

# LIVSCYKELANALYS AV ÅTGÄRDER FÖR MINSKAD ENERGIANVÄNDNING I FINSPÅNG

RAPPORT FRÅN ETT PROJEKT OM METODER FÖR STRATEGISK  
MILJÖBEDÖMNING I ENERGIPLANERING

Författare: Anna Björklund

Blekinge Tekniska Högskola  
Forskningsrapport Nr. 2008:01  
Rapport nr 3 från MiSt-programmet





# Livscykelanalys av åtgärder för minskad energianvändning i Finspång

Rapport från ett projekt om metoder för  
strategisk miljöbedömning i  
energiplanering

Författare:  
Anna Björklund

Blekinge Tekniska Högskola  
Forskningsrapport nr 2008:01

Rapport nr 3 från MiST-programmet



## Programledarens förord

Programmet "Miljöstrategiska verktyg", MiSt, är ett tvärvetenskapligt forskningsprogram finansierat av Naturvårdsverket. Programmet leds från Blekinge Tekniska Högskola.

I programmet studeras verktyg som kan underlätta miljöbedömning i strategiskt beslutsfattande på olika nivåer, från nationell till lokal. Förståelsen och basen för utveckling av verktyg och rekommendationer om verktyg i olika planerings- och beslutsprocesser baseras på empirisk forskning på fall inom flera sektorer.

Målen för MiSt-programmet:

- Kritisk undersökning av verktygens funktion
- Teoribaserad förståelse av deras verkan
- Utveckling av råd om effektiv användning av verktyg och kombinationer av verktyg

Denna rapport är en del av slutrapporteringen från två av projekten i programmet "Miljöstrategiska verktyg". Projekten är *Utveckling av verktyg för strategisk miljöbedömning och medborgarmedverkan (MiSt-projekt 1)* samt *Scenariometoder i strategisk miljöbedömning (MiSt-projekt 7)*. I samarbete med Finspångs kommun har ett gemensamt projekt utvecklats för att ta fram en ny energiplan i kommunen.

Problemet i strategisk miljöbedömning är ofta en kombination av osäkerhet om en framtida utveckling och svårigheter att göra rimliga kvantitativa förutsägelser. Planer och program behandlas inte sällan utan hänsyn till omvärldsutveckling och kontext och som om de i sig utgör tillräcklig prediktion om framtiden för att möjliggöra en miljöbedömning. Betydelsen av nollalternativet som referens för planen eller programmet glöms eller förstås inte. I Finspångsprojektet hanterar forskargrupperna dessa problem på ett systematiskt sätt. Dels genom att använda scenariometodik för att framställa noll-alternativ. Dels genom att medvetet kombinera kvantitativa och kvalitativa metoder. Denna rapport redogör för användningen av LCA-metodik i arbetet. Tre mera allmänna slutsatser av betydelse för MiSt-programmet synes mig komma fram ur rapporten:

- LCA-metodik kan vara ett viktigt redskap för att i lokal planering på ett systematiskt och konsistent sätt få med olika typer av miljöpåverkan på olika nivåer. Metodiken kan hjälpa till att undvika att enbart lokala problem belyses. Effekten på nationella och globala miljöproblem behöver belysas om lokalt beslutsfattande skall medverka till att politiken genomförs. Föreställningen om målstyrning som finns i de av Riksdagen antagna miljömålen förutsätter att aktörer på regional och lokal nivå fattar beslut som är i linje med målen. Detta är vad som i den internationella miljöbedömningsjargongen kallas "tiering". Bindande normer eller ett frivilligt beslutsfattande baserat på information är två möjliga vägar att uppnå denna "vertikala konsistens".<sup>1</sup> Sedan kan det som Anna Björklund påpekar vara svårt för kommunen att förhålla sig till sådana faktorer.

---

<sup>1</sup> Emmelin, L. & Lerman, P. (2008) Environmental quality standards as a tool in environmental governance – the case of Sweden in Schmidt, M. Glasson, J. Emmelin, L. & Helbron, H. [eds.] *Standards and Thresholds for Impact Assessment*. Springer Verlag.

- Ett forskningsprojekt har, som Björklund påpekar, resurser och kompetens långt utöver vad som normalt finns tillgängliga för t.ex. kommunal energiplanering. Förutom utveckling och rutinisering av metoder samt lättillgängliga data krävs utbildning om metoderna skall komma till användning.
- Om kraven på beslutsunderlaget är vaga eller allmänna är risken stor att systematiska metoder som innebär krav på både kompetens och resurser inte kommer till användning. De allmänna krav som finns t.ex. att miljömålen skall beaktas måste sannolikt preciseras och kompletteras t.ex. med avseende på beslutsunderlag och metoder.

Karlskrona 2008-02-20

Lars Emmelin

Mera om programmet finns på [www.sea-mist.se](http://www.sea-mist.se)

# Livscykelanalys av åtgärder för minskad energianvändning i Finspång

Rapport från ett projekt om metoder för strategisk  
miljöbedömning i energiplanering

Rapport nr 3 från projekten MiSt-1 och MiSt-7  
i Naturvårdsverkets program Miljöstrategiska verktyg  
Anna Björklund, Miljöstrategisk analys – fms, KTH

Titel:

Livscykelanalys av åtgärder för minskad energianvändning i Finspång. Rapport från ett projekt om metoder för strategisk miljöbedömning i energiplanering

Författare:

Anna Björklund

ISSN 1652-5442

TRITA-INFRA-FMS 2008:2

# INNEHÅLL

<b>1</b>	<b>INLEDNING</b> .....	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>BAKGRUND OCH SYFTE</b> .....	<b>11</b>
2.1	MILJÖBEDÖMNING AV ENERGIPLANER .....	11
2.2	RAMVERK FÖR STRATEGISK MILJÖBEDÖMNING.....	11
2.3	SYFTE.....	12
<b>3</b>	<b>UTFORMNING AV DEN KVANTITATIVA MILJÖANALYSEN</b> .....	<b>13</b>
3.1	AVGRÄNSNINGAR.....	13
3.2	NULÄGE, NOLLALTERNATIV OCH ALTERNATIVA HANDLINGSVÄGAR .....	13
3.2.1	<i>Nulägesbeskrivning</i> .....	13
3.2.2	<i>Nollalternativ</i> .....	14
3.2.3	<i>Alternativa handlingsvägar/åtgärdsförslag</i> .....	14
3.2.4	<i>Kvantifiering av nuläge, nollalternativ och åtgärdsförslag</i> .....	14
3.3	VAL AV INDIKATORER FÖR MILJÖANALYSEN.....	15
<b>4</b>	<b>BERÄKNINGSMODELL FÖR DEN KVANTITATIVA MILJÖANALYSEN</b> .....	<b>16</b>
4.1	LIVSCYKELANALYS (LCA) .....	16
4.2	REDOVISANDE ELLER KONSEKVENSORIENTERAD LCA.....	18
4.2.1	<i>Marginaleffekter i analysen av åtgärder</i> .....	19
4.3	INDIREKT ENERGIFÖRBRUKNING FÖR VISSA ENERGISLAG .....	20
<b>5</b>	<b>RESULTAT</b> .....	<b>22</b>
5.1	EFFEKTER I NOLLALTERNATIVEN JÄMFÖRT MED NULÄGET .....	22
5.1.1	<i>Direkt energianvändning i nuläge och nollalternativ</i> .....	22
5.1.2	<i>Total energianvändning i nuläge och nollalternativ</i> .....	23
5.1.3	<i>Potentiell miljöpåverkan i nuläget och nollalternativen</i> .....	24
5.1.4	<i>Sammanfattning av effekter i nollalternativen jämfört med nuläget</i> .....	26
5.2	EFFEKTER AV ÅTGÄRDER I DE OLIKA NOLLALTERNATIVEN.....	27
5.2.1	<i>Åtgärd 1: Utbyggd fjärrvärme</i> .....	28
5.2.2	<i>Åtgärd 2: Satsning på kraftvärme</i> .....	29
5.2.3	<i>Åtgärd 3: Mer kollektivresor</i> .....	30
5.2.4	<i>Åtgärd 4: Vedeldningsriktlinjer för gamla pannor</i> .....	31
5.2.5	<i>Åtgärd 5: Främja pelletspannor i st.f. värmepumpar</i> .....	32
5.2.6	<i>Åtgärd 6: Enskilda solfångare på småhus</i> .....	33
5.2.7	<i>Åtgärd 7: Individuell mätning och fakturering i flerbostadshus</i> .....	34

5.2.8	Åtgärd 8: Energieffektivisering av befintliga bostäder .....	35
5.2.9	Åtgärd 9: Etanoldrivna kommunbilar .....	36
5.2.10	Åtgärd 10: Byt utebelysning till lågenergilampor .....	37
<b>6</b>	<b>DISKUSSION</b> .....	<b>39</b>
6.1	VAD LCA KAN TILLFÖRA ENERGIPLANERING? .....	39
6.1.1	Helhetssyn .....	39
6.1.2	Underlag för jämförande analyser .....	40
6.2	HUR FUNGERAR LCA SOM EN DEL AV PROCESSEN? .....	40
6.3	ÄR LCA PRAKTISK ANVÄNDBART I DETTA SAMMANHANG? .....	41
<b>7</b>	<b>REFERENSER</b> .....	<b>43</b>

## BILAGOR

<b>BILAGA 1</b>	<b>MODELLSTRUKTUR OCH -DATA .....</b>	<b>45</b>
<b>BILAGA 2</b>	<b>ANTAGANDEN VID KVANTIFIERING AV NOLLALTERNATIV.....</b>	<b>46</b>
<b>BILAGA 3</b>	<b>DIREKT ENERGIANVÄNDNING I NULÄGE &amp; NOLLALTERNATIV .</b>	<b>53</b>
<b>BILAGA 4</b>	<b>TOTAL ENERGIANVÄNDNING I NULÄGE &amp; NOLLALTERNATIV ..</b>	<b>55</b>
<b>BILAGA 5</b>	<b>POTENTIELL MILJÖPÅVERKAN I NULÄGE &amp; NOLLALTERNATIV</b>	<b>59</b>
<b>BILAGA 6</b>	<b>ÅTGÄRDERNAS EFFEKTER PÅ DIREKT ENERGIANVÄNDNING .</b>	<b>62</b>
<b>BILAGA 7</b>	<b>ÅTGÄRDERNAS EFFEKTER PÅ TOTAL ENERGIANVÄNDNING...</b>	<b>63</b>
<b>BILAGA 8</b>	<b>ÅTGÄRDERNAS EFFEKTER PÅ MILJÖINDIKATORERNA.....</b>	<b>64</b>

# 1 Inledning

Denna rapport utgör en del av rapporteringen från ett forskningsprojekt om energiplanering med strategisk miljöbedömning. Projektet genomfördes i samarbete mellan Finspångs kommun och de två forskningsprojekten *Utveckling av verktyg för strategisk miljöbedömning och medborgarmedverkan* samt *Scenariometoder i strategisk miljöbedömning*, vilka båda ingår i Naturvårdsverkets program *Miljöstrategiska verktyg (MiSt)*.

