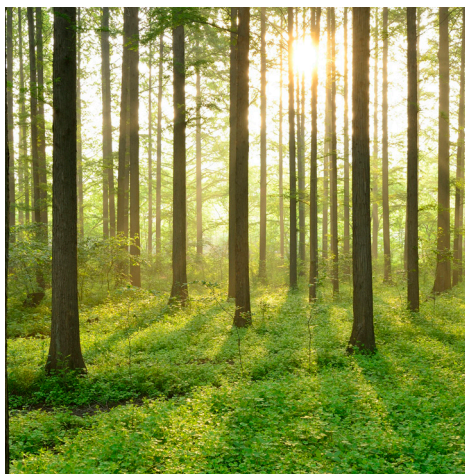


# SAMBAND MELLAN INNEMILJÖ, ENERGIEFFEKTIVISERING OCH FJÄRRVÄRMEPRODUKTION

RAPPORT 2016:305





# **Samband mellan inomhusmiljö, energieffektivisering och fjärrvärmeproduktion**

Analys för flerbostadshus med stöd av tre fallstudier

SIRJE PÄDAM, OSKAR KVARNSTRÖM, OLA LARSSON OCH AGNETA PERSSON

ISBN 978-91-7673-305-9 | © 2016 ENERGIFORSK

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: [kontakt@energiforsk.se](mailto:kontakt@energiforsk.se) | [www.energiforsk.se](http://www.energiforsk.se)



## Förord

En storskalig energieffektivisering kommer att ha betydelse för såväl energisystemet som för bostadssektorn. Sambanden mellan energiproduktion, energieffektivisering och innemiljö är komplexa och kunskapen om dessa samband är begränsad. Syftet med forskningsprojektet är att ur ett multidisciplinärt perspektiv bidra med ny kunskap om dessa samband i hela kedjan energiproduktion-energieffektivisering-innemiljö.

Sirje Pädam har varit projektledare från WSP. Från WSP har även Oskar Kvarnström, Ola Larsson och Agneta Persson medverkat. Projektet har även följts av en referensgrupp bestående av Kerstin Mundt, Norrenergi (t.o.m. juni 2015); Cecilia Ibanéz-Sörensson, Norrenergi (fr.o.m. juli 2015); Erik Dotzauer, Fortum Värme; Eric Johansson, Södertörns Fjärrvärme; Anna Karlsson, Vattenfall; Morgan Nielsen, Jämtkraft; Andreas Kertes, Öresundskraft; Roland Jonsson, HSB, och Erik Thornström, Energiföretagen Sverige (Svensk Fjärrvärme t.o.m. april 2016).

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 resurseffektiva lösningar för framtidens hållbara energisystem till nytta för fjärrvärmebranschen, kunderna, miljön och samhället i stort.

Leif Bodinson

Ordförande i Svensk Fjärrvärmes Omvärldsråd



## Sammanfattning

Sverige har ambitiösa mål om energieffektivisering. En storskalig energieffektivisering kommer att ha betydelse för såväl energisystemet som för bostadssektorn. Sambanden mellan energiproduktion, energieffektivisering och inomhusmiljö är komplexa och kunskapen om dessa samband är begränsad. Den forskning som finns belyser antingen sambanden mellan energiproduktion och energieffektivisering eller sambanden mellan energieffektivisering och inomhusmiljö. När det gäller sambanden i kedjan energiproduktion- energieffektivisering-inneklimat saknas helt forskningsresultat. Syftet med detta forskningsprojekt är att ur ett multidisciplinärt perspektiv bidra med ny kunskap om sambanden i hela kedjan fjärrvärme-energieffektivisering-innemiljö. Studien berör energieffektiviseringar i befintliga flerbostadshus.

Den bild som framträder som resultat av litteraturen och intervjuerna som genomförts är att det finns ett kunskapsgap mellan de olika aktörer som berörs av sambanden i kedjan inomhusmiljö-energieffektivisering-produktion av fjärrvärme. Boende involveras endast ibland och energibolag rådfrågas sällan vid energieffektivisering av byggnader.

De drivkrafter för energieffektivisering av flerbostadshus som har lyfts fram handlar om renoveringsbehov, uttalade mål om energieffektivisering och/eller höga kostnader för uppvärmning. Innemiljö nämns också, men tendensen är att mervärdena för inomhusmiljön från energieffektiviseringar är osynliga för beslutsfattarna. Bedömningar av energieffektiviseringsåtgärders påverkan på inomhusmiljö visar att i de flesta fall har energieffektiviseringar, om åtgärderna är korrekt utförda, positiv eller neutral påverkan på inomhusmiljön.

Det förekommer samarbete mellan fastighetsägare och energibolag, men energibolagen involveras i dagsläget inte generellt vid genomförande av energieffektiviseringar. Delade incitamentsstrukturer kräver mer samarbete för att få till energieffektiviseringar som är gynnsamma för flera aktörer. Utformningen av fjärrvärmens prismodeller kan ge incitament för effektiviseringar, men de är ofta komplexa och det kan vara svårt för fastighetsägarna att förstå konsekvensen av deras utformning.

Kvantitativa analyser har gjorts för fjärrvärmesystemen i de tre fallstudieorterna Helsingborg, Uppsala och Östersund och baseras på ett energisparbeting som definieras fram till 2020, vilket kan uppnås genom paket av energieffektiviseringsåtgärder. Utgångspunkten för att studera effekterna på fjärrvärmens är teoretiska utfall av energieffektivisering som antingen ger en jämn fördelning över året, eller sommar- respektive vinterskjuvning. Åtgärder som ger störst effekt på vintern (vinterskjuvning) är främst klimatskåpsåtgärder medan åtgärder som ger effekt på varmvattenbehovet ger en mer jämnt fördelad minskning av energibehovet över året.

Variationen i resultat för fallstudieorterna visar på hur viktiga de lokala förutsättningarna är för att bedöma effekten på fjärrvärmesystemet vid genomförande av omfattande energieffektiviseringsåtgärder. Den intuitiva slutsatsen att vinterskjuvning är bättre ur fjärrvärmesynpunkt, eftersom det leder till ett jämnare varaktighetsdiagram, stämmer i vissa fall men inte alltid.

De kvantitativa analyserna visar att biobränslebaserade fjärrvärmesystem som det i Östersund påverkas annorlunda av de olika utfallen från energieffektiviseringsåtgärderna än ett system med antingen avfallsförbränning som

baslast som i Uppsala eller spillvärme och avfall som i Helsingborg. Om kraftvärme och avfallsförbränning ligger i botten av varaktighetsdiagrammet och olja eller annan dyr och/eller miljövänlig spetslast ligger på toppen den kallaste perioden leder vinterskjuvning till bäst resultat för fjärrvärmesystemet.

Den ekonomiska konsekvensen av energieffektiviseringar för ett fjärrvärmebolag påverkas av produktionsmixen och bränslepriser samt försäljningen av el och värme. Fjärrvärmesystemet är ofta differentierat och utformat för att spegla hur produktionskostnaden ändras över året. Stora energieffektiviseringar som påverkar hela fjärrvärmeproduktionen kommer därför även att påverka hur fjärrvärmesystemet utformas.

Genom att delta med ett större engagemang vid energieffektiviseringar kan fjärrvärmebolag komma närmare sina kunder och undvika att åtgärder införs som får stark negativ påverkan på fjärrvärmesystemets effektivitet. Energiföretagen kan engagera sig på olika sätt, t.ex. genom att erbjuda kunderna kunskap om sambanden mellan energieffektivisering, innemiljö och energiproduktion eller genom att utveckla sin verksamhet till att även omfatta genomförande av energieffektiviseringsåtgärder (och därmed bli energitjänsteföretag, så kallade ESCOs, Energy service companies). En annan åtgärd kan vara att se över prismodellen för fjärrvärme med avseende på hur den påverkar lönsamheten för energieffektiviseringar idag och i framtiden.



## Summary

Sweden has set ambitious goals for increasing energy efficiency. Taking large-scale action to increase energy efficiency will have implications for both the energy and the housing sectors. The linkages between energy production, energy efficiency and indoor environments are complex, and knowledge on these relationships is limited. Existing research highlights the connections between energy production and energy efficiency, or the connection between energy efficiency and indoor environments. As far as linkages are concerned, there is a lack of research findings on synergies between energy production- energy efficiency- indoor environments.

The purpose of this research project is to add knowledge concerning the relationships within the systematic chain of district heating, energy efficiency, and indoor environments from a multidisciplinary perspective. This study analyses the impacts of energy efficiency measures in existing multifamily buildings.

A review of existing literature and findings collected from interviews illustrates that there is a knowledge gap among the different actors involved in the interconnectivity between indoor environments, energy efficiency, and district heating production. Residents are involved only on occasion and energy companies are rarely consulted when energy efficiency strategies are implemented in residential buildings.

The driving forces behind taking action to increase the energy efficiency of residential buildings include renovation needs, energy efficiency goals, and/or high heating costs. Improving the indoor environment was also mentioned by interviewees; however the general assumption is that the added value to indoor environments resulting from energy efficiency improvements is invisible to property owners and other investors. Analysing the impact of energy efficiency on indoor environments shows that implementing energy efficiency measures, in most cases, has a positive or neutral impact on the indoor environment given that the measures are correctly executed.

There is cooperation between property owners and energy companies, but there is no general involvement of energy companies when carrying out energy efficiency measures. Due to split incentive structures, increased cooperation is necessary to achieve energy efficiency in a manner which is favourable for several parties. The design of the district heating price models can provide incentives for efficiency improvements, but these models are often complex and too difficult for property owners to understand the consequences of the tariff design.

The quantitative analysis involves case studies of three district heating systems: Helsingborg, Uppsala and Östersund, and is based on an energy efficiency goal identified for the year 2020. This goal can be achieved through packages of various measures that increase energy efficiency. Theoretical outcomes form the starting point for studying the impact of heating demand on district heating. The changes in heating demand can be evenly distributed throughout the year, or they can be skewed towards energy savings during the summer and winter seasons. Measures that have the greatest impact during the winter mainly concern insulation, and measures for hot water heating provide an evenly distributed reduction of annual energy demand.

Variation in the case study results demonstrates the importance of considering conditions in their local context in order to properly assess the impact on the district heating system with the implementation of comprehensive energy efficiency measures.

The intuitive conclusion that the energy savings captured during the winter season is more attractive for such systems, as it leads to a smoother duration diagram, is true in some cases but not always.

This analysis shows that the biomass-based district heating system in Östersund is affected differently by energy saving measures than a system with household waste incineration, either with a base-load heating system as in Uppsala or a combination of industrial waste heat and household waste as in Helsingborg. If cogeneration and waste incineration serve as the base-load of the duration diagram and oil or other expensive and/or environmentally unfriendly fuels are on top, energy savings during the coldest period (winter) demonstrate the best results for the district heating system.

The financial impact of energy efficiency measures on district heating companies is influenced by both the fuel and production mixes as well as sales revenues from electricity and heat. The district heating tariff is often differentiated and designed to reflect the variation in production costs over the year. Therefore, large scale implementation of energy efficiency measures that affect the entire district heating production may affect the design of the district heating tariff.

By participating with a greater commitment to implementing energy efficiency strategies in the housing sector, energy companies can work with their customers to avoid the burden of measures that will have a significant negative impact on the efficiency of the district heating system. Energy companies can participate in different ways, e.g. by providing their customers with knowledge on the relationships between energy efficiency, indoor environments, and energy demand, or by restructuring company operations to include the implementation of energy efficiency measures (and thus become energy service companies, known as ESCO). Another strategy could be to revise the pricing model for district heating to reflect how it affects the profitability today and in the future.

# Innehåll

<b>1</b>	<b>Inledning</b>	<b>13</b>
1.1	Syfte	14
1.2	Genomförande	14
1.3	Avgränsningar	15
1.4	Rapportens disposition	15
<b>2</b>	<b>Mål för energieffektivisering</b>	<b>16</b>
<b>3</b>	<b>Hinder och drivkrafter</b>	<b>17</b>
3.1	Litteraturöversikt	17
3.2	Intervjuer	20
3.2.1	Drivkrafter för att genomföra energieffektiviseringsåtgärder	20
3.2.2	Val av åtgärder	20
3.2.3	Involvering av boende	21
3.2.4	Samarbete med energibolag	21
3.3	Sammanfattning	22
<b>4</b>	<b>Sambandet fjärrvärmeproduktion, energieffektivisering och inomhusmiljö</b>	<b>23</b>
4.1	Ekonomiska incitament för energieffektivisering	23
4.2	Hur påverkas Fjärrvärmesystemen av energieffektivisering?	26
4.2.1	Hur påverkas effektutnyttjande	27
4.2.2	Generell analys av fjärrvärmesystemens påverkan	27
4.3	Innemiljö	29
4.3.1	Metod för kvalitativ bedömning	29
<b>5</b>	<b>Fallstudiekommuner</b>	<b>37</b>
5.1	Flerbostadshus i fallstudiekommunerna	37
5.2	Fjärrvärmesystemen för Fallstudiekommuner	40
<b>6</b>	<b>Analys</b>	<b>45</b>
6.1	Energisparbeting	45
6.2	Kvalitativ bedömning av effekter på inomhusmiljö	45
6.3	Påverkan på Fjärrvärmesystemen i fallstudiekommunerna	48
6.3.1	Påverkan på Uppsalas fjärrvärmesystem	49
6.3.2	Påverkan på Östersunds fjärrvärmesystem	51
6.3.3	Påverkan på Helsingborgs fjärrvärmesystem	53
6.3.4	Diskussion kring energieffektivisering och fjärrvärme	55
6.3.5	Systemeffekter elförsörjning	57
6.4	Ekonomiska effekter	58
6.4.1	Ekonomiska effekter för energibolaget	58
6.4.2	Ekonomiska effekter för fastighetsägaren	60
6.4.3	Ekonomiska effekter för andra aktörer	62
6.5	Långsiktigt perspektiv	62

<b>7</b>	<b>Slutsatser</b>	<b>65</b>
7.1	Generella slutsatser	65
7.2	Svar på inledande frågor	65
<b>8</b>	<b>Rekommendationer</b>	<b>69</b>

# 1 Inledning

Sambanden mellan energiproduktion, energieffektivisering och inomhusmiljö är komplexa och kunskapen om dessa samband är begränsad. Den forskning som finns belyser antingen sambanden mellan energiproduktion och energieffektivisering eller sambanden mellan energieffektivisering och inomhusmiljö. Syftet med denna studie är att ur ett multidisciplinärt perspektiv bidra med ny kunskap om dessa samband i hela kedjan energiproduktion-energieffektivisering-innemiljö.

Sverige har ambitiösa mål både vad gäller energieffektivisering och andelen förnybar energi. En storskalig energieffektivisering kommer att ha betydelse för såväl energisystemet som för bostadssektorn. Det nationella målet för förnybara energikällor är 50 procent av energianvändningen till år 2020. Fjärrvärmebranschen har en signifikant betydelse när det gäller förnybarhetsmålet, och omställningen till förnybara bränslen i fjärrvärmebranschen är en väsentlig anledning till att detta mål kommer att uppnås. En energieffektivisering i bebyggelsen bidrar också till en relativt sett ökad andel förnybar energi.

Enligt den senaste uppföljningen har energianvändningen minskat från i genomsnitt 243 till 216 kWh per kvadratmeter<sup>1</sup> i flerbostadshus mellan 1995 och 2013. Detta är 11 procent. Mot bakgrund av att mer än 90 procent av de byggnader som finns idag kommer att finnas kvar år 2050 innebär det att det är viktigt att ytterligare minska energianvändningen i befintliga byggnader om de samhällsliga målen ska nås. När det kommer till det praktiska genomförandet av energieffektiviseringsåtgärder uppstår dock ofta hinder. I forskningslitteraturen har det konstaterats att svårigheterna med att få till stånd hela den lönsamma energieffektiviseringspotentialen bland annat beror på marknadsmisslyckanden såsom informationsbrist, delade incitament och transaktionskostnader samt brist på kapital. En annan frågeställning som har lyfts i diskussionen är att en ambitiös energieffektiviseringspolitik skulle kunna ha negativa konsekvenser på inomhusmiljön. Detta kan uppstå i de fall det råder brist på kunskap om sambandet mellan bebyggelsens inomhusmiljö och de åtgärder som genomförs vid energieffektivisering eller p.g.a. bristande kvalitet i genomförandet. Men forsknings- och kunskapsläget är idag ett helt annat än vad det var när de tidiga erfarenheterna av energieffektivisering på slutet av 1970-talet gjordes. Exempelvis har utvecklingen av kvalitetssystem som Bygga F för fuktsäkert byggande betytt att risken för inomhusmiljöproblem i samband med professionellt utförda energieffektiviseringsåtgärder kan elimineras.

Genom att energieffektivisering innebär en minskad efterfrågan på energi kommer ambitionerna inom området att ge effekter på det svenska energisystemet. Minskningen kommer i första hand att påverka energi för uppvärmning medan effektivisering av elanvändningen i stor utsträckning kommer att motverkas av åtgärder som ökar elanvändningen. Eftersom fjärrvärme är den vanligaste uppvärmningsformen och dominerar i flerbostadshusbeståndet kommer energieffektiviseringen att påverka fjärrvärmebranschen. De genomförda analyserna ska kunna bidra till både en ökad generell kunskap om de komplexa sambanden mellan energiproduktion-energieffektivisering-innemiljö och till att belysa hur

<sup>1</sup> Energiindikatorer 2015, Energimyndigheten, ER 2015:15, se blad 15 i excel-fil.

fjärrvärmebranschen kan ha en aktiv roll i energieffektiviseringsarbetet av bostadsbeståndet.

### 1.1 SYFTE

Syftet med forskningsprojektet är att studera sambanden, både positiva och negativa, i kedjan energiproduktion-energieffektiviseringsåtgärder-innemiljö samt att belysa framgångsfaktorer och drivkrafter för energieffektivisering i flerbostadshus.

Frågeställningar som projektet avser att finna svar på är bland annat följande:

1. Vilka är synergieffekterna och målkonflikterna mellan innemiljö, energieffektiviseringsåtgärder och energiproduktion?
2. Vad har drivkrafterna varit för genomförda energieffektiviseringsåtgärder?
3. Vilken roll har energibolagen och prismodellerna för fjärrvärme haft för genomförandet och vilken betydelse har fastighetsägarnas agerande haft?
4. Hur har energieffektiviseringen påverkat fjärrvärmebehovet över året?
5. Hur påverkar olika energieffektiviseringsåtgärder elproduktion i kraftvärmeverk?
6. Vilka miljömässiga konsekvenser får olika energieffektiviseringsåtgärder?
7. Vilka energieffektiviseringsåtgärder är gynnsamma för både fjärrvärme och innemiljö?
8. Hur påverkar minskat effektbehov åtgärdernas lönsamhet?
9. På vilket sätt kan åtgärdernas icke-energi-vinster (non energy benefits), som till exempel bättre inomhusklimat och lägre sjukfrånvaro, kvantifieras och värderas?
10. Hur ser energibolagens drivkrafter för effektivare energianvändning ut i framtiden?

### 1.2 GENOMFÖRANDE

Underlag om hur olika åtgärder för energieffektivisering påverkar inomhusmiljö respektive värmebehov under året har samlats in genom litteratur och intervjuer med fastighetsansvariga och fjärrvärmebolag. För att öka möjligheterna till samarbeten mellan energibolag och fastighetsägare omfattar fallstudierna energieffektiviseringsprojekt som har hög relevans för fjärrvärmebranschen.

Framåtblickande analyser görs av hur olika kombinationer av åtgärder bidrar till att nå satta mål för energieffektivisering. Värderingar av energieffektiviseringsåtgärders påverkan på innemiljö görs med hjälp av kriterierna i det svenska hållbarhetscertifieringssystemet Miljöbyggnad. Resultaten ska kunna ge vägledning till energibolag om vilka åtgärder för energieffektivisering som har potential att samtidigt främja fjärrvärme och inomhusmiljö. Målet är också att resultaten ska kunna vara till användning som underlag för nationella styrmedel, dialoger med byggherrar och

fastighetsägare och rådgivning om effektiviseringsåtgärder. Baserat på tre fjärrvärmenät presenteras förslag till rekommendationer.

De tre fjärrvärmenät som har valts är: Helsingborg, Uppsala och Östersund. Dessa har valts utifrån geografisk spridning och för att få en viss spridning avseende använda bränsleslag. I Öresundskraft ABs fjärrvärmenät ingår Helsingborg och Ängelholm. De levererar även en andel värme till Landskrona, och med den nyligen invigda ledningen som kopplar samman Öresundskrafts fjärrvärmenät med Krafringens nät har de även ett utbyte med kommunerna Lund, Lomma och Eslöv. Vattenfall Uppsala levererar fjärrvärme till Uppsala och Knivsta kommuner, men näten är inte sammankopplade. Jämtkrafts nät berör Östersunds och Krokoms kommuner.

Fallstudieorternas fjärrvärmesystem har analyserats utifrån data över produktionen under ett år. Produktionsdata har sammanställts i form av varaktighetsdiagram, i vilka konsekvenserna av olika typer av energieffektiviseringar analyserats utifrån perspektiven bränsleanvändning, miljöpåverkan och ekonomiska konsekvenser.

### 1.3 AVGRÄNSNINGAR

Målen om energieffektivisering avser all energianvändning. Den här studien har dock avgränsats till energieffektiviseringar i flerbostadshus i befintligt bestånd.

Analysen av inomhusmiljön genomförs kvalitativt. För bedömningar av effekter på inomhusmiljö används åtta av nio inomhusmiljöfaktorer som ingår i det svenska hållbarhetscertifieringssystemet Miljöbyggnad version 2.2. Bedömningarna på inomhusmiljö utgår från ett generellt fall och det har antagits att energieffektiviseringsåtgärderna genomförs på ett fackmannamässigt sätt.

Analysen av effekten på fjärrvärme gäller ett år och berör tre fallstudieorter. Eftersom varje nät är unikt, skulle generella analyser kräva en omfattande modellbaserad ansats. Fallstudiernas resultat gäller de studerade näten och innebär begränsningar för mer allmänna tolkningar.

### 1.4 RAPPORTENS DISPOSITION

Kapitel två ger en översikt av de uppställda målen för energieffektivisering till 2020 och 2050. I det tredje kapitlet redovisas hinder och drivkrafter för energieffektivisering och sambanden mellan energieffektivisering och fjärrvärme samt inomhusmiljö baserat på en litteraturgenomgång och intervjuer med företrädare för fastighetsägare i fallstudieorterna. Kapitel fyra ger en översikt av åtgärder för energieffektivisering och en generell genomgång om hur dessa åtgärder förväntas påverka fjärrvärmesystemet och inomhusmiljön. I kapitel fem redovisas övergripande fakta om de tre fallstudieorterna. Kapitel sex presenterar analyserna av effekterna på fallstudieorterna. Slutsatser och rekommendationer redovisas i kapitel sju respektive kapitel åtta.

## 2 Mål för energieffektivisering

Baserat på EU:s 2020-mål för energi- och klimat antog Sveriges riksdag 2009 ett mål om 20 procent effektivare energianvändning till 2020. Målet uttrycks som ett sektorsövergripande mål om minskad energiintensitet om 20 procent mellan 2008 och 2020, det vill säga den tillförda energin per BNP-enhet i fasta priser ska minska med 20 procent<sup>2</sup>. Målet säger ingenting om hur fördelningen av energieffektiviseringen mellan olika sektorer ska vara. Implicit antar vi att alla sektorer ska nå 20 procent.

Argumentationen i denna rapport bygger på det nationella miljömålet God Bebyggd Miljö, där det tidigare fanns ett delmål som fastslog att energianvändningen i bebyggelse ska vara 20 procent lägre år 2020 än referensåret 1995. Vi har valt att relatera till detta mål eftersom det är specificerat för bebyggelsen, medan det nuvarande nationella energieffektiviseringsmålet gäller energianvändningen i sin helhet och att det tillika mäts i relation till BNP och därmed inte är mätbart för bebyggelsen.

