillnaden i årsvärmefaktorer mellan frånluftsvärmepump och bergvärme ger större skillnader i beräknad använd energi. Vad gäller primärenergi och CO<sub>2</sub> ger fjärrvärmehuset klart lägre värden under förändringseffektprincipen. Under de andra principerna är värdena för fjärrvärmehuset lägre eller lika.

På nästa sida redovisas diagrammen för **Använd 1 och 2**, och **Primär 1 och 2**: Liksom för flerbostadshuset tenderar resultaten att bli logiska återspeglings av antagandena för Köpt 1 och Köpt 2. Generellt gäller, att under förändringseffektprincipen så blir primärenergianvändningen och CO<sub>2</sub>-utsläpp lägre för fjärrvärmehuset. Med andra synsätt ger bergvärmepumpen i några fall lägre värden.

**SMÅHUS \* Använd 1 och Använd 2**

**SMÅHUS \* Primär 1 och Primär 2**


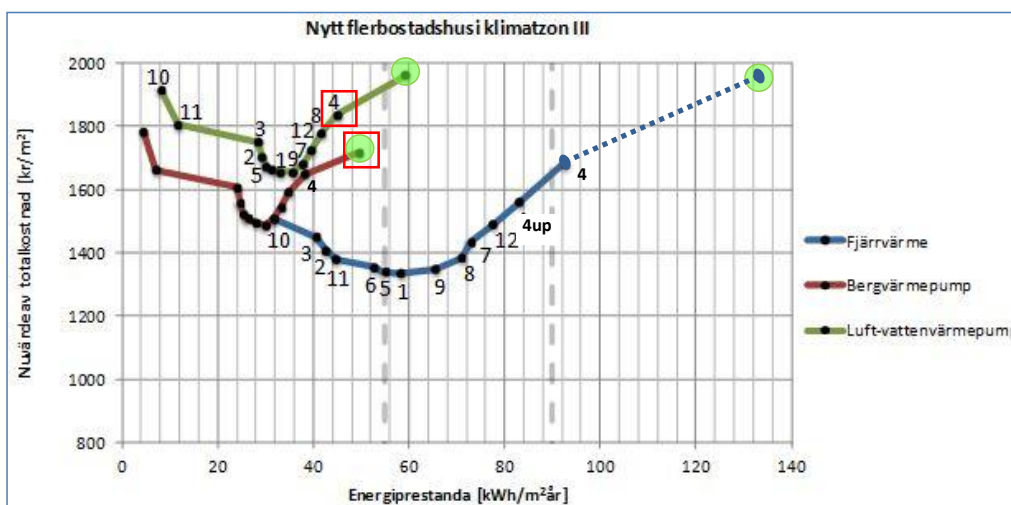
## 9 BERÄKNINGAR AV FJÄRRVÄRMENS KONKURRENSKRAFT

I detta kapitel återknyter vi till husberäkningarna i kapitel 4, och använder dem för att söka bedöma hur konkurrensen mellan fjärrvärme och värmepump blir vid de olika varianter av NNE-krav som ställts upp i kapitel 7. Det handlar alltså om att uttrycka kraven i köpt energi, använd energi eller primärenergi, och detta vid olika nivåer av energiprestanda.

Det visar sig, att utfallet för flerbostadshus vad gäller konkurrensen främst mellan fjärrvärme och bergvärmepump uppvisar skiftande resultat för de typhus och med de förutsättningar vi använt. Skillnaden mellan fjärrvärme och bergvärmepump vad gäller livscykelkostnad blir ofta liten, och skiftar med små ändringar av t.ex. den energi-användningsnivå vi ser på. Våra förutsättningar kanske är för schablonmässiga för att användas inom det stora spann av energianvändningsnivå som våra kurvor redovisar, för att korrekt spegla dimensionering och investeringskostnad för värmesystem och energiåtgärder. För beslut om byggregelnivåer skulle behövas ett betydligt bredare underlag, och förfinade beräkningar av dimensionering mm vid mycket olika energi-användningsnivåer. Våra beräkningars stora värde ligger i att peka på en metodik och ett grafiskt redovisningssätt som klarlägger utfallet i stora drag.

### 9.1 Nytt flerbostadshus

Så här blev resultatet av beräkningarna i kapitel 4, basfallet för nytt flerbostadshus:



#### Utfall med krav i köpt energi

Med dagens BBR (90 resp 55 kWh/m<sup>2</sup>, vår benämning Köpt 1) visar våra beräkningar för typhuset på en genomsnittlig konkurrensförmåga för fjärrvärme i förhållande till

värmepumpar. Gentemot bergvärmepump är skillnaden i livscykelkostnad liten, gentemot luftvattenvärmepump är den tydligare. I verkligheten finns givetvis en andel fall över landet, där förhållandet är det omvända. Om man ensidigt sänker nivån för elvärmda byggnader i dagens BBR till  $36 \text{ kWh/m}^2$  (vår benämning Köpt 2), så blir konkurrensen mot värmepumparna paradoxalt nog svårare (i våra typfall).

Men om man sänker till de nivåer där kurvorna visar lägsta livscykelkostnad, omkring  $60$  resp  $25 \text{ kWh/m}^2$  (motsvarande våra Köpt 3 och Köpt 4), så är fjärrvärmens klart konkurrenskraftig. Hela tiden med reservationer för att beräkningarna är schablonmässiga.

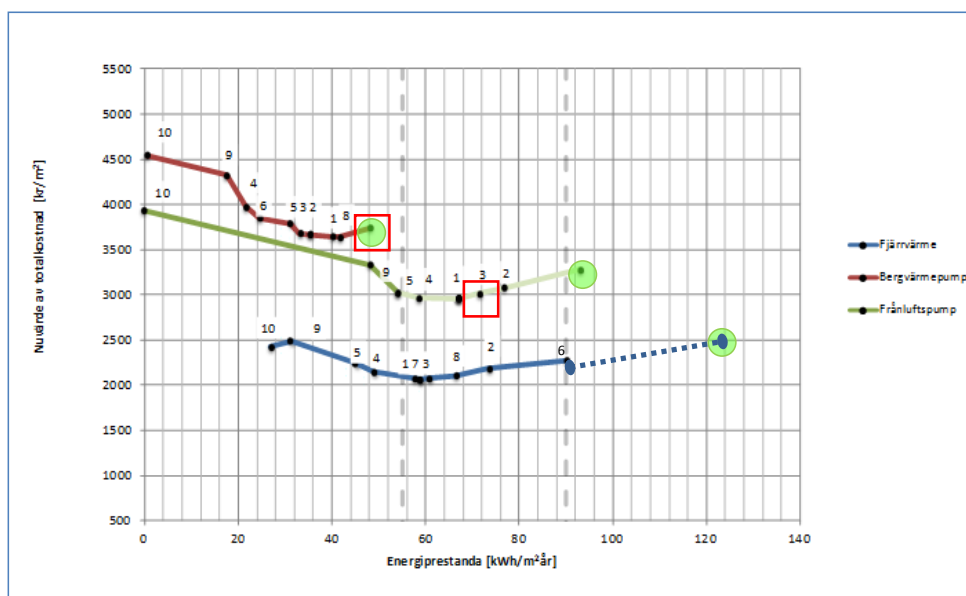
### Utfall med krav i använd energi

Vår definition Använd 1 innebär att alla hus oavsett uppvärmningssätt ska ha samma nivå av använd energi. Med utgångspunkten att det ska motsvara energiprestanda av ett fjärrvämt hus med dagens BBR, så har den nivån i våra beräkningar satts till  $88 \text{ kWh/m}^2$  använd energi. För att se på konkurrensen med hjälp av kurvorna så översätter vi detta i köpt energi. Fjärrvärmehuset behöver köpa  $90 \text{ kWh/m}^2$ , bergvärmehuset  $36 \text{ kWh/m}^2$  och luft-vattenvärmepumpshuset  $42 \text{ kWh/m}^2$ . Går vi ned till den strängare nivån Använd 2, så blir nivån för använd energi  $54 \text{ kWh/m}^2$ . Fjärrvärmehuset behöver köpa  $55 \text{ kWh/m}^2$ , bergvärmehuset  $25 \text{ kWh/m}^2$  och luft-vattenvärmepumpshuset  $29 \text{ kWh/m}^2$ .