Projektprocessen som helhet (bakgrund, syfte, metod, genomförande samt resultat i form av en redogörelse för den slutprodukt som genererats av Finspångs kommun inom projektet, nämligen en kommunal energiplan) beskrivs i rapporten *Energiplanering med strategisk miljöbedömning i Finspång* (Björklund et al. 2006).

Denna rapport redogör för den kvantitativa miljöanalysen som genomförts enligt Steg 7 ”Miljöanalys” i projektets processbeskrivning enligt ovan nämnda rapport. Den kvantitativa miljöanalysen ligger till grund för den slutliga värderingen av åtgärdsförslag och utformningen av Finspångs energiplan. Rapporten redogör för metod, omfattning, genomförande och resultat av den kvantitativa miljöanalysen. Dessutom diskuteras användbarheten av LCA som en del av processen för strategisk miljöbedömning i energiplanering. Däremot förs ingen diskussion kring resultaten som sådana och ingen rekommendation utifrån resultaten görs i denna rapport, då själva tolkningen görs av kommunen då de utformar energiplanen.

Rapporten vänder sig till Finspångs kommun, att användas som underlag i energiplanen, till andra kommuner som står inför en liknande uppgift, och till forskare som är intresserade av metodiken som sådan. Rapporten kan läsas fristående, men projektet som helhet, de teorier det bygger på och många viktiga begrepp endast återges mer utförligt i processrapporten. Hänvisningar görs därför till olika avsnitt i processrapporten.

Samtliga publikationer från projektet publiceras på MiSts hemsida [www.sea-mist.se](http://www.sea-mist.se).

## 2 Bakgrund och syfte

### 2.1 Miljöbedömning av energiplaner

Enligt miljöbalken (SFS 1998:808, 6 kap) ska en kommun som upprättar en plan som krävs i lag eller annan författning, t ex en kommunal energiplan, göra en miljöbedömning av planen. Syftet är att integrera miljöaspekter i planen så att en hållbar utveckling främjas. Miljöbedömningen avser hela den obligatoriska processen, vilken i sin tur ska omfatta en miljökonsekvensbeskrivning som identifierar och bedömer betydande miljöpåverkan som planens genomförande kan antas medföra och rimliga alternativ ska identifieras och bedömas. Miljöbedömningar av planer och program kallas ofta populärt för *strategisk miljöbedömning*, även om denna benämning inte återfinns i lagtexten.

Miljökonsekvensbeskrivningen ska redogöra för hur miljön sannolikt utvecklas om planen genomförs, men även vad som händer om den inte genomförs. Den ska även beskriva de rådande miljöförhållandena för de områden som kan komma att påverkas av planen. Miljöpåverkan i detta sammanhang avser en mängd aspekter; biologisk mångfald, befolkning, människors hälsa, djurliv, växtliv, mark, vatten, luft, klimatfaktorer, materiella tillgångar, landskap, bebyggelse, forn- och kulturlämningar och annat kulturarv. Dessutom ska miljökonsekvensbeskrivningen redogöra för de åtgärder som planeras för att undvika betydande negativ miljöpåverkan, hur bedömningen gjorts, planerade åtgärder för uppföljning, samt förhålla sig till andra relevanta planer och program.

Miljöbalken och förordningen om miljökonsekvensbeskrivningar (SFS 1998:905) ger viss precisering av processen för genomförande och övergripande riktlinjer för vilka aspekter som ska beaktas. Däremot saknas detaljerade instruktioner om metoder och redovisning. För närvarande (våren 2007) finns ett förslag från Naturvårdsverket till uppdaterade allmänna råd till miljöbalkens kapitel om miljökonsekvensbeskrivningar<sup>2</sup>. Denna vägledning fanns emellertid inte tillgänglig under projektets genomförande.

### 2.2 Ramverk för strategisk miljöbedömning

Tidigare studier har visat att energiplaner kan vara verkningsfulla i flera avseenden, men att det finns behov av utveckling av miljöbedömningarna i energiplaner. Exempelvis föreslås vidgade systemgränser för miljöbedömningarna (Stenlund 2006). Även bristen på metodik för miljökonsekvensbeskrivning av planer och program, eller strategisk miljöbedömning, har uppmärksamats. Som ett svar på detta behov utarbetade Finnveden et al. (2003) en teoretisk modell för hur man kan kombinera existerande metoder för miljöanalys i strategisk miljöbedömning. Olika kvantitativa och kvalitativa metoder, eller verktyg, har inordnats i ett ramverk som klargör vilken roll de olika verktygen kan ha, vilket slags indata de kräver, vad de ger för resultat och hur de kan stödja eller komplettera varandra. Valet av verktyg kan anpassas beroende på typ av frågeställningar, tillgång till data och önskad noggrannhet i resultaten. Erfarenheter har visat att det är svårt att prioritera mellan olika alternativ då man enbart använder kvalitativa metoder (Hochschorner and Finnveden 2006), men att de kan vara ett viktigt komplement till kvantitativa metoder (Hochschorner and Finnveden 2003).

---

<sup>2</sup> Ersätter Naturvårdsverkets allmänna råd (NFS 2001:9).

Ett av de tillvägagångssätt som föreslås i ramverket för strategisk miljöbedömning är scenariometodik för generering av alternativa handlingsvägar, följt av livscykelanalys (LCA) för kvantitativ miljöbedömning, kompletterat med metoder för kvalitativ miljöbedömning.

## 2.3 Syfte

Det övergripande syftet för forskningsprojektet om energiplanering som genomförts i Finspångs kommun har varit att utforma, implementera och utvärdera den process som ska leda fram till en kommunal energiplan. Forskningen har bl. a. omfattat att testa verktyg för strategisk miljöbedömning, medborgarmedverkan och scenariometodik som komponenter i processen.

Syftet med den del av processen (Steg 7 "Miljöanalys") som beskrivs i denna rapport var att testa LCA som metod för kvantitativ miljöanalys av åtgärdsförslag i energiplanen. LCA är ett av de verktyg för kvantitativ miljöanalys som ingår i det ramverk för strategisk miljöbedömning som föreslagits av Finnveden et al (2003). Avsikten har varit att denna miljöanalys ska kunna utgöra en del av den miljökonsekvensbeskrivning som miljöbalken kräver vid miljöbedömning av kommunala energiplaner.

Rapporten beskriver utformning, implementering och resultat av denna kvantitativa miljöanalys. Där så är relevant beskrivs hur den kvantitativa miljöanalysen förhåller sig till processen och dess övriga verktyg och metoder. Dessutom diskuteras och utvärderas användning av LCA inom ramen för processen för energiplanering.

Ingen egentlig tolkning eller värdering av resultaten av LCA analysen görs i denna rapport. Dessa moment täcks in i processens Steg 8 "Värdering och val av handlingsalternativ, vilket beskrivs i projektets processrapport (Björklund et al. 2006). Det slutliga resultatet av energiplaneprocessen, där miljöanalysen utgör en del av underlaget, kommer till uttryck i processens Steg 11 "Sammanställning av energiplanen", vilket genomförs av kommunens tjänstemän. Energiplanen är ännu inte (juni 2007) klar.

## 3 Utformning av den kvantitativa miljöanalysen

### 3.1 Avgränsningar

Enligt lagen om kommunal energiplanering (SFS 1997:439) ska kommunen i sin planering främja hushållningen med energi. En plan ska finnas för tillförsel, distribution och användning av energi i kommunen, och dess inverkan på miljön ska analyseras. Vi har avgränsat miljöanalysen till att omfatta förbrukningen av olika energibärare (el, fjärrvärme och bränslen) inom kommunen. Miljöanalysen omfattar inte annan konsumtion (t ex livsmedel) inom kommunen som indirekt leder till förbrukning av energi.

I projektets processbeskrivning, Steg 7 "Miljöanalys", beskrivs målsättningen med miljöanalysen:

- Analysera miljöpåverkan från dagens energianvändning i Finspång (nulägesbeskrivning).
- Analysera den troliga miljöpåverkan från Finspångs energianvändning år 2020 om ingen energiplan införs (nollalternativ).
- Analysera miljöpåverkan från olika strategier och handlingsvägar för Finspångs framtida energianvändning (alternativa handlingsvägar).
- Ge underlag för att sammanställa ett planförslag för Finspångs framtida energianvändning, vilket i möjligaste mån minimerar miljöpåverkan samtidigt som det är robust och flexibelt.

Miljöanalysen genomfördes med kvantitativa och kvalitativa metoder, beroende på vilken typ av åtgärd och vilken typ av indikator som skulle bedömas. Den kvantitativa miljöanalysen, som byggde på LCA-metodik, beskrivs vidare i denna rapport. För den kvalitativa miljöanalysen hänvisas till projektets processrapport (Björklund et al. 2006).

### 3.2 Nuläge, nollalternativ och alternativa handlingsvägar

Miljökonsekvensbeskrivningen i en energiplan ska göras för planen som sådan och rimliga alternativa utformningar av planen (alternativa handlingsvägar), men också för situationen i kommunen så som den ser ut innan planen genomförs (nulägesbeskrivning), och för utvecklingen i det fall att planen inte genomförs (nollalternativ).

#### 3.2.1 Nulägesbeskrivning

I projektets Steg 1 "Kartläggning" genomfördes en kartläggning av energisystemets fysiska status i Finspångs kommun, med dagens energianvändning, bränslemix och effektiviseringsmöjligheter. Även de politiska förutsättningarna för energisystemet ingick i viss utsträckning i form av miljömål som har inverkan på det kommunala energisystemet. Dagens energisystem analyserades ur både teknisk och miljömässig synpunkt. Denna kartläggning, som resulterade i en nulägesbeskrivning med 2000-2001 som referensår, finns dokumenterad som ett examensarbete från Linköpings Universitet (Eriksson 2004).

En begränsad uppdatering av nulägesbeskrivningen gjordes i samband med den vidare analysen av nollalternativ och alternativa handlingsvägar, vilket beskrivs nedan.

### 3.2.2 Nollalternativ

Ett nollalternativ, d.v.s. utvecklingen i det fall att planen inte genomförs, bygger i regel på prognoser för den framtida utvecklingen om inga förändringar genomförs. Ju längre tidshorisonten är för besluten, desto mer osäker blir emellertid utvecklingen och det blir svårt att göra tillförlitliga prognoser (Börjeson et al. 2006). Tidshorisonten för en energiplan sträcker sig åtminstone ett tiotal år fram i tiden. För att inte låsa utvärderingen till en enda osäker prognos om framtiden, kan man istället arbeta med flera olika scenarier för hur omvärldsutvecklingen kan komma att se ut, s.k. explorativa externa scenarier (*ibid.*).