I propositionen 2005/06:145 "Nationellt program för energieffektivisering och energismart byggande" introduceras målet för energieffektivisering i bebyggelse:

*"Den totala energianvändningen per uppvärmd areaenhet i bostäder och lokaler minskar. Minskningen bör vara 20 procent till år 2020 och 50 procent till år 2050 i förhållande till användningen 1995."*

Enligt Energimyndigheten var den totala energianvändningen (temperaturkorrigerad användning för uppvärmning och varmvatten samt användning av fastighets- och hushållsel) 234 kWh/m<sup>2</sup> år 1995.<sup>3</sup> En effektivisering med 20 procent innebär en energianvändning på 195 kWh/m<sup>2</sup> år 2020. Fram till år 2013 hade en nivå på 216 kWh/m<sup>2</sup> uppnåtts vilket motsvarar en besparing på 11 procent från 1995. Därmed är det cirka 9 procentenheter kvar till målet 2020, vilket är den effektiviseringsnivå som används i analysdelen av denna utredning.

Huvuddelen av den uppnådda besparingen är ett resultat av energieffektiviseringsåtgärder som har genomförts i byggnadsbeståndet. Men en del av den minskade energianvändningen per areaenhet beror på att det skett omfattande konverteringar från till exempel individuella oljepannor till fjärrvärme och värmepumpar. Dessa konverteringar innebär att omvandlingsförlusterna faller på värmeproduktionen eller elproduktionen istället för att redovisas i de individuella byggnaderna. Hur stor del av den minskade energianvändningen per areaenhet som beror på konverteringar har studerats ibland annat rapporten Konverteringar och minskad primärenergianvändning i bebyggelsen 1995 - 2004.<sup>4</sup> Baserat på dessa resultat antas huvuddelen av den hittills uppnådda besparingen i denna rapport bero på genomförande av energieffektiviseringsåtgärder. Men det finns inga helt säkra uppgifter eftersom både uppvärmningsformer och det totala byggnadsbeståndet (med nybyggnad och rivningar) ändras över tiden.

<sup>2</sup> Sveriges tredje nationella handlingsplan för energieffektivisering, Bilaga till regeringsbeslut 2014-04-24

<sup>3</sup> Energimyndighetens Energiindikatorer 2015 anger att temperaturkorrigerad energi för uppvärmning och varmvatten minskade från 183-147 kWh/m<sup>2</sup> samtidigt som elanvändningen (fastighet och hushåll) ökade från 60-69 kWh/m<sup>2</sup> mellan 1995 och 2013.

<sup>4</sup> Göransson A, Profu, på uppdrag av Energimyndigheten, 2004.



## 3 Hinder och drivkrafter

### 3.1 LITTERATURÖVERSIKT

Sambanden mellan energiproduktion, energieffektivisering och inomhusmiljö är komplexa och kunskapen om dessa samband är begränsad. Den forskning som finns belyser antingen sambanden mellan energiproduktion och energieffektivisering eller sambanden mellan energieffektivisering och inomhusmiljö.

Alternativet till energieffektivisering är fortsatt ökat behov av el och värme. Hindren för en fortsatt ökad energiproduktion är väl kända. De främsta hindren är de pågående klimatförändringarna som till stor del beror på användning av fossila bränslen, annan miljöpåverkan, brist på såväl ekonomiska resurser som råvaror, och bristande social hållbarhet för människor som arbetar med utvinning av bränslen. I dagsläget utgör också de låga energipriserna ett ekonomiskt hinder för ökad energiproduktion.

Hindren för energieffektivisering är också väl kända och undersökta i forskningen.<sup>5</sup> Det finns en stor skillnad mellan den lönsamma potentialen för energieffektivisering och hur stor del av de lönsamma åtgärderna som genomförs. Denna skillnad benämns ofta energieffektiviseringsgapet. De vanligaste och viktigaste hindren för energieffektivisering är finansieringsfrågor, osäkerheter i beräkningar, brist på ekonomiska incitament (inklusive så kallade delade incitament – split incentives) samt brist på kompetens. Andra viktiga hinder som har identifierats är bristande engagemang samt brist på mål, strategi och taktik för energifrågor. Målkonflikter mellan energi å ena sidan och kulturhistoriskt bevarande av bebyggelsen och tillgänglighet å andra sidan samt otydliga önskemål om flexibilitet har också stor betydelse. Studier om hinder för energieffektivisering som har genomförts sedan 2011 verifierar denna bild.<sup>6</sup> Näringsdepartementet lyfter fram asymmetrisk information tillsammans med brist på kunskap och osäkerhet om ny teknik samt transaktionskostnader och policyinstabilitet som de främsta hindren.<sup>7</sup>

Teknikföretaget Siemens lät år 2014-2015 genomföra en stor enkätstudie riktad till kommuner om deras energieffektiviseringsarbete i allmännyttan och kommunala lokaler. För att skapa en bild av vilka dagens hinder för energieffektivisering frågade man i enkäten bland annat vad som skulle behövas för att fastighetsägarna skulle öka sina investeringar i energieffektivisering. Hela 18 procent av de fastighetsägare som svarade uppgav på olika sätt att de önskar att de lönsamma åtgärderna vore *ännu mer* lönsamma. I en studie som Profu gjorde på uppdrag av Fastighetsägarna Sverige,<sup>8</sup> uppgavs det vanligaste hindret för åtgärder vara bristande lönsamhet, samtidigt som man i andra delar av frågebatteriet uppgav att det fanns lönsamma åtgärder kvar att genomföra.

<sup>5</sup> Se t.ex. Miljarderna skäl att spara, Sveriges kommuner och landsting, Persson A och Göransson A, 2011, Fortfarande miljarderna skäl att spara, Sveriges kommuner och landsting, Persson A och Göransson A, 2016, och Vägen till ett effektivare Sverige, SOU 2008:110, Persson A och Högrell O.

<sup>6</sup> Bl.a. Halvera Mera 1+2, BeBo, 2015, Westerbjörk K, och Miljonprogrammet – Förutsättningar och möjligheter, TMF/Prognoscentret, 2013

<sup>7</sup> Kvantitativ utvärdering av marknadsmisslyckanden och hinder, Sweco på uppdrag av Näringsdepartementet, 2014

<sup>8</sup> Så när vi de nationella energimålen – bebyggelsens effektivisering. Fastighetsägarna 2011.

I en forskningsrapport som publicerats av International Energy Agency beskrivs en mer mångfacetterad bild av fördelar och drivkrafter för energieffektivisering.<sup>9</sup> Här redovisas 15 olika huvudgrupper av mervärden av energieffektivisering, till exempel minskade växthusgasutsläpp, bättre inomhusklimat, ökad hälsa och välbefinnande, fler arbetstillfällen och en tryggare energiförsörjning. En svensk studie av hur IEAs modell kan användas ur i svensk kontext visar att merparten av dessa mervärden ofta är "osynliga" för beslutsfattarna, och därför underskattade i beslutsprocesserna.<sup>10</sup>

Betalningsviljestudier som har genomförts i Schweiz och på Nya Zeeland ger vissa indikationer på storleksordningen av dessa osynliga mervärden (Banfi et al. 2008 och Phillips 2012)<sup>11</sup>. I studierna har hyresgäster och fastighetsägare fått ta ställning till olika val av energieffektiviseringsåtgärder avsedda för uppgradering av deras bostad alternativt fastighet. Båda studierna finner att såväl fastighetsägare som hyresgäster uttrycker högst betalningsvilja för energieffektiva fönster. Phillips (2012) menar att detta kan ha att göra med att ett fönsterbyte är den mest synliga energieffektiviseringsåtgärden för såväl potentiella köpare som hyresgäster.

I Schweiz uppger hyresgästerna en betalningsvilja för energieffektiva fönster som motsvarar 13 procent av hyran och på Nya Zeeland är betalningsviljan cirka 4 procent. För ventilation är betalningsviljan i den schweiziska studien cirka 8 procent och för fasadisolering cirka 6 procent av hyran. Den genomsnittliga månadshyran för den schweiziska bostaden anges vara cirka 8 000 kronor.<sup>12</sup> Betalningsviljan omfattar både kostnaden för åtgärden och mervärdet. Författarna till den schweiziska studien noterar att för de flesta av de undersökta åtgärderna är den månatliga kapitalkostnaderna signifikant lägre än betalningsviljan. Vid tolkning av resultaten bör hänsyn tas till att betalningsviljan kan vara överskattad eftersom hushåll med hög utbildning och höga inkomster är överrepresenterade i det schweiziska urvalet.

På Nya Zeeland är hyresgästernas betalningsvilja för vinds- och golvisolering något lägre än den för fönster. Den månatliga kallhyran för en genomsnittlig lägenhet är cirka 7 100 SEK.<sup>13</sup> Författaren anger att medianen av betalningsviljan överstiger kostnaden för energibesparingen med 25-40 procent. Eftersom rumsvärme i detta fall inte ingår i hyran, kan betalningsviljan utöver energikostnaden användas som ett uttryck för mervärdet. Förhållandena i hyresbostäder på Nya Zeeland skiljer sig dock relativt mycket från de svenska, vilket innebär att en eventuell värdeöverföring blir vanskelig. Dessutom är låginkomstfamiljer överrepresenterade bland hyresgästerna. När det gäller incitamenten för genomförande av åtgärderna finner författaren att en stor andel av fastighetsägarnas och hyresvärdarnas betalningsvilja överskrider kostnaden. Drygt en tredjedel av ägarna av hyresfastigheter har en betalningsvilja för energieffektiviseringsåtgärder som överskrider kostnaden. Trots detta noterar myndigheterna på Nya Zeeland att det råder en betydande underinvestering i hyresfastigheter i förhållande till fastigheter i vilka ägarna bor. Förutom de skäl som

<sup>9</sup> Capturing the Multiple Benefits of Energy Efficiency, IEA, 2014

<sup>10</sup> Tillämpning av IEAs modell "The multiple benefits of energy efficiency" på svenska energieffektiviseringsprojekt, Energimyndigheten, 2016, Landfors K et al.

<sup>11</sup> Phillips, Y. 2012 Landlords versus tenants Information asymmetry and mismatched preferences for home energy efficiency, Energy Policy, 45 pp. 112-121. Banfi, S., Farsi, M., Filippini, M., Jakob, M., 2008. Willingness to pay for energy-saving measures in residential buildings. Energy Economics 30, 503-516

<sup>12</sup> Genomsnittshyran rapporteras till cirka 1330 CHF vilket med 2008 års medelkurs är drygt 8000 SEK.

<sup>13</sup> Veckohyran för en genomsnittlig lägenhet anges vara cirka 300 NZD. Medelkursen 2012 var nära 5,5 SEK per NZD.

tas upp i litteraturen kan detta bero på brist på kunskap om inomhusmiljön. I den nyzeeländska studien anser varannan hyresgäst att deras vardagsrum är för kallt på vintern, medan endast var femte fastighetsägare uttrycker att deras hyresgäster har det för kallt i vardagsrummet under vintern.

Forskningen om drivkrafter för energieffektivisering redovisar kostnadsbesparingar och miljökäl som de viktigaste faktorer som påverkar energieffektivisering.<sup>14</sup> I en studie av energieffektiviseringsåtgärder i allmännyttans bostadsbestånd visar författarna att energieffektiviseringar sällan genomförs för sin egen skull.<sup>15</sup> Det huvudsakliga motivet är oftast en större renovering (ibid, och SABO 2009)<sup>16</sup>. Renoveringar i allmännyttans bostadsbestånd genomförs för det mesta för att byggnaderna är i behov av teknisk upprustning och renovering, men ofta också i syfte att samtidigt förbättra inomhusklimatet och områdets renommé.<sup>17</sup> Drivkrafterna för att genomföra energieffektiviseringsåtgärder i samband med renoveringar har för de allmännyttiga bostadsföretagen sin grund i kommunala strategier, ägardirektiv, förväntade besparingar i drifts- och underhållskostnad och en hög medvetandenivå om klimat- och energifrågor (SABO 2009). Även de privata fastighetsbolagen har i stor utsträckning ägardirektiv och policys som styr mot energieffektivisering i samband med renovering.

Bostadsrättsföreningar är en ägarkategori utan split incentives. Trots detta genomförs energieffektiviseringsåtgärder i mindre omfattning i denna kategori än i privata och allmännyttiga bostadsföretag.<sup>18</sup> Hindren för energieffektivisering i bostadsrättsföreningar är främst organisatoriska, skiftande perspektiv på ägarlängd samt brist på kunskap.

I ett examensarbete från Högskolan i Halmstad intervjuar författarna ordförande i ett 20-tal bostadsrättsföreningar i Halland.<sup>19</sup> I examensarbetet framkommer att den viktigaste drivkraften utgörs av minskade driftskostnader. Därefter kommer konkurrensfördelar, engagemang och att lönsamma energieffektiviseringsåtgärder har identifierats i samband med energideklarationer.

Det framgår dock inte om de intervjuade representerar bostadsrättsföreningar som har genomfört energieffektiviseringsåtgärder. I och med att kostnadsbesparingar framstår som en viktig drivkraft för energieffektiviseringsåtgärder finns även en koppling till prissättningen på fjärrvärme.

När det gäller sambanden i kedjan energiproduktion- energieffektivisering-inneklimat saknas helt forskningsresultat.

<sup>14</sup> Nair, Gustavsson, Mahapatra (2010) Factors influencing energy efficiency investments in existing Swedish residential buildings, Energy Policy, Vol 38, No 6.

<sup>15</sup> Lindén, A-L and Femenías, P. (2012) In Energy Efficiency in Housing Management. Policies and practice in eleven countries. p.16-37 Earthscan

<sup>16</sup> SABO\_2009 hemformiljoner\_rapport\_091102

<sup>17</sup> Fortfarande miljarder skäl att spara, Persson A och Göransson G, på uppdrag av SKL, 2016

<sup>18</sup> Målstyrd energiförvaltning, BeBo 2016

<sup>19</sup> Johansson, R. och Persson, M. (2008) Energieffektivisering i Bostadsrättsfastigheter, En studie om vilka faktorer som påverkar Halländska bostadsrättsföreningar att energieffektivisera sina fastigheter. Examensarbete högskolan i Halmstad

### 3.2 INTERVJUER

För fjärrvärmebranschen är lyckade energieffektiviseringsprojekt sådana som kapar effekttoppar och/eller projekt som skapar lojala kunder. För fastighetsägare är ett lyckat energieffektiviseringsprojekt ett lönsamt sådant och ett projekt som fungerar tekniskt, underhållsmässigt och långsiktigt.

Inom ramen för forskningsprojektet har intervjuer genomförts för att belysa hur fastighetsägare ser på sambanden mellan energieffektivisering och inneklimat å ena sidan och mellan energieffektivisering och energiproduktion å den andra. Representanter för bostadsbolag och bostadsrättsföreningar ingår i de sex intervjuerna. Bilden som kommit fram är att hindren för att genomföra energieffektiviserande åtgärder är betydligt mindre inom allmännyttan än för bostadsrättsföreningar. De hinder som nämns av allmännyttan är tekniska, ekonomiska och arkitektoniska. I bostadsrättsföreningar är det svårt att hitta stöd för åtgärder som höjer månadskostnaden och skiftande tidsperspektiv för ägande mellan bostadsrättsföreningens medlemmar. Ofta saknas också kunskaper. En av intervjupersonerna poängterar att svårigheten för dem som sitter i styrelsen för bostadsrättsföreningen är att balansera det långsiktiga perspektivet med eget ekonomiskt intresse.

#### 3.2.1 Drivkrafter för att genomföra energieffektiviseringsåtgärder

En viktig skillnad mellan bostadsbolag och bostadsrättsföreningar är att de kontaktade bostadsbolagen har en uttalad målsättning om energieffektivisering och att den är kopplad till handlingsplan eller uppföljning. Bostadsrättsföreningar är ofta ointresserade av och/eller okunniga om energieffektivisering. Utöver brist på kunskap handlar det också om rädsla för att dra på sig kostnader och brist på rutiner att hantera stora projekt och entreprenörer. Beslutsprocessen i en bostadsrättsförening är också ett problem i sig eftersom medlemmarna i en förening ofta har helt olika tidsperspektiv på ägandet av sin bostadsrätt. En bedömning som en av de intervjuade vid ett förvaltningsbolag för bostadsrättsföreningar gör är att endast 10-15 procent av bostadsrättsföreningarna är intresserade av energieffektivisering. För de föreningar som visar intresse är det i flesta fall en kombination av höga energiräkningar och den potentiella besparingen som är drivkraften.

Drivkrafterna bakom genomförda energieffektiviseringsåtgärder enligt företrädare för bostadsföretagen är ofta ett renoveringsbehov. Det kan ha handlat om det varit dags för renovering eller en kombination av detta och att huset varit i dåligt skick. En av intervjupersonerna nämner ett akut problem som drivkraft. I den aktuella fastigheten hade man problem med debitering av värme på grund av gemensam fjärrvärmekulvert med grannfastigheten.

#### 3.2.2 Val av åtgärder

När det gäller avvägningar som gjordes vid val av åtgärder, hade de som intervjuades svårt att i efterhand dra sig till minnes vilka faktorer som var viktiga. I diskussionerna om val av åtgärder tar flera intervjupersoner upp FTX (till- och frånluftsventilation med värmeväxling). De problem som nämndes handlar om att åtgärden för det mesta inte är lönsam och att det i befintliga byggnader kan saknas utrymme för tilluftsventilationen. Fördelarna med FTX är dess positiva effekt på inneklimatet och dess stora energieffektivisering. Någon av de intervjuade framhöll att det kalla klimatet i Norra Sverige ökar lönsamheten för FTX, och att FTX är viktigare för innemiljön än

längre söderut. De intervjuade har inte kommenterat energieffektivisering med hjälp av frånluftsvärmepump. Däremot nämner en intervjuperson att värmepump brukar vara lösningen för nybyggnation eftersom det är köpt energi som räknas.

I intervjuerna nämndes det som en fördel att välja tätning av klimatskal i kombination med ventilationsåtgärder. Detta går dock inte att generalisera eftersom det kan finnas hinder för att genomföra fasadåtgärder till följd av gestaltningsmässiga hänsyn. När det gäller utvändigt tilläggsisolering anses inte fukt vara något problem. Där det förekommit fukt har det handlat om slarv.

Ett av de allmännyttiga bostadsbolagen som har ingått i intervjuerna har förberett för individuell mätning och debitering (IMD) av värme och varmvatten samt genomfört tester. I de fastigheter där IMD för värme införts kan de boende välja mellan 18 och 23 graders innetemperatur. De har dock haft tekniska problem att få den individuella regleringen av inomhustemperaturen att fungera. Vissa hyresgäster är nöjda, andra inte. IMD av varmvatten fungerar däremot väl och här ser man effekter när det gäller energibesparing. Installationskostnaden var dock hög i detta projekt.

Miljöcertifieringssystem har inte använts vid genomförande av energieffektiviseringar av de befintliga flerbostadshus som denna rapport omfattar. Däremot har ett par intervjupersoner nämnt att miljöcertifiering tillämpas vid nybyggnad. Där intervjuerna har berört konkreta projekt har det handlat om ambitiösa åtgärds paket med fasadisolering, FTX, radiatoråtgärder, vindsisolering och fönsterbyten. Den rapporterade energibesparingen är ofta mindre än 50 procent. I något fall har endast värmeförbrukningen följts upp.

### 3.2.3 Involvering av boende

För att informationen om inomhusmiljön ska vara adekvat behövs kunskap om boendemiljön i lägenheterna, vilket talar för vikten av att involvera de boende. Bostadsrättsföreningar har ett försprång framför bostadsföretagen tack vare ägandeformen. Trots detta verkar beslutsfattandet och rädslan för ökade kostnader vara en hämsko för genomförande av lönsamma åtgärder.

I de bostadsbolag som ingår i denna studie skiljer det sig åt när det gäller i vilken grad de boende involveras. Hela spektrat från ingen involvering alls, till involvering av boende före, under och efter åtgärderna finns representerade. En av intervjupersonerna som representerar ett allmännyttigt bolag där de boende inte involveras, uppger emellertid att efter genomförda energieffektiviseringar minskar både antalet felanmälningar och klagomål avseende drag. I det bostadsbolag som representerar den mest ambitiösa linjen uppmärksammar man att installation av FTX-ventilation är en åtgärd som inte tycks vara generellt ekonomiskt försvarbart, men den ger bra uppföljningsresultat och färre felanmälningar.

### 3.2.4 Samarbete med energibolag

På de tre orter som denna studie omfattar förekommer det nästan inget samarbete mellan fastighetsägare och energibolag när det gäller energieffektiviseringar. Endast i ett fall används den rådande fjärrvärmeförbrukningsavgiften för att räkna på lönsamheten hos energieffektiviseringsåtgärder. En av intervjupersonerna har fört fram att den låga transparensen hos fjärrvärmeförbrukningsavgifterna medför problem för förutsägbarheten av åtgärdernas effekt på energiräkningen. Det finns önskemål om att effekttaxan ska anpassas direkt. Att man inte samarbetar om energieffektivisering betyder dock inte att

samarbete saknas mellan energibolag och fastighetsägare. Här lyfter allmännyttans intervjupersoner fram exempel på samarbete i termer av prisdialogen, vilket resulterat i mer förutsägbara värmekostnader.

En av intervjupersonerna nämner att samarbetet med energibolaget kring miljöfrågor resulterat i en större förståelse för fjärrvärmens miljöeffekter. För att inte påverka fjärrvärmens miljövärde negativt försöker man undvika att öka värmeefterfrågan när energibolaget behöver köra sina fossilbränsleddade spetslastpannor.

### 3.3 SAMMANFATTNING

Ekonomiska faktorer utgör ofta hinder vid energieffektiviseringar av befintliga flerbostadshus. Det verkar vara svårare att få till stånd energieffektiviseringar i bostadsrättsföreningar än hos bostadsbolag. Sannolikt beror det på att många av medlemmarna i bostadsrättsföreningar ofta har ett mer kortsiktigt perspektiv på ägande och förvaltande av bostaden. Många bostadsrättsinnehavare vill kunna sälja sin bostadsrätt snabbt och är därför mindre intresserad av långsiktigt lönsamma åtgärder.

Förutom lönsamhet finns även andra aspekter som påverkar om fastighetsägare genomför åtgärder eller inte. I vissa fall finns tekniska eller finansieringstekniska hinder som gör att man inte kan genomföra en åtgärd även om den är lönsam. I vissa fall genomför man åtgärder som inte är ekonomiskt lönsamma om de medför andra mervärden så som bättre inomklimat, ökad trygghet eller förstärkt hållbarhetsimage.

De drivkrafter för energieffektivisering som har lyfts fram i intervjuerna handlar om renoveringsbehov, uttalade mål om energieffektivisering och/eller höga kostnader för uppvärmning. Innemiljö nämns också, men tendensen är att mervärdena för inommiljön från energieffektiviseringar är osynliga för beslutsfattarna. Eftersom boende sällan involveras, och då det kan finnas skillnader mellan hur boende och fastighetsägare ser på befintliga problem, finns stor risk för att man bortser från mervärden i form av bättre inommiljö. I litteraturen finns internationella exempel på betalningsviljestudier, där försök har gjorts för att uppskatta hyresgästers betalningsvilja för energieffektiviseringsåtgärder. Resultaten tyder på att det finns en betydande betalningsvilja för mervärdena på inommiljön, men resultaten är alltför osäkra för att föra över till svenska förhållanden. När det gäller andra ansatser för att värdera åtgärdernas icke-energirelaterade-vinster (non energy benefits), finns vissa empiriska utvärderingar, när det gäller resultat med kvantitativa effektsamband saknas dock generaliserbara resultat.