Vi kan då avläsa livscykelkostnaderna för dessa nivåer i diagrammet. Detta visar, att med måttet Använd 1 verkar bergvärmepumpen konkurrera bättre mot fjärrvärmens än idag. Om man däremot går ned till den optimalare nivån Använd 2, så återtar fjärrvärmens sin konkurrensförmåga, i dessa schablonberäkningar.

## 9.2 Nytt småhus

Så här blev resultatet av beräkningarna i kapitel 4, basfallet för nytt småhus:



Vi vill återigen betona, att dessa beräkningar avser småhusområden där fjärrvärme är motiverbart, dvs där man kan bygga ut smart, samlat och med bra teknik, så att anslutningsavgiften hålls på den nivå som är genomsnittligt för dagens fjärrvärmeanslutna småhus. I så fall gäller detta:

### Utfall med krav i köpt energi

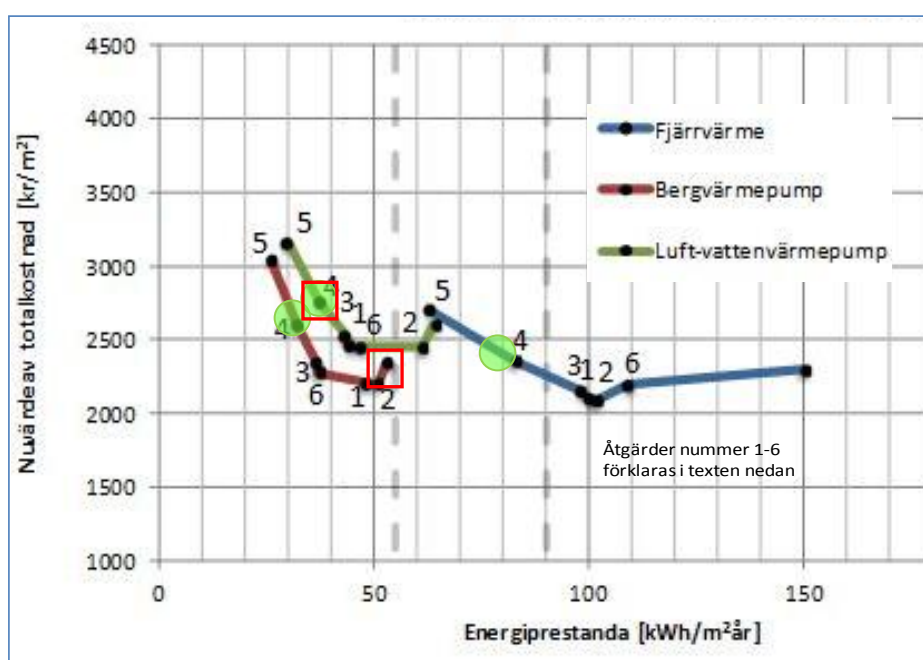
Med dagens BBR (vår benämning Köpt 1) visar våra beräkningar för typhusen på god konkurrensförmåga för fjärrvärmda småhus i förhållande till värmepumpar. Om man sänker kravnivåerna i dagens BBR - ensidigt för bara elvärmda (Köpt 2), eller generellt till lägre nivå (60 resp 25, motsvarande Köpt 3 eller Köpt 4) så är fjärrvärmens fortfarande konkurrenskraftig (reservationer för att beräkningarna är schablonmässiga). Detta gäller basfallets energiprisnivåer såväl som de alternativa priserna.

### Utfall med krav i använd energi

Vår definition Använd 1 innebär alltså att alla hus oavsett uppvärmningssätt ska ha samma nivå av använd energi. Denna nivå sätts till vad ett fjärrvärmat småhus har med dagens BBR-nivå, här beräknat till 88 kWh/m<sup>2</sup> använd energi. För att se på konkurrensen med hjälp av kurvorna så översätter vi detta i köpt energi. Utan att gå in på detaljer kan vi notera, att fjärrvärmens är konkurrenskraftig både med definitionen Använd 1 och Använd 2.

## 9.3 Befintligt flerbostadshus som ombyggs

Så här blev resultatet av beräkningarna i kapitel 4, basfallet för ombyggt flerbostadshus (som är ett lamellhus byggt 1961-1975 beläget i Klimatzon 3):



### Utfall med krav i köpt energi

Först ser vi på dagens BBR-nivå (Köpt 1). Om man då hävdar energikrav motsvarande nybyggnad i det studerade, fjärrvärmade huset, så krävs ofta omfattande energiatgärder för att komma ned till normens energinivåer. Med dagens BBR blir i så fall värmepumpskonvertering en stark konkurrent till befintlig fjärrvärme, så länge man bara ser till kravet i kWh/m<sup>2</sup>. Fjärrvärmens kan bibehållas om fjärrvärmepriset är ganska lågt, och om man vad gäller klimatskärmsåtgärder ändå måste byta fönster eller åtgärda fasadskikt. Därvid tas enbart de energirelaterade delarna med i kalkylen. Se känslighetsanalyserna i kapitel 4. Om man också hävdar att U<sub>m</sub>-kravet ska klaras i ombyggnadsfallet (se de gröna punkterna i diagrammet) så ger bergvärmekonvertering högre kostnad än bibehållen fjärrvärme.

Dessa slutsatser gäller även om man skärper BBR-nivåerna (Köpt 2, 3 eller 4).

### Utfall med krav i använd energi

Vår definition Använd 1 innebär samma nivåer av använd respektive köpt energi som vi angav för nytt flerbostadshus ovan. Vi kan då liksom tidigare avläsa livscykelkostnaderna för dessa nivåer i diagrammet. Detta visar samma tendens som vad gäller nytt flerbostadshus: Med måttet Använd 1 (motsvarande energiprestanda för huset enligt dagens BBR) verkar konvertering till bergvärmepump i vissa fall vara en stark konkurrent till att behålla typhusets nuvarande fjärrvärme.

Om man däremot går ned till den optimalare nivån Använd 2, så pekar kurvorna mot att bibehållen fjärrvärme (tillsammans med massiva effektiviseringsåtgärder) ger lägre livscykelkostnader är värmepumpskonvertering.

Vad gäller ombyggnadsfallet är det på plats med ett antal reservationer. De åtgärder som visas i kurvorna kan utformas lite annorlunda, eller motiveras att läggas i annan ordning, vilket kan ge annat utfall för val av uppvärmningssätt. Vi har nu också förflyttat oss långt till vänster i kurvorna, och beräkningsförutsättningarna kanske inte är relevanta för så genomgripande förändringar. Man vet inte i vilken grad de olika energikraven i BBR kommer att hävdas i ett ombyggnadsfall, då man får ta hänsyn till vad som är rimligt tekniskt och ekonomiskt.

## 9.4 Mer om fjärrvärme till småhus: Konkurrenskraft i praktiken

I kapitel 9.2 drogs slutsatsen, att fjärrvärme kan konkurrera väl mot värmepumpar under förutsättning att småhusen ligger samlade i områden med tillräcklig värmetetthet. Det behöver vara områden där man kan bygga ut smart, samlat och med bra teknik. I våra beräkningar förutsätts att anslutningsavgiften kan hållas på den nivå som är genomsnittligt för dagens fjärrvärmeanslutna småhus.