I projektets Steg 4 "Formulering av omvärldsscenarioer" togs fyra externa scenarier fram. Dessa speglar olika utveckling i omvärlden, exempelvis övergång till alternativa bränslen eller energieffektiviseringar, som kan påverka Finspångs energianvändning. De beskrivs närmare i processrapporten (Björklund et al. 2006). Genom att den möjliga utvecklingen i framtiden beskrivs av fyra olika externa scenarier i stället för en enhetlig prognos, har vi också behövt arbeta med fyra olika nollalternativ, som svarar mot vart och ett av de externa scenarierna. Nollalternativen speglar alltså fyra olika scenarier för hur Finspångs energianvändning kan se ut år 2020 om inga särskilda åtgärder vidtas inom kommunen. Endast redan fattade beslut och trender i omvärlden ingår i nollalternativen.

Förutsättningarna i omvärldsscenarioerna beskrivs endast kvalitativt. För att kunna göra beräkningar av kommunens energianvändning i den kvantitativa miljöanalysen var det därför nödvändigt att precisera vad de innebär kvantitativt för t ex kommunens befolkning, resvanor och konsumtion. Forskargruppen har gjort en rad antaganden som preciserar nödvändiga faktorer i nollalternativen. Dessa antaganden, som beskrivs närmare i Bilaga 2, är gjorda så att de ska överensstämma med den kvalitativa beskrivningen av omvärldsscenarioerna.

### 3.2.3 Alternativa handlingsvägar/åtgärdsförslag

I projektets Steg 5 "Formulering av alternativa handlingsvägar" genererades en mängd förslag till åtgärder i energiplanen. Av dessa bedömdes endast vissa som meningsfulla att analysera med LCA ingick i den kvantitativa miljöanalysen, varav tio slutligen analyserades med LCA. Tillsammans med den kvalitativa miljöanalysen utgjorde detta underlag för den slutliga bedömning som kommunen gjorde vid utformningen av energiplanen.

### 3.2.4 Kvantifiering av nuläge, nollalternativ och åtgärdsförslag

Inför miljöanalysen av nollalternativ och förslag till åtgärder i energiplanen i projektets Steg 7 uppdaterades den kvantitativa miljöanalysen med LCA i nulägesbeskrivningen. Denna uppdatering innebär att 2002 används som referensår då nuläge, nollalternativ och åtgärdsförslag jämförs. Formen för redovisning av kommunens energianvändning i nuläget har likheter med, men är inte den samma, som den modell som användes av Eriksson (2004). Miljöanalysen i nulägesbeskrivningen utgår från kommunens förbrukning av olika energibärare, såsom de redovisas i de kommunala energibalanser som publiceras varje år av Statistiska Centralbyrån (SCB).

För att fungera som underlag till den kvantitativa miljöanalysen måste nollalternativen beskrivas kvantitativt på samma form som nulägesbeskrivningen, d.v.s. i termer av förbrukning av olika energibärare i Finspång enligt det format som ges av de kommunala energibalanserna. I Bilaga 2 återges de resonemang som ligger till grund för kvantifieringen av nollalternativen.

För att kunna jämföra åtgärdsförslagen med nuläget och nollalternativen, beskrivs även de på samma format. Viktiga antaganden rörande de åtgärdsförslag som ingick i den kvantitativa miljöanalysen beskrivs i anslutning till resultaten för vart och ett av åtgärdsförslagen.

### 3.3 Val av indikatorer för miljöanalysen

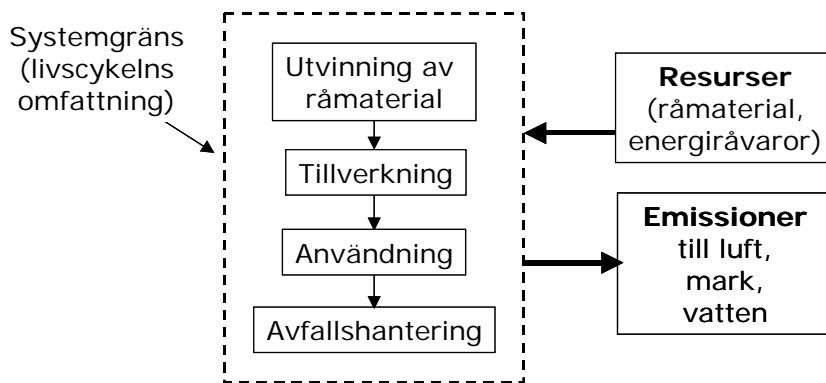
I processens Steg 3 "Ev. beslut om vision och prioritering när det gäller miljöbedömningar" bestämdes att de regionala miljömålen skulle vara utgångspunkt för miljöanalyserna. De mål som bedömdes vara mest relevanta för energisystemet valdes ut och de regionala indikatorerna för dessa mål användes i miljöanalysen. Se processrapporten (Björklund et al. 2006) för en fullständig redovisning av vilka regionala mål och indikatorer som valdes ut.

De regionala indikatorernas karaktär varierar, vilket avgjorde om de kom att ingå i den kvantitativa eller kvalitativa miljöanalysen. LCA, den metod som användes för den kvantitativa miljöanalysen, kan användas till att beräkna emissioner och resursförbrukning för olika processer. Metoden kan däremot inte användas för bedömning av s.k. "mjuka" värden. Den är inte heller lämpad att beräkna halter av olika föroreningar i luft, mark och vatten. Många av de regionala indikatorerna är jämförelsevis entydigt kvantifierbara och lämpade att beräkna med LCA, exempelvis "förbrukning av fossila bränslen" och "utsläpp av klimatgaser". De miljömål vars indikatorer uttrycks som halter av olika föroreningar, exempelvis "halten av svaveldioxid i tätort" inkluderades i den kvantitativa miljöanalysen genom att istället beräkna de totala utsläppen. Övriga indikatorer som av olika skäl var svåra att alls beräkna med LCA ingick i den kvalitativa miljöanalysen.

## 4 Beräkningsmodell för den kvantitativa miljöanalysen

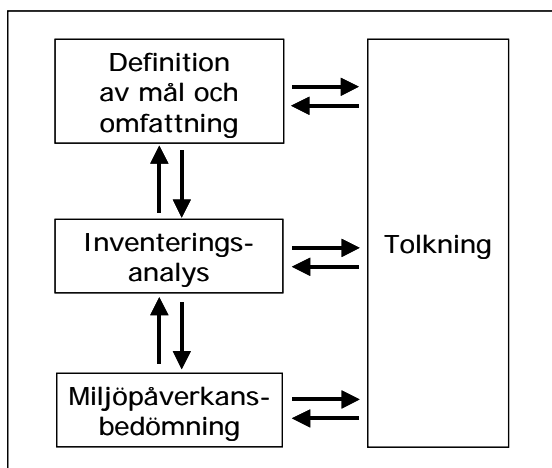
### 4.1 Livscykelanalys (LCA)

Den kvantitativa miljöanalysen gjordes i form av livscykelanalyser (LCA) av kommunens energianvändning i nuläge, nollalternativ och de alternativa handlingsvägarna (åtgärdsförslagen). LCA är ett miljösystemanalytiskt verktyg för att beräkna potentiell miljöpåverkan och resursförbrukning över livscykeln (ISO 2006a; ISO 2006b). En produkts livscykel omfattar alla de processer eller aktiviteter som går att relatera till produkten, från utvinning av råmaterial, via produktion och användning av produkten, till slutligt omhändertagande av avfall.



Figur 1 Schematisk bild av en produkts livscykel

I LCA beräknas, för vart och ett av stegen i livscykeln, resursförbrukning och utsläpp till luft, mark och vatten (Figur 1). Detta steg, som kallas inventeringsanalys, följs av miljöpåverkansbedömning där de potentiella effekterna på miljön till följd av utsläppen beräknas (Figur 2).



Figur 2 LCA-studiens faser (ISO 1997)

De produkter vars potentiella miljöpåverkan ska bedömas är i detta sammanhang de

energibärare som används i kommunen. Livscykeln för dessa sträcker sig från utvinning av energiråvarorna, via förädling och utvinning av energi hos antingen energileverantör eller användare, till i vissa fall avfallsbehandling av restprodukter. Livscykeln omfattar även den nödvändiga infrastrukturen kring leverans och utvinning av energi<sup>3</sup>.

Miljöanalysen av nuläge, nollalternativ och alternativa handlingsvägar omfattar hela kommunens energianvändning och dess miljöpåverkan i ett livscykelperspektiv. För att underlätta analyserna och säkerställa att samma aspekter bedömdes på ett jämförbart sätt i var och en av analyserna, utformades en datormodell i LCA-programvaran SimaPro (PRé Consultants 2004). I modellen beskrivs kommunens användning av energi enligt det format som ges av de kommunala energibalanserna (SCB 2002), där en kommuns slutliga användning av olika energibärare fördelas på ett antal sektorer (Tabell 1) och energibärare (Tabell 2).

**Tabell 1 Sektorer för slutlig användning av energi enligt indelningen i de kommunala energibalanserna (SCB 2002).**

Jordbruk, skogsbruk, fiske	Hushåll, småhus (eluppvärmning särredovisas)
Industri (inkl. byggsektorn)	Hushåll, flerbostadshus
Offentlig verksamhet	Hushåll, fritidshus
Övriga tjänster	