Det förekommer samarbete mellan fastighetsägare och energibolag, men energibolagen involveras i dagsläget inte generellt vid genomförande av energieffektiviseringar. När det gäller fjärrvärmesystemet och dess roll för genomförandet av energieffektiviseringar finns olika strategier. Den ena är att använda den gällande fjärrvärmesystemet för att skapa ett rättvisande beslutsunderlag. Fjärrvärmesystemet upplevs av andra fastighetsägare som svårt att förstå, och används i dessa fall inte som beslutsunderlag för energieffektiviseringsåtgärder. Mot bakgrund av att många fjärrvärmebolag har en effekttaxa som justeras i efterhand, kan det leda till missförstånd hos dem vars beslutsunderlag inte tar hänsyn till taxan.

Den bild som framträder som resultat av litteraturen och intervjuerna är att det finns ett kunskapsgap mellan de olika aktörer som berörs av sambanden i kedjan inommiljö-energieffektivisering-produktion av fjärrvärme. Boende involveras endast ibland och energibolag rådfrågas sällan vid energieffektivisering av byggnader.



## 4 Sambandet fjärrvärmeproduktion, energieffektivisering och innemiljö

I detta kapitel ger vi en översikt av energieffektiviseringsåtgärder och deras lönsamhet samt hur fjärrvärmeproduktion påverkas av energieffektiviseringsåtgärder. Därefter följer en genomgång av hur olika åtgärder för energieffektivisering bedöms påverka innemiljön. Avsnittet om innemiljö baseras på de innemiljöfaktorer som omfattas av det svenska hållbarhetscertifieringssystemet Miljöbyggnad version 2.2.



Figur 1. Sambanden mellan energieffektivisering och fjärrvärme samt innemiljö

### 4.1 EKONOMISKA INCITAMENT FÖR ENERGIEFFEKTIVISERING<sup>20</sup>

I detta avsnitt redovisas bedömd kostnad och energibesparing för de undersökta åtgärderna. Om inte annat anges är uppgifterna hämtade från rapporten *Fallstudier till HEFTIG*.<sup>21</sup> Kostnaderna för åtgärderna kommer framförallt från Repab Fakta 2015 - Underhållskostnader, och är kompletterade med erfarenheter från cirka 10 energieffektiviseringsprojekt. Den kostnad som anges är inklusive moms.

En ungefärlig investeringskostnad per sparad kilowattimme har beräknats utifrån åtgärdernas livslängd. För åtgärder på klimatskalet har en livslängd på 40 år antagits och för installationer har en livslängd på 20 år antagits, utom för FTX där livslängden antas vara 30 år då de nya tilluftskanalerna har en längre livslängd än 20 år. Beräkningen är gjord utifrån åtgärdernas merkostnad och merbesparing i förhållande till de renoveringsåtgärder som ändå skulle ha vidtagits, för att spegla vilket ekonomiskt incitament fastighetsägaren har att genomföra åtgärden.

Kostnaden per sparad kilowattimme under livslängden kan jämföras mot dagens energipris, som enligt Energimyndighetens och Boverkets kontrollstation för 2015 är 1,46 SEK/kWh för el och 0,89 SEK/kWh för fjärrvärme, inklusive moms, skatter och avgifter. Om kostnaden för att spara en kilowattimme är lägre än kostnaden för att använda den så finns incitament att genomföra åtgärden. Detta är dock en förenklad bild eftersom den inte tar hänsyn till tidsaspekten eller fjärrvärmemetaxans konstruktion. För det första upprepas besparingen varje år under en lång tidsperiod. Det går att beakta detta genom att diskontera, det vill säga att ge intäkter som ligger längre fram i tiden ett lägre värde än besparingar som kommer i närtid. För det andra varierar energipriset efter tid på året och över tid. Variationen efter säsong och över tid är dock svårare att ta hänsyn till.

<sup>20</sup> Katarina Westerbjörk, WSP har bidragit till detta avsnitt.

<sup>21</sup> Profu, CIT Energy Management och WSP, Wahlström m.fl. 2016

Tabell 1. Energieffektiviseringsåtgärder - klimatskal

Åtgärd	SEK/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub>		kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub>		Förklaring till merkostnad	SEK/kWh	
	Total kostnad	Därav bedömd merkostnad	Total besparing	Bedömd merbesparing		Investering/sparad kWh	Dagens energipris
Byte till energieffektiva fönster (U=1,0)	1058	322	Värme: 23	Värme: 6	Jämfört med att byta till U=1,5	1,34	0,89
Energieffektiva dörrar (ny entré/källardörr)	58	48	Värme: 5	Värme: 5	Jämfört med att renovera befintliga dörrar	0,24	0,89
Tilläggsisolering vind (300 mm)	42	42	Värme: 7	Värme: 7		0,15	0,89
Tilläggsisolering fasad (100 mm)	686	520	Värme: 12	Värme: 12	Merkostnad för isoler-material + justering av fönster/takspång	1,08	0,89
Tilläggsisolering källare, 100 mm <sup>22</sup>	98	98	Värme: 5	Värme: 5		0,49	0,89
Tätning av klimatskal <sup>23</sup>	64	64	Värme: 8	Värme: 8		0,20	0,89

I tabellen ovan redovisas kostnader och energibesparing per kvadratmeter A<sub>temp</sub> för åtgärder som förbättrar byggnadens klimatskal. Definitionen av A<sub>temp</sub> är den invändiga byggnadsarean som värms till minst 10 °C. Merkostnaden för den besparing i kWh som erhålls under åtgärdens livslängd visas i den andra kolumnen från höger. Detta förenklade sätt att betrakta de ekonomiska incitamenten pekar på att energieffektiva ytterdörrar, tilläggsisolering vind, tilläggsisolering källare och tätning av klimatskal är lönsamma. Byte till energieffektiva fönster och tilläggsisolering av fasad lönar sig däremot inte eftersom merkostnaden per kWh under åtgärdens livslängd överstiger energipriset.

I Tabell 2 redovisas en översikt av installationsåtgärder. Det kan finnas flera anledningar till att FTX-ventilation redovisas som lönsam samtidigt som flera intervjupersoner pekat ut den som icke lönsam. Förutom de förenklingar som redan nämnts kan lönsamhetsberäkningar som intervjupersonerna refererat till, avse den totala kostnaden (och inte enbart den bedömda merkostnaden), att återbetalningstiden är kortare än den antagna livslängden på 30 år och/eller att man använt sig av en högre ränta.

<sup>22</sup> Energiberäkning för typbyggnad, utförd av Håkan Hanson, WSP

<sup>23</sup> Kostnad enligt Repab, Besparing enligt erfarenhetsprojekt



Tabell 2. Energieffektiviseringsåtgärder - installationer

Åtgärd	SEK/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> , exkl moms		kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub>		Förklaring till merkostnad	SEK/kWh	
	Total kostnad	Bedömd mer-kostnad	Total besparing	Bedömd merbesparing		Investering/sparad kWh	Dagens energipris
Installation av FTX system (FTX 85%)	800	520	Värme: 34 El: -4	Värme: 34 El: -4	Jämfört med att byta från-luftsfläkt och rensa kanaler	0,58	0,81
Snålspolande armaturer	18	18	Varmvatten: 6	Varmvatten: 6		0,15	0,89
Isolering av vattenledningar <sup>24</sup>	20	9	Varmvatten: 5	Varmvatten: 5	Jämfört med att enbart byta stammar	0,09	0,89
Nytt styr- och övervakningssystem, (värme/varmvatten) <sup>25</sup>	20	20	Värme: 8	Värme: 8		0,13	0,89
Ny undercentral/värmesystem <sup>26</sup>	4	4	Värme: 3	Värme: 3		0,07	0,89
Injustering värmesyst + byte termostat-ventiler	73	0	Värme:13	Värme:13	Underhålls-åtgärd	0	0,89
Solfångare, maxscenario <sup>27</sup>	174	174	Värme/ Varmvatten: 16	Värme/ Varmvatten: 16		0,54	0,89
Solfångare, realistiskt scenario	79	79	Värme/ Varmvatten 6	Värme/Varmvatten: 6		0,66	0,89
Individuell mätning/debitering av VV	56	56	Varmvatten: 5	Varmvatten: 5		0,56	0,89

I tabell 3 presenteras ett exempel på åtgärds paket som resulterar i ungefär en halvering av energianvändningen i ett typiskt flerbostadshus. Paketet innehåller ventilation med värmeåtervinning, antingen som frånluftsvärmepump (FVP) eller FTX. Den totala energieffektiviseringen för paketet är summerad så att energibesparingen för respektive åtgärd är nedräknad efter hur stor procentuell besparing tidigare genomförda åtgärder har inneburit. Detta för att inte överskatta den totala energibesparingen när flera åtgärder genomförs i ett paket. Dessutom har hänsyn tagits

<sup>24</sup> Erfarenhetsprojekt (energibesparing mycket osäker, siffror inkluderar kulvertbyte)

<sup>25</sup> Energiberäkning för typbyggnad, utförd av Håkan Hanson, WSP

<sup>26</sup> Halvera mera

<sup>27</sup> Denna typ av åtgärd leder till störst minskning av fjärrvärmebehovet under sommarhalvåret, och då är fjärrvärmepriset i allmänhet lägre än den årliga genomsnittskostnaden.

till att när kombinationspaketet med FVP genomförs, minskar elbehovet för frånluftsvarmepumpen.

**Tabell 3. Kombinationspaket 50 procents energibesparing**

Åtgärd	SEK/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> , exkl moms		kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub>		SEK/kWh	
	Total kostnad	Bedömd merkostnad	Total besparing	Bedömd merbesparing	Investering/sparad kWh	Dagens energipris
Tilläggsisolering fasad (100 mm)	686	520	Värme: 12	Värme: 12	1,08	0,89
Tilläggsisolering vind (300 mm)	42	42	Värme: 7	Värme: 7	0,15	0,89
Byte till energieffektiva fönster (U=1,0)	1058	322	Värme: 23	Värme: 6	1,34	0,89
Energieffektiva dörrar (ny entré/källardörr)	58	48	Värme: 5	Värme: 5	0,24	0,89
Injustering värmesyst + byte termostatventiler	73	0	Värme:13	Värme:13	0	0,89
*Injustering ventilationssystem	10	0	Värme: 5	Värme: 5	0	0,89
Individuell mätning/debitering av VV	56	56	Varmvatten: 5	Varmvatten: 5	0,56	0,89
*Avloppsvärmeväxlare	56	56	Värme: 5	Värme: 5	0,56	0,89
Snålspolande armaturer	18	18	Varmvatten: 6	Varmvatten: 6	0,15	0,89
*Närvarostyrd LED	21	18	El: 2	El:1	0,5	1,46
FTX 85%	800	520	Värme: 34, El: -4	Värme: 34, El: -4	0,58	0,81
*FVP, COP 3	296	296	Värme: 48, El. -16	Värme: 48, El. -16	0,46	0,61
<b>Summa, med FTX</b>	<b>2878</b>	<b>1600</b>	<b>Värme: 99 El:-2</b>	<b>Värme: 89 El: -3</b>	<b>0,46</b>	<b>0,87</b>
<b>Summa, med FVP</b>	<b>2374</b>	<b>1376</b>	<b>Värme: 96 El: -8</b>	<b>Värme: 87 El:-9</b>	<b>0,47</b>	<b>0,82</b>

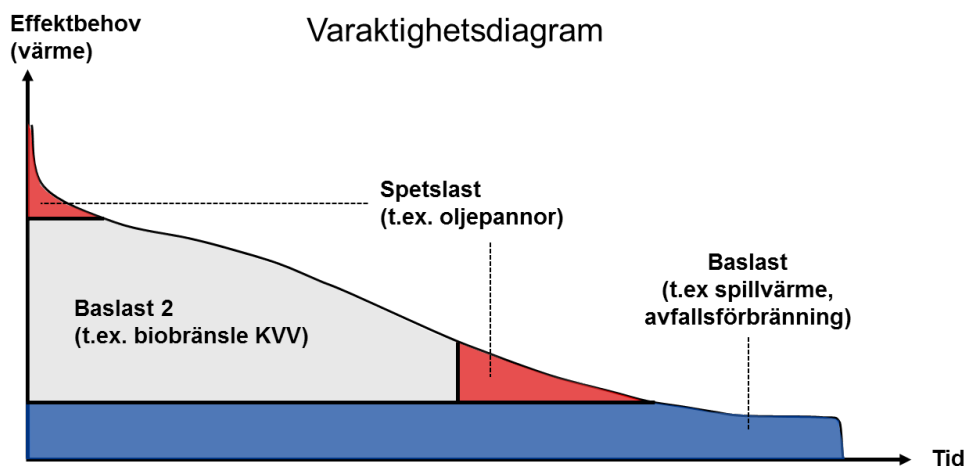
\*Not: redovisas ej i tidigare tabeller

#### 4.2 HUR PÅVERKAS FJÄRRVÄRMESYSTEMEN AV ENERGIEFFEKTIVISERING?

Hur fjärrvärmesystemen påverkas av energieffektivisering beror på vilken typ av åtgärd som genomförs. Nedan diskuterar vi de åtgärder och åtgärdspaket som beskrivits i föregående avsnitt (klimatskal, installation, och kombinationspaket).

#### 4.2.1 Hur påverkas effektutnyttjande

Energieffektiviseringsåtgärders effekter på fjärrvärmesystem kan analyseras med hjälp av fjärrvärmesystemets varaktighetsdiagram, där den årliga fjärrvärmeproduktionen presenteras från högsta till lägsta totala produktion och uppdelat på de ingående produktionsanläggningarna (se exempel i Figur 2). Nedan ges en generell beskrivning av hur fjärrvärmesystem påverkas av olika energieffektiviseringsåtgärder följt av en analys av de tre fallstudieorternas fjärrvärmesystem.



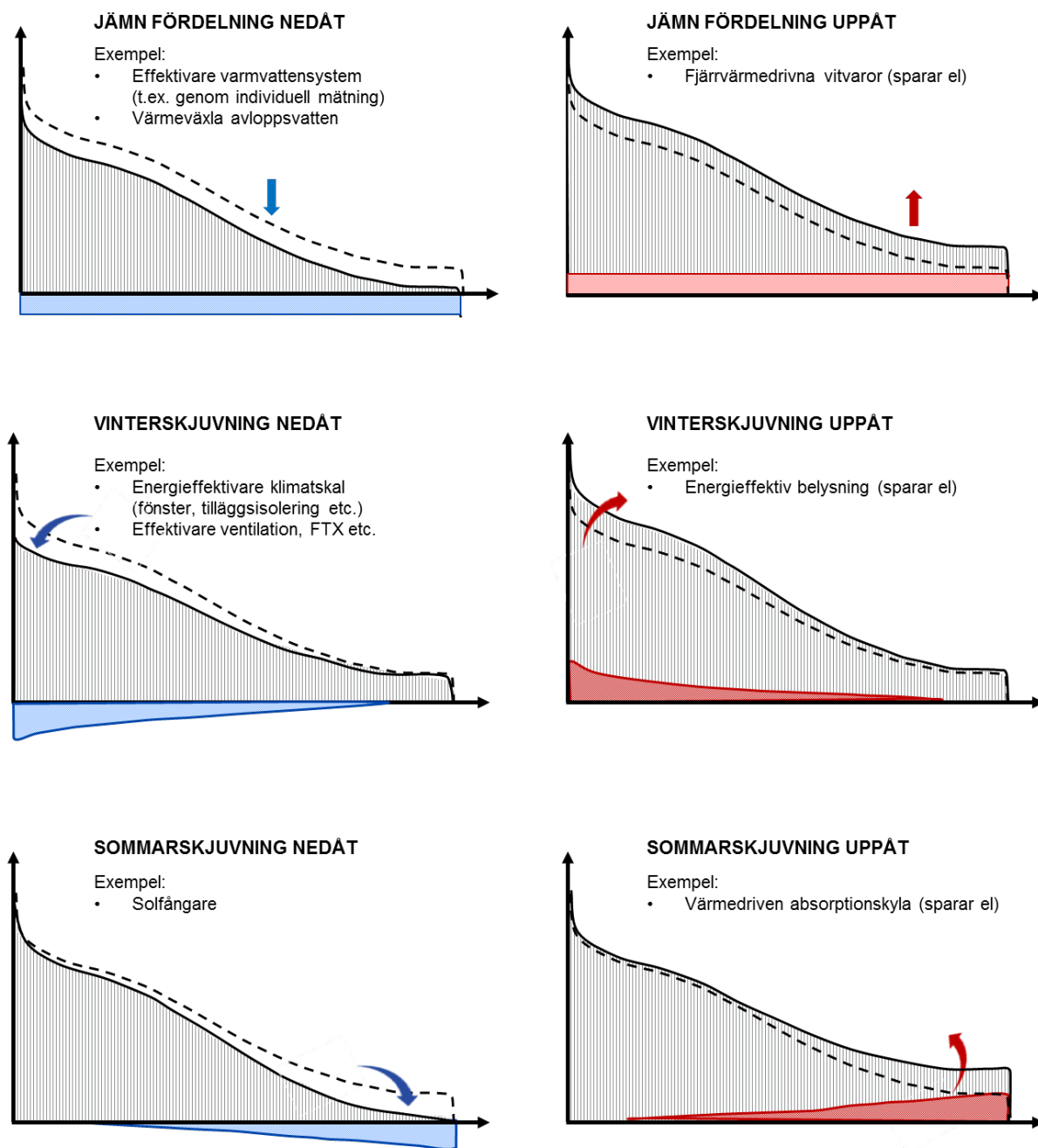
Figur 2. Principskiss på varaktighetsdiagram för ett fjärrvärmesystem med baslast- och spetslastpannor

#### 4.2.2 Generell analys av fjärrvärmesystemens påverkan

Beroende på vilket val av effektiviseringsåtgärder som görs kommer påverkan på det totala fjärrvärmebehovet över året att variera. Vissa typer av åtgärder påverkar värmeeffektbehovet med en relativt jämn inverkan under hela året, andra påverkar som mest under den kalla delen av året och ytterligare andra åtgärder påverkar mest under den varma delen av året. Här benämns de tre påverkanstyperna jämn fördelning, vinterskjuvning respektive sommarskjuvning. Figur 3 nedan illustrerar hur varaktighetsdiagrammet ändras för respektive typ av påverkan samt ger exempel på energieffektiviseringsåtgärd som ger de olika effekterna. Pilarna illustrerar effektens riktning och skjuvning.

Åtgärder som påverkar jämnt över året är till exempel sådana som ger en minskad varmvattenanvändning, vilken är relativt konstant över året jämfört med värmebehovet för uppvärmning av boarea. Vanliga åtgärder som får vinterskjuvningseffekter är olika åtgärder för att effektivisera klimatskalet i byggnaden, till exempel genom mer energieffektiva fönster eller tilläggsisolering av fasad och vind eller värmeåtervinning ur frånluftsventilation med hjälp av FTX.

Energieffektiviseringsåtgärder som påverkar mest sommartid är mindre vanliga i flerbostadshus, men exempel finns bland annat i form av installation av solfångare. De minskar behovet av köpt värme främst under de varmaste månaderna.



Figur 3. Principskiss med exempel på energieffektiviseringsåtgärder som påverkar fjärrvärmebehovet jämnt fördelat över året, mest vintertid respektive mest sommartid.

Alla förbättringar av byggnaders klimatskal kommer att minska värmebehovet som mest när det är som kallast, vilket innebär en vinterskjuvning neråt i varaktighetsdiagrammet. Hur stor inverkan åtgärden får beror på hur mycket klimatskalet förbättras, det vill säga skillnaden mellan prestandan före och efter. Att sätta in energieffektiva fönster kan få stor effekt eftersom fönster generellt har en mycket sämre energiprestanda än de omgivande väggarna. Ett klimatskalspaket kommer att påverka på samma sätt som enskilda klimatskalsåtgärder, men åtgärderna tillsammans ger en större effekt på värmebehovet över året och effektbehovet under

vintern. Hur effekterna ser ut varierar från fjärrvärmesystem till fjärrvärmesystem och i vilken temperaturzon byggnaderna finns.

Till skillnad från klimatskalspaketet där olika åtgärder förstärker samma typ av effekt (vinterskjuvning neråt) har olika installations- och driftsåtgärder skilda effekter på varaktighetsdiagrammet. Installation av till- och frånluftsventilation med värmeväxling (FTX-system) innebär att kall tilluft värms med den varma frånluften, vilket innebär ett minskat värmebehov och samtidigt ökat elbehov. Störst kommer effekten i fjärrvärmesystemet att bli när det är som kallast ute, eftersom värmeväxlingen blir effektivast när skillnaden mellan ute- och innetemperatur är som störst. FTX-ventilation innebär således en vinterskjuvning neråt för fjärrvärmens varaktighetsdiagram. Varmvattenanvändningen i flerbostadshus är relativt oförändrad över året. Åtgärder som leder till minskat varmvattenbehov leder, till skillnad från åtgärder som minskar uppvärmningsbehovet, till en sänkning av varaktighetsdiagrammet som är jämnt fördelat över året. Exempel på åtgärder som minskar varmvattenbehovet är installation av snålspolande tappvattenarmaturer, isolering av varmvatten- och VVC-ledningar och individuell mätning och debitering av varmvatten. Installation av solfångare innebär som nämnts ett tillskott av värme främst under sommarmånaderna, det vill säga när värmebehovet i byggnaderna är som lägst. Denna åtgärd ger en sommarskjuvning neråt i varaktighetsdiagrammet. Hur den totala effekten för hela installations- och driftpaketet blir beror på hur stor effekt var och en av de individuella åtgärderna har. Men sammantaget kommer sommar- och vinterskjuvning att åtminstone till viss del balansera varandra vilket ger åtgärds paketets sammantagna effekt på fjärrvärmesystemet en mer jämn fördelning över året.

### 4.3 INNEMILJÖ

För att illustrera sambandet mellan energieffektivisering och inomhusmiljö har vi i denna rapport utgått från hållbarhetscertifieringssystemet Miljöbyggnads parametrar för inomhusmiljö. Totalt omfattar Miljöbyggnad 2.2 nio olika indikatorer för inomhusmiljö. I analysen har vi valt att inte beakta indikatorn kväveoxid eftersom den är svår att värdera kvalitativt och sannolikt inte relevant annat än i undantagsfall för de energieffektiviseringsåtgärder och fjärrvärmesystem som ingår i denna studie. Flera av Miljöbyggnads indikatorer delas upp i undergrupper, till exempel delas termiskt klimat upp i påverkan avseende drag, temperatur med mera.

#### 4.3.1 Metod för kvalitativ bedömning





Effekterna från de olika energieffektiviseringsåtgärderna varierar beroende på förutsättningarna. Exempelvis kommer effekten av att byta till energieffektiva fönster att variera utifrån förutsättningarna, det vill säga vilken typ av fönsterkonstruktion som fanns i fastigheten innan effektiviseringen och hur väl installationen av fönstren har gjorts. På likvärdigt sätt blir byte till energieffektiv ventilation beroende av vilken typ av ventilation som ersätts och till vad man byter, och det betyder att de inomhusmiljöeffekter som uppkommer varierar.

Det ovanstående resonemanget om generella effekter från respektive energieffektiviserande åtgärd påverkar de kvalitativa bedömningarna. Bedömningarna hålls på en generell nivå genom att de utgår ifrån att påverkan på inomhusmiljöfaktorerna gäller för en "genomsnittlig" byggnad utan specifika inomhusmiljöproblem och att

energieffektiviseringen inte föranleder några inomhusmiljöproblem. Det antas att utförandet av åtgärderna uppfyller gällande branschkrav och är professionellt utförda.

Vid bedömningarna har en färgskala med fyra kategorier använts. Skalan justerades från fem till fyra nivåer efter de preliminära bedömningarna av effekterna på inomhusmiljön. Detta eftersom betydande negativ effekt inte förekom.