I Bilaga 2 i slutet har vi samlat några exempel på sådana småhusområden i Linköping och Västerås som anslutits till fjärrvärme, samt ett från Kungsbacka med kulvertnät från lokal central.

Husen i exemplen har låga eller mycket låga energibehov. Vad gäller distributionsteknik finns både konventionella temperaturnivåer och lågtemperatur, och det finns både konventionell och ny teknik.

Några framgångsfaktorer för att fjärrvärme ska bli rimligt och konkurrenskraftigt tycks vara:

- Fjärrvärmeleverantören måste hålla sig framme i markanvändningsplaneringen, för att peka på hur områdestäthet, planutformning och husplacering påverkar möjligheten för gemensamma värmelösningar.
- Dialogen med exploatören måste vara tidig och god, så att utbyggnaden kan planeras rationellt.
- Styra mot hög, helst hundra procentig anslutningsgrad.
- Kostnadseffektiv distribution vad gäller investeringar, drift och låga värmeförluster.
- Överväga lågtemperatursystem.
- Planera markarbeten smart, samförlägga olika ledningar.
- Pröva lösningar där delar av markarbetena görs av andra.

Detta bäddar för en konkurrenskraftig anslutningskostnad. Fjärrvärmens pris och prismodell måste sedan också vara konkurrenskraftiga. Diagrammen i kapitel 9.2 bygger på genomsnittliga priser för landet (i läge 2020). I kapitel 4.4. finns också känslighetsanalyser med bland annat en spridning av fjärrvärmepriserna mellan högst och lägst i landet, med den spännvidd som finns idag.

# 10 SAMLAD BEDÖMNING AV OLIKA METODER

## 10.1 Översikt och skissförslag

Utvärderingsschemat nedan samlar argument samt för- och nackdelar för de olika sätten att uttrycka energianvändning i byggreglerna, för några av de olika kriterier som vi sett som relevanta att uppfylla. Notera att kriterierna ibland är motsägelsefulla, dvs det finns ibland en målkonflikt så att två mål svårligen kan uppfyllas samtidigt.

Kriterium	Använd energi	Köpt energi	Primärenergi
<i>Teknikneutralitet vad gäller val av eller byte mellan uppvärmnings-sätt</i>	Ja	Nej för dagens BBR. Kan förbättras med ändrad relation mellan el/annat, till omkr 2,5. Samt genom att förlägga solfångare mm utanför avgränsning	Nej, inte denna metods syfte
<i>Långsiktigt perspektiv på husets egna egen-skaper</i>	Ja	Blandar husegen-skaper och värme-system i huset	Inte denna metods huvudsyfte
<i>Systemsyn: Låg primärenergianvändning (resursförbrukning)</i>	Låga nivåer underlättar totalt låg resursanvändning, men ingen styrning mot olika energislag	Beaktas i princip ej, men med ändrad relation till säg 2,5 blir det bättre än idag	Ja, utformas med detta syfte
<i>Systemsyn: Låga CO<sub>2</sub>-utsläpp</i>	I princip som ovan	Som ovan	Ej direkt styrning vad gäller CO <sub>2</sub> , men kan samspela
<i>Enkelhet i regel-utformning</i>	Ja, efter precisering av system-gräns	Ja	Ja
<i>Verifierbarhet - mät-barhet</i>	Mer mätning än idag	Ja, som idag	Ja, som idag
<i>Överensstämmelse med direktivet</i>	Ja betr energiprestandaindikator, nej betr primärenergiindikator. Kan dock bifogas som information	Ja, om primärenergiindikatorn lyfts fram/beskrivs	Ja

Med en utgångspunkt att byggregler ska reglera själva byggnaderna, så blir det logiska målet att ha byggregler uttryckta i **använd energi**. De ska då utformas för att



bli teknikneutrala gentemot val av olika uppvärmningssystem, antingen värmen kommer från ett större kollektivt system, eller från någon anordning inom, på eller nära huset.

Man vill givetvis gärna också beakta andra önskemål (såsom låg primärenergi-användning eller låga klimatgasutsläpp), och helst få dem att samspela med huskraven. Det ligger dock i sakens natur, att regler för huset i använd energi ska förhålla sig neutrala till energitillförseln. Man frånhänder sig så att säga möjligheten att via byggreglerna styra hur ”bra” energin produceras. Ansvar för sådana systemaspekter får överlåtas till andra styrmedel, eller till att man på värmemarknaden talar för olika energislags goda egenskaper vad gäller utsläpp och resursanvändning.

Det finns också några frågor att förtydliga och klarlägga vad gäller begreppet använd energi:

1) Definitionen/avgränsningen: Preliminärt kan begreppet omfatta energi för uppvärmning (avgiven från radiatorer, i värmebatterier etc), för varmvatten, el för fastighetsdrift och energi för kyla. Hur värmeåtervinning ska hanteras måste avgöras (jfr kap 3.3). Även sådan energi som kommer från t.ex. solfångare på eller intill huset ska inräknas inom normkravet.

2) Mer detaljerat studium av de mätningar som denna definition fordrar – dess kostnader, kvalitetskrav etc.

För att omgående komma till rätta med den uppenbara obalansen mellan elvärme och fjärrvärme, liksom att minska normkraven till de lägre nivåer som uppenbart tycks vara lönsamma, så kan man börja med att förändra inom dagens BBR i **köpt energi**. Relationen mellan eluppvärmning och annan uppvärmning bör ligga på omkring 2,5 (värdet behöver utredas noggrannare). Nivåerna tycks kunna sänkas till omkring 60 kWh/m<sup>2</sup> för fjärrvärme mm, och omkring 25 kWh/m<sup>2</sup> för elvärmda. Men värdena måste givetvis fastläggas med bredare underlag, bland annat ska sådant komma fram i det arbete med demonstrationsobjekt mm som görs inför kontrollstationen år 2015.

Denna ändring kan göras inom ramen för Boverkets nuvarande bemyndiganden. Den korrigerar obalansen vad gäller krav på husets energiprestanda ganska bra, och motsvarar därmed den framförda parollen: ”Inget hus ska slösa med energi”. Denna justering utjämnar samtidigt skillnaden i primärenergianvändning rätt väl, och man närmar sig alltså den systemsyn (vad gäller resursförbrukning) som länge varit på tal.

Inget hindrar att man benämner detta som ett sätt att uttrycka kraven i en ”energi-prestandaindikator och en numerisk indikator för primärenergianvändning”, vilket direktivet kräver. Därmed beaktas också måttet **primärenergi** i någon mån. Indikatorn för primärenergi skulle då kunna bli 1,0 för fjärrvärme och (omkring) 2,5 för elvärmda. Därmed motsvaras också direktivkraven.

Notera att vi i detta projekt inte alls sett på bränslen såsom pellets etc, och därmed inte tagit upp frågor om primärenergifaktorer för sådana.

## 10.2 Fortsatt arbete

Arbetet som utförts i detta projekt har varit av principiell natur. Som angavs i kapitel 7 har vi försökt fastlägga ett beräkningsspår att följa, snarare än att göra det stora antal beräkningar som egentligen är nödvändiga för att belysa spridning i resultaten. Vi är medvetna om, att Boverkets byggregler utarbetas med beaktande av att de måste vara generella, och kunna hantera alla situationer, alla klimatzoner etc. I detta projekt har vi behövt prioritera.

Utöver att det behövs betydligt fler beräkningsfall, så har vi redan ovan räknat upp ett antal frågor att gå vidare med för att få bättre grepp om använd energi. Det gäller fortsatt arbete på definitionen och på hur mätning bör göras. Samtidigt bör också nytta och kostnader med detta begrepp klarläggas ännu mer systematiskt.