**Tabell 2 Energibärare enligt indelningen i de kommunala energibalanserna (SCB 2002).**

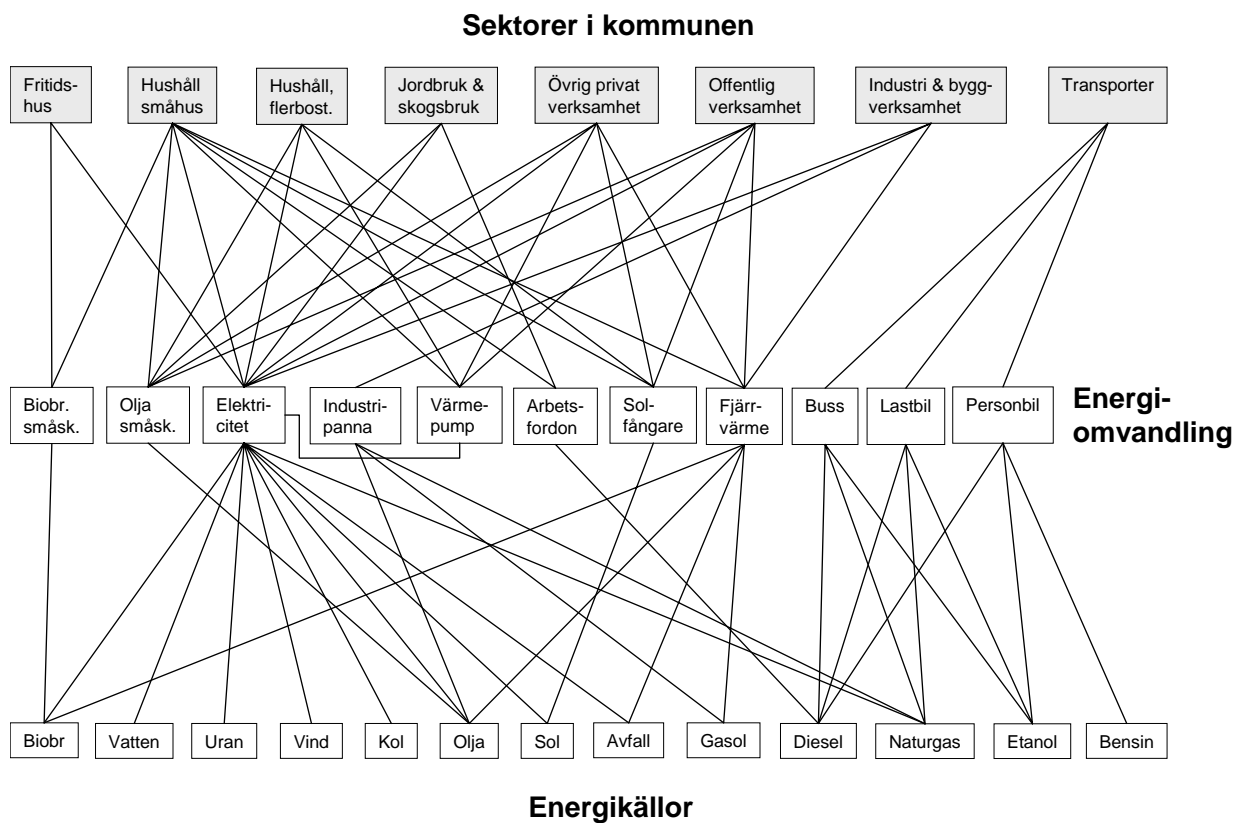
Stenkol	Gasol	Fjärrvärme
Koks	Naturgas	Energi
Bensin	Torv	*Etanol
Diesel	Trädbränsle	*Solvärme
EO1	Avlutar, tall- och beckolja	
EO2-EO5	Avfall	

\* Etanol och solvärme ingår inte som energibärare i de kommunala energibalanserna, däremot i modellens beräkning av energibärare då dessa används i flera av nollalternativen.

För var och en av energibärarna beräknas de direkta emissionerna då de används i kommunen, men också de indirekta emissioner och den indirekta resursförbrukning som uppstår på annat håll då de utvinns, bearbetas och distribueras.

Figur 3 ger en uppfattning om omfattningen för den modell som utvecklades för att beräkna den potentiella miljöpåverkan över livscykeln av Finspångs energianvändning. Figuren visar de bränslen och processer för energiomvandling som ingår i modellen, och i vilka sektorer de används. Ett fåtal mycket små energiflöden har utelämnats ur bilden för att göra den mer läsbar.

<sup>3</sup> Tillgången till data för detta varierar dock mellan olika energislag, se närmare **Error! Reference source not found.** för dokumentation av data.s



**Figur 3** Omfattning av den modell som utvecklades för att analysera miljöeffekterna över livsrymden av Finspångs energianvändning.

Modellen i sin helhet (struktur, data och referenser) beskrivs i Bilaga 1, som finns tillgänglig på hemsidan för Avdelningen för miljöstrategisk analys – fms<sup>4</sup>. I stor utsträckning är data för olika processer för energiomvandling hämtade från IVLs ”Miljöfaktabok för bränslen” (Uppenberg et al. 2001). För vissa processer sker snabb teknisk utveckling, exempelvis m.a.p. driftemissioner från dieselfordon. Ingen hänsyn har dock tagits till den tekniska utvecklingen fram till mållåret 2020. En fördel med att ändå använda samma källa som referens är att processerna är likvärdigt och jämförbart beskrivna.

## 4.2 Redovisande eller konsekvensorienterad LCA

Inom LCA görs skillnad på redovisande respektive konsekvensorienterade analyser. Som namnet antyder innebär en redovisande LCA att man beräknar och redovisar miljöpåverkan för ett system såsom den är vid en viss tidpunkt (kan vara dåtid, nutid, eller framtid). I en konsekvensorienterad LCA är syftet istället att analysera konsekvenserna av att man fattar ett beslut eller inför en förändring av något slag (Ekvall och Weidema 2004).

Vilken typ av analys man väljer beror av studiens syfte. Valet påverkar vilka data man använder, vilket kan ha stor, eller till och med avgörande betydelse för resultaten. Detta illustreras bäst med ett par exempel. I redovisande LCA använder man som regel data som representerar genomsnittet för olika branscher. För att exempelvis göra en redovisande LCA av miljöpåverkan av elförbrukningen i Finspång år 2002, skulle man använda emissionsdata

<sup>4</sup> <http://www.infr.kth.se/fms/publikationer>

för Sveriges genomsnittliga elproduktion det året, ofta kallad svensk medel. I en konsekvensorienterad LCA försöker man istället identifiera vilka konsekvenserna blir av ett beslut eller en förändring. Man räknar då med marginaldata för olika branscher (Ekvall och Weidema 2004). För att göra en konsekvensorienterad LCA av ökad elförbrukning i Finspång år 2002, skulle man använda emissionsdata för det slags elproduktion som skulle öka om Finspång ökade sin förbrukning, ofta kallad marginalel.

I detta projekt har vi använt både redovisande och konsekvensorienterad LCA. I ett första steg har vi jämfört nuläget med nollalternativen i form av redovisande LCAer med medeldata, för att förstå hur miljöpåverkan av kommunens energianvändning i dagsläget skiljer sig från miljöpåverkan om något av de olika nollalternativen inträffar. Denna jämförelse är viktig för att förstå vad de olika nollalternativen innebär för miljön, och för att senare kunna tolka varför effekterna av olika åtgärdsförslag blir som de blir. Redovisande LCA används eftersom det är olika tillstånd – idag och i framtiden – som jämförs.

I nästa steg har vi jämfört nollalternativen utan respektive med åtgärdsförslagen införda. Detta är en analys för att ta reda på konsekvenserna av att man fattar vissa beslut i Finspång, och utformas därför som konsekvensorienterad LCA med marginaldata.

#### **4.2.1 Marginaleffekter i analysen av åtgärder**

En utmaning i konsekvensorienterad LCA är att ta reda på var det uppstår marginaleffekter och vilka dessa är. Det finns förslag till teoretiska modeller för hur man med t.ex. ekonomiska modeller ska ta reda på detta (Ekvall 2000). Det är inget man enkelt gör i praktiken. I detta projekt har vi nöjt oss med resonemang och erfarenheter från tidigare projekt. Vi har bedömt att det finns två områden där marginaleffekterna av att införa åtgärder kan ha särskilt stor betydelse för miljöanalysen; avfallsförbränning och elproduktion.

Ett par åtgärdsförslag medför ökad förbränning av avfall i Finspång. Vi har i dessa fall antagit att ökad förbränning av avfall i Finspång leder till att någon annan anläggning i Sverige eldar mindre avfall och mer biobränsle istället. Detta antagande är i linje med de resonemang som förs i en rapport om strategier för omhändertagande av avfall (Finnveden et al. 2005), och utgår bl.a. från att kapaciteten för avfallsförbränning är fullt utbyggd år 2020, det år för vilket miljöanalysen av åtgärderna görs. I sådana fall blir tillgången på avfall begränsad, så att ökad avfallsförbränning i en enskild anläggning, tvingar fram minskad förbränning av avfall i någon annan anläggning. Totalt sett förblir alltså förbränningen av avfall oförändrad. Enligt samma rapport bedöms biobränsle vara det alternativa bränslet om tillgången till avfall minskar för en enskild anläggning. Samma antaganden görs i alla fyra nollalternativen.

Flera av de åtgärdsförslag vi analyserat påverkar kommunens elförbrukning. Effekterna av ökad eller minskad elförbrukning i kommunen modelleras med förändringar i elproduktionen på marginalen. Vanligtvis gör man det förenklade antagandet att endast ett enskilt energislag påverkas av marginella förändringar av elförbrukningen. Vi har istället använt resultat från en tidigare studie (Mattsson et al. 2006, citerad i Eriksson et al. 2006), där sammansättningen på den s.k. komplexa marginaleden, en kombination av flera olika energislag, under olika förutsättningar räknades fram med energisystemmodeller. Den komplexa marginaleden efterliknar bättre hur små förändringar i elproduktion eller -användning påverkar elmixen, genom att ta hänsyn till både existerande infrastruktur och nyinvesteringar. Vi använde två olika sammansättningar på den komplexa marginaleden från Mattsson et al., som bygger på olika scenarier för bränslepriser och randvillkor. I det ena fallet (A) spelar höga bränslepriser priset en avgörande roll och medför att en stor andel kolkraft förekommer på marginalen. Denna komplexa marginaled används i nollalternativ 1 och 4, som bl.a. präglas av få regleringar på miljöområdet. I det andra fallet finns ett tak för maximalt tillåtna CO<sub>2</sub>-

emissioner, vilket medför en större andel förnybara energikällor. Denna komplexa marginalel används i nollalternativ 2 och 3, som medger mer regleringar på miljöområdet.

**Tabell 3 Sammansättning på den komplexa marginalelen (% av olika energislag) i nollalternativ 1 och 4 (A), respektive nollalternativ 2 och 3 (B) (Mattsson et al. 2006).**

	A (%)	B (%)
Vind	11,32	21,79
Kärnkraft	0	23,09
Biobränsle, kraftvärme	0,53	35,72
Kol, kraftverk	59,99	0,77
Olja, kraftverk	3,03	-1,41
Naturgas, kraftvärme	25,33	19,95
Vattenkraft	-0,21	0,1

### 4.3 Indirekt energiförbrukning för vissa energislag

LCA-modellen utgår alltså från den direkta energiförbrukningen i form av bränslen, el och fjärrvärme i Finspång, såsom den redovisas i SCBs kommunala energibalanser, för att beräkna kommunens totala energiförbrukning och potentiell miljöpåverkan i ett livscykelperspektiv. Total energiförbrukning och miljöpåverkan i ett livscykelperspektiv omfattar även indirekt energiförbrukning och emissioner som uppstår på annat håll då bränslen utvinns, bearbetas och distribueras, inklusive förluster.

Den redovisade direkta energianvändning av fjärrvärme i kommunen omfattar endast mängd distribuerad värme, inte de bränslen som går åt för att producera fjärrvärme. Dessa ingår istället i beräkningen av den indirekta energianvändningen i ett livscykelperspektiv.