**Tabell 4. Bedömningsskala inomhusmiljö**

	Bedöms ha betydande positiv effekt på inomhusmiljön
	Bedöms ha viss positiv effekt på inomhusmiljön
	Bedöms inte ge effekt på inomhusmiljön
	Bedöms ha negativ effekt på inomhusmiljön

Indikatorerna från Miljöbyggnad 2.2 som har använts i denna studie presenteras i Tabell 5.

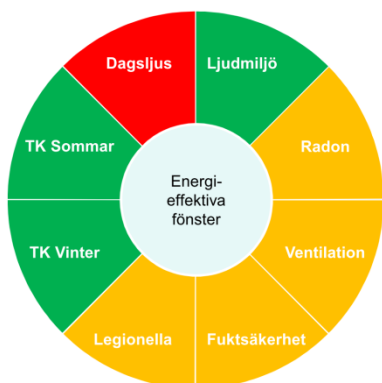
**Tabell 5. Beskrivning av indikatorer för inomhusmiljö i Miljöbyggnad version 2.2**

Indikator	Bedömer
Ljudmiljö	Indikatorn ska säkerställa en god ljudmiljö.
Radon	Indikatorn ska säkerställa låga radonnivåer.
Ventilation	Indikatorn ska säkerställa en god ventilation.
Fuktsäkerhet	Indikatorn ska säkerställa att inga fuktproblem uppstår.
Legionella	Indikatorn ska säkerställa att inga problem med legionella uppstår.
Termiskt klimat vinter (TK – vinter)	Indikatorn ska säkerställa ett gott termiskt klimat vintertid.
Termiskt klimat sommar (TK – sommar)	Indikatorn ska säkerställa ett gott termiskt klimat sommartid.
Dagsljus	Indikatorn ska säkerställa ett bra dagsljus.

I figurena nedan redovisas kvalitativa bedömningar av generell påverkan på de åtta valda inomhusmiljöfaktorerna för femton olika energieffektiviseringsåtgärder (både klimatskals- och installationsåtgärder).

### 3.3.3.1. Byte till energieffektiva fönster

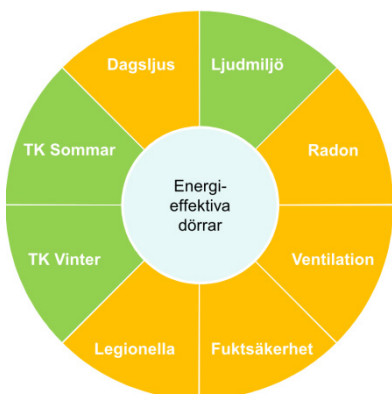
Installation av energieffektiva fönster påverkar flera olika inomhusmiljöfaktorer. De positiva egenskaperna kopplat till ett byte till energieffektiva fönster är att inomklimatet blir bättre både sommar- och vintertid eftersom mindre solvärmelast kommer in under sommaren samt att kallrasen minskar vintertid. Ljudklassen på de energieffektiva fönstren är även bättre än för standardfönster, vilket får till följd att ljudmiljön blir bättre i lägenheterna. Dock har energieffektiva fönster ofta en lägre ljustransmission (LT-värde), vilket då får till följd att dagsljuset kan bli sämre.



Figur 4. Visualisering av påverkan på inomhusmiljöfaktorer energi-effektiva fönster.

### 3.3.3.2. Byte till energieffektiva ytterdörrar

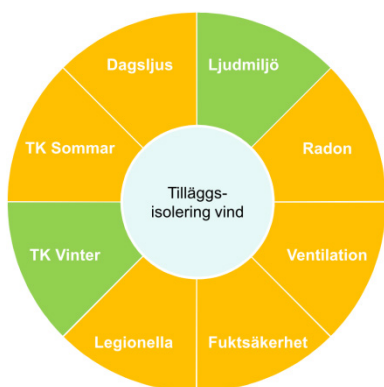
Installation av energieffektiva ytterdörrar påverkar inomhusmiljöfaktorerna i något mindre grad än byte till energieffektiva fönster. De positiva egenskaperna kopplat till ett byte till energieffektiva dörrar är att inneklimatet i trappuppgången blir bättre både sommar- och vintertid eftersom mindre solvärmelast kommer in under sommaren respektive att kallrasen minskar vintertid. Ljudklassen på de energieffektiva dörrarna är bättre än standarddörrarnas, vilket får till följd att ljudmiljön blir bättre i de lägenheter som ligger närmast ytterdörren.



Figur 5. Visualisering av påverkan på inomhusmiljöfaktorer för energieffektiva dörrar.

### 3.3.3.3. Tilläggsisolering vind

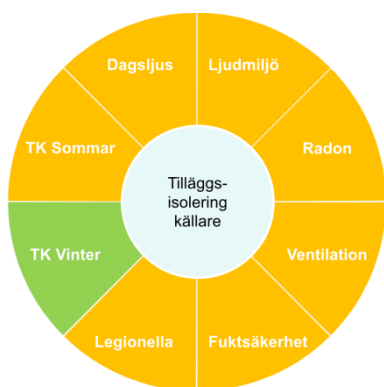
Tilläggsisolering av vind påverkar främst de två inomhusmiljöindikatorerna ljudmiljö och det termiska klimatet vintertid. Effekterna är dock relativt små och gäller främst lägenheter på översta våningen.



Figur 6. Visualisering av påverkan på inomhusmiljöfaktorer för tilläggsisolering vind.

#### 3.3.3.4. Tilläggsisolering källare

Tilläggsisolering av källare påverkar endast inomhusmiljöfaktorn termiskt klimat vinter. Effekterna är förhållandevis små och gäller främst lägenheterna på bottenplan.



Figur 7. Visualisering av påverkan på inomhusmiljöfaktorer för tilläggsisolering källare.

#### 3.3.3.5. Tilläggsisolering fasad

Tilläggsisolering av fasaden påverkar flera inomhusmiljöindikatorer. Effekterna blir positiva främst för termiskt klimat vinter och ljudmiljö, eftersom ett bättre klimatskal ger minskat kallras och en mer akustiskt fördelaktig miljö. Även termiskt klimat sommar påverkas till viss del.

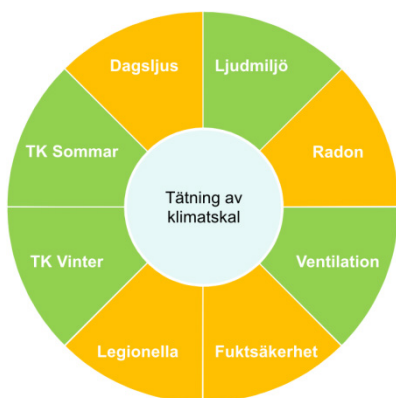


Figur 8. Visualisering av påverkan på inomhusmiljöfaktorer för tilläggsisolering fasad.



### 3.3.3.6. Tätning av klimatskal

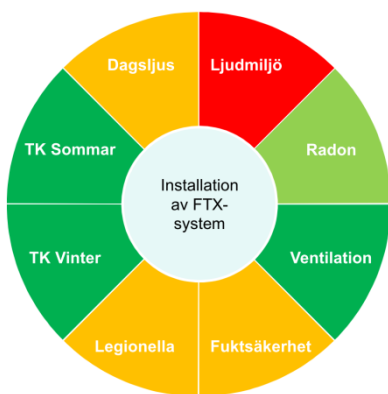
Tätning av klimatskal påverkar flera inomhusmiljöindikatorer. Effekterna blir positiva främst för termiskt klimat vinter och sommar samt ljudmiljö vid en tätning av klimatskalet. Men det blir även positiva effekter för ventilationen. Om klimatskalet är tätt är det enklare att upprätthålla balanserad ventilation vilket är gynnsamt för de boende.



Figur 9. Visualisering av påverkan på inomhusmiljöfaktorer för tätning av klimatskal.

### 3.3.3.7. Installation av FTX-system

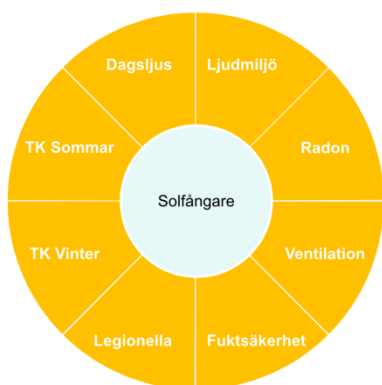
Vid installation av ett FTX-system blir ventilationen kontrollerad vilket får effekt både vinter- och sommartid. Effekterna blir även positiva för radon, det vill säga med från- och tilluft ventileras eventuella radongaser effektivt ut jämfört med ett självdragssystem. För ljudmiljö kan det bli negativa effekter om installationen har skett i flerbostadshus som tidigare hade exempelvis självdrag eller endast frånluft. Då kan det uppstå tillkommande ljud från installationen, vilket de boende kan uppmärksamma och uppleva negativt.



Figur 10. Visualisering av påverkan på inomhusmiljöfaktorer för installation av FTX-system.

### 3.3.3.8. Solfångare

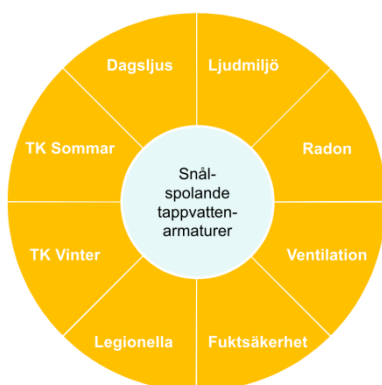
Installation av solfångare leder varken till positiva eller negativa effekter på inomhusmiljöindikatorerna.



Figur 11. Visualisering av påverkan på inomhusmiljöfaktorer för solfångare.

### 3.3.3.10. Snålspolande tappvattenarmaturer

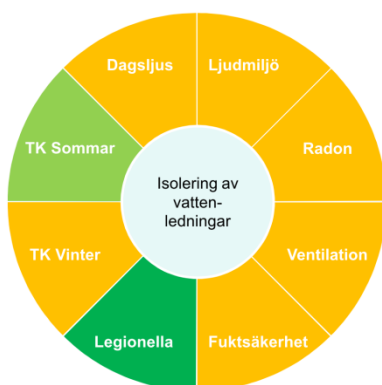
Installation av snålspolande tappvattenarmaturer leder varken till positiva eller negativa effekter på inomhusmiljöindikatorerna.



Figur 12. Visualisering av påverkan på inomhusmiljöfaktorer för snålspolande tappvattenarmaturer.

### 3.3.3.11. Isolering av vattenledningar

Isolering av vattenledningar leder till vissa positiva effekter på inomhusmiljöfaktorerna. Framst minskar risken för tillväxt av legionellabakterier, men även för det termiska klimatet sommartid kan det bli positiva effekter eftersom värmeförlusterna från vattenledningarna minskar och därmed minskar även risken för övertempererade lägenheter.



Figur 13. Visualisering av påverkan på inomhusmiljöfaktorer för isolering av vattenledningar.

### 3.3.3.12. Individuell mätning/debitering av vatten

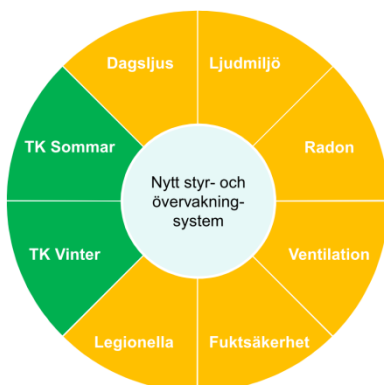
Individuell mätning/debitering av varmvatten leder varken till positiva eller negativa effekter på inomhusmiljöindikatorerna.



Figur 14. Visualisering av påverkan på inomhusmiljöfaktorer för individuell mätning/debitering av vatten.

### 3.3.3.13. Nytt styr- och övervakningssystem

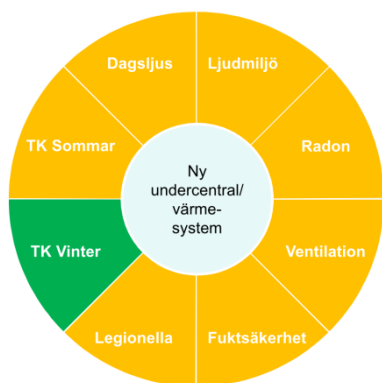
Ett nytt styr- och övervakningssystem leder till positiva effekter för det termiska klimatet både vinter- och sommartid. Med ett effektivt värmesystem minskar sannolikheten för övertemperaturer sommartid och rätt temperatur uppnås vintertid.



Figur 15. Visualisering av påverkan på inomhusmiljöfaktorer för nytt styr- och övervakningssystem.

### 3.3.3.14. Ny undercentral/värmesystem

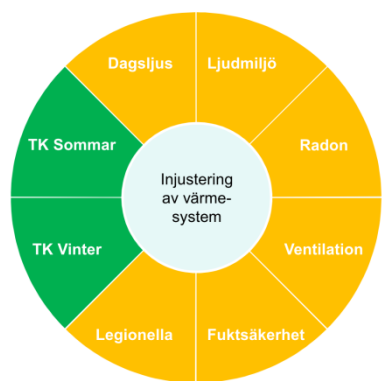
En ny undercentral/värmesystem leder till positiva inomhusmiljöegenskaper för det termiska klimatet vintertid.



Figur 16. Visualisering av påverkan på inomhusmiljöfaktorer för ny undercentral/värme-system.

### 3.3.3.15. Injustering av värmesystem

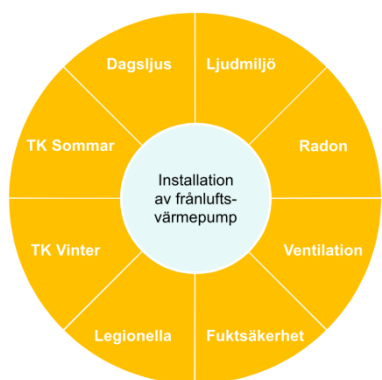
Injustering av värmesystem leder till positiva inomhusmiljöeffekter för det termiska klimatet både vinter- och sommartid. Med ett effektivt värmesystem minskar sannolikheten för övertemperaturer sommartid och ökar sannolikheten att rätt temperatur uppnås vintertid.



Figur 17. Visualisering av påverkan på inomhusmiljöfaktorer för injustering av värmesystem.

### 3.3.3.12. Installation av frånluftsvärmepump

Installation av frånluftsvärmepump leder varken till positiva eller negativa effekter på inomhusmiljöindikatorerna.



Figur 18. Visualisering av påverkan på inomhusmiljöfaktorer vid installation av frånluftsvärmepump.

## 5 Fallstudiekommuner

Effekter i fjärrvärmesystemen studeras för tre fjärrvärmenät: Helsingborg, Uppsala och Östersund. Dessa har valts utifrån geografisk spridning och för att få en viss spridning avseende använda bränsleslag. I Öresundskraft ABs fjärrvärmenät ingår kommunerna Helsingborg och Ängelholm. De av Vattenfall ABs fjärrvärmenät som ingår i denna studie omfattar kommunerna Uppsala och Knivsta, dessa två nät är dock inte sammankopplade. I Östersund levererar Jämtkraft AB till kommunerna Östersund, Krokoms och Åre. Östersunds nätet sträcker sig över kommungränsen till Ås som ligger i Krokoms kommun. Befolkningsmässigt är fallstudierna i Skåne och Mellansverige av liknande storleksordning med cirka 200 000 invånare vardera, medan de aktuella norrländska kommunernas befolkning är betydligt mindre med nära 76 000 invånare.

**Tabell 6. Befolkning i fallstudiekommuner, invånare 2015 Källa: SCB**

Kommun	Invånare
Östersund	61 066
Krokoms	14 785
Fallstudie norra Sverige	75 851
Uppsala	210 126
Knivsta	16 869
Fallstudie Mellansverige	226 995
Helsingborg	137 909
Ängelholm	40 732
Fallstudie Skåne	178 641

### 5.1 FLERBOSTADSHUS I FALLSTUDIEKOMMUNERNA

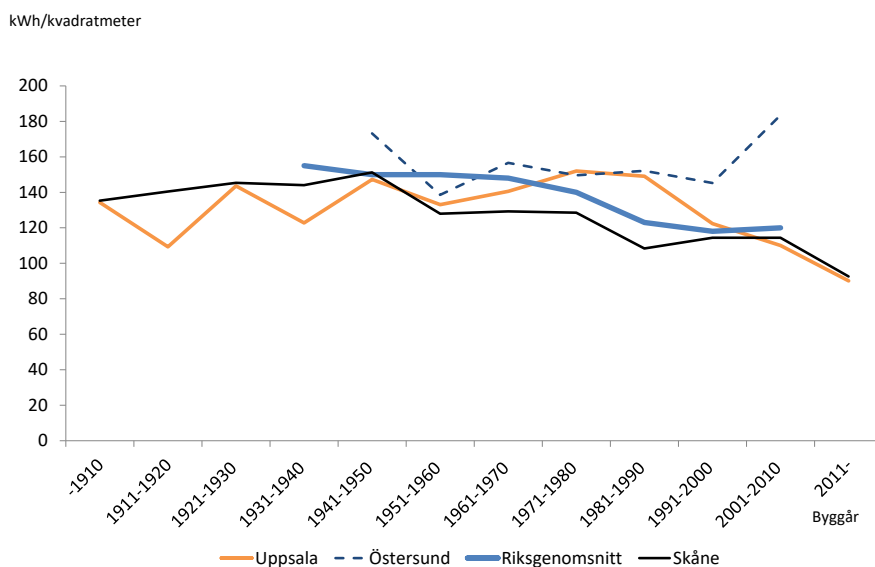
Flerbostadshusen i fallstudiekommunerna står för en stor del av användningen av fjärrvärme. I Östersund och Uppsala går nära hälften av leveranserna och i Helsingborg går något mer än hälften av leveranserna till flerbostadshus.

**Tabell 7. Fjärrvärmeleverans (normalår/genomsnitt) och lägenheter i flerbostadshus 2015 Källa: SCB**

Fallstudieort	Fjärrvärme- leverans, GWh	Flerbostadshus			
		Andel av, leverans	GWh	Sparbeting, GWh	Antal lägenheter
Östersund/Krokoms	600	0,49	294	26	20 923
Uppsala/Knivsta	1589	0,47	747	67	61 394
Helsingborg/Ängelholm	1100	0,55	605	54	48 863

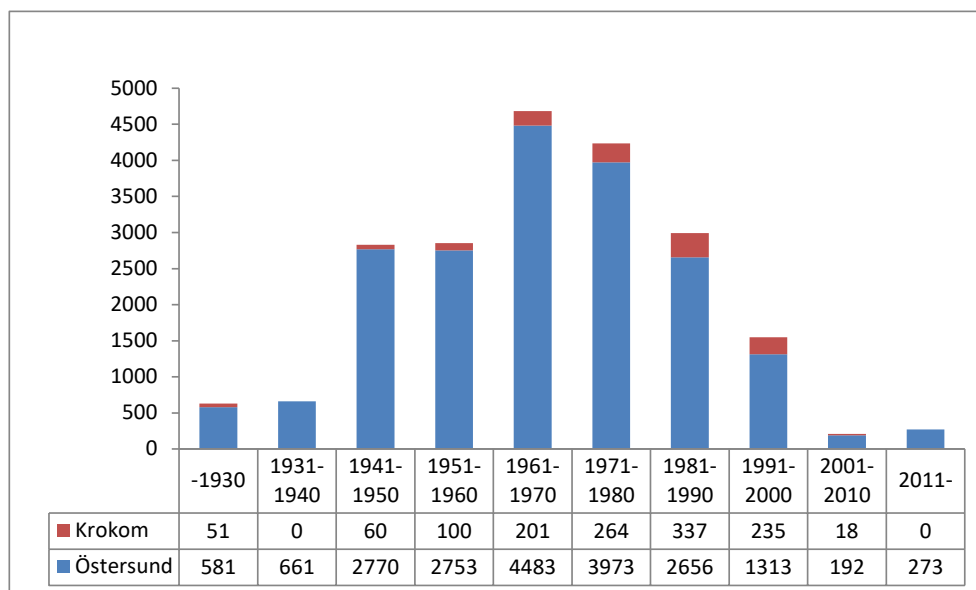
För att nå målet till 2020 återstår cirka 9 procent. Det betyder att sparbetinget till 2020 handlar om en reduktion på mellan 26 och 67 GWh från energieffektiviseringar i fallstudieorternas flerbostadshus. Mot bakgrund av att energieffektiviseringsåtgärder främst genomförs i samband med större renoveringar och att de bostäder som byggdes under miljonprogramsåren 1965-1975 nu är i behov av upprustning är det sannolikt att merparten av dessa kommer att energieffektiviseras under kommande år. Uppgifter om energianvändningen i dessa hus går dock inte att säkerställa på kommunnivå på grund av luckor i den stickprovsundersökning som Statistiska centralbyrån genomför

om flerbostadshusen energianvändning. För Östersund saknas exempelvis underlag helt om flerbostadshus som byggts före 1940. Dessutom sker ett hopp i statistiken som sannolikt beror på ett för litet underlag, se figur nedan.

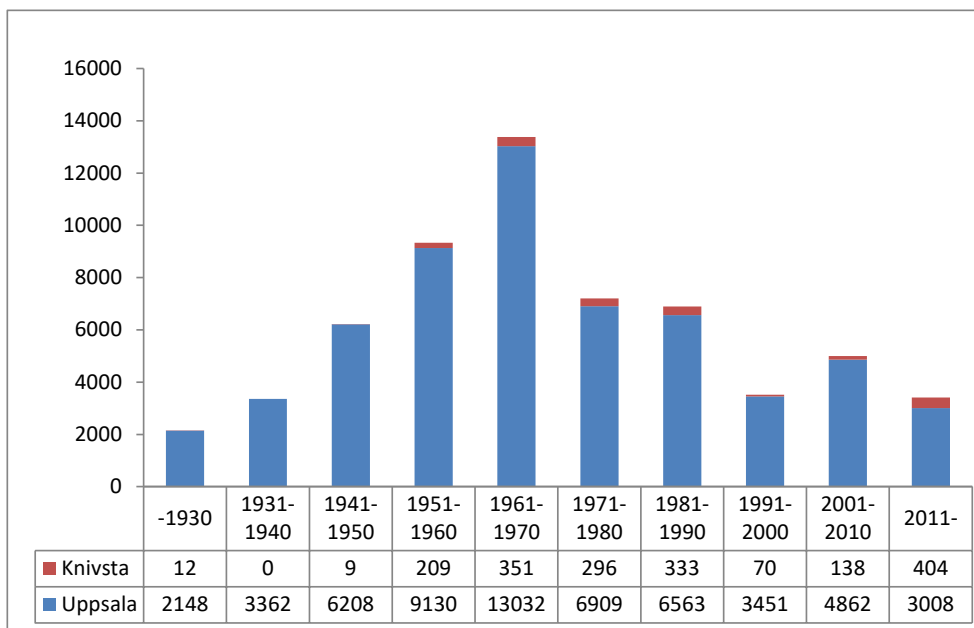


Figur 19. Energianvändning per kvadratmeter i flerbostadshus efter byggår, undersökning 2014 Källa: SCB

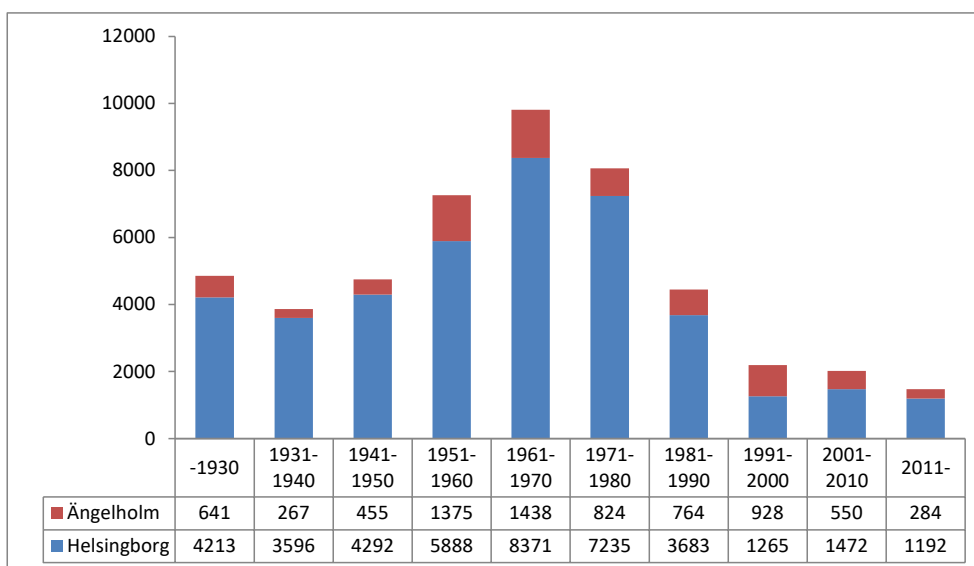
Ett annat problem är att statistiken omfattar genomsnitt för flerbostadshus med hög och låg energianvändning för respektive byggnadsår. Vad statistiken visar är att energianvändningen per kvadratmeter är lägre i landets södra än i landets nordligare delar och att nyare flerbostadshus förbrukar mindre energi per kvadratmeter än äldre. Beträktas istället uppgifter om antalet lägenheter i flerbostadshus framkommer att en stor andel av bostäderna i fallstudieorterna byggdes under 1960 och 1970-talen.