Bland övriga noterade och kvarvarande frågor vill vi gärna lyfta frågan om själva byggandets energi- och resursanvändning. Den bedöms numera vara mycket stor i förhållande till byggnadens driftsfas, vilket ju dagens byggregler handlar om. Här uppstår frågan om huruvida den totala resursanvändningen borde återspeglas i byggregler eller på andra sätt.

## 11 REFERENSER

- Aronsson, S., Bergsten, B., Filipsson, P., Heincke, C. Nilsson, P. & Wahlström, Å. (2011). "Energikrav för NäraNollEnergi-byggnader : tekniska och ekonomiska konsekvenser". Göteborg, CIT Energy Management.
- Boverket (2012). "Remissvar till förslag avseende genomförandet av det omarbetade EU-direktivet om byggnaders energiprestanda m.m. Promemoria II: förslag och bedömningar avseende nära-nollenergibyggnader". Karlskrona.
- Boverket (2013). "Optimala kostnader för energieffektivisering – underlag enligt Europaparlamentets och rådets direktiv 2010/31/EU om byggnaders energiprestanda". Karlskrona. (Rapport; 2013:2).
- Energimyndigheten (2010). "Uppdrag 13: Nationell strategi för lågenergibyggnader". Eskilstuna. (ER; 2010:39).
- Energimyndigheten (2012). "Yttrande angående Förslag avseende genomförandet av det omarbetade EU-direktivet om byggnaders energiprestanda m.m. Promemoria II: Förslag och bedömningar avseende nära-nollenergibyggnader". Eskilstuna.
- European Union (2012). "Guidelines accompanying Commission Delegated Regulation (EU) No 244/2012 of 16 January 2012 supplementing Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings by establishing a comparative methodology framework for calculating cost-optimal levels of minimum energy performance requirements for buildings and building elements". Luxembourg : Office for Official Publications of the European Communities. (Official Journal of the European Union. Information and Notices, C115; vol 55, 19 April 2012).
- Europeiska Unionen (2003). "Europaparlamentets och Rådets direktiv 2002/19/EG av den 16 december 2002 om byggnaders energiprestanda". Europeiska unionens officiella tidning, 4.1.2003, L1/65.
- Europeiska Unionen (2010). "Europaparlamentets och Rådets direktiv 2010/31/EU av den 19 maj 2010 om byggnaders energiprestanda (omarbetning)". Europeiska unionens officiella tidning, 18.6.2010, L153/13.
- Filipsson, P., Heincke, C., Nilsson, P. & Wahlström, Å. (2011). "Energikrav för NäraNollEnergi-byggnader : tekniska och ekonomiska konsekvenser : komplettering". Göteborg, CIT Energy Management.
- Filipsson, P., Heincke, C. & Wahlström, Å. (2011). "Konsekvensanalys av NNE-krav för befintliga flerbostadshus". Göteborg, CIT Energy Management.
- Filipsson, P., Heincke, C. & Wahlström, Å. (2012). "Utredning av kostnadsoptimal energieffektivisering i befintliga flerbostadshus". Göteborg, CIT Energy Management.

- Gode, J., Höglund, J., Särholm, E., Martinsson, F., Lindblad, M. & Bingel, E. (2012). "Miljökommunikation med nyckeltal och indikatorer : fjärrvärme och fjärrkyla". Stockholm, Svensk Fjärrvärme. (Rapport; 2012:4).
- Gode, J., Martinsson, F., Hagberg, L., Öman, A., Höglund, J. & Palm, D. (2011). "Miljöfaktaboken 2011 : uppskattade emissionsfaktorer för bränslen, el värme och transporter". Stockholm, Värmeforsk. (Anläggnings- och förbränningsteknik; 1183).
- Näringsdepartementet (2011). "Promemoria. Omarbetat direktiv om byggnaders energiprestanda, del II: Bedömningar och förslag avseende nära-nollenergibyggande". Dnr N2011/7477/E. Stockholm.
- Näringsdepartementet (2012). "Remissammanställning Promemoria II förslag och bedömningar avseende nära-nollenergibyggnader samt kompletterande information till denna promemoria". Dnr N2011/7477/E. Stockholm.
- Persson, A. Rydstrand, C. & Hedenskog, P. (2005). "Allt eller inget – systemgränser för byggnaders uppvärmning". Version B. Stockholm, ÅF-Energi och Miljö.
- Regeringen (2011). "Regeringens skrivelse 2011/12:131 : Vägen till nära-nollenergibyggnader". Stockholm.
- Riksdagen. Civilutskottet. (2012). "Civilutskottets betänkande 2011/12/CU27: Vägen till nära-nollenergibyggnader". Stockholm.
- Sköldberg, H. & Unger, T. (2008). "Effekter av förändrad elanvändning/elproduktion". Stockholm, Elforsk. ( Elforsk rapport; 08:30).
- Sköldberg, H., Unger, T. & Olofsson, M. (2006). "Marginalel och miljövärdering av el". Stockholm, Elforsk. ( Elforsk rapport; 06:52).
- Svensk Energi (2012). "Vägledning angående ursprungsmärkning av el (2012-07-10)". Stockholm.
- Svensk Fjärrvärme (2012a). "Remissvar på Promemoria II (inkl kompletterande information): Förslag och bedömningar avseende nära-nollenergibyggnader". Stockholm.
- Svensk Fjärrvärme (2012b). "Överenskommelse i värmemarknadskommittén 2012 : om synen på bokförda miljövärden för fastigheter uppvärmda med fjärrvärme". Stockholm.
- Svensk Fjärrvärme & Svensk Energi (2012). "Miljövärdering 2012 : guide för allokering i kraftvärmeverk och fjärrvärmens elanvändning". Stockholm, Svensk Fjärrvärme.
- Svensk Fjärrvärme & Svensk Energi (2011). "Remissvar angående remisser av dels revidering av avsnitt 9 Energihushållning, dels remiss av regler om ändring av byggnad i Boverkets byggregler (BBR)". Stockholm, Svensk Fjärrvärme.
- WSP (2011). "Ekonomiska konsekvenser av NNE-definitionen". Stockholm, WSP.

## Bilaga 1 – Detaljer om förutsättningar i husberäkningarna

I detta avsnitt redovisas fler detaljer om de mest väsentliga förutsättningarna för grundfallet av husberäkningar i kapitel 4. Ytterligare förutsättningar finns i rapporterna Kostnadsoptimal energieffektivisering av befintliga flerbostadshus (för det befintliga flerbostadshuset) och Energikrav för NäraNollEnergibygnader (för det nya flerbostadshuset). Dessa finns tillgängliga på [www.energy-management.se](http://www.energy-management.se).

- Elpris: 1,06 kr/kWh
- Fjärrvärmepris: 0,69 kr/kWh
- Kalkylränta: 3 %. Kalkylräntor avser reala termer
- Alla priser och kostnader i projektet redovisas utan moms.
- Livslängden på värmepumparna antas vara 20 år. Borrhållet medför varken återinvestering eller restvärde.
- Alla värmepumpar och fjärrvärmecentraler antas ha en årlig underhållskostnad motsvarande 1 % av investeringsbeloppet (bergvärmepump exklusive borrhål).
- Ingen energiprisökning utöver inflationen har antagits.
- Solcellsåtgärden förutsätter att man sommartid kan sälja el till samma pris som man köper el på vinterhalvåret.
- I flerbostadshusfallen är kostnaderna för uppvärmningssystem:

Uppvärmningssystem	Investeringskostnad [SEK exkl. moms] (Värmeeffekterna är inklusive elspets)
Bergvärmepump	8 500 kr/kW inklusive borrhål 5 000 kr/kW exklusive borrhål
Luft-vattenvärmepump	7 000 kr/kW
Fjärrvärmecentral	$6500 \cdot \bar{Q}$ kr (Q är värmeeffekten uttryckt i kW)
Anslutningskostnad	50 000 kr

- I småhusfallet är kostnaderna för uppvärmningssystem:

Uppvärmningssystem	Investeringskostnad (SEK exkl. moms)
Bergvärmepump	150 000 kr
Frånluftsvärmepump	80 000 kr
Fjärrvärmecentral och anslutningskostnad	64 400 kr (fjärrvärmecentral 31 000 kr, anslutningskostnad 33 400 kr)

### Nytt flerbostadshus

- Kostnad för elnät är 6 000 kr/år med fjärrvärme.
- Kostnad för elnät är 32 000 kr/år med bergvärmepump.
- Kostnad för elnät är 40 000 kr/år med luft-vattenvärmepump.
- Årsvärmefaktor inkl. elspets antas vara 3,3 för bergvärmepumpen.
- Årsvärmefaktor inkl. elspets antas vara 2,6 för luft-vattenvärmepumpen.