För kärnbränsle finns olika sätt att beräkna den indirekta energiförbrukningen. Kärnenergin i uran är avsevärt mycket större än den energi man tillgodogör sig i ett kärnkraftverk. Det skulle därför överskugga all annan energianvändning om man räknar med kärnenergin. Ett annat sätt att räkna är att bokföra endast den energimängd som omvandlas till el. I så fall framstår kärnkraft som att det har verkningsgraden 100 %, vilket inte stämmer eftersom man kyler bort ca 2/3 av den värme som alstras. För att presentera kärnkraft på ett jämförbart sätt med andra bränslen, redovisas därför energiförbrukningen för kärnkraft som den mängd värme kärnbränslet alstrar, d.v.s. 3 ggr den elmängd man får ut. I princip skulle det gå att tillgodogöra sig spillvärmen som fjärrvärme, vilket gör att detta kan vara ett rimligt, men alltså inte odiskutabelt, förhållningssätt.

Inte heller för sol-, vind- och vattenkraft är det uppenbart vad som är den indirekta energiförbrukningen. Verkningsgraden för i synnerhet solceller och vindkraftverk är låg jämfört med andra energiomvandlingsprocesser, men förlusterna i sig inte innebär ngn ”onödig” miljöpåverkan. Därför räknar modellen endast med den mängd energi i sol, vind eller vatten som omsätts till el (eller värme för solpaneler). Det framstår då som att dessa energiomvandlingsprocesser har verkningsgraden 100 %, vilket naturligtvis inte är sant, men ändå verkar vara det mest meningsfulla att redovisa i detta sammanhang.

Även avfall är i det här avseendet speciellt. Råvaruutvinning, tillverkning och användning av produkter innan de blir avfall skulle kunna betraktas som en del av avfallets indirekta påverkan. Dessa steg i livscykeln allokeras till, eller belastar, dock själva produkten. Endast insamlingen av avfall betraktas som en del av avfallets indirekta påverkan. Energiinnehållet i avfall beräknas också. Detta är viktigt att notera för den som annars är van vid LCA studier av

olika metoder för avfallsbehandling. I sådana studier betraktas avfall normalt som en helt "fri" energiråvara, d.v.s. förbränning av avfall betraktas inte som förbrukning av energi, eftersom avfallet anses finnas där under alla omständigheter och syftet är att identifiera den mest effektiva behandlingsmetoden. I denna studie är emellertid avfall ett bränsle bland andra, varför det är viktigt att redovisa även den energi som finns i avfall.

## 5 Resultat

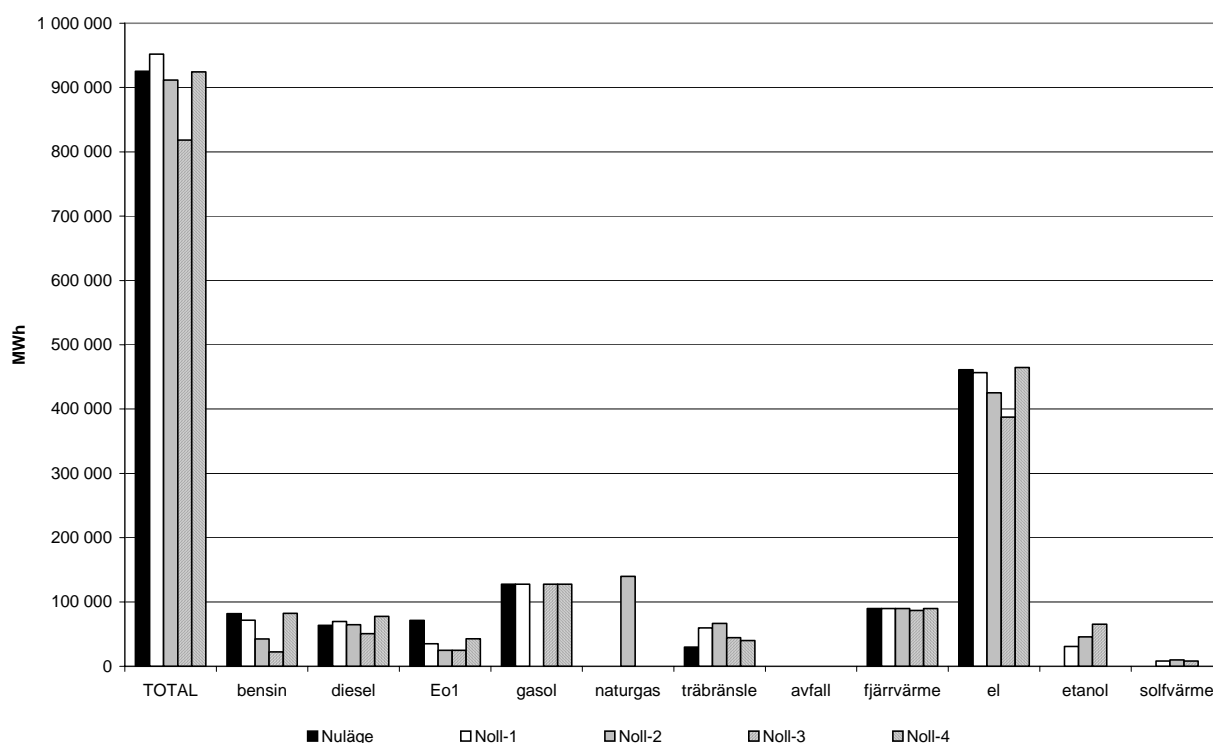
Detta avsnitt redovisar först förbrukningen av energi och potentiell miljöpåverkan i nollalternativen och jämför dessa med nuläget. Dessa resultat är inte i sig själva viktiga för miljöbedömningen av åtgärderna. Däremot är de viktiga för att förstå nästa avsnitt som redovisar effekterna av olika åtgärder då de införs i vart och ett av nollalternativen, som ligger till grund för prioriteringen av olika åtgärdsförslag i energiplanen.

### 5.1 Effekter i nollalternativen jämfört med nuläget

Jämförelsen mellan nuläge och nollalternativ har gjorts i form av redovisande LCA med medeldata (se avsnitt 4.2), vilket innebär att det tänkta tillståndet i respektive nollalternativ jämförs med tillståndet i nuläget.

#### 5.1.1 Direkt energianvändning i nuläge och nollalternativ

Figur 4 presenterar Finspångs direkta energianvändning i nuläget och de fyra olika nollalternativen. Fullständiga uppgifter, fördelat på sektorer och olika energibärare redovisas i Bilaga 3. Uppgifterna om direkt energianvändning i nuläget är hämtade från de kommunala energibalanserna för 2002 (SCB 2002), medan nollalternativen beräknats med LCA modellen.



Figur 4 Direkt energianvändning i Finspång, uppdelat på energibärare.

I nollalternativ 1 ökar den direkta energianvändning marginellt (+3%) jämfört med nuläget. Trots 10 % ökad befolkning slår effektivare el- och värmeanvändning igenom och håller nere energiförbrukningen så att den är nästan oförändrad i de flesta sektorer. Ökade persontransporter per capita ger ökad energiförbrukning i transportsektorn.

I nollalternativ 2 är den direkta energianvändningen i stort sett oförändrad (-1 %) jämfört med nuläget. Trots 10 % ökad befolkning slår minskad användning av el och värme (per capita) igenom och håller nere energiförbrukningen så att den är nästan oförändrad i de flesta sektorer. Ökade persontransporter per capita ger ökad energiförbrukning i transportsektorn.

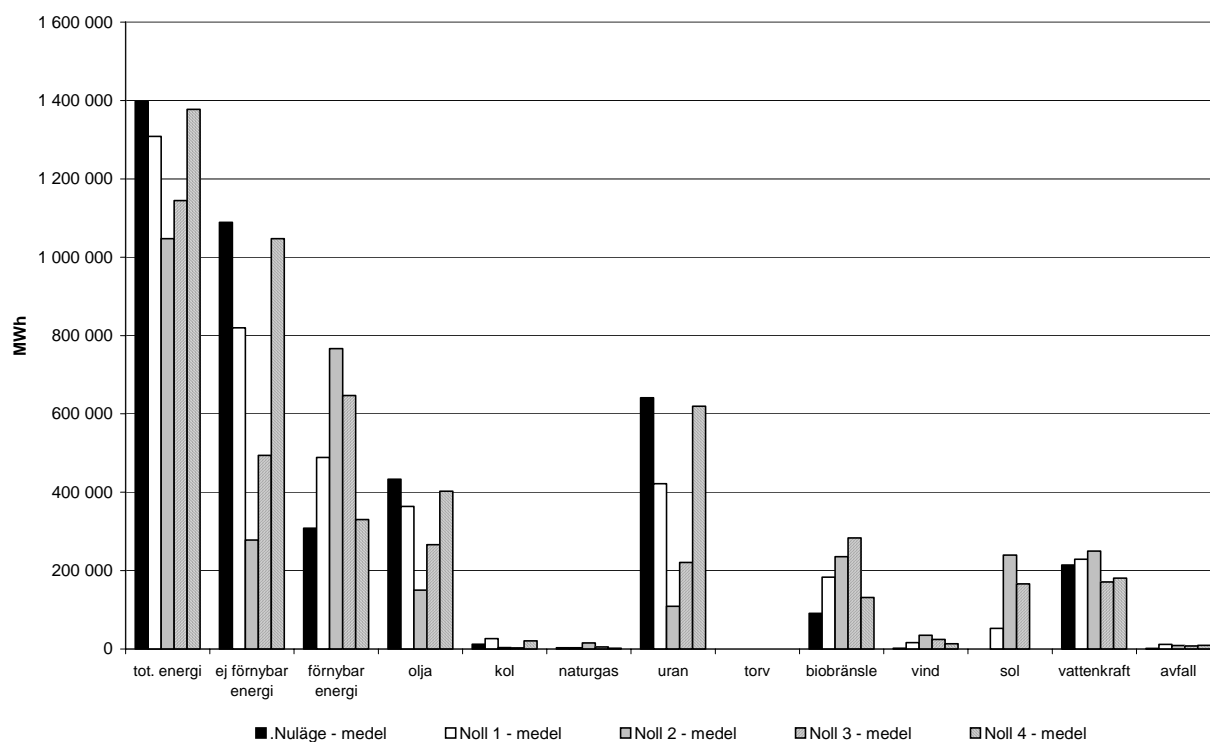
I nollalternativ 3 minskar den direkta energianvändningen (-12 %) jämfört med nuläget. Minskad befolkning, dämpat transportbehov per capita och minskad förbrukning av el och värme per capita bidrar till detta.