Figur 20. Antal lägenheter efter byggår i Krokoms och Östersund, 2015 Källa: SCB



Figur 21. Antal lägenheter efter byggår i Knivsta och Uppsala, 2015 Källa: SCB



Figur 22. Antal lägenheter efter byggår i Ängelholm och Helsingborg, 2015 Källa: SCB

På grund av luckor i det statistiska underlaget om energianvändning behöver vissa förenklade antaganden göras om energiåtgång per lägenhet i utgångsläget. För att uppskatta hur många lägenheter av dem som är byggda under perioden 1961-1980 som behöver energieffektiviseras för att klara betinget antas att energianvändningen är 10 000 kWh per lägenhet och år. Under förutsättning att åtgärderna ger en halvering behöver mellan 5 000 och 13 000 lägenheter energieffektiviseras i fallstudieorterna, se tabell nedan.

**Tabell 8. Antal lägenheter byggda 1961-1980 och beräknat antal som behöver halvera energianvändningen för sparbetet i respektive fallstudieort**

	1961- 1970	1971- 1980	Summa	Antal lägenheter med halvering för sparbetet
Östersund	4 500	3 900	8 400	5 200
Uppsala	13 000	6 900	19 900	13 400
Helsingborg/Ängelholm	9 700	7 900	17 600	10 800

På samtliga orter finns tillräckligt många lägenheter för att klara sparbetet givet att alla renoveringar innebär en halvering av energianvändningen. Tar man dessutom hänsyn till att en del bostäder redan har renoverats återstår cirka 7 200 i Östersund, cirka 16 900 bostäder i Uppsala, och cirka 15 300 i Helsingborg/Ängelholm.

Uppskattningen baseras på att cirka 17 procent av lägenheterna som är byggda 1961-1970 och cirka 11 procent av dem som är byggda 1971-1980 redan har renoverats<sup>28</sup>.

Även när redan renoverade lägenheter dragits bort återstår således tillräckligt många lägenheter för att klara sparbetet till 2020.

## 5.2 FJÄRRVÄRMESYSTEMEN FÖR FALLSTUDIEKOMMUNER

Sambandet mellan energieffektivisering och fjärrvärme kan illustreras och analyseras med hjälp av varaktighetsdiagram, där produktionen över året är sammanställd i storleksordning uppdelat på de ingående produktionslagen. Nedan introduceras fjärrvärmesystemen i fallstudieorterna Östersund, Uppsala samt Helsingborg.

### *Östersunds fjärrvärmesystem*

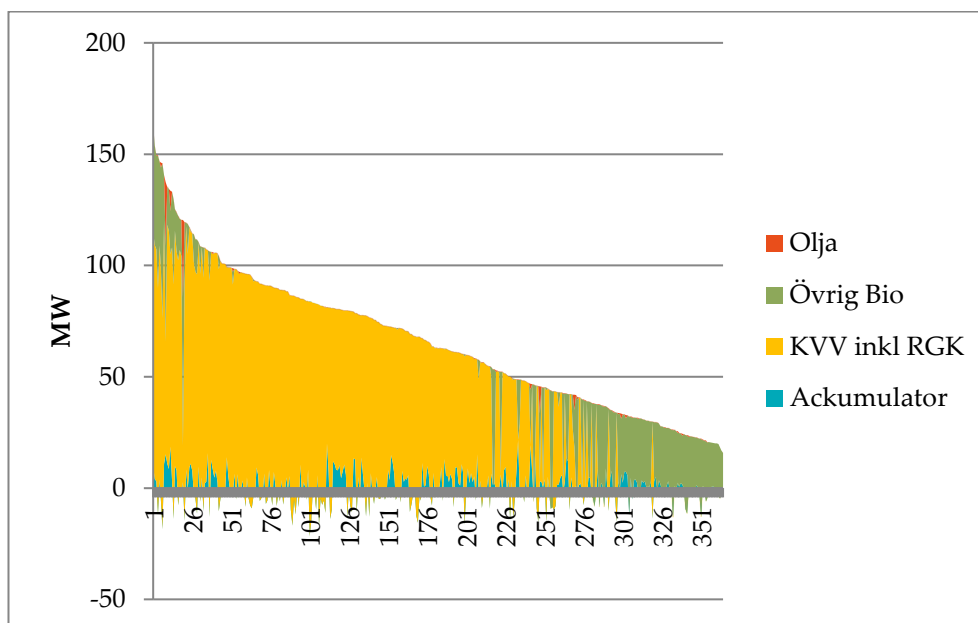
Östersunds fjärrvärmesystem ägs av Jämtkraft AB. Det baseras till allra största delen på biobränslepannor i form av ett stort kraftvärmeverk i Lugnvik med en värmeeffekt på 80 MW och 30 MW från rökgaskondensering samt tre värmepannor på 25 MW vardera. Utöver dessa finns även ett antal mindre oljepannor som används vid spetslastproduktion eller oförutsedda stopp i biobränslepannorna.

Varaktighetsdiagrammet för Östersunds fjärrvärmesystem under 2015 visas i Figur 23. Förklaringen till "spikarna" i diagrammet är att deras kraftvärmeverk eller biopannorna har fått ställas av under korta tider. Upplösningen är per dygn, därför visas inte kortare avbrott i produktionen från en panna som noll i diagrammet.

Lugnviks kraftvärmeverk producerade 83 procent av värmen, övriga biobränslepannor stod för omkring 16 procent av årsproduktionen och spetsoljepannorna producerade mindre än 1 procent av värmen under år 2015. Jämtkraft uppger att kraftvärmeverket producerar ca 200 GWh el och 600 GWh värme under ett normalår. Det innebär ett alfavärde på ca 0,33. (källa: Jämtkraft).

<sup>28</sup> Fallstudier till HEFTIG Profu, CIT Energy Management och WSP, Wahlström m.fl. 2016





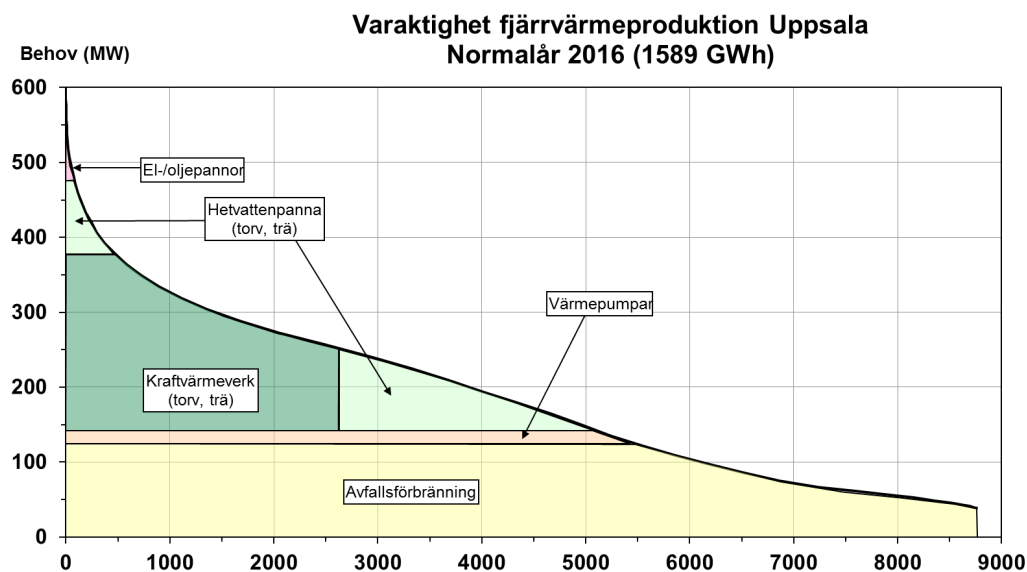
Figur 23. Varaktighetsdiagram för Östersunds fjärrvärmesystem 2015 med faktisk produktionsdata för ett år från 2014-12-17 till 2015-12-17<sup>29</sup>.

#### Uppsala fjärrvärmesystem

Fjärrvärmeproduktionen i Uppsala ägs av Vattenfall AB. Produktionen består av avfallsförbränning som baslast, ett kraftvärmeverk och en hetvattenpanna som eldas med främst torv samt värmepumpar och spetslastpannor som använder el eller olja under årets kallaste dagar. Avfall står för över hälften av bränsemixen i Uppsalas fjärrvärmesystem.<sup>30</sup> Ett nytt kraftvärmeverk planeras för att ersätta det befintliga verket och byta ut torv mot träbränsle i form av GROT. Det befintliga kraftvärmeverket har kapaciteten att producera 235 MW värme och 120 MW el, vilket ger ett alfavärde på omkring 0,51.

<sup>29</sup> Källa: produktionsdata från Jämtkraft

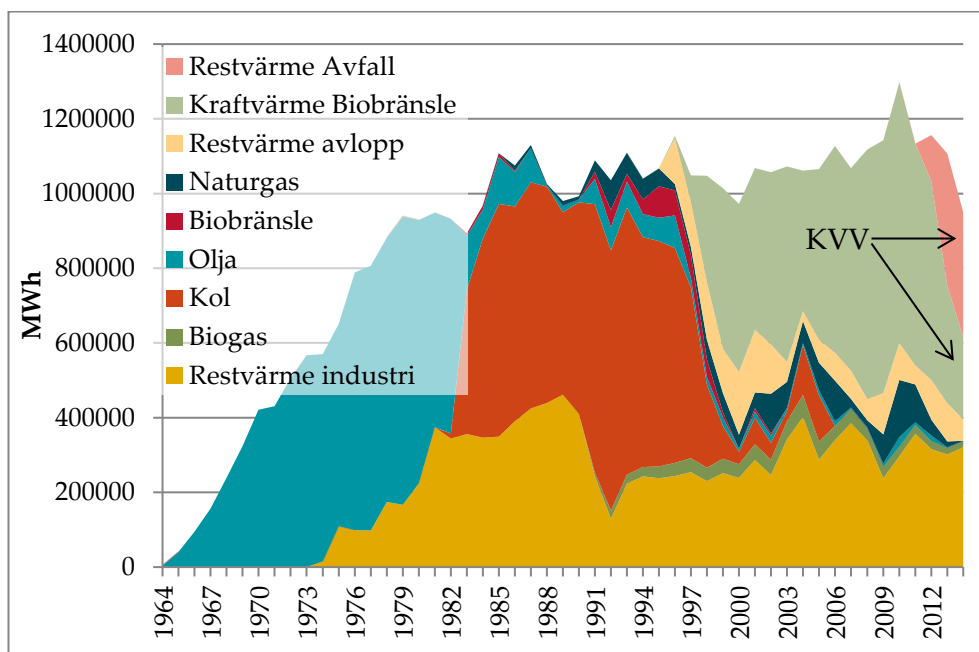
<sup>30</sup> Källa: Vattenfall AB, <http://www.vattenfall.se/sv/miljofakta-i-uppsala-privat.htm>



Figur 24: Varaktighetsdiagram för normalår i Uppsala fjärrvärmesystem (grövre siffror i indata än för Östersund och Helsingborg ger ett slätare diagram). Källa: Vattenfall.

#### *Helsingborgs fjärrvärmesystem*

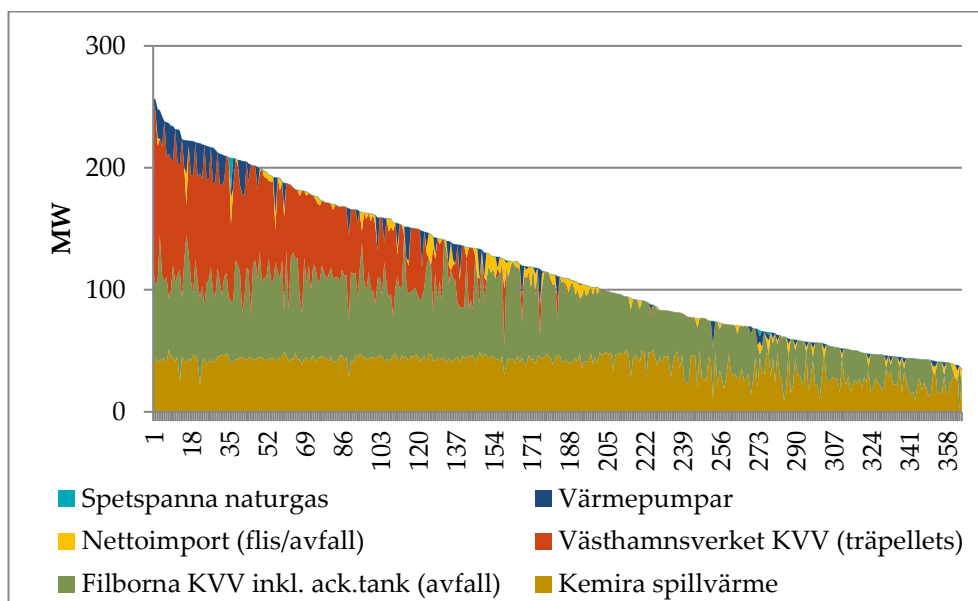
Fjärrvärmenätet i Helsingborg började byggas år 1964 och har sedan starten genomgått flera stora förändringar. Utmärkande för Helsingborgs fjärrvärmesystem är att det tidigt försörjdes med restvärme från närliggande industrier, och restvärme idag utgör en viktig baslast i nätet. De viktigaste bränslena i Öresundskrafts system, förutom restvärmen, har konverterats från uteslutande olja under 1960- och 1970-talen via kol från 1980-talet och fram till början av 1990-talet, till främst biobränsle som eldas i Västhamnsverket och sedan 2012 avfall i Filbornaverket. I anslutning till Öresundskrafts fjärrvärmesystem finns även en stor ackumulatortank som används för lagring och optimering av driften. Både Filbornaverket och biobränsleanläggningen Västhamnsverket är kraftvärmeverk.



Figur 25. Utvecklingen av fjärrvärmeförsörjningen under 50 år i Helsingborg i MWh/år<sup>31</sup>.

Helsingborgs fjärrvärmesystem är sammankopplat med fjärrvärmenätet i Landskrona genom en överföringsledning som togs i bruk 2005. Sedan 2015 är Öresundskrafts fjärrvärmenät även sammankopplat med Krafringens fjärrvärmesystem (med ett sammanhängande nät för kommunerna Lund, Lomma och Eslöv), och hela systemet utgör Sveriges längsta sammankopplade fjärrvärmenät. Sammankopplingen resulterar i ett komplext system där import och export mellan de olika näten används för att optimera det totala systemet. I Landskrona är största anläggningen pannan Energiknuten som förbränner avfall, och i Krafringens största anläggning är det biobränsleddade Örtoftaverket.

<sup>31</sup> Källa: Öresundskraft



Figur 26. Varaktighetsdiagram för Helsingborgs fjärrvärmesystem 2015 (export till Landskrona och Lund förekommer men ingår ej i diagrammet)<sup>32</sup>.

<sup>32</sup> Källa: Öresundskraft

## 6 Analys

Analysen baseras på ett energisparbeting som definieras fram till 2020, vilket kan uppnås genom paket av energieffektiviseringsåtgärder. Utöver 2020-perspektivet diskuteras även kvalitativt implikationer för ett långsiktigt perspektiv på energieffektiviseringar.

### 6.1 ENERGISPARBETING

De nationella målen för energieffektivisering ligger till grund för antagandena i analysen. Baserat på uppskattningar på vad som återstår för att nå det nationella målet på 20 procent effektivare energianvändning i bebyggelsen till år 2020 antas ett energisparbeting på 9 procent för fallstudieorterna baserat på fjärrvärmeleveranserna i respektive ort. I tabellen redovisas de energisparbeting som analysen i detta kapitel utgår ifrån.

**Tabell 9. Energisparbeting för fallstudieorterna**

	GWh
Uppsala	143
Östersund	52
Helsingborg/Ängelholm	94

### 6.2 KVALITATIV BEDÖMNING AV EFFEKTER PÅ INNEMILJÖ

Som nämndes i kapitel 4.3 är effekt på innemiljön beroende av vilka enskilda åtgärder som väljs och på hur innemiljön var i utgångsläget. Bedömningen av innemiljö görs kvalitativt och avser bedömningar av generella effekter på de valda indikatorerna för innemiljön. Bedömningarna har gjorts under antagande om att åtgärderna genomförs på ett fackmannamässigt sätt.

I Figur 27 visas bedömningar av klimatskalsåtgärdernas effekter på innemiljön tillsammans med påverkan på fjärrvärme. Detta illustreras med cirklar och pilar. Baserat på tabellerna i avsnitt 4.2 ges en översiktlig bedömning av lönsamheten för fastighetsägaren.

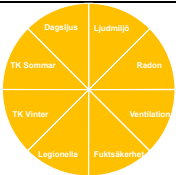
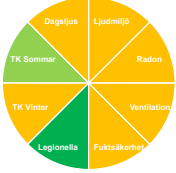
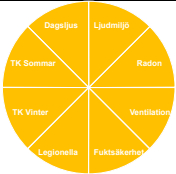
Bedömning inomhusmiljö	Åtgärdens effekt fjärrvärme	Kommentar
	Energieffektiva fönster  Vinterskjuvning	Betydande positiva effekter på termiskt klimat sommar- och vintertid samt ljudmiljön. Negativt är att ljusinsläppet kan minska och hög kostnad.
	Energieffektiva dörrar  Vinterskjuvning	Lönsam åtgärd, med mindre omfattning av de positiva mervärderna jämfört med energieffektiva fönster.
	Tilläggsisolering vind  Vinterskjuvning	Tilläggsisolering av vind är en lönsam åtgärd. Innomhusmiljön berörs positivt främst i lägenheter högt upp i huset.
	Tilläggsisolering källare  Vinterskjuvning	Tilläggsisolering av källare är en lönsam åtgärd, men har begränsad positiv effekt på inomhusmiljön. Möjlig vinterskjuvning.
	Tilläggsisolering fasad  Vinterskjuvning	Fasadisolering har stora positiva effekter på termiskt klimat vintertid och för ljudmiljön. Hög investeringskostnad, aktualiseras vid större renovering.
	Tätning av klimatskal  Vinterskjuvning	Tätning av klimatskal är en lönsam åtgärd, med liknande och något mindre positiva effekter som tilläggsisolering. Samverkar med ventilation.

Figur 27. Klimatskalsåtgärder och effekt på inomhusmiljö samt fjärrvärme

De flesta klimatskalsåtgärder som har bedömts i denna studie ger ett mervärde utöver energibesparingen i termer av positiva effekter på inomhusmiljön. En negativ effekt som har identifierats är att energieffektiva fönster kan ge minskat ljusinsläpp. Ett flertal av klimatskalsåtgärderna är förknippade med höga investeringskostnader och kan bara motiveras om byggnaden är i behov av större renovering. Samtidigt bör det noteras att lönsamhetsberäkningar som inte tar hänsyn till utformningen av fjärrvärmesystemet troligen underskattar åtgärdernas lönsamhet. Detta mot bakgrund av att många energibolag tar ut en högre taxa vintertid. För energibolagen ger klimatskalsåtgärder vinterskjuvning av värmefterfrågan.

De analyserade installationsåtgärderna har inte lika tydliga effekter på inomhusmiljön som de analyserade klimatskåpsåtgärderna. Åtgärder som ger en jämn reduktion av värmefterfrågan under året är sådana som reducerar förbrukning av varmvatten och eller minskar den energi som används för värmning av varmvatten.

Installationsåtgärderna är nästan genomgående neutrala när det gäller effekter på inomhusmiljö. Ett undantag är isolering av vattenledningar som bedöms ha positiva effekter främst genom att den minskar risken för tillväxt av legionellabakterier men även att det kan minska uppkomsten av övertemperaturer sommartid, se Figur 28.

Bedömning inomhusmiljö	Åtgärdens effekt fjärrvärme	Kommentar
	Snålspolande tappvattenarmaturer  Jämnt ↓	Snålspolande tappvattenarmaturer bedöms neutrala avseende inomhusmiljö. Åtgärden har god lönsamhet.
	Isolering av vattenledningar  Jämnt ↓	Isolering av vattenledningar har positiva inomhusmiljöeffekter främst avseende risken för legionella och minskad risk för övertemperatur sommartid. Osäker uppskattning av lönsamhet.
	Individuell mätning och debitering av varmvatten  Jämnt ↓	IMD för varmvatten bedöms ha neutrala effekter avseende inomhusmiljö. Relativt hög Installationskostnad.

Figur 28. Installationsåtgärder för varmvatten, effekter på inomhusmiljö och fjärrvärme

I Figur 29 redovisas övriga analyserade installationsåtgärder. Solfångare som bland de bedömda åtgärderna är den enda som leder till en sommarskjuvning, har bedömts vara neutral i förhållande till inomhusmiljöfaktorerna. Solfångare är dock förenade med betydande installationskostnader och när hänsyn tas till att värmestaxan ofta är låg sommartid, kommer beräkningar som baseras på en genomsnittlig taxa att överskatta besparingen av energikostnader.

Installation av FTX-ventilation är en av de åtgärder som bedöms ge betydande positiva effekter på inomhusmiljö. Den negativa effekt som kan uppstå är ökad ljudnivå. Hur den upplevs beror på vilket ventilationssystem som FTX-ventilationen ersätter.

Bedömning inomhusmiljö	Åtgärdens effekt fjärrvärme	Kommentar
	<p>Solfångare</p> <p>Sommarskjuvning</p>	Solfångare ger neutral effekt på inomhusmiljöfaktorerna. Betydande installationskostnad.
	<p>Installation av FTX-system</p> <p>Vinterskjuvning</p>	FTX ger betydande positiva effekter på termiskt klimat sommar- och vintertid samt ventilation och radon. Negativt är att ljudnivån kan öka och hög kostnad
	<p>Nytt styr- och övervakningssystem</p> <p>Vinterskjuvning</p>	Nytt styr- och övervakningssystem betydande positiv effekt på termiskt klimat sommar- och vintertid. Har god lönsamhet.
	<p>Ny undercentral/värmesystem</p> <p>Vinterskjuvning</p>	Ny undercentral bedöms ge positiv effekt för termiskt klimat vintertid. Lönsam åtgärd
	<p>Injustering av värmesystem</p> <p>Vinterskjuvning</p>	Injustering bedöms positivt avseende termiskt klimat vinter och minskar risken för övertemperering sommar. Underhållsåtgärd, lönsam.