- Klimatdata motsvarar ett normalår i Linköping.

### **Åtgärder nytt flerbostadshus**

#### *Tätare klimatskal*

- Tätningen antas innebära att läckaget i byggnaden minskar från 0,13 till 0,08 omsättningar per timma.
- Kostnaden för åtgärden antas vara 15 600 kr.

#### *Fasadisolering*

- Tilläggsisolering antas innebära att U-värdet i fasaden sjunker från 0,32 till 0,13 W/m<sup>2</sup>K.
- Kostnaden för åtgärden antas vara 260 kr/m<sup>2</sup> (nettofasadyta).

#### *Fönsterbyte*

- U-värde i fönstren ändras från 1,3 till 1,0 W/m<sup>2</sup>K.
- Kostnaden för åtgärden antas vara 500 kr/m<sup>2</sup> (fönsteryta).

#### *Takisolering*

- Tilläggsisolering antas innebära att U-värdet i taket sjunker från 0,23 till 0,10 W/m<sup>2</sup>K.
- Kostnaden för åtgärden antas vara 366 kr/m<sup>2</sup> (takyta).

#### *Grundisolering*

- Kostnaden för åtgärden antas vara 330 kr/m<sup>2</sup> (grundplattans yta).
- Åtgärden sänker U-värdet från 0,26 till 0,13 W/m<sup>2</sup>K.

#### *Prognosstyrning/Injustering*

- Åtgärden antas kosta 8 200 kr.
- Besparingen antas motsvara att inomhustemperaturen kan sänkas en grad.
- Livslängden antas vara 15 år.

#### *Tappvarmvattenåtgärder*

- Åtgärden antas spara 20 % av tappvarmvattenbehovet.
- Åtgärden antas kosta 72 000 kr.
- Livslängden antas vara 15 år.

#### *Fastighetselåtgärder*

- Åtgärden antas kosta 12 000 kr.
- Livslängden antas vara 15 år.
- Fläkteeffekten antas sjunka med 1 kW/(m<sup>3</sup>/s)
- El till fastighetsbelysning halveras.

#### *Frånluftssystem till FTX*

- Ett värmeåtervinningsaggregat återvinner värme i frånluften. Temperaturverkningsgraden antas vara 70 %. Fläktarbetet antas öka till 2,5 kW/(m<sup>3</sup>/s) från 2,0.
- Kostnaden för åtgärden antas vara 619 700 kr och livslängden är 20 år.

#### *FTX uppgradering från 70 % till 90 % temperaturverkningsgrad*

- Temperaturverkningsgraden antas vara 90 %
- Kostnaden för åtgärden antas vara 16 300 kr och livslängden är 20 år.

#### *Behovsstyrd ventilation*

- Åtgärden gör att medelflödet kan sänkas från 0,35 l/s,m<sup>2</sup> till 0,25 l/s,m<sup>2</sup>
- Kostnaden för åtgärden antas vara 3150 kr/lägenhet och livslängden är 15 år.

#### *Solvärme*

- Solfångare installeras för att täcka 40 % av årsbehovet av tappvarmvattenbehovet
- Åtgärden antas kosta 6000 kr/m<sup>2</sup>, för denna byggnad installeras 60 m<sup>2</sup>.
- Energiutbytet är 400 kWh/m<sup>2</sup>,år
- Livslängden är 20 år.

#### *Solceller*

- Åtgärden antas kosta 16 000 kr/kW, och ge 130 W/m<sup>2</sup> och 900 kWh/kW
- I fallet med fjärrvärme installeras 178 m<sup>2</sup>, med värmepumparna 393 m<sup>2</sup>
- Livslängden är 20 år.

### **Nytt småhus**

- Fjärrvärmecentral antas vara ny. Dess livslängd antas vara 30 år.
- Årsvärmefaktor antas vara 3,5 för bergvärmepumpen. Ingen spetsel krävs enl beräkningen.
- Årsvärmefaktor exkl. elspets antas vara 3,2 för frånluftvärmepumpen. Inklusive spetsel årsvärmefaktor 2,15 i denna beräkning.
- Kostnad för elnät är 1 800 kr/år med fjärrvärme och 3 300kr/år med värmepump.
- I basfallet har huset 0,35 l/s,m<sup>2</sup> i fallet med bergvärme och fjärrvärme, i fallet med frånlufts-pump är luftflödet 0,4 l/s,m<sup>2</sup>.
- Klimatdata motsvarar ett normalår i Linköping.

### **Åtgärder nytt småhus**

#### *Tätare klimatskal*

- Tätningen antas innebära att läckaget i byggnaden minskar från 0,13 till 0,08 omsättningar per timma.
- Kostnaden för åtgärden antas vara 5200 kr/hus.

#### *Fasadisolering*

- Antas innebära att U-värdet i fasaden sjunker från 0,30 till 0,15 W/m<sup>2</sup>K.
- Kostnaden för åtgärden antas vara 260 kr/m<sup>2</sup> (nettofasadyta).

#### *Fönsterbyte*

- Nya fönster antas ha ett U-värde på 1,0 W/m<sup>2</sup>K.
- Kostnaden för åtgärden antas vara 500 kr/m<sup>2</sup> (fönsteryta).

#### *Takisolering*

- Antas innebära att U-värdet i taket sjunker från 0,30 till 0,14 W/m<sup>2</sup>K.
- Kostnaden för åtgärden antas vara 336 kr/m<sup>2</sup> (takyta).

#### *Grundisolering*

- Kostnaden för åtgärden antas vara 330 kr/m<sup>2</sup> (grundplattans yta).
- Åtgärden sänker U-värdet från 0,3 till 0,16 W/m<sup>2</sup>K.

#### *Frånluftssystem till FTX*

- Ett värmeåtervinningsaggregat återvinner värme i frånluften. Temperaturverkningsgraden antas vara 70 %. Fläktarbetet antas öka till 2,5 kW/(m<sup>3</sup>/s) från 1,25
- Kostnaden för åtgärden antas vara 20 500 kr och livslängden är 20 år.

#### *FTX uppgradering från 70 % till 90 % temperaturverkningsgrad.*

- Temperaturverkningsgraden antas vara 90 %
- Kostnaden för åtgärden antas vara 1 000 kr och livslängden är 20 år.

#### *Behovsstyrd ventilation*

- Åtgärden gör att medelflödet kan sänkas från 0,35 l/s,m<sup>2</sup> till 0,2 l/s,m<sup>2</sup>
- Kostnaden för åtgärden antas vara 3150 kr och livslängden är 15 år.

#### *Solvärme*

- Solfångare installeras för att täcka 40 % av årsbehovet av tappvarmvattenbehovet
- Kostnaden antas vara 6000 kr/m<sup>2</sup>, för denna byggnad installerades 7,5 m<sup>2</sup>.
- Energiutbytet är 400 kWh/m<sup>2</sup>,år
- Livslängden är 20 år.