I nollalternativ 4 är den direkta energianvändning oförändrad jämfört med nuläget. Minskad befolkning motverkas av ökat transportbehov per capita och ökad förbrukning av el och värme per capita.

### 5.1.2 Total energianvändning i nuläge och nollalternativ

Baserat på kommunens direkta energianvändning enligt ovan, beräknar LCA-modellen den totala energianvändningen i ett livscykelperspektiv. Figur 5 visar total energianvändning i nuläget och nollalternativen. Fullständiga resultat redovisas i Bilaga 4.

Staplarna längst till vänster i diagrammet visar den totala energianvändningen i ett livscykelperspektiv, följt av total energianvändning fördelad på förnybar/icke förnybar energi. Resterande staplar redovisar energianvändningen fördelad på enskilda energikällor.



Figur 5 Total energianvändning i nuläget och nollalternativen.

I nollalternativ 1 minskar den totala energianvändningen (-6 %) jämfört med nuläget, trots att den direkta energianvändningen ökar. Detta sker tack vare övergång till förnybara energikällor utan uppströms förluster av energi (sol, vind, vatten) av det slag som förekommer för förbränningsprocesser och kärnkraft (se avsnitt 4.3 ang. beräkning av total energianvändning i ett livscykelperspektiv).

I nollalternativ 2 minskar den totala energianvändningen (-25 %) jämfört med nuläget, vilket är betydligt mer än minskningen i direkt energianvändning. På samma sätt som i nollalternativ 1 sker detta tack vare övergång till sådana förnybara energikällor som saknar stora uppströms förluster.

I nollalternativ 3 minskar den totala energianvändningen (-18 %) jämfört med nuläget, vilket är i ungefär samma omfattning som minskningen av den direkta energianvändningen. Det sker en övergång till större andel förnybara energikällor, dock i första hand bibränslen, som har uppströms förluster på samma sätt som förbränning av icke förnybara bränslen.

I nollalternativ 4 är den totala energianvändningen i stort sett oförändrad (-1 %) jämfört med nuläget, vilket stämmer väl med den direkta energianvändningen. Fördelningen mellan förnybara och icke förnybara energikällor ändras bara marginellt jämfört med nuläget.

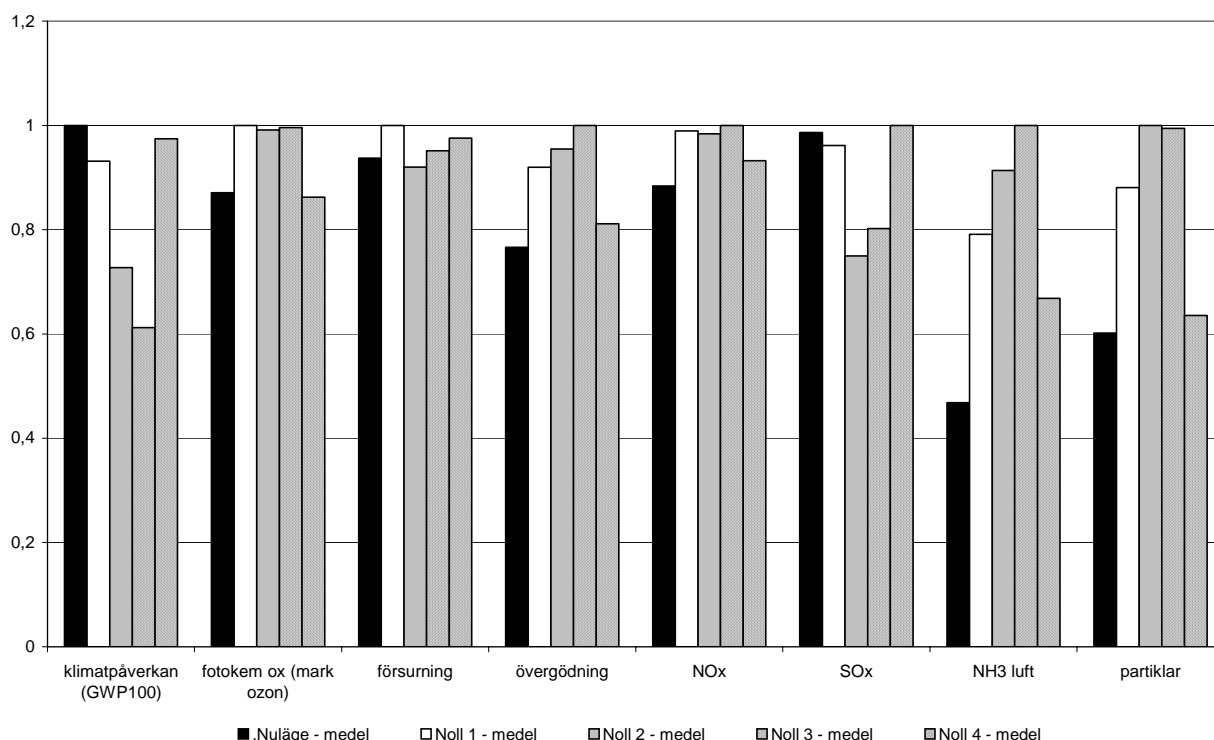
Den totala energianvändningen i ett livscykelperspektiv är alltså mindre än eller ungefär lika stor i samtliga nollalternativ som i nuläget. I nollalternativ 1, 2 och 3 minskar användningen av icke förnybar energi, medan användningen av förnybar energi ökar. Dessa tre nollalternativ medför alltså en utveckling mot ett energisystem som är mer baserat på förnybara bränslen än i nuläget. Detta har betydelse då åtgärdsförslagen bedöms. Åtgärder som leder till stora miljöförbättringar om man skulle jämföra med nuläget, kan få till synes liten effekt då man utvärderar dem i nollalternativen, eftersom energisystemet i nollalternativen redan är mer miljöanpassat än idag.

Om man jämför hur den direkta och totala energianvändningen över livscykeln ändras i nollalternativen jämfört med nuläget, märker man att de inte helt följs åt. I nollalternativen 1, 2 och 3 minskar den totala energianvändningen mer än den direkta energianvändningen. Det kan förklaras med en hög andel förnybara bränslen som saknar uppströms förbrukning av energi (solkraft, solvärme, vindkraft och vattenkraft) i dessa nollalternativ (se avsnitt 4.3).

Bilaga 4 redovisar diagram över hur den totala energiförbrukningen i nuläget och nollalternativen fördels på olika sektorer, samt på olika energislag. Sektorerna ”Industri”, ”Bostäder” och ”Transporter” står för den största andelen av kommunens totala energianvändning i ett livscykelperspektiv. Energi ur uran (kärnkraft) och vattenkraft dominerar i nuläget och nollalternativen 1 och 4, medan nollalternativ 2 främst använder vattenkraft och solenergi, och nollalternativ 3 främst använder bibränslen och uran.

### **5.1.3 Potentiell miljöpåverkan i nuläget och nollalternativen**

Beräkningen av de miljöindikatorer som ingår i miljöanalysen (Figur 6) motsvarar miljöpåverkan från den totala energianvändningen i ett livscykelperspektiv.



**Figur 6 Potentiell påverkan på modellens miljöindikatorer i nuläget och nollalternativen. Figuren visar relativa värden, d.v.s. högsta värdet för varje indikator är satt till 100 %.**

Bilaga 5 redovisar i tabellform den beräknade potentiella miljöpåverkan i nuläget och nollalternativen, fördelat på sektorer. Nedan ges korta förklaringar till vilka processer och emissioner som bidrar till de olika beräknade miljöindikatorerna.

### Växthuseffekt

CO<sub>2</sub> från gasol (naturgas i nollalternativ 2) som används i industrin och från fossila fordonsbränslen utgör i samtliga fall de största bidragen till växthuseffekten. Nollalternativen 2 och 3 har både minskad total energianvändning och minskad andel fossila bränslen jämfört med nuläget, medan nollalternativ 1 i stort sett har oförändrad total energianvändning, men ändå ökad andel förnybara bränslen. Av detta följer något eller kraftigt minskad klimatpåverkan.

### Marknära ozon

CO från småskalig förbränning av biobränsle och SO<sub>x</sub> från eldningsolja utgör i samtliga fall den största bidragande orsaken till bildning av marknära ozon. Med ökad användning av biobränsle i fjärrvärmeverket och i småskalig förbränning i nollalternativ 1, 2 och 3 ökar bildningen av marknära ozon.

### Utsläpp av partiklar

Störst utsläpp av partiklar ges i samtliga fall av småskalig förbränning av biobränsle, vilket ökar i alla nollalternativen. I nollalternativ 1, 2 och 3 ökar utsläppen av partiklar med ökad produktion av etanolbränsle.

## Försurning

SO<sub>x</sub> och NO<sub>x</sub> från diesel i tunga fordon ger det största bidraget till försurning i samtliga fall. Denna indikator förblir relativt oförändrad i alla nollalternativen. Olja till fjärrvärme minskar jämfört med nuläget, men ersätts av en jämförlig påverkan från biobränsle.

## Övergödning och kväveoxider

NO<sub>x</sub> från diesel i tunga fordon ger störst bidrag till försurning och utsläpp av kväveoxider i samtliga fall.

## Svaveloxider

De mest betydande källorna till SO<sub>x</sub> emissioner varierar mycket mellan nuläget och de olika nollalternativen. I nuläget dominerar olja i fjärrvärmeverket. I nollalternativ 1 och 2 dominerar biobränsle i fjärrvärmeverket. I nollalternativ 3 dominerar biobränsle i elproduktion. I nollalternativ 4 dominerar olja till elproduktion. Anmärkningsvärt i nollalternativ 2 och 3 är att solenergi bidrar indirekt med betydande mängder SO<sub>x</sub> genom den el som används vid tillverkning av solpaneler<sup>5</sup>.

## Ammoniak till luft




NH<sub>3</sub> från biobränsle i fjärrvärmeverket dominerar i nuläge samt nollalternativ 1 och 2. I nollalternativ 3 och 4 dominerar biobränsle för elproduktion.

### **5.1.4 Sammanfattning av effekter i nollalternativen jämfört med nuläget**




Tabell 4 sammanfattar de olika nollalternativens energiförbrukning och miljöindikatorer i form av uttryckssymboler (s.k. "Smileys"), som motsvarar en viss förändring relativt nuläget. Underlaget för tolkningen utgörs av tabellerna i Bilaga 3 (direkt energianvändning), Bilaga 4 (total energianvändning) och Bilaga 5 (miljöindikatorer). Dessutom redovisas förändringen i kvoten mellan förnybar och icke förnybar energi, den s.k. energiprofilen.

Gränserna för vad som tolkas som en signifikant ökning eller minskning är satta för att fånga skillnader mellan nollalternativen. Bedömningarna tar inte heller hänsyn till de osäkerheter som siffrorna rymmer.