Figur 29. Installationsåtgärder och effekt på inomhusmiljö samt fjärrvärme

Det termiska klimatet vintertid påverkas positivt av åtgärden ny undercentral. Vid effektivisering samt injustering av värmesystemet minskar också sannolikheten för övertemperatur sommartid. De analyserade installationsåtgärderna som avser styrning eller justering av värmesystemet ger minskad efterfrågan på fjärrvärme under vintertid. Åtgärderna är genomgående lönsamma.

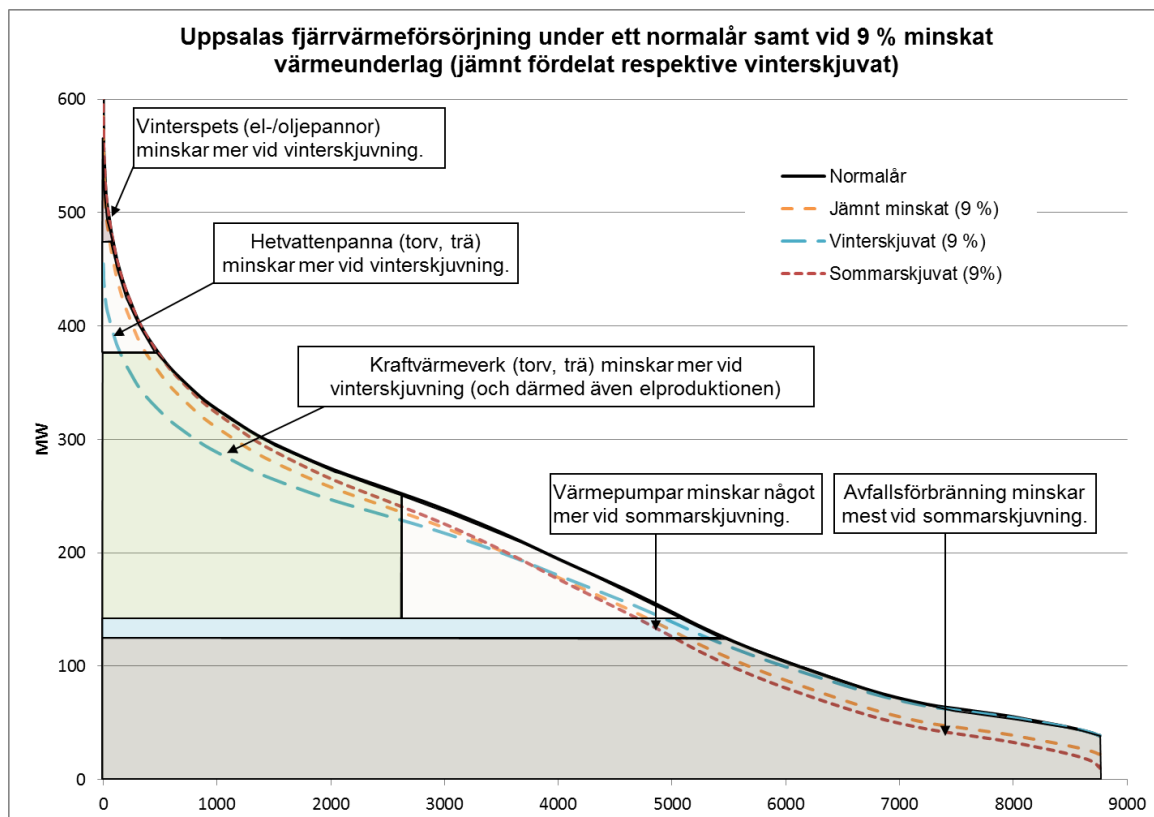
### 6.3 PÅVERKAN PÅ FJÄRRVÄRMESYSTEMEN I FALLSTUDIEKOMMUNERNA

Effekterna från olika energieffektiviseringsåtgärder varierar beroende på hur fjärrvärmesystemet är utformat, det vill säga vilka pannor och bränslen som används i fjärrvärmeproduktionen. För att studera hur de påverkar i specifika nät har analyser genomförts av fjärrvärmesystemen i fallstudieorterna Uppsala, Östersund och Helsingborg. För analysen har en årlig energibesparing på 9 procent antagits, baserat på den bedömning av vad som återstår i det nationella målet för energieffektivisering fram till 2020 som presenteras i kapitel 6.1. I analyserna jämförs utfallet av en jämn besparing med en vinter- och sommarskjuvning.



## 6.3.1 Påverkan på Uppsalas fjärrvärmesystem

För Uppsalas energisystem blir skillnaden mellan en jämnt fördelad energibesparing över året och en vinter- eller sommarskjuvning påtaglig. Effekterna för Uppsalas varaktighetsdiagram redovisas i Figur 30. Beräkningar av minskad användning av de ingående pannorna för utfallet av respektive energieffektiviseringsmodell redovisas i figuren och beräknade siffror över minskad användning av de ingående pannorna för respektive energieffektiviseringsmodell redovisas i Tabell 10.



Figur 30. Varaktighetsdiagram för Uppsalas fjärrvärmesystem, med inritade kurvor för jämnt fördelat minskning och vinterskjuvad minskning av värmeunderlaget med 9 % i vardera fall<sup>33</sup>.

Tabell 10. Förändringar för produktionen i Uppsalas pannor för de tre energieffektiviseringsfallen med jämnt fördelat minskning respektive vinter- och sommarskjuvning. \*Bränsleanvändningen i KVV inkluderar bränsle för elproduktion, därför summerar inte bränslena till den totala fjärrvärmeproduktionen.

Årlig minskning av bränsle och produktion (GWh)	Jämnt	Vinter	Sommar
Avfallspanna	53	6	74
Värmepumpar	9	4	13
KVV (torv, trä) *	50	97	21
Hetvattenpanna (torv, trä)	47	66	43
Spetspannor (olja, el)	1	3	0
Fjärrvärmeproduktion	143	143	143
Elproduktion	17	33	7

<sup>33</sup> Källa: Vattenfall & WSPs analys

Energieffektiviseringsåtgärder som motsvarar 9 procent av normalårets fjärrvärme innebär en reduktion av värmeefterfrågan med 143 GWh för Uppsalas del. Avfallsförbränningen som ligger som baslast under hela året minskar signifikant både vid sommarskjuvning och vid jämn fördelning, medan vinterskjuvningen endast ger en marginell påverkan. Skillnaden mellan sommar- och vinterskjuvning är omkring 70 GWh avfallsfjärrvärme. Istället ger en vinterskjuvad energibesparing en markant minskning av spetslasten på vintern samt eldning av torv i kraftvärme- och hetvattenpannorna. Vinterskjuvningen leder därmed även störst minskning av elproduktionen från kraftvärmeverket vilket främst producerar under vintertid. Elproduktionen beräknas minska med 33 GWh om åtgärderna leder till att efterfrågan på värme minskar mest vintertid. Skillnaden mellan sommar- och vinterskjuvning beräknas till omkring 25 GWh elproduktion. Till det tillkommer en större minskning av elanvändning i värmepumpar vid sommarskjuvning.

#### *Miljömässiga aspekter*

För att bedöma miljömässiga effekter med de olika utfallen över året bör den högre andelen avfallseldning vid vinterskjuvning vägas mot den större minskningen i elproduktion. En svårighet med en bedömning av de miljömässiga effekterna är vilket antagande om utsläppsfaktor för elen som ska göras. Detta val kommer att starkt påverka hur stora minskningar eller öknningar av koldioxidutsläpp som förändringen i fjärrvärmesystemet kommer att generera.

Utsläpp från bränsleanvändning minskar i Uppsalas fjärrvärmesystem mest i vinterskjuvningsfallet, och detta alternativ ger störst minskning av koldioxidutsläppen även då den minskade elproduktionen inkluderas. Detta gäller så länge utsläppsfaktorn för el inte överskrider 594 kg CO<sub>2</sub> per MWh. Det kan jämföras med Nordisk residualmix som 2014 hade en utsläppsfaktor på 344 kg/MWh.<sup>34</sup> Vinterskjuvning kan således sägas medföra störst CO<sub>2</sub>-minskning även inkluderat den lägre elproduktionen.

Sett till primärenergianvändning är det vinterskjuvningsalternativet som beräknas ge bäst miljövärdering, där den minskade bränsleanvändningen har den genomsnittligt högsta primärenergifaktorn. Detta kan till stor del förklaras med att sommarskjuvningen i större utsträckning minskar avfallsanvändningen som har en mycket låg primärenergifaktor.

<sup>34</sup> Källa: Energimarknadsinspektionen (<http://www.ei.se/sv/el/elmarknader-och-elhandel/handel-med-el/ursprungsmarkning-av-el/ursprungsmarkning-information-framst-for-elhandelsforetag/residualmixen/>)

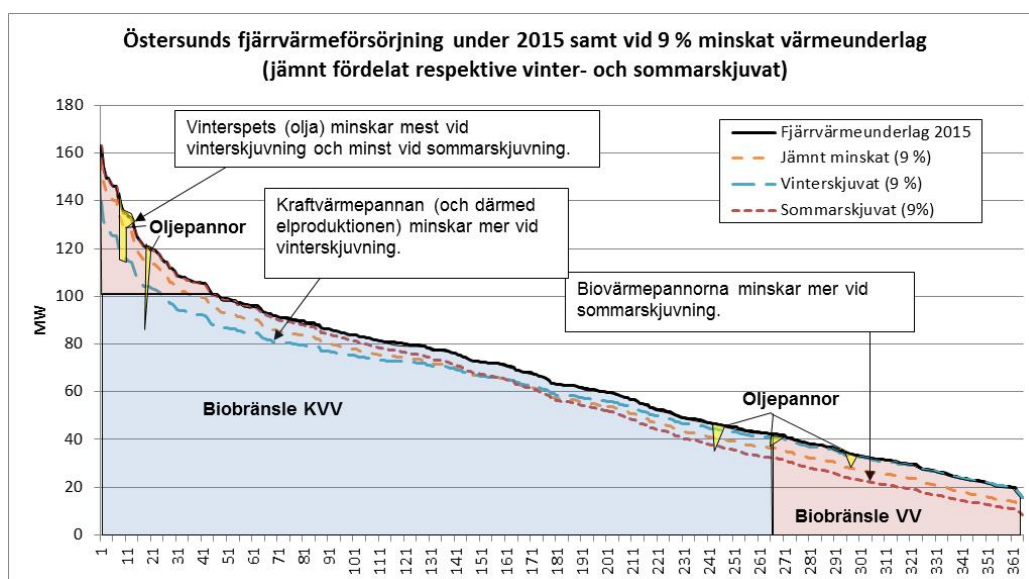
Tabell 11. Miljömässig bedömning av olika energieffektiviseringar i Uppsalas fjärrvärmesystem.

	Jämnt	Vinter	Sommar
Koldioxidutsläppsminskning (ton CO <sub>2</sub> ) (exkl el)	28 400	38 500	23 200
Kritiskt värde för CO <sub>2</sub> -utsläppsfaktor (kg/MWh el) <sup>35</sup>	-	0<x<594	x>594
Minskning av primärenergieanvändning (GWh) (exkl el)	61,0	91,4	46,3

Miljöpåverkan från fjärrvärmesystemet kommer dock att ändras i samband med minskad torvförbränning när det nya kraftvärmeverket tas i drift i Uppsala.

### 6.3.2 Påverkan på Östersunds fjärrvärmesystem

Östersunds biobränslebaserade fjärrvärmesystem påverkas annorlunda av de olika energieffektiviseringsåtgärderna än ett system med avfallsförbränning eller spillvärme som baslast. Effekterna för varaktighetsdiagrammet redovisas i Figur 31 och beräkningar av minskad användning av de ingående pannorna för utfall av respektive energieffektiviseringsmodell redovisas i Tabell 12.



Figur 31. Varaktighetsdiagram för Östersunds fjärrvärmesystem, med inritade kurvor för jämnt fördelat minskning och vinterskjuvad minskning av värmeunderlaget med 9 % i vardera fall.<sup>36</sup>

<sup>35</sup> Detta värde ska tolkas så att åtgärder som leder till vinterskjuvning av fjärrvärmeproduktionen leder till den största minskningen av koldioxidutsläpp så länge den elproduktion som ersätter kraftvärmeelen produceras med lägre CO<sub>2</sub>-utsläpp än 594 kg/MWh. Om ersättningselen har ett högre CO<sub>2</sub>-utsläpp än 594 kg/MWh är åtgärder som ger sommarskjuvning av fjärrvärmeproduktionen mer fördelaktigt.

<sup>36</sup> Källa: Jämtkraft & WSPs analys

Tabell 12. Förändringar för produktionen i Östersunds pannor för de tre energieffektiviseringsfallen med jämnt fördelad minskning respektive vinter- och sommarskjuvning. \*Bränsleanvändningen i KVV inkluderar bränsle för elproduktion, därför summerar inte bränslena till den totala fjärrvärmeproduktionen.

Årlig minskning av bränsle och produktion (GWh)	Jämnt	Vinter	Sommar
KVV (bio) *	43	50	36
Hetvattenpanna (bio)	18	13	24
Spetspannor (olja)	1,6	1,9	1,1
Fjärrvärmeproduktion	52	52	52
Elproduktion	11	12	9

Åtgärder som energieffektiviserar med 9 procent motsvarar en minskad fjärrvärmeproduktion på 52 GWh i Östersund. Effekten från minskat värmebehov i form av vinterskjuvning ger en större minskning av vinterspetslasten, vilket är positivt ur både ett ekonomiskt och miljömässigt perspektiv. Samtidigt minskar kraftvärmeverkets bidrag över året. För vinterskjuvning med drygt 12 GWh, vilket innebär en minskad elproduktion med närmare 2 GWh jämfört med fallet med jämnt fördelad energieffektivisering över året och 3,5 GWh mindre än för sommarskjuvningsvarianten. En lägre produktion av förnybar el är sämre ur både miljöhänsyn och ekonomi och för Östersunds fjärrvärmesystem bör fördelen med minskad oljeanvändning vägas mot minskad elproduktion, på liknande sätt som för Uppsala.

#### Miljömässiga aspekter

Resultatet av bedömningen av de miljömässiga aspekterna för Östersunds fjärrvärmesystem redovisas i Tabell 13. Som framgår av tabellen beräknas skillnaderna bli betydligt mindre för minskning av koldioxidutsläpp och primärenergianvändning mellan de olika alternativen, jämfört med i Uppsala. Även i detta fall är det vinterskjuvning som beräknas ge bäst miljövärden när den minskade elproduktionen inte räknas in. När elen räknas in blir den jämna effekten över året och sommarskjuvningen ett bättre alternativ sett till koldioxidutsläpp redan vid utsläpp på 65 kg CO<sub>2</sub> per MWh el respektive 85 kg CO<sub>2</sub> per MWh el. Detta kan jämföras med utsläppsvärden på 101 kg CO<sub>2</sub> per MWh för avfall eller 37 kg CO<sub>2</sub> per MWh för primära träbränslen<sup>37</sup>. Om jämförelsen görs med utsläpp från den el som produceras med flis (som i Östersund) ger därmed vinterskjuvning de bästa utsläppsvärdena, men om jämförelsen görs mot nordisk residualmix är det snarare sommarskjuvningsalternativet som bidrar till störst utsläppsminskningar.

<sup>37</sup> Källa: VMK (Överenskommelse i Värmemarknadskommittén 2015)

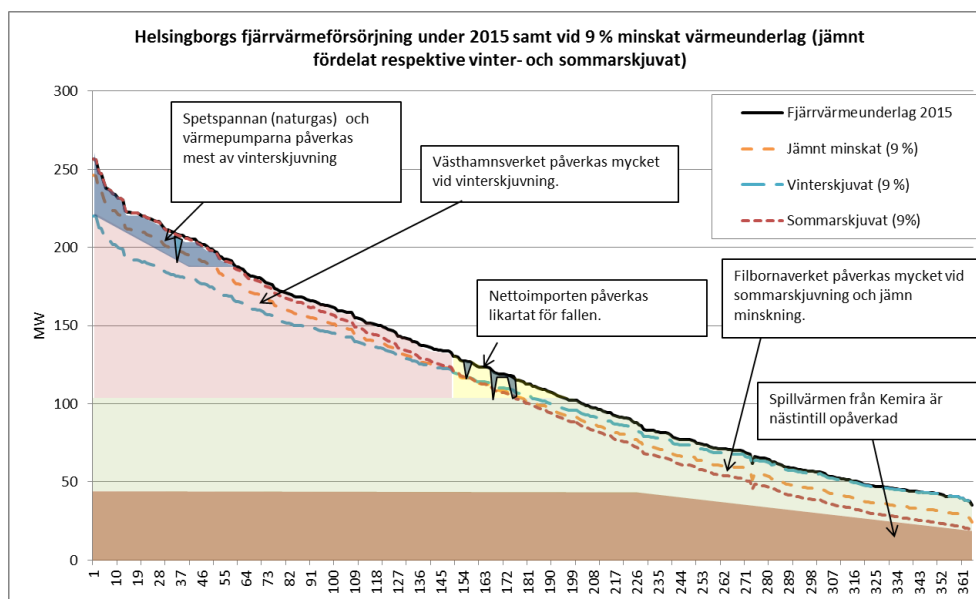
Tabell 13. Miljömässig bedömning av olika energieffektiviseringar i Östersunds fjärrvärmesystem

	Jämnt	Vinter	Sommar
Koldioxidutsläppsminskning (ton CO <sub>2</sub> ) (exkl el)	1 440	1 560	1 290
Kritiskt värde för CO <sub>2</sub> -utsläppsfaktor (kg/MWh el) <sup>38</sup>	65<x<89	0<x<65	x>89
Minskning av primärenergieanvändning (exkl el)	3,6	4,0	3,1

Även sett ur ett primärenergieperspektiv är de tre alternativen relativt likvärdiga. Skillnaden mellan alternativen beror på hur oljeanvändningen minskar i respektive fall.

### 6.3.3 Påverkan på Helsingborgs fjärrvärmesystem

Spillvärmerna ligger som baslast i Helsingborg genom Öresundskrafts leveransavtal med Kemira, vilket prioriterar avfallsförbränningen i Filbornaverket samt biobränsleförbränningen i Västhamnsverket lägre (dvs högre upp i varaktighetsdiagrammet). Detta innebär att det för samtliga effektiviseringsalternativ till största delen är kraftvärmeproduktion som minskar. Vid sommarskjuvning är det främst Filbornaverkets produktion som minskar, för vinterskjuvning blir minskningen störst i Västhamnsverket, och för den jämna minskningen över året fås en kombination av dessa. Effekterna av de olika effektiviseringarna redovisas i Figur 32 och Tabell 14.



Figur 32. Varaktighetsdiagram för Helsingborgs fjärrvärmesystem, med inritade kurvor för jämnt fördelat minskning och vinterskjuvad minskning av värmeunderlaget med 9 % i vardera fall<sup>39</sup>.

<sup>38</sup> I detta fall ger således energieffektiviseringsåtgärder som leder till vinterskjuvning av fjärrvärmeproduktionen den största minskningen av koldioxidutsläpp så länge den elproduktion som ersätter kraftvärmeelen produceras med lägre CO<sub>2</sub>-utsläpp än 65 kg/MWh. Om ersättningselen ger ett CO<sub>2</sub>-utsläpp i intervallet 65-89 kg/MWh är åtgärder som leder till en över året jämn förändring av fjärrvärmeproduktionen mest fördelaktig ur CO<sub>2</sub>-perspektiv. Slutligen är effektiviseringsåtgärder som leder till sommarskjuvning mest fördelaktiga om ersättningselen har högre CO<sub>2</sub>-utsläpp än 89 kg/MWh.

<sup>39</sup> Källa: Öresundskraft & WSPs analys

Tabell 14. Förändringar för produktionen i Helsingborgs pannor för de tre energieffektiviseringsfallen med jämnt fördelad minskning respektive vinter- och sommarskjuvning. \*Bränsleanvändningen i KVV inkluderar bränsle för elproduktion, därför summerar inte bränslena till den totala fjärrvärmeproduktionen.

Årlig minskning av bränsle och produktion (GWh)	Jämnt	Vinter	Sommar
Spetspanna (naturgas)	0,3	0,7	0,1
Värmepumpar (el)	17,1	26,2	7,9
Nettoimport (bio+avfall)	15,3	11,7	14,3
Västhamsverket KVV (pellets)*	31,5	66,7	10,4
Filborna KVV (avfall)*	51,9	14,2	79,1
Spillvärme Kemira	0,4	0,0	4,0
Fjärrvärmeproduktion	94	94	94
Elproduktion	22	26	22

En energieffektivisering med 9 procent motsvarar en minskad fjärrvärmeproduktion med 94 GWh i Helsingborg. Liksom i Uppsala och i Östersund minskar elproduktionen mest vid vinterskjuvning, men skillnaden är relativt liten mellan alternativen eftersom Öresundskrafts system har två kraftvärmeverk som täcker upp olika områden i varaktighetsdiagrammet.

Som tidigare beskrivits är Öresundskrafts fjärrvärmesystem relativt komplext, vilket har inneburit att en del antaganden och förenklingar har krävts för att kunna genomföra analysen. Den ackumulatortank som finns i systemet antas vara ansluten till Filbornaverket och därmed laddas och laddas ur med värme från avfallsförbränning. Detta stämmer under större delen av året, dock inte under de sommarveckor då verket är under revision.

Ett antagande som också har gjorts i analysen är att importen från Landskrona och Lund-Lomma-Eslöv består till hälften av avfallsvärme (från Energiknuten i Landskrona) och till hälften av biobränsle (från Örtoftaverket i Lund). Nettoimporten påverkas dock relativt likartat mellan alternativen, eftersom den till stora delar är utspridd kring mitten av varaktighetsdiagrammet.

#### *Miljömässiga aspekter*

Ur ett miljöperspektiv skiljer sig Helsingborg från de två andra fallstudieorterna genom att sommarskjuvningen ger störst minskning av koldioxidutsläpp, även innan den minskade elproduktionen tas med i beräkningen. Eftersom elproduktionen minskar minst vid sommarskjuvningen kommer det alternativet fortsatt att vara bäst ur CO<sub>2</sub>-synpunkt, oavsett vilket utsläppsvärde som sätts på den minskade elproduktionen. Däremot är vinterskjuvningen ett väsentligt bättre alternativ sett till primärenergimåttet. Detta framför allt för att sommarskjuvningen främst minskar avfallsförbränningen (som har mycket låg primärenergifaktor). Bedömningen av miljömässiga aspekter sammanställs i Tabell 15.