#### *Solceller*

- På taket installeras solceller så infångad solel motsvarar årsförbrukningen av el.
- Kostnaden för åtgärden antas vara 22 000 kr/kW, 130 W/m<sup>2</sup> och 900 kWh/kW, vilket resulterar i ett pris på 2860 kr/m<sup>2</sup> samt en dimensionerande kapacitet på 117 kWh/m<sup>2</sup>
- I fallet med fjärrvärme installeras 5 m<sup>2</sup>, bergvärmepump 21 m<sup>2</sup> och frånluftsvärmepump 58 m<sup>2</sup>
- Livslängden är 20 år.



## Befintligt flerbostadshus

- Den fjärrvärmecentral som sitter i den befintliga fastigheten från början antas vara 20 år gammal. Dess livslängd antas vara 30 år.
- Vid byte till bergvärmepumps antas att den årliga kostnaden för elnät ökar med 30 000 kr
- Vid byte till luft-vattenvärmepump antas att den årliga kostnaden för elnät ökar med 35 000 kr.
- Årsvärmefaktor inkl. elspets antas vara 3,3 för bergvärmepumpen.
- Årsvärmefaktor inkl. elspets antas vara 2,6 för luft-vattenvärmepumpen.
- Klimatdata motsvarar ett normalår i Göteborg.

## Åtgärder befintligt flerbostadshus

### *Fastighetselåtgärder*

- Effektivare styrning minskar elbehovet för att motverka isbildning med 70 %.
- Elbehovet till belysning utomhus och i allmänna utrymmen minskar med 40 %.
- Årliga underhållskostnader antas minska med 24 kr/armatur p.g.a. att ny energieffektiv belysning har längre livslängd än den gamla. Detta inkluderar kostnad för ljuskälla och arbete.
- Kostnaden för åtgärden antas vara 14 000 kr + 200 kr/m<sup>2</sup> (Atemp-BOA) (2000 kr/armatur och 0,1 armatur/m<sup>2</sup>).

### *Tappvarmvattenåtgärder*

- Snålspolande armatur antas sänka behovet av tappvarmvatten från 25 till 18 kWh/m<sup>2</sup>,år.
- Vattenbehovet antas sjunka med 0,34 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>,år Atemp.
- Kostnaden för åtgärden antas vara 37,5 kr/m<sup>2</sup> Atemp.

### *Vindsisolering*

- Tilläggsisolering antas innebära att U-värdet i taket sjunker från 0,20 till 0,13 W/m<sup>2</sup>K.
- Kostnaden för åtgärden antas vara 336 kr/m<sup>2</sup> (takyta).

### *Fönsterbyte*

- Nya fönster antas ha ett U-värde på 1,2 W/m<sup>2</sup>K.
- Solinstrålningen antas minska 10 %.
- Byggnadens luftläckage antas minska med 30 %.
- Kostnaden för åtgärden antas vara 5 145 kr/m<sup>2</sup> (fönsteryta).

### *Fasadisolering*

- Kostnaden för åtgärden antas vara 1 401 kr/m<sup>2</sup> (nettofasadyta).
- Åtgärden sänker fasadens U-värde från 0,56 till 0,20 W/m<sup>2</sup>K.

*FTX*

- Ett värmeåtervinningsaggregat återvinner värme ur frånluften. Temperaturverkningsgraden antas vara 83 % då utomhustemperaturen överstiger  $-2^{\circ}\text{C}$ , är det kallare antas den vara 75 %.
- Fläktarbetet antas öka från 1,0 till 1,5 kW/(m<sup>3</sup>/s).
- Kostnaden för åtgärden antas vara 640 kr/m<sup>2</sup> (BOA).

## Bilaga 2 – Exempel på nybyggda småhusområden med fjärrvärme

Här finns några exempel på nybyggda småhusområden med låga värmebehov, där fjärrvärme och gemensam värmeförsörjning visat sig bli konkurrenskraftig.

### Linköping

Erfarenheterna från Tekniska verken i Linköping är, att det är vettigt att erbjuda fjärrvärme till nybyggda småhusområden under förutsättning att anslutningsgraden är hundra procentig eller i alla fall mycket hög. Annars blir värmeförbrukningen normalt för låg. Det gäller också att vara med i kommunens planering, och att successivt följa med stadens utbyggnad med ledningsutbyggnad. Då finns förutsättningar att få kostnader för ledningsutbyggnaden så att fjärrvärme kan erbjudas till prislistans normala anslutningsavgifter och prissättningsalternativ.

När en exploatör bebygger området, så är det förstås viktigt att ha nära kontakt, så att fjärrvärme-lösningen planeras rationellt. De tekniska lösningarna kan bli olika; man bedömer exempelvis från fall till fall om man ska ha lågtemperatursystem eller konventionellt. Exempelen nedan visar fall med nya småhus, med ganska låga värmebehov, där man valt fjärrvärme, och där detta alltså kan byggas med ekonomi:

### Exempel 1. Nytt mindre område med olika husutformningar

En exploatör bygger på privat mark. Erbjuder olika hustyper – mest friliggande villor med fritt val av utseende, dels några seriebyggda och parhus. Exploatören har efterfrågat fjärrvärme såväl som annan försörjning från Tekniska verken (vatten, avlopp, elnät, bredband).

*Några fakta:*

- 27 hus av olika typer.
- Värmebehov 10-15 000 kWh/år. Area ca 150 m<sup>2</sup>/hus.
- Primäranslutning med vanlig fjärrvärmecentral; FTX-system i huset.

Fjärrvärme erbjuds förutsatt att samtliga hus ansluts. Exploatören kan göra vissa arbeten, exempelvis grävning och återställning av ledningsschakt, och då få rabatt på priset. Stamnät läggs först genom området, anbörningar för servisavsättningar görs successivt.

### Exempel 2. Kedjehus och friliggande, lågtemperatursystem

Småhusområde på kommunal mark, där fjärrvärme är föreskrivet. Fjärrvärmenätet kunde därmed byggas i förväg, med servisanslutningar till varje tomt, innan det fanns avtal med kunderna. Nätet byggdes i samband med gatubyggandet, vilket minskat kostnaden. Här valdes ett lågtemperatursystem, utgående temperatur ca 63°C för att minimera värmeförlusterna.

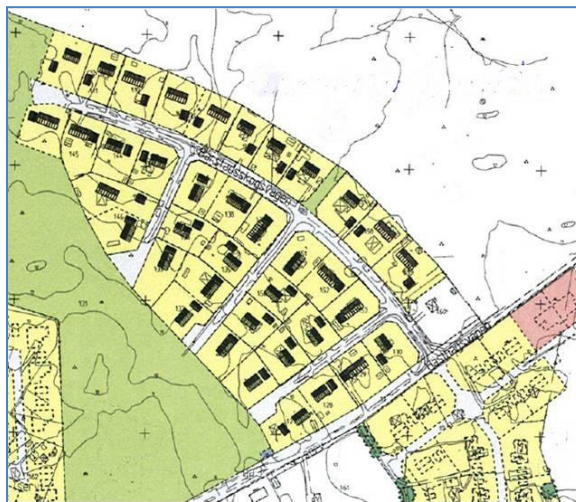
#### Några fakta:

- 39 hus, varav 26 kedjehus byggda av husleverantör och 13 friliggande på tomter sålda via kommunala tomtkön.
- Värmebehov 10 000 kWh/år för kedjehusen, 10-15 000 kWh/år. Area på kedjehusen ca 150 m<sup>2</sup>/hus, för de friliggande varierande storlek.
- Radiatorsystemet är gemensamt för hela området och växlas i Tekniska Verkens undercentral. Det behövs alltså en liten tomt för placering av denna undercentral. Kundernas fjärrvärmecentral har enbart tappvarmvattenväxlare, men egen styrning på utgående värme till radiatorsystemet. Husen har FTX. Tekniska Verken har i detta område erbjudit en prismodell där fjärrvärmecentralen tillhandahållits.