#### Grafisk tolkning av Direkt energi, Total energi och Energiprofil (förnybar/icke förnybar energi)

-  motsvarar 2 % ökning eller mer
-  motsvarar 2 % minskning eller mer
-  motsvarar mindre än +/- 2 % förändring

#### Grafisk tolkning av Miljöindikatorer

-  motsvarar 10 % ökning eller mer
-  motsvarar 10 % minskning eller mer
-  motsvarar mindre än +/- 10 % förändring

**Tabell 4 Sammanfattning av energianvändning och miljöindikatorer i nollalternativen jämfört med nuläget.**

	Nollalternativ 1	Nollalternativ 2	Nollalternativ 3	Nollalternativ 4
<b>Energi</b>				

<sup>5</sup> Detta bygger emellertid på data för solpaneler framtagna för dagens situation, dvs inte med det betydligt mer förnybara energisystem som råder i övrigt i nollalternativ 2 och 3.

Direkt				
Total				
Profil				
<b>Miljö – LCA</b>				
Klimat				
markozon				
försurning				
övergödning				
Nox				
Sox				
NH3				
Partiklar				

## 5.2 Effekter av åtgärder i de olika nollalternativen

Projektets Steg 5 ”Formulering av alternativa handlingsvägar” resulterade i en mängd förslag till åtgärder i energiplanen. Tio utav dessa förslag har analyserats i den kvantitativa miljöanalysen. Åtgärdsförslagen bedöms genom att för varje nollalternativ beräkna skillnaden i effekter med och utan åtgärden. Detta gjordes i form av konsekvensorienterad LCA med marginaldata (se avsnitt 4.2).

Åtgärdsförslagen så som de formulerades i projektets Steg 5 var ofta ganska allmänt formulerade. För att kunna beräkna deras effekter på energi och miljö i den kvantitativa miljöanalysen var det nödvändigt att göra en del preciseringar om t ex omfattning och teknikval. Dessa preciseringar, som gjordes i samarbete mellan kommunen och forskarna i projektet, presenteras nedan i anslutning till resultaten för vart och ett av åtgärdsförslagen.

Underlaget för tolkningen utgörs av den beräknade direkta energianvändningen (Figur 4 och Bilaga 3), total energianvändning (Figur 5 och Bilaga 4) och miljöindikatorer (Figur 6 och Bilaga 5). Nedan redovisas en sammanfattning av resultaten med ”smileys”, på samma sätt som i jämförelsen mellan nuläget och nollalternativen ovan. Liksom i det fallet är gränserna för vad som tolkas som en signifikant ökning eller minskning pragmatiskt satta för att lyfta fram skillnader mellan åtgärderna. Gränserna har dock i detta fall satts lägre, eftersom varje åtgärd bara införs i en eller ett fåtal sektorer, varför de effekter en enskild åtgärd kan ha på kommunens totala energiförbrukning är mindre. Tabellerna ger en tolkning av varje åtgärds effekter för hela kommunen, för att åtgärdernas betydelse ska kunna ställas i relation till varandra. Nackdelen är att det på så sätt inte framgår om en åtgärd kan vara betydelsefull för en enskild sektor, även om den har liten betydelse för den sammanlagda energianvändningen i kommunen. Resultaten för enskilda sektorer framgår emellertid av de tabeller och bilagor som anges ovan.

### Grafisk tolkning av Direkt energi och Total energi

- motsvarar 0,5 % ökning eller mer
- motsvarar 0,5 % minskning eller mer
- motsvarar mindre än +/- 0,5 % förändring

### Grafisk tolkning av Energiprofil (förnybar/icke förnybar energi) och Miljöindikatorer

- motsvarar 2 % minskning eller mer
- motsvarar 2 % ökning eller mer

☹ motsvarar mindre än +/- 2 % förändring

## 5.2.1 Åtgärd 1: Utbyggd fjärrvärme

### Antaganden vid precisering av åtgärdsförslaget

- I beräkningarna har vi antagit 50 % ökad användning av fjärrvärme i sektorerna Småhus, Flerbostadshus, och Övrigt, i övriga sektorer oförändrat.
- Det totala värmebehovet inom respektive sektor är oförändrat jämfört med nollalternativen (Nollalternativ 1 innebär ökat värmebehov jmf m nuläget, medan nollalternativen 2-4 har mindre värmebehov).
- Det är osäkert om nuvarande förbränningsanläggning räcker för de ytterligare anslutningar som skulle krävas i detta åtgärdsförslag. I beräkningarna har vi inte tagit hänsyn till denna osäkerhet.
- Bränslemixen i fjärrvärmeanläggningen är den samma som i nollalternativen (olja 10 %, träbränsle 45 %, avfall 45 %).

### Kommentarer

- Den enligt åtgärdsförslaget ökade användningen av fjärrvärme konkurrerar med de andra former av uppvärmning som förekommer i de olika i nollalternativen. Vilka dessa olika uppvärmningsalternativ är får stor betydelse för resultaten av LCA-beräkningarna.
- Marginaleffekten av ökad förbränning av avfall i Finspångs värmeverk antas vara minskad förbränning av avfall i värmeverk någon annan stans, vilket kompenseras av motsvarande ökning av förbränning av biobränsle i värmeverk (se inledande metodavsnitt om marginaleffekter).

**Tabell 5 Sammanfattande bedömning av effekter på energi och miljö av Åtgärden "Utbyggd fjärrvärme"**

	Bedömning av effekter om åtgärden införs i			
	Nollalternativ 1	Nollalternativ 2	Nollalternativ 3	Nollalternativ 4
<b>Energi</b>				
direkt	☹	☹	☹	☹
total	☹	☹	☹	☹
profil	☹	☹	☹	😊
<b>Miljö – LCA</b>				
klimat	☹	☹	☹	☹
markozon	☹	☹	☹	☹
försurning	☹	☹	☹	☹
övergödning	☹	☹	☹	☹
NOx	☹	☹	☹	☹
SOx	☹	☹	☹	☹

NH3	☹	☹	☹	☹
partiklar	☺	☺	☺	☺

**Energi, direkt:** Eftersom värmebehovet är oförändrat i detta åtgärdsförslag, påverkas i stort sett inte den direkta energiförbrukningen. (Eftersom beräkningen av direkt energi som fjärrvärme endast omfattar levererad mängd värme, d.v.s. ej inkluderar förluster i värmeverket, sker en marginell minskning, dock mindre än 0,5 % av kommunens direkta energiförbrukning).

**Energi, total:** Även total energiförbrukning i ett livscykelperspektiv är i stort sett oförändrad, både inom berörda sektorer och inom Finspång som helhet. Detta förklaras av att åtgärden ju förutsätter konstant behov av uppvärmning.

**Energi, profil:** Åtgärden lämnar fördelning förnybar/icke förnybar energi oförändrad i nollalternativ 1, 2 och 3, medan det i nollalternativ 4 sker en förskjutning mot ökad användning av förnybar energi på bekostnad av en liten minskning av icke förnybar energi.

**Miljö, LCA:** Åtgärden leder till minskade utsläpp av partiklar i samtliga nollalternativ, eftersom partikelemissionerna är lägre per MJ från fjärrvärme än för småskalig eldnings av biobränsle, även i moderna pannor, vilka är de som antas minska vid utbyggt fjärrvärme.

## 5.2.2 Åtgärd 2: Satsning på kraftvärme

### Antaganden vid precisering av åtgärdsförslaget

- Åtgärdsförslaget påverkar inte den direkta energiförbrukningen i Finspång, men berör indirekt alla de sektorer som använder fjärrvärme.
- Kraftvärmeproduktion antas ske från både avfall och biobränsle i fjärrvärmeverket.
- Värmeunderlaget antas oförändrat, d.v.s. produktionen av fjärrvärme är den samma som i nollalternativen. Eftersom kraftvärmeverket även producerar el ökar bränsleförbrukning.
- Vi bortser från eventuella begränsningar i kapacitet i anläggningen.
- De befintliga avfalls- och biopannorna byggs om med tekniken "Flash-box", vilket är förhållandevis enkelt men ger lågt alfavärde (0,1). Detta alternativ finns beskrivet i ett examensarbete från Linköpings Tekniska Högskola (Ekoff och Lund 2005).
- Eftersom brännbart avfall antas vara en bristvara, leder ökad förbränning av avfall i Finspång till motsvarande minskning i ngn annan anläggning, åtföljd av ökad användning av biobränsle (se avsnitt 4.2.1 "Marginaleffekter i analysen av åtgärder"). Nettoeffekten blir alltså ökad förbränning av biobränsle.
- Den el som utvinns i kraftvärmeverket ersätter annan elproduktion, den s.k. komplexa marginaelen (se avsnitt 4.2.1 ang. marginaelen).

**Tabell 6 Sammanfattande bedömning av effekter på energi och miljö av Åtgärden "Satsning på kraftvärme"**

	Bedömning av effekter om åtgärden införs i			
	Nollalternativ 1	Nollalternativ 2	Nollalternativ 3	Nollalternativ 4
Energi				

<b>direkt</b>	-	-	-	-
<b>total</b>	😊	😊	😊	😊
<b>profil</b>	😊	😊	😊	😊
<b>Miljö – LCA</b>				
<b>klimat</b>	😊	😊	😊	😊
<b>markozon</b>	😊	😊	😊	😊
<b>försurning</b>	😊	😊	😊	😊
<b>övergödning</b>	😊	😊	😊	😊
<b>NOx</b>	😊	😊	😊	😊
<b>SOx</b>	😊	😞	😞	😊
<b>NH3</b>	😊	😞	😞	😊
<b>partiklar</b>	😊	😊	😊	😊

#### Förklaring till tolkning:

**Energi, direkt:** Denna åtgärd har ingen effekt på den direkta energianvändningen i Finspång, eftersom den inte påverkar energiförbrukning hos kommunens olika sektorer.

**Energi, total:** Åtgärden har inte heller någon effekt på den totala energiförbrukningen i ett livscykelperspektiv.

**Energi, profil:** Kraftvärme produceras från biobränsle och avfall (vilket indirekt antas leda till ökad förbränning av biobränsle enligt antagandena om marginaleffekter). Alltså sker en ökad förbrukning av förnybar som ersätter icke-förnybara energilag.

**Miljö, LCA:** Utsläppen av klimatgaser minskar i nollalternativ 1 och 4, främst p.g.a. att el från kraftvärme ger mindre utsläpp än den elproduktion som ersätts (den komplexa marginalen). I nollalternativ 2 och 3 är istället utsläppen av SO<sub>x</sub> och NH<sub>3</sub> högre från el från kraftvärme än från den el som ersätts.

### 5.2.3 Åtgärd 3: Mer kollektivresor

#### Antaganden vid precisering av åtgärdsförslaget

Åtgärden innebär samma totala resebehov (personkm) som i nollalternativen, men större andel kollektivresande (75 % buss, 2 % bil).