Tabell 15. Miljömässig bedömning av olika energieffektiviseringar i Helsingborgs fjärrvärmesystem

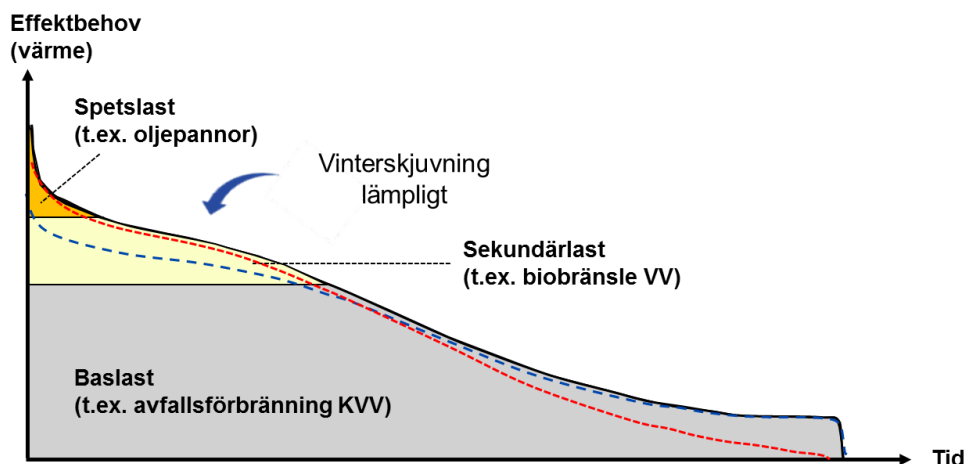
	Jämnt	Vinter	Sommar
Koldioxidutsläppsminskning (ton CO <sub>2</sub> ) (exkl el)	8 800	6 600	10 000
Kritiskt värde för CO <sub>2</sub> -utsläppsfaktor (kg/MWh el) <sup>40</sup>	-	-	x>0
Minskning av primärenergieanvändning (exkl el)	47,2	71,5	23,7

#### 6.3.4 Diskussion kring energieffektivisering och fjärrvärme

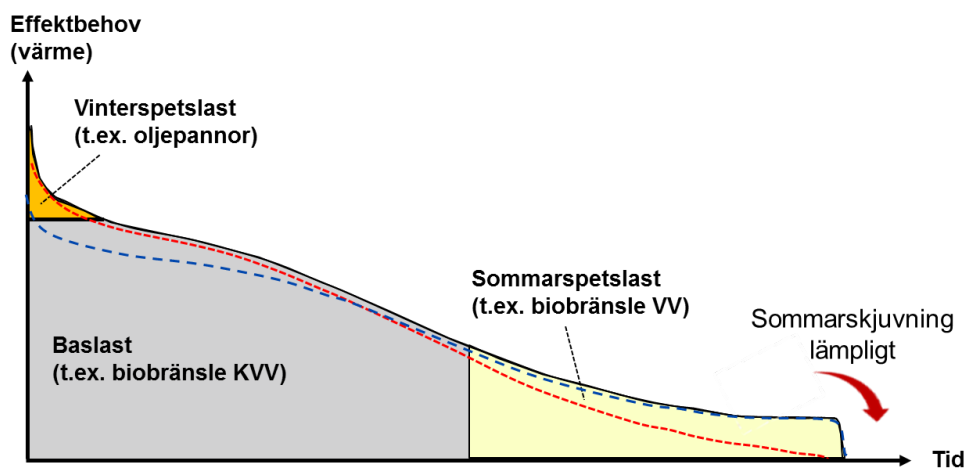
Utgångspunkten för analysen är teoretiska utfall av energieffektivisering med jämn fördelning över året, respektive sommar- och vinterskjuvning. Som redovisats ovan kan olika energieffektiviseringsåtgärder antas påverka värmebehovet enligt någon av dessa tre modeller, exempelvis har klimatskalsåtgärder främst en vinterskjuvande effekt medan åtgärder som sparar varmvatten ger en mer jämnt fördelad besparing över året. Ett energieffektiviseringspaket kommer sannolikt att ge någon form av vinterskjuvning, med inslag av jämnt fördelad besparing över året. Ett paket som ger en sommarskjuvning enligt den teoretiska modellen som använts i analysen är osannolikt i verkligheten. Analysen ger alltså inte en direkt koppling till ett verkligt fall av energieffektiviseringsåtgärdspaket. Den är medvetet baserad på extremfall av påverkan för att visa vilka skillnader som kan uppstå.

Analysen baseras på fjärrvärmesystemen i tre fallstudieorter, och är således inte allmängiltig för alla fjärrvärmesystem. Variationen i resultat för de tre fallstudieorterna visar tvärtom på hur viktiga de lokala förutsättningarna är för att bedöma effekten på fjärrvärmesystemet vid stora energieffektiviseringsåtgärder. Den intuitiva slutsatsen att vinterskjuvning är bättre ur fjärrvärmesynpunkt, eftersom det leder till ett mer fyrkantigt varaktighetsdiagram, stämmer i vissa fall men inte alltid. Om kraftvärme och avfallsförbränning ligger i botten av varaktighetsdiagrammet och olja eller annan dyr och/eller miljövänlig spetslast ligger på toppen den kallaste perioden leder vinterskjuvning till bäst resultat för fjärrvärmesystemet. Detta illustreras i Figur 33. Om däremot kraftvärme ligger högre upp i diagrammet och sommarperioden behöver täckas med spetslast på grund av att någon stor panna inte kan köras på låg last kan sommarskjuvning eller en jämn minskning ge ett bättre sammantaget resultat ur effektivitet och miljösynpunkt. Detta illustreras i Figur 34. Sannolikt är vinterskjuvning i de flesta fall den mest önskvärda energieffektiviseringseffekten för fjärrvärmesystemen. Men det kräver specifika bedömningar för respektive fjärrvärmenät för att avgöra, snarare än generella regler. Att alla tre fallstudiesystem i denna utredning har inslag av kraftvärme högt upp i varaktighetsdiagrammet indikerar att det inte är ett onormalt fall, och det leder till avvägningar mellan effekterna av minskad bränsleanvändning och minskad elproduktion. Hur elen ska värderas är därför en faktor som kan påverka resultaten markant.

<sup>40</sup> I detta fall ger energieffektiviseringsåtgärder som leder till sommarskjuvning av fjärrvärmeproduktionen den största minskningen av CO<sub>2</sub>-utsläpp oavsett vilken typ av elproduktion som ersätter kraftvärmeelen.



Figur 33 Exempel på fjärrvärmesystem där vinterskjuvning kan ge bäst resultat ur ett bränsle- och miljöperspektiv, eftersom stora delar dyr och smutsig spetslast kan försvinna.



Figur 34. Exempel på fjärrvärmesystem där sommarhetskjuvning kan ge bäst resultat ur ett bränsle- och miljöperspektiv eftersom mindre förnybar el från kraftvärmeproduktionen kan försvinna.

En osäkerhet i analysen är den variation i värmebehov som kan uppstå mellan olika år, vilket kan påverka bränsleanvändningen mycket på marginalen. För Östersund och Helsingborg har produktionsdata från 2015 använts. 2015 var ett relativt varmt år och kan därför antas ha ett relativt lågt spetslastbehov under vintern, vilket skulle missgynna vinterskjuvningsalternativet. Vidare studier av andra fjärrvärmesystem och jämförelser med kallare år skulle ge en mer komplett bild av energieffektiviseringens påverkan. I Uppsala fanns underlag för ett ungefärligt normalår, vilket kan ge en mer korrekt bedömning. Dock är även normalårsbedömningar osäkra eftersom de baseras på historiska data över hur temperaturer varierat tidigare, vilket med stor sannolikhet kommer att ändras eftersom det är troligt att vi får ett varmare klimat framöver. Vilka tidsperspektiv som antas kommer därmed påverka resultaten.

Dessutom påverkar den antagna storleken på energieffektiviseringen konsekvenserna för fjärrvärmeproduktionen. I analysen har en effektivisering på nio procent över helåret antagits, med utgångspunkt i nationella energieffektiviseringsmål. Om en lägre effektivisering används i analysen kan en större andel av bränsleminskningen bestå av spetslastbränsle och en mindre andel påverka kraftvärmeproduktionen vid



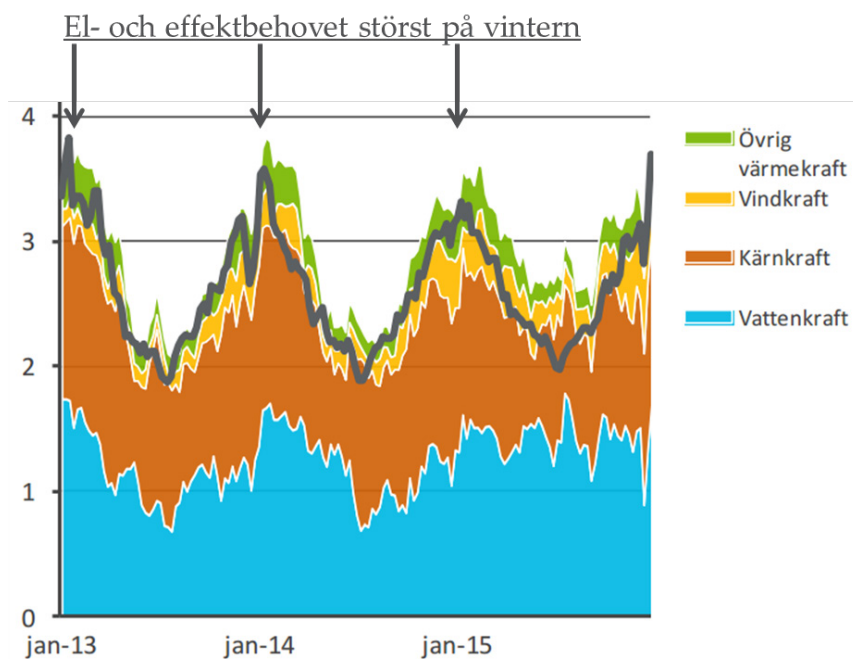
vinterskjuvning. Motsvarande skulle en större antagen effektivisering kunna leda till en större minskning av elproduktionen och en lägre andel av spetslast i den minskade bränsleanvändningen.

Sammantaget finns ett antal faktorer som bidrar till osäkerheter i analysen, men detta ändrar inte det faktum att fjärrvärmesystem påverkas på olika sätt vid energieffektiviseringar.

### 6.3.5 Systemeffekter elförsörjning

Förutom påverkan på fjärrvärmeförsörjningen kan energieffektiviseringar ge systemeffekter för el- och effektförsörjningen i landet. Detta är ett högaktuellt område i den svenska energidebatten, inte minst genom Energikommisionens uppdrag och arbete<sup>41</sup>. Vissa energieffektiviseringsåtgärder minskar behovet av värme men innebär samtidigt ett ökat elbehov. Detta gäller främst olika värmepumplösningar och FTX-installationer. Det tillkommande elbehovet kommer vara störst när det är som kallast ute, vilket generellt påverkar elsystemet när det redan utnyttjas maximalt (se Sveriges elproduktionsprofil över året i Figur 35). Energieffektiviseringar kan därför få negativa konsekvenser för hela energisystemet ifall det totala el- och effektbehovet ökar.

På samma sätt kan energieffektiviseringar som leder till minskat fjärrvärmebehov ge minskad kraftvärmeproduktion, vilket visats i analysen för fallstudieorterna. Även detta tenderar att påverka energisystemet under den kallaste tiden på året. Därigenom kan vissa energieffektiviseringsåtgärder påverka elförsörjningen negativt, både ur ett tillgångs- och efterfrågeperspektiv. Hur sambandet ser ut mellan energieffektiviseringar, fjärrvärmesystem och elsystem är dock en fråga som behöver analyseras djupare ur ett systemperspektiv för att kunna besvaras på ett tillfredsställande sätt. I detta avsnitt ges en förenklad bild av sambanden.



Figur 35. Elproduktion i Sverige fördelat på produktionsslag 2013-2015 (TWh/vecka). Källa: Svensk Energi.

<sup>41</sup> Se vidare: <http://www.energienkommissionen.se/>

För att se vad energieffektiviseringsåtgärderna kan betyda i ökad efterfrågan på el i de tre fallstudieorterna, antas en energieffektivisering som åstadkoms med kombinationspaketet för 50 procents besparing, se avsnitt 3.2. I paketet ingår ett flertal klimatskals- och varmvattenåtgärder samt antingen FTX eller frånluftsvärmepump (FVP). Vid genomförande minskar efterfrågan på värme med 99 respektive 102 kWh/m<sup>2</sup>. Samtidigt ökar elanvändningen, för FTX med 4 och för FVP med 16 kWh/m<sup>2</sup>. Eftersom installation av närvarostyrd LED-belysning antagits blir nettoeffekten på elefterfrågan 2 respektive 14 kWh/m<sup>2</sup> beroende på vilken variant av kombinationspaketet som väljs. För att uppnå sparbettinget för var och en av fallstudieorterna antas ett storskaligt genomförande. I tabellen nedan redovisas räkneexempel för Uppsala, Östersund och Helsingborg. Den ökade elefterfrågan ska beaktas i kombination med den kraftvärmeel som försvinner vid minskad fjärrvärmeproduktion.

**Tabell 16. Påverkan på efterfrågan på el givet att kombinationspaketet 50 procent står för reducerad efterfrågan på värme och förändrad tillgång på kraftvärmeel, Uppsala, Östersund och Helsingborg.**

	Kombinationspaket 50 %, GWh el		Kraftvärmeel, GWh el		
	FTX	FVP	Jämnt	Vinter	Sommar
Uppsala	+3	+12	-17	-33	-7
Östersund	+1	+4	-11	-12	-9
Helsingborg	+2	+8	-22	-26	-22

Påverkan på elproduktionen blir i fallstudieorterna störst för vinterskjuvning, med tydligast effekt för Uppsalas fjärrvärmesystem. Alla fallstudieorter har kraftvärme högt upp i varaktighetsdiagrammet, vilket gör att en stor vinterskjuvning kraftigt påverkar elproduktionen. Vinterskjuvning ses generellt som en positiv effekt för fjärrvärmesystem eftersom effektbehovet, och därmed spetslastbehovet, minskar. Problem med minskad elproduktion kan uppstå då stora energieffektiviseringar antas, så att vinterskjuvningen kapar bort mer än bara spetslasten. För att nå uppsatta mål för energieffektivisering kommer det dock krävas stora satsningar på att minska värmebehovet. Om detta görs med åtgärder som ökar elbehovet och samtidigt minskar elproduktionen under tider på året då el- och effektbehovet är som störst uppstår en konflikt mellan värme- och elförsörjningen i samhället. Denna enkla analys visar på vikten av att förstå de övergripande effekterna för hela energisystemet och inte enbart fokusera på el- eller värme. Att analysera värmeförsörjningens inverkan på el- och eleffektbehovet är en högst relevant fördjupningsstudie, som ligger utanför ramarna i denna studie.

#### 6.4 EKONOMISKA EFFEKTER

Studien fokuserar på hur fjärrvärmesystem respektive inomhusmiljö påverkas av energieffektiviseringar. Sett ur ett ekonomiskt perspektiv kan påverkan delas in i effekter för energibolaget respektive fastighetsägaren och de boende.

##### 6.4.1 Ekonomiska effekter för energibolaget

Den ekonomiska konsekvensen för fjärrvärmebolaget av minskat värmebehov är dels en besparing i bränslekostnad och dels förlorade intäkter från minskad el- och

fjärrvärmeförsäljning. Detta gäller på kort sikt när hänsyn inte tagits till personal- eller kapitalkostnader. I analysen har bränslepriser antagits vara konstanta över året och elpriser har baserats på Nordpools spotpriser från vinter, sommar och helår 2015 samt elcertifikatpriserna för samma perioder.<sup>42</sup> Elproduktionen minskar olika mycket för de olika energieffektiviseringsvarianterna medan fjärrvärmens minskar med 9 procent över helåret för alla fall. Minskade intäkter från fjärrvärmens kommer istället av att fjärrvärmebolag inför differentierade taxor som beror på både värme- och effektuttag. De differentierade taxorna är införda för att spegla de olika kostnadsbilderna för produktion av fjärrvärme över året, vilket gör att fjärrvärmepriiset är svårare att analysera. En fjärrvärmekund betalar mer för fjärrvärmebehovet under vintertid, vilket kan beräknas för en typkund. Däremot blir det inte korrekt att anta att ett minskat fjärrvärmebehov vid vinterskjuvning ger motsvarande minskade intäkter för fjärrvärmebolaget. Detta på grund av att en energieffektivisering på 9 procent över helåret som främst påverkar vinterbehovet ger ett så pass stort utslag på vinterproduktionen att de taxorna som fjärrvärmebolaget använder idag inte längre skulle spegla produktionskostnadsbilden. Att beräkna dagens pris för fjärrvärmens över sommar och vinter och anta det som minskad intäkt för fjärrvärmebolaget kan ge en bild av att det är klart sämre för fjärrvärmebolaget om deras kunder energieffektiviserar bort vinterbehovet.

Här presenteras därför en kostnadsberäkning för de tre fallstudieorterna baserat på bränsle- och elpris, som sen kan sättas i relation till storleksordningen för minskade fjärrvärmeintäkter vid något genomsnittligt fjärrvärmepriis. För en mer detaljerad analys av de ekonomiska konsekvenserna för fjärrvärmebolagen vid energieffektiviseringar krävs en bredare analys som även omfattar kapitalkostnader och en fördjupning i utformningen av fjärrvärmes taxorna och hur de kan komma att ändras baserat på hur produktionsmixen ser ut. Detta ryms inte inom ramarna för denna utredning, men utgör en möjlighet för fjärrvärmebolag att anpassa sina taxor för att gynna och dra nytta av energieffektiviseringar.

**Tabell 17. Ekonomiska effekter på kort sikt för fjärrvärmeproduktionen i Uppsala**

Förändrade kostnader/intäkter	Jämnt	Vinter	Sommar
Besparing bränslekostnad (MSEK)	11,0	30,9	1,5
Minskade intäkter el (MSEK)	-6,0	-13,1	-2,2
Bränslebesparing minus förlorad elintäkt (MSEK)	5,0	17,9	-0,8

Vinterskjuvningen innebär för Uppsala en besparing för minskade bränsleinköp på ca 30 miljoner SEK, medan sommarskjuvningen får en mycket liten förändring av bränslekostnad eftersom minskade intäkter från avfallsmottagning uppväger minskade kostnader för övriga bränslen. Även med hänsyn till de minskade intäkterna från elförsäljning utgör vinterskjuvning det ekonomiskt bästa alternativet för Uppsala. Besparingen på ca 18 MSEK kan dock jämföras med minskade intäkter från fjärrvärmeförsäljningen vilka skulle uppgå till ca 96 MSEK då ett fjärrvärmepriis enligt Nils Holgersson antas (672 SEK/MWh exklusive moms). Sammantaget innebär det således en stor negativ ekonomisk effekt för Uppsalas system.

<sup>42</sup> Detta innebär en viss förenkling av resonemanget. Elcertifikat har ett spotpris men kan avräknas på ett mer valfritt sätt än el och är därigenom lagringsbara. Detta har dock endast marginell betydelse för resultatet.

Tabell 18. Ekonomiska effekter på kort sikt för fjärrvärmeproduktionen i Östersund

Förändrade kostnader/intäkter	Jämnt	Vinter	Sommar
Besparing bränslekostnad (MSEK)	12,5	13,0	12,0
Minskade intäkter el (MSEK)	-3,7	-4,8	-2,8
Bränslebesparing minus förlorad elintäkt (MSEK)	8,8	8,2	9,2

Till skillnad från Vattenfalls system för Uppsala så får de olika energieffektiviseringspaketen snarlika ekonomiska effekter för Jämtkraft, med besparingar från minskade bränsleköp (inklusive minskade elintäkter) på ca 8-9 miljoner SEK. I Östersund är det främst biobränsle som eldas, både i kraftvärmeverket och i hetvattenpannan. Den större besparingen av olja i vinterskjuvningen vägs upp av att även elintäkterna minskar mer. Sammantaget ger bränslebesparingen och de minskade intäkterna från elförsäljning att sommarskjuvningen blir det ekonomiskt bästa alternativet för Östersund. Dock är skillnaderna mellan alternativen små. Besparingen på ca 8-9 MSEK kan jämföras med minskade intäkter från fjärrvärmeförsäljning på samma sätt som för Uppsala, vilket för Östersund (med fjärrvärmepris på 570 SEK/MWh exkl. moms enligt Nils Holgersson) blir ca 30 MSEK. I detta kortsiktiga perspektiv innebär energieffektiviseringen sammantaget en negativ ekonomisk effekt.

Tabell 19. Ekonomiska effekter på kort sikt för fjärrvärmeproduktionen i Helsingborg

Förändrade kostnader/intäkter	Jämnt	Vinter	Sommar
Besparing bränslekostnad (MSEK)	6,3	23,3	-5,6
Minskade intäkter el (MSEK)	-8,2	-10,3	-7,2
Bränslebesparing minus förlorad elintäkt (MSEK)	-1,9	13,0	-12,8

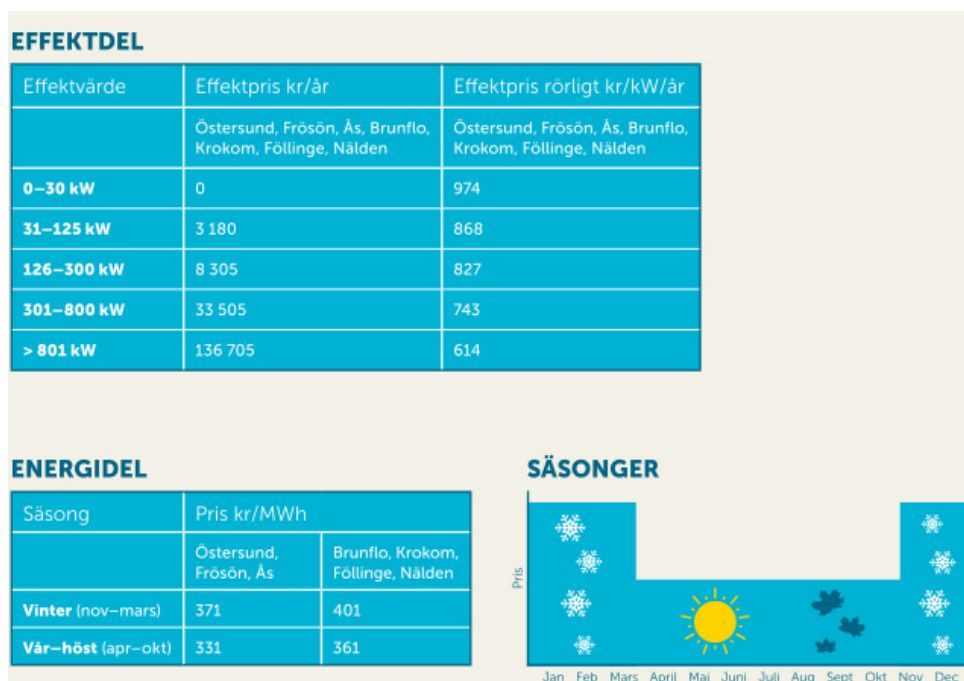
Öresundskrafts system är mer likt Vattenfall Uppsalas gällande den ekonomiska bedömningen, med ett klart fördelaktigt resultat för vinterskjuvning. Främst beror det på att jämn besparing och sommarskjuvning minskar avfallsförbränningen i Filborna vilket ger lägre eller negativ besparing av bränslekostnader. Vinterskjuvningens ekonomiska resultat på 13 MSEK kan jämföras med minskade intäkter från fjärrvärmeförsäljning på samma sätt som för övriga fallstudieorter, vilket för Öresundskraft (med fjärrvärmepris på 662 SEK/MWh exkl. moms enligt Nils Holgersson) blir ca 62 MSEK.

#### 6.4.2 Ekonomiska effekter för fastighetsägaren

När fastighetsägaren räknar på en energieffektiviseringsåtgärd antas i många fall ett genomsnittligt energipris. Det kan dock slå fel eftersom fjärrvärmeförbrukningen ofta är uppdelad i olika komponenter. Vanligt förekommande är en kombination av ett rörligt energipris per kWh som kan variera över året och en liten fast kostnad. Den rörliga delen av fjärrvärmeförbrukningen är dessutom uppdelad i en helt rörlig del och i en del som påverkas av föregående års effektuttag. Energieffektiviseringen påverkar endast den rörliga delen, men eftersom taxan ofta kopplas till effekt sänks kostnaderna först i efterhand eftersom effektkostnaden baseras på föregående års medel- eller topp effekt.

Med utgångspunkt från Östersund har ett typhus analyserats genom beräkningar av hur dagens fjärrvärmeförbrukning skulle förändras vid energieffektivisering med jämn

förskjutning respektive sommar- eller vinterskjuvning. Jämtkraft har en fjärrvärmesaxa som består av en effektdel och en energidel, enligt Figur 36.