Husleverantörens markentreprenör gräver och återställer för fjärrvärmeservisen. Tekniska Verken gör själva förläggningen till den redan lagda servisanslutningen. En erfarenhet från detta område är: Eftersom placeringen av husen på de kommunala tomterna var okänd vid förläggningen av stamnätet, och dess avsättningar genom området, har vissa serviser blivit långa och dyra. I efterhand kan konstateras att man kanske borde jobbat med anbörningar i stället för dessa tomter. Det har gjorts senare, se Exempel 3.

#### Exempel 3. Nya permanenthus i nuvarande fritidshusområde

Ett område med hittillsvarande fritidshus, där man ska bygga permanentbebyggelse på de tomter som hittills haft fritidshus. Utsnittet av kartan till höger, med de nya husen illustrerade, visar att tomterna är ganska stora. Verkade först inte så attraktivt för fjärrvärmebutbyggnad, men många frågade efter fjärrvärme, och befintligt nät finns nära.



#### Några fakta:

- 35 friliggande hus i området, varav minst 25 beräknas ansluta. Några fritidshus kan finnas kvar länge.
- Värmebehov 10-15 000 kWh/år. Area ca 150 m<sup>2</sup>/hus.
- Primäranslutning med vanlig fjärrvärmecentral; FTX-system i huset.

Stamnät genom området lagt till att börja med. Normalt görs avsättningar för serviser mot tomtgräns, men eftersom det är okänt hur husen kommer att placeras på tomterna har man valt att anbera servisavsättningar allt eftersom.

## Västerås

### Nyutvecklade fjärrvärmesystem för lågenergibostäder installerat i åtta bostadsområden i Västerås

Detta är en satsning av det lokala energibolaget Mälarenergi. Fjärrvärmesystem har bl.a. installerats i dessa områden: Kvarteret Kaptenen i centrala Västerås med tre radhus med 12 hushåll; Gotö källa i Barkarö som är ett område med 150 lägenheter i småhus, radhus och sex mindre flerbostadshus; Bergsgrottan i området Pettersberg med fem parhus och två radhus med 20 lägenheter; Bjärby park med ett trettiotal lågenergivillor. Beräknad energianvändning för byggnaderna ligger mellan 45 och 70 kWh/år m<sup>2</sup>.

Att dra fjärrvärme till lågenergi- och passivhus har tidigare inte varit lönsamt eftersom energiförbrukningen är så låg i förhållande till investeringskostnaden. Den vanliga tekniska lösningen för lågenergibostäder eller s.k. passivhus är att värme ur frånluften återvinns i värmeväxlare med hög temperaturverkningsgrad följt av ett eftervärmningsbatteri för kalla vinterdagar. Ofta används el i eftervärmningsbatteriet på grund av den låga investeringskostnaden och varmvattenberedning sker med el eller solvärme. Under senare år har det dock kommit lösningar med fjärrvärme istället för el, vilket använts i några tiotal lågenergihus, främst större flerbostadshus.

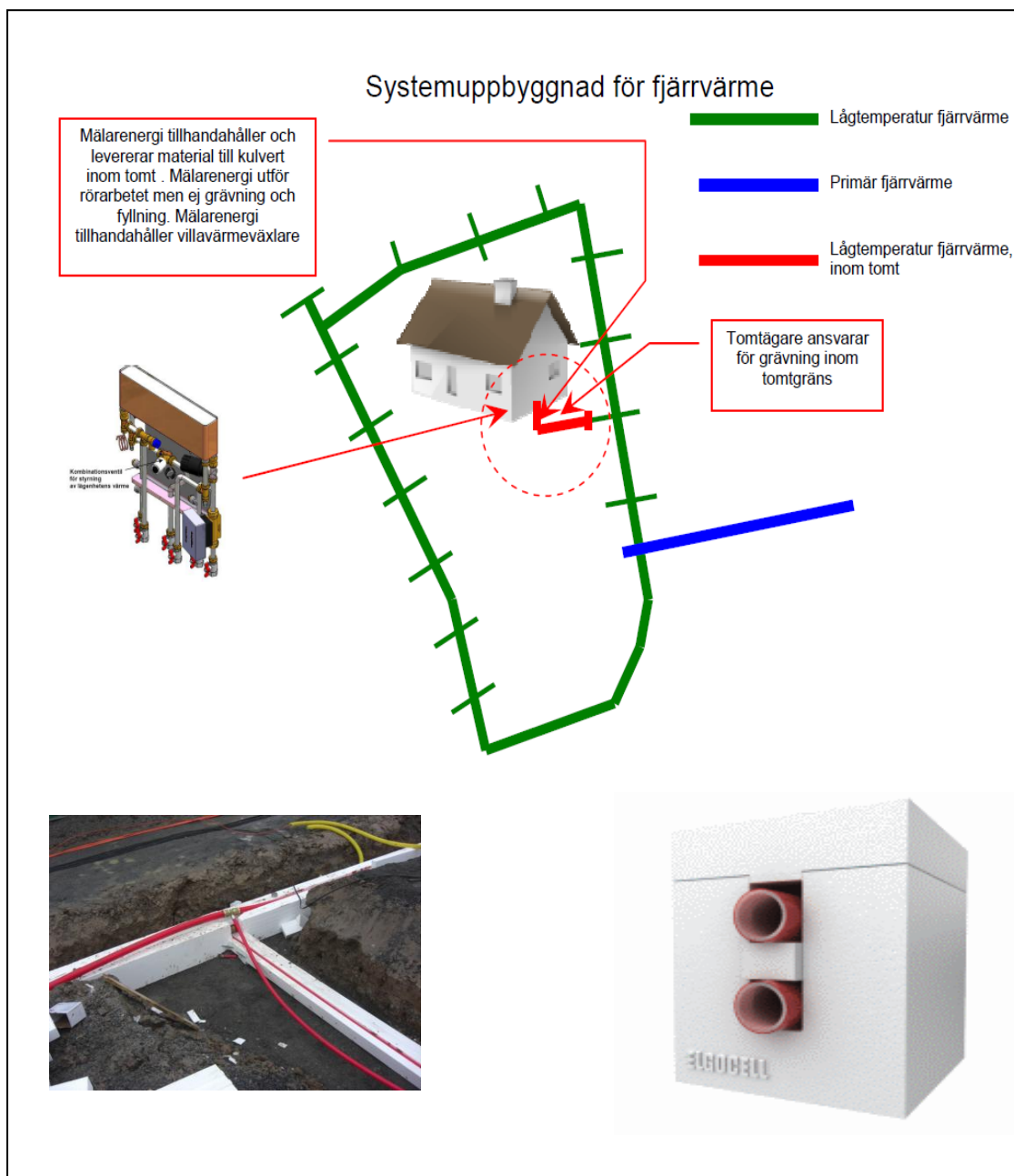
För att det ska löna sig med fjärrvärme till lågenergihus måste man få ner investeringskostnaden för de lokala rörnäten och minska värmeförlusterna. Båda dessa förutsättningar uppfylls genom att fjärrvärmens matas ut till de nya husen i plaströr (PEX) som läggs i en låda av cellplast.

I det nyutvecklade systemet sker värmeväxling i en fjärrvärmecentral vid en central punkt, exempelvis en miljöbod, från det vanliga fjärrvärmenätet till en plaströrskulvert som försörjer de enskilda husen i området. I varje enskilt hus finns en villavärmewäxlarcentral för värme, varmvatten och vitvaror.

Tre förutsättningar är väsentliga vid fjärrvärmeanslutning:

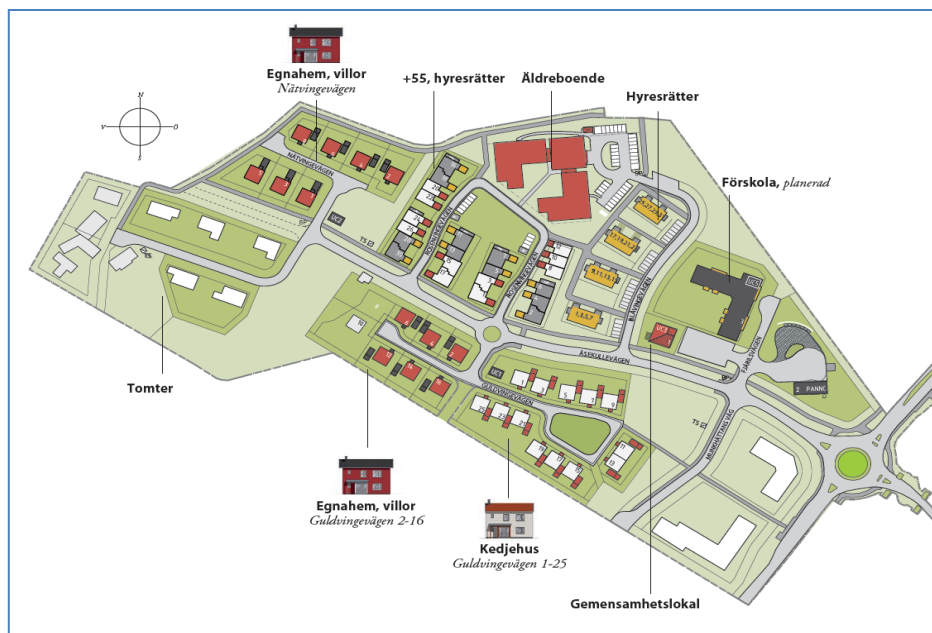
1. Lägre kulvertförluster än vid konventionell kulvertförläggning vilket åstadkommes genom låg-temperatursystem med en framledningstemperatur på konstant 60°C, kläna dimensioner för plaströren av PEX och ett enkelt välisolerat kulvertsystem med isolering av EPS. Cellplastlådan runt PEX-rören isolerar betydligt bättre än den normala polyuretanisoleringen runt stålrör, förlusterna minskar från cirka 20 watt per meter till under 10 watt per meter. I gamla kulvertsystem som lades på 1960-talet kan förlusterna uppgå till 50 watt per meter.
2. En lägre investering för kulvertdragningen än för konventionella lösningar åstadkommes bl.a. genom en entreprenör, snabbare framdrift, samförläggning med elkablar, optokablar, kall-, dag- och spillvatten, kläna dimensioner på PEX-rören och att befintliga massor återanvänds vid rörgravsgrävningen. Jämfört med den gängse metoden med stålrör slipper man svetsningen av rören, plaströren kopplas enkelt ihop med presskopplingar, vilket gör att entreprenör som lägger vatten och avlopp samtidigt kan lägga fjärrvärmerören i samma schakt.

- Att byta elvärme i hushållsapparater mot fjärrvärme. Detta sker genom att hetvattenansluta tvättmaskiner, torktumlare och diskmaskiner samt handdukstorkar och golvvärme i våtutrymmen. Fjärrvärmens ökar då med ca 1 000 – 2 000 kWh/år och hus medan hushållselen minskar lika mycket.



## Vallda Heberg

### Gemensam värmeförsörjning till passivhusområde i Kungsbacka kommun



Gemensam värmeförsörjning via kulvert nät. Värmen kommer i detta fall från en lokal värmecentral, men upplägget kan också illustrera ett småhusområde med mycket låga värmebehov och kulvert nät som skulle kunna fjärrvärmeanslutas.

Bostadsområdet har 26 enbostadshus, fyra fyrbostadshus, sex radhuslängor med plats för 22 seniorboende samt ett äldreboende med 64 lägenheter. Området blir fullt utbyggt 2014. Det ägs och drivs av det kommunalägda fastighetsbolaget Eksta Bostad AB och har byggts i partnering med NCC.

Samtliga byggnader ska uppfylla minst passivhusstandard. De får energi från en närvärmecentral med pelletseldning och solfångare. Minst 40 % av slutanvändarenergin för uppvärmning och tappvarmvatten (omkring 55 kWh/m<sup>2</sup> och år) ska komma från solfångare och resterande 60 % från områdescentralens pelletspanna, dvs 100 % förnybar energi. 600 m<sup>2</sup> solfångare kommer att installeras på undercentraler samt på fyrbostadshusen. På panncentralen finns 100 m<sup>2</sup> vakuumsolfångare monterade i 70 % vinkling för att fånga solinstrålning även höst och vår. Distributionskanalerna är extra välisolerade, och antal distributionssystem har minimerats för att minska förluster mellan byggnader och panncentral. Solceller kommer att installeras på äldreboendet och väntas täcka 40 % av fastighetselen och 100 % av elen till kylanläggningen.

För att komma ned i passivhusnivå har NCCs standardhus Kuben förbättrats med extra isolering och bättre fönster. Årlig energiprestanda är 39,2 kWh/m<sup>2</sup> för uppvärmning, 15,4 kWh/m<sup>2</sup> för tappvarmvatten och 5,6 kWh/m<sup>2</sup> för fastighetsel (beräknat för en hushållselanvändning på 30 kWh/m<sup>2</sup>). Solceller genererar 21 kWh/m<sup>2</sup> årligen. Energiprestanda enligt BBR och månadsvis avräkning av solenergi är 43,6 kWh/m<sup>2</sup>.



Forskning som stärker fjärrvärme och fjärrkyla, uppmuntrar konkurrenskraftig affärs- och teknikutveckling och skapar resurseffektiva lösningar för framtidens hållbara energisystem. Kunskap från Fjärrsyn är till nytta för fjärrvärmebranschen, kunderna, miljön och samhället i stort. Programmet finansieras av Energimyndigheten tillsammans med fjärrvärmebranschen och omsätter cirka 19 miljoner kronor om året. Mer information finns på [www.fjarrsyn.se](http://www.fjarrsyn.se)

## REGLERNA FÖR NÄRA-NOLLENERGIHUS

EU har beslutat om ett nytt direktiv som kräver nära noll energiförbrukning för nya och kraftigt ombyggda hus. Här beskrivs hur det påverkar våra byggregler som i sin tur påverkar hur byggnader utformas och vilken form av uppvärmning man väljer.

Nuvarande byggregler mäter energin efter hur mycket energi som köps in till huset, oavsett hur stor resursåtgången är i hela energisystemet. Kraven i Boverkets nuvarande byggregler gör det till exempel möjligt att i hus som värms med värmepump ha en högre resursförbrukning, större koldioxidutsläpp och högre nivåer använd energi jämfört med hus som har fjärrvärme.

Att däremot uttrycka kraven som använd energi innebär ett mer logiskt och rättvist sätt att definiera normkrav på husets egna egenskaper oberoende av uppvärmningssätt. Man uppnår teknikneutralitet vad gäller energibärare.

Här har beräkningar gjorts för uppvärmning med fjärrvärme, bergvärmepump och luftvattenvärmepump respektive frånluftsvärmepump i tre typer av bostäder – nybyggt flerbostadshus, nybyggt småhus och renoverat flerbostadshus. Alla resultat redovisas i energitermer som använd energi, köpt energi, primärenergi/resursförbrukning och i koldioxidutsläpp, men också ekonomiskt som livscykelkostnader