Figur 36. Fjärrvärmesaxestrukturen för Östersund. Källa: Jämtkraft.<sup>43</sup>

Typhuset antas ha ett effektbehov på 50 W/m<sup>2</sup> och en yta på 1 687 m<sup>2</sup>, vilket ger ett totalt effektbehov på 84 kW innan energieffektiviseringen. Effektvärdet baseras på medelvärdet av effektbehovet under de tre kallaste dagarna på året. Utifrån 2015-års värden innebär detta att effektbehovet minskar med 4 procent mot grundfallet vid jämn energieffektivisering och med 14 procent vid vinterskjuvning. Sommarskjuvning ger ingen minskning av effektbehovet, eftersom effektiviseringen inte påverkar de kallaste vinterdagarna. Utifrån effekt- och energidelarna av fjärrvärmesaxan i Östersund beräknas en total besparing för fastighetsägaren jämfört med grundfallet enligt Tabell 20 nedan.

<sup>43</sup> Jämtkraft (<http://www.jamtkraft.se/globalassets/filer/foretag/fjarvarme/priser-och-avgifter/fjarvarme-normalprislista-lokaler-och-flerbostadshus-osd-apr-dec-2016.pdf>)

Tabell 20. Besparing för fastighetsägaren vid energieffektivisering jämfört med grundfallet i Östersunds fjärrvärmesystem.

	Jämnt	Vinter	Sommar	Grundfall
Förändring av effektbehov	96 %	86 %	100 %	100 %
Effektbehov (kW)	81	72	84	84
<b>Kostnader</b>				
Effekt [kr]	73 600	65 900	76 400	76 100
Energi [kr]	96 600	96 200	97 000	106 000
Totalt [kr]	170 300	162 100	173 300	182 100
Besparing mot grundfall	6,5 %	11,0 %	4,8 %	0 %

Störst besparing för fastighetsägaren uppstår således vid en energieffektivisering som följer vinterskjuvningsmodellen, då besparingen blir ca 11 procent mot grundfallet. För sommarskjuvning blir besparingen under 5 procent. Resultatet är väntat eftersom fjärrvärmesystemets utformning ska gynna besparing under de kallaste perioderna, men visar hur stor skillnaden blir för ett typhus som minskar fjärrvärmebehovet med 9 procent.

#### 6.4.3 Ekonomiska effekter för andra aktörer

Åtgärderna som genomförs för energieffektivisering har en lång livslängd. Kostnaderna för åtgärderna behöver betalas vid genomförandet medan intäkterna i form av lägre energikostnader kommer under många år. För boende i flerbostadshus ingår kostnaden för värme, varmvatten och fastighetsel i hyran eller i avgiften beroende på om det är en hyres- eller bostadsrättslägenhet.

Hyran i hyresbostäder är reglerad och åtgärder för energieffektivisering ska i regel inte påverka hyran. Besparingen går till fastighetsägaren som också är den som står för kostnaden vid genomförandet. Om energieffektiviseringen sker i kombination med en standardhöjande renovering, kan det ge effekt på hyran.

I bostadsrättsföreningar finns en koppling mellan genomförande av energieffektiviserande åtgärder och avgiften till föreningen. Om lån behöver tas, ökar föreningens kapitalkostnader. Besparingen av energikostnaderna behöver balanseras mot ökade utgifter, vilket ofta kan ge en höjning av avgiften.

Förutom direkt påverkan från minskat värmebehov kan även elsystemet påverkas indirekt genom åtgärder som höjer elbehovet och minskar kraftvärmeproduktionen (se avsnitt 6.3.5). En förändrad elanvändning kan få en ekonomisk inverkan på el- och elnätbolag lokalt. Om energieffektivisering skulle ske i stor skala kan det även påverka de regionala elpriserna, vilket får effekter för både elproducenter och kunder.

## 6.5 LÅNGSIKTIGT PERSPEKTIV

Analysen har utgått ifrån målsättning för energieffektivisering till år 2020 samt hur dagens fjärrvärmesystem ser ut, men energieffektiviseringsåtgärder har som regel lång

livslängd. Åtgärder på klimatskal antas hålla i åtminstone 40 år, vilket innebär att investeringar som görs idag finns kvar över 2050. Det är därför viktigt att göra strategiska åtgärdsval så att inläsningseffekter inte uppstår till följd av ett alltför kortsiktigt perspektiv. Ett bra sätt att undvika inläsningseffekter är att genomföra lönsamma paket med flera åtgärder, till exempel på det sätt som beställargruppen BELOK:s Totalprojektmetod föreslår.<sup>44</sup>

Men de yttre förutsättningarna förändras och ger effekt på hur åtgärderna påverkar inomhusmiljön och fjärrvärmesystemen. Långsiktiga perspektiv innebär större osäkerheter, inte minst när komplexa faktorer som klimatförändringar kan påverka förutsättningarna. Vad som idag anses vara ett varmt år med onormalt lågt värmebehov kan i ett långsiktigt perspektiv vara ett normalår eller rent av ett ovanligt kallt år. Osäkerheten kring långsiktiga bedömningar är svår att kvantifiera i beräkningar, men perspektivet behövs vid planering av bebyggelse eller energisystem för att inte investeringar med lång livslängd ska ge oönskade konsekvenser framöver. De här redovisade analyserna visar vilka konsekvenser kraftiga energieffektiviseringar kan ha på ett fjärrvärmesystem i form av exempelvis minskad elproduktion. En långsiktig beredskap och flexibilitet i prismodeller för fjärrvärmesystem kan vara ett sätt att hantera osäkerheter i ett långsiktigt perspektiv. På lång sikt kommer även dagens anläggningar för fjärrvärmeproduktion att läggas ner eller bytas ut. Vid investeringar i ny produktionskapacitet behöver fjärrvärmebolag ha ett långsiktigt perspektiv på hur energibehovet kan förändras, vilket innefattar förekomsten av energieffektiviseringar i det befintliga bostadsbeståndet.

Det ska betonas att den redovisade analysen bygger på dagens fjärrvärmesystem. Systemen kommer emellertid utvecklas över tid, inte minst som en följd av samhällsliga styrmedel. Sannolikt kommer utvecklingen att gå mot en ännu mer miljöriktig produktion.

En aspekt att beakta är att den redovisade analysen bygger på att relationen mellan producerad el och värme är fixt. I praktiken är det möjligt att anläggningar kommer att drivas med en mer flexibel relation mellan el- och värmeproduktion, det vill säga så att elproduktionen hålls fortsatt hög när värmeproduktionen minskar, även om det kan innebära en lägre totalverkningsgrad. Andra sätt att upprätthålla en högre elproduktion är att dumpa värme eller backa rökgaskondenseringen. Detta sker ibland redan i dagsläget när värdet på elen är tillräckligt högt.

I framtiden förväntas elpriserna att bli mer volatila, det vill säga att det kommer att vara perioder med mycket högt elpris och perioder med mycket lågt elpris. Det talar för en utveckling mot att framtida kraftvärmeverk kommer att byggas mer flexibla. Det kan även vara relevant att analysera värdet av att producera el de timmar elpriset är mycket lågt eller till och med negativt. Dessa timmar kan det vara positivt, såväl ekonomiskt som miljömässigt, att elproduktionen minskar.

Mot bakgrund av att biomassa kan komma att bli en begränsad resurs i framtiden, finns risk för att konkurrensen om biomassan leder till betydande prisökningar. En mer flexibel och över året utjämnad produktion av fjärrvärme är i detta sammanhang en fördel. Dessutom innebär en minskad användning av biomassa i fjärrvärmesystemen att den kan användas i andra sektorer såsom exempelvis i transportsektorn eller inom industrin.

<sup>44</sup> Se t.ex. [www.belok.se](http://www.belok.se).

Det bör också noteras att det finns fler aspekter som talar för att det är bra med vinterskjuvning, det vill säga att minska byggnadernas maximala behov av värmeeffekt. Detta gäller framför allt i kommuner med tillväxt, där fjärrvärmebolag många fall kan slippa bygga nya anläggningar för att klara effekten och/eller ansluta fler kunder till sina befintliga anläggningar. Fjärrvärme- och kraftvärmeanläggningar är storskaliga anläggningar som behöver långa drifttider för att bli kostnadseffektiva, vilket innebär att en strävan efter vinterskjuvning i många fall bidrar till utvecklingen av en kostnadseffektiv produktion sett över en lång tidsrymd.



## 7 Slutsatser

Resultaten av analysen leder fram till ett antal generella slutsatser från projektet samt svar på de frågor som rör syftet med arbetet och som ställts inledningsvis.

### 7.1 GENERELLA SLUTSATSER

Energieffektivisering är inte svårt men komplext, få personer har full insyn över hela kedjan fjärrvärme-energieffektivisering-innemiljö. Som regel ger energieffektiviseringar positiv eller neutral påverkan på innemiljön (om korrekt utförda). Det är däremot svårt att generalisera effekter för fjärrvärmerna, varje fjärrvärmesystem är unikt (lokalt/regionalt).

Delade incitamentsstrukturer kräver mer samarbete för att få till energieffektiviseringar som är gynnsamma för olika aktörer. Fjärrvärmens prismodeller kan ge incitament för effektiviseringar, men är ofta komplext utformade och svåra att förstå konsekvensen av.

Energieffektiviseringar kan i vissa fall leda till ett ökat el- och effektbehov. Detta är en komplex men relevant och aktuell fråga som behöver utredas vidare.

### 7.2 SVAR PÅ INLEDANDE FRÅGOR

Inledningsvis i detta projekt ställdes ett antal frågor. Den genomförda studien ger följande svar.

1. *Vilka är synergieffekterna och målkonflikterna mellan innemiljö, energieffektiviseringsåtgärder och energiproduktion?*

Det finns tydliga synergieffekter mellan energieffektivisering och innemiljö. Energieffektiviseringsåtgärder som ger stora besparingar leder i de flesta fall till vinterskjuvning. Detta är positivt när reduktionen i värmeefterfrågan minskar spetslasten.

Bland målkonflikter kan nämnas att energieffektiviseringsåtgärder som ökar efterfrågan på el under vintertid ger upphov till ett större behov av eleffekt under den tid på året när kapaciteten redan är fullt utnyttjad. Detta tillsammans med storskalig energieffektivisering som kapar mer än topplast minskar utbudet av kraftvärme-el i de nät som har kraftvärme högt upp i varaktighetsdiagrammet.

2. *Vad har drivkrafterna varit för genomförda energieffektiviseringsåtgärder?*

De drivkrafter för energieffektivisering som har lyfts fram i de genomförda intervjuerna handlar om renoveringsbehov, uttalade mål och policy om energieffektivisering och/eller höga kostnader för uppvärmning. Innemiljö nämns också, men tendensen är att mervärdena för innemiljön från energieffektiviseringar åtminstone vid beslutstillfällena är osynliga för beslutsfattarna.

3. *Vilken roll har energibolagen och prismodellerna för fjärrvärme haft för genomförandet och vilken betydelse har fastighetsägarnas agerande haft?*

Fjärrvärmens prismodeller bidrar till vinterskjuvning, men de är inte tillräckliga som styrande incitament för fastighetsägarna. Den bild som framträder som resultat av

litteraturstudien och intervjuerna är att det finns ett kunskapsgap mellan de olika aktörer som berörs av sambanden i kedjan inom miljö-energieffektivisering-produktion av fjärrvärme. Boende involveras sällan och energibolag rådfrågas generellt inte vid energieffektivisering av byggnader.

Det förekommer samarbete mellan fastighetsägare och energibolag, men energibolagen involveras i dagsläget inte vid genomförande av energieffektiviseringar. När det gäller prismodellerna för fjärrvärme och deras roll för genomförandet av energieffektiviseringar finns olika strategier. De gällande prismodellerna kan användas för att skapa ett rättvisande beslutsunderlag. Men fjärrvärmens prismodeller upplevs av andra fastighetsägare som svåra att förstå, och används i dessa fall inte som beslutsunderlag för energieffektiviseringsåtgärder. Mot bakgrund av att många fjärrvärmebolag har ett effektpris som justeras i efterhand, kan det leda till missförstånd hos dem vars beslutsunderlag inte tar hänsyn till prismodellerna.

Utformning av fjärrvärmens prismodeller får också stor betydelse för de ekonomiska konsekvenserna av energieffektiviseringar för fastighetsbolagen och fjärrvärmebolagen. En differentierad prismodell utformas för att spegla de produktionskostnader som fjärrvärmebolaget har över året. Stora energieffektiviseringar i ett fjärrvärmesystem kan påverka hur prismodellen utformas för att reflektera förändrade produktionskostnader.

#### 4. Hur har energieffektiviseringen påverkat fjärrvärmebehovet över året?

Energieffektiviseringars inverkan på fjärrvärmesystem varierar med typ av åtgärd och aktuell fjärrvärmeproduktionsmix.

Energieffektiviserande åtgärder som fokuserar på klimatskalet av en byggnad tenderar att få störst inverkan på fjärrvärmebehovet vintertid (här kallat vinterskjuvning) medan åtgärder som fokuserar på varmvattenanvändningen får en mer jämnt fördelat effekt på fjärrvärmebehovet över året. Vissa specifika energieffektiviseringsåtgärder, såsom installation av solfångare, påverkar fjärrvärmebehovet främst sommartid (här kallat sommarskjuvning).

Fjärrvärmeförsörjningsmixen, vilken kan illustreras med ett varaktighetsdiagram, påverkar vilken effekt jämn minskning respektive vinter- och sommarskjuvning har på bränsleanvändning och elproduktion i anslutning till fjärrvärmesystemet.

#### 5. Hur påverkar olika energieffektiviseringsåtgärder elproduktion i kraftvärmeverk?

Hur elproduktionen påverkas beror på var i varaktighetsdiagrammet som fjärrvärmerna produceras med kraftvärmeproduktion. I de fall baslasten försörjs med kraftvärmeproduktion under hela året kommer sommarskjuvning att leda till störst minskning av elproduktion. Om kraftvärmeproduktionen istället ligger högre upp i varaktighetsdiagrammet kan det omvänt vara vinterskjuvning som påverkar elproduktionen mest.

#### 6. Vilka miljömässiga konsekvenser får olika energieffektiviseringsåtgärder?

Fjärrvärmesystem tenderar som regel att påverkas mest positivt av vinterskjuvningsåtgärder, vilka kan antas minska smutsig spetslastbehovet på vintern. Dock finns undantag till denna regel, främst beroende på om det finns kraftvärmeproduktion högt upp i varaktighetsdiagrammet. Om spetslastbehovet är litet i förhållande till minskningen av elproduktion vid vinterskjuvning kan sommarskjuvning vara bäst ur ett CO<sub>2</sub>-perspektiv.

Vilken utsläppsfaktor elen antas ha påverkar miljöeffekterna vid jämn minskning respektive vinter- och sommarskjuvning. Används nordisk residualmix kommer en minskning av elproduktionen få stor inverkan på den totala CO<sub>2</sub>-bedömningen.

Beräkningar av hur primärenergianvändningen påverkar visar vissa skillnader mellan näten. Avfall och sekundära biobränslen är bränslen som har mycket låg primärenergianvändning, medan fossila bränslen får en större inverkan på primärenergianvändningen. Sammantaget finns det skillnader mellan näten, vilket gör det svårt att dra generella slutsatser, men överlag är omfattningen på miljöaspekterna små.

#### 7. Vilka energieffektiviseringsåtgärder är gynnsamma för både fjärrvärme och inomhusmiljö?

De flesta energieffektiviseringsåtgärder bedöms ha positiv eller neutral påverkan på inomhusmiljön. Hur olika åtgärder påverkar fjärrvärmeförsörjningen beror på vilken produktionsmix som används. En viss tendens att vinterskjuvande åtgärder är gynnsamma för både inomhusmiljö och energiproduktion bör dock kunna utläsas.

Det bör också noteras att det finns fler aspekter som talar för att det är bra att med vinterskjuvning, dvs. att minska byggnadernas maximala behov av värmeeffekt. Detta gäller framför allt i kommuner med tillväxt, där fjärrvärmebolag många fall kan slippa bygga nya anläggningar för att klara effekten och/eller ansluta fler kunder till sina befintliga anläggningar. Fjärrvärme- och kraftvärmearläggningar är storskaliga anläggningar som behöver långa drifttider för att bli kostnadseffektiva, vilket innebär att en strävan efter vinterskjuvning i många fall bidrar till utvecklingen av en kostnadseffektiv produktion sett över en lång tidsrymd.

#### 8. Hur påverkar minskat effektbehov åtgärdernas lönsamhet?

Att minska det maximala effektbehovet är gynnsamt ur ett fjärrvärmeproduktionsperspektiv, eftersom produktionen på marginalen som regel är en dyr spetslastproduktion. Fjärrvärmetakten tenderar därför att vara konstruerad för att gynna minskad användning när det är som kallast utomhus, och åtgärder som ger en vinterskjuvning ger därför som regel större besparing för både fjärrvärmebolag och fastighetsbolag. Dock påverkar den sammantagna storleken på energieffektiviseringen. Om en stor del av befintligt bostadsbestånd energieffektiviseras kan påverkan på dagens fjärrvärmeförsörjning bli stor även utöver påverkan på spetslastproduktionen. Detta kan leda till en minskning även av billigare fjärrvärmeproduktion och minskad elförsäljning från kraftvärmeproduktion, vilket ger negativa effekter för fjärrvärmebolaget. Hur ett minskat effektbehov påverkar lönsamheten beror således på storleken av den totala energieffektiviseringen i systemet.

#### 9. På vilket sätt kan åtgärdernas icke-energi-vinster (non-energy benefits), som till exempel bättre inomhusklimat och lägre sjukfrånvaro, kvantifieras och värderas?

I litteraturen finns internationella exempel på betalningsviljestudier, där försök har gjorts för att uppskatta hyresgästers betalningsvilja för energieffektiviseringsåtgärder. Resultaten tyder på att det finns en betydande betalningsvilja för mervärdena på inomhusmiljön, men resultaten är alltför osäkra för att föra över till svenska förhållanden. När det gäller andra ansatser för att värdera åtgärdernas icke-energi-relaterade-vinster (non-energy benefits), finns vissa empiriska utvärderingar. Däremot saknas resultat om generaliserbara kvantitativa effektsamband. I denna studie har vi därför använt kvalitativa bedömningar av effekterna på inomhusmiljön som baserats på inomhusmiljöfaktorerna i hållbarhetscertifieringssystemet Miljöbyggnad.

10. *Hur ser energibolagens drivkrafter för effektivare energianvändning ut i framtiden?*

Fjärrvärmeproducenter gynnas av att minska behovet av dyr och/eller mindre miljövänlig spetslast. Därför finns en drivkraft att stödja sådan energieffektivisering som ger ett minskat maximalt effektbehov. Större energieffektiviseringar och energieffektivisering under andra tider på året än då spetslasten är i drift, bidrar istället till minskade intäkter genom ett generell lägre fjärrvärmeunderlag. Energibolagens drivkraft för effektivare energianvändning ligger då snarare i att behålla goda kundrelationer för att inte tappa kunder och intäkter till konkurrerande tekniker, till exempel värmepumpar. Genom att vara delaktiga i processen kring energieffektivisering av bostadsbeståndet kan energibolaget också vara med och påverka vilka energieffektiviseringsåtgärder som införs. Detta kan ske på en rad olika sätt, till exempel kunskapsspridning eller att verka som energitjänsteföretag och hjälpa kunderna att energieffektivisera. På så sätt kan man försöka påverka så att åtgärder som har den mest positiva effekten på fjärrvärmesystemet prioriteras och undvika åtgärder som tenderar att ersätta fjärrvärmesystemet när den är som mest lönsam. Vilka åtgärder som är mest lämpliga beror på hur det bostadsbestånd som försörjs med fjärrvärmesystemet ser ut, vilken möjlighet det finns att ansluta fler kunder, hur det individuella fjärrvärmesystemets uppbyggnad ser ut, vilka behov av utbyggnad av eller reinvestering i systemet som föreligger m.m.

## 8 Rekommendationer

Idag involveras sällan boende i samband med genomförande av energieffektiviseringsåtgärder. De mervärden som uppkommer för innemiljön är ofta osynliga för dem som fattar besluten. Involvering av de boende kan ge stöd för att tydliggöra behov av förbättringar och synliggöra mervärdena för innemiljön. Ett utökat samarbete mellan bostadsbolag och fjärrvärmebolag kan också gynna energisystemet och bidra till att skapa så positiva resultat som möjligt. För att avgöra vilka åtgärder som är önskvärda krävs lokala analyser av både bostadsbeståndet och fjärrvärmesystemets utformning.

Fjärrvärmebolag rekommenderas engagera sig mer i arbetet med energieffektivisering för att på så sätt samtidigt skapa en bättre relation med sina kunder och säkerställa att de åtgärder som genomförs får bästa möjliga effekt på energisystemet som helhet. Ett sådant ökat engagemang kan ha många former, exempelvis ökad kunskapsspridning om sambanden mellan innemiljö, energieffektivisering och energiproduktion, eller stöd vid val av energieffektiviseringsåtgärder så att inläsningseffekter i förhållande till 2050-målen undviks. Fjärrvärmebolagen bör också se över sina prismodeller med avseende på hur den påverkar lönsamheten för energieffektiviseringar idag och i framtiden och att den styr i önskad riktning.

Behov av vidare studier:

- Fördjupad analys av sambanden mellan energieffektivisering och elsystemet. Hur påverkas elbehovet och kraftvärmeproduktionen av större energieffektiviseringar, och vilken inverkan får det i sin tur på elsystemet och effektförsörjningen?
- Fördjupad studie av utformning av fjärrvärmens prismodeller och deras inverkan på lönsamhet för fjärrvärmebolagen idag och i framtiden. För att förbättra underlaget vid lönsamhetsberäkningar behövs verktyg som kan ta hänsyn till gällande strukturer för fjärrvärmens prismodeller. Hur bör prismodellerna utformas för att leda i önskad riktning, ge incitament för gynnsamma energieffektiviseringar och hur behöver den anpassas ifall stora energieffektiviseringar genomförs i systemet?

# SAMBAND MELLAN INNEMILJÖ, ENERGIEFFEKTIVISERING OCH FJÄRRVÄRMEPRODUKTION

Sverige har ambitiösa energieffektiviseringsmål. Men en storskalig energieffektivisering kommer att ha betydelse för energisystemet och för bostadssektorn. Det här är en unik studie av effektiviseringar i befintliga flerbostadshus som ger helt ny kunskap om sambanden i hela kedjan fjärrvärme, energieffektivisering och inomhusmiljö.

Det finns ett kunskapsgap mellan de olika aktörer som berörs av en energieffektivisering. De boende involveras bara i vissa fall och energibolagen konsulteras sällan när byggnader energieffektiviseras.

Resultaten visar här att fjärrvärmeföretaget genom att delta med ett större engagemang vid energieffektiviseringar kan komma närmare sina kunder och undvika att åtgärder införs som får stark negativ påverkan på fjärrvärmesystemets effektivitet. Det kan till exempel handla om att erbjuda sina kunder kunskap om sambanden mellan energieffektivisering, inomhusmiljö och energiproduktion eller att utveckla företagets verksamhet med energitjänster och själv genomföra energieffektiviseringsåtgärder hos kunderna. En annan åtgärd kan vara att se över prismodellen för fjärrvärme.

## Ett nytt steg i energiforskningen

Energiforsk är en forsknings- och kunskapsorganisation som samlar stora delar av svensk forskning och utveckling om energi. Målet är att öka effektivitet och nyttiggörande av resultat inför framtida utmaningar inom energiområdet. Vi verkar inom ett antal forskningsområden, och tar fram kunskap om resurseffektiv energi i ett helhetsperspektiv – från källan, via omvandling och överföring till användning av energin. [www.energiforsk.se](http://www.energiforsk.se)