#### Kommentarer

De förslag till åtgärder på transportområdet som togs fram i projektet var i stor utsträckning kvalitativa med osäkert genomslag. Eftersom det är svårt att göra miljöbedömningar av dessa förslag analyserar vi istället resultatet av ett opreciserat åtgärds paket, vilket antas leda till samma resebehov som i nollalternativet, men större andel kollektivresande.

Tabell 7 Sammanfattande bedömning av effekter på energi och miljö av Åtgärden ”Mer kollektivresor”

	Bedömning av effekter om åtgärden införs i			
	Nollalternativ 1	Nollalternativ 2	Nollalternativ 3	Nollalternativ 4
<b>Energi</b>				
<b>direkt</b>	😊	😊	😊	😊
<b>total</b>	😊	😊	😊	😊
<b>profil</b>	😐	😊	😐	😊
<b>Miljö – LCA</b>				
<b>klimat</b>	😊	😊	😊	😊
<b>markozon</b>	😊	😊	😊	😊
<b>försurning</b>	😞	😞	😞	😞
<b>övergödning</b>	😞	😞	😞	😞
<b>NO<sub>x</sub></b>	😞	😞	😞	😞
<b>SO<sub>x</sub></b>	😊	😊	😊	😊
<b>NH<sub>3</sub></b>	😐	😐	😐	😐
<b>partiklar</b>	😊	😊	😊	😐

Förklaring till tolkning:

**Energi, direkt:** Den direkta energiförbrukningen minskar eftersom förbrukningen av bränsle per personkm minskar.

**Energi, total:** Den totala energiförbrukningen minskar eftersom förbrukningen av bränsle minskar.

**Energi, profil:** Andelen förnybart bränsle i transportsektorn ökar något i nollalternativ 2 och 4 då andelen kollektivresor ökar.

**Miljö, LCA:** Minskad förbrukning av bränsle får positivt genomslag för klimatgaser, markozon, SO<sub>x</sub> och partiklar. Däremot är utsläppen av NO<sub>x</sub> mycket högre per förbrukad mängd bränsle från bussar än från personbilar, vilket får genomslag trots att bränsleförbrukningen minskar. Detta påverkar även försurning och övergödning.

### 5.2.4 Åtgärd 4: Vedeldningsriktlinjer för gamla pannor

Antaganden vid precisering av åtgärdsförslaget

- Åtgärden antas få 100 % genomslag, d.v.s. riktlinjerna medför att alla gamla eldstäder eldas mer effektivt.
- Åtgärdsförslaget påverkar inte energiförbrukning, endast emissioner från de sektorer där vedeldning i gamla pannor förekommer, d.v.s. 95 % av vedeldning i Småhus och Fritidshus.

- Övriga sektorer med småskalig träbränsleeldning i nollalternativen antas endast ha nyinstallerade pellets pannor, vars emissioner inte påverkas av vedeldningsriktlinjerna.
- Emissioner från gamla pannor eldade enligt vedeldningsriktlinjerna modelleras m.h.a. av data för vanlig vedkamin om man undviker påtagligt dåliga eldningsförhållanden, enligt data från projektet Biobränsle-Hälsa-Miljö (BHM) (Boman et al. 2005).

**Tabell 8 Sammanfattande bedömning av effekter på energi och miljö av Åtgärden ”Vedeldningsriktlinjer för gamla pannor”**

	Bedömning av effekter om åtgärden införs i			
	Nollalternativ 1	Nollalternativ 2	Nollalternativ 3	Nollalternativ 4
<b>Energi</b>				
direkt	-	-	-	-
total	-	-	-	-
profil	-	-	-	-
<b>Miljö – LCA</b>				
klimat	☺	☺	☺	☺
markozon	☺	☺	☺	☺
försurning	☹	☹	☹	☹
övergödning	☹	☹	☹	☹
NOx	☹	☹	☹	☹
SOx	☹	☹	☹	☹
NH3	☹	☹	☹	☹
partiklar	☺	☺	☺	☺

Förklaring till tolkning:

**Miljö, LCA:** Vedeldningsriktlinjerna leder till bättre förbränning i gamla pannor, vilket innebär lägre emissioner av CO, NMVOC, CH<sub>4</sub> och partiklar.

### 5.2.5 Åtgärd 5: Främja pellets pannor i st.f. värmepumpar

Antaganden vid precisering av åtgärdsförslaget

- Antag att all värme som i nollalternativen ges av värmepumpar i sektorerna Offentlig verksamhet, Övriga tjänster, Småhus och Flerbostadshus istället ges av pellets pannor.
- Pellets pannor modelleras m.h.a. av data på emissioner från pellets kamin enligt data från projektet Biobränsle-Hälsa-Miljö (BHM) (Boman et al. 2005).

**Tabell 9 Sammanfattande bedömning av effekter på energi och miljö av Åtgärden ”Pellets i st. f. värmepumpar”**

	Bedömning av effekter om åtgärden införs i
--	--------------------------------------------

	Nollalternativ 1	Nollalternativ 2	Nollalternativ 3	Nollalternativ 4
<b>Energi</b>				
<b>direkt</b>	☹️	☹️	☹️	☹️
<b>total</b>	☹️	☹️	😊	☹️
<b>profil</b>	😊	😊	😊	😊
<b>Miljö – LCA</b>				
<b>klimat</b>	😊	😊	😊	😊
<b>markozon</b>	😊	☹️	☹️	☹️
<b>försurning</b>	😊	☹️	😊	☹️
<b>övergödning</b>	😊	☹️	😊	☹️
<b>NOx</b>	😊	☹️	😊	☹️
<b>SOx</b>	😊	☹️	☹️	☹️
<b>NH3</b>	😊	☹️	☹️	😊
<b>partiklar</b>	☹️	☹️	☹️	☹️

#### Förklaring till tolkning:

**Energi, direkt:** Den direkta energiförbrukning ökar när man byter elförbrukning i värmepumpar mot småskalig eldning av pellets, eftersom värmepumpar enligt modellen ger ett värmeutbyte på 3 ggr elförbrukningen (värme från omgivningen räknas inte in i direkt energiförbrukning).

**Energi, total:** Även den totala energiförbrukningen över livscykeln ökar, trots att den inkluderar elens uppströms förbrukning av energiråvaror. Detta beror på att vissa av de energislag som ingår i elmixen saknar uppströms energiförbrukning (sol, vind, vatten).

**Energi, profil:** Även om energiförbrukningen ökar, innebär åtgärden att delvis fossilbaserad elproduktion ersätts av pellets.

**Miljö, LCA:** Åtgärden leder till övervägande negativa effekter på miljöindikatorerna, eftersom den småskaliga förbränningen av biobränslen ger högre utsläpp än den el till värmepumpar som den ersätter. I detta sammanhang är det viktigt att notera att den marginalet som ersätts i modellen inte motsvarar den s.k. topplastmarginal som det delvis är fråga om, då värmepumpar körs mest då det är som kallast på året. Effekterna av att övergå till pelletspannor kan därmed vara mer positiva än de som beräknats.

### 5.2.6 Åtgärd 6: Enskilda solfångare på småhus

#### Antaganden vid precisering av åtgärdsförslaget

- Åtgärden gäller endast småhus för vilka inkoppling på fjärrvärmenätet inte är aktuellt.
- Enligt en inventering i kommunen finns det 1 527 st. småhus (de allra flesta för permanent boende) för vilka inkoppling på fjärrvärme inte är aktuellt. En konservativ uppskattning av energibesparingspotentialen är 2 MWh/villa/år (gäller gammal villa m dygnslagring, upp till 6

MWh/h i nya villor, källa: Energimyndigheten). Den totala potentialen uppskattas därmed till 3054 MWh/år.

- Antag samma förbrukning av fjärrvärme som i nollalternativen. Resterande värmebehov tillgodoses i första hand med solvärme enligt uppskattningar ovan, övrigt värmebehov fördelas på samma sätt som i nollalternativen.

**Tabell 10 Sammanfattande bedömning av effekter på energi och miljö av Åtgärden ”Enskilda solfångare på småhus”**

	Bedömning av effekter om åtgärden införs i				
	Nollalternativ 1	5.2.6.1.1.1	Nollalternativ 2	Nollalternativ 3	Nollalternativ 4
<b>Energi</b>					
<b>direkt</b>	☹		☹	☹	☹
<b>total</b>	☹		☹	☹	☹
<b>profil</b>	☹		☹	☹	☹
<b>Miljö – LCA</b>					
<b>klimat</b>	☹		☹	☹	☹
<b>markozon</b>	☹		☹	☹	😊
<b>försurning</b>	☹		☹	☹	☹
<b>övergödning</b>	☹		☹	☹	☹
<b>NOx</b>	☹		☹	☹	☹
<b>SOx</b>	☹		☹	☹	☹
<b>NH3</b>	☹		☹	☹	☹
<b>partiklar</b>	☹		☹	☹	☹

Förklaring till tolkning:

**Energi, direkt, total, profil:** Effekterna på energiförbrukning och profil är mkt små. Förbrukningen av icke förnybara energislag minskar till förmån för solenergi, men inte i tillräcklig omfattning för att slå igenom i tabellen ovan. Enligt modellen fordras 0,13 MJ icke förnybar energi för att generera 1 MJ solvärme.

**Miljö, LCA:** Åtgärden får mycket måttliga positiva effekter på miljöindikatorerna. Endast minskningen av markozon minskar i sådan omfattning att det får genomslag i tabellen ovan.

## 5.2.7 Åtgärd 7: Individuell mätning och fakturering i flerbostadshus

Antaganden vid precisering av åtgärdsförslaget

- Vi antar att värmebehovet i sektorn ”Flerbostadshus” minskar med 15 % relativt nivåerna i respektive nollalternativ. Enligt uppgifter i rapporten ”Individuell värmemätning i svenska flerbostadshus” (Berndtsson, 2003) uppnår man normalt 10-20% besparingar vid individuell mätning och debitering av både värme och vatten.

- Antag 100 % genomslag, d.v.s. hela sektorn uppnår denna energibesparing.

**Tabell 11 Sammanfattande bedömning av effekter på energi och miljö av Åtgärden ” Individuell mätning och fakturering i flerbostadshus”**

	Bedömning av effekter om åtgärden införs i			
	Nollalternativ 1	Nollalternativ 2	Nollalternativ 3	Nollalternativ 4
<b>Energi</b>				
<b>direkt</b>	😊	😊	😊	😊
<b>total</b>	😊	😊	😊	😊
<b>profil</b>	😞	😐	😐	😞
<b>Miljö – LCA</b>				
<b>klimat</b>	😐	😐	😐	😐
<b>markozon</b>	😐	😊	😐	😐
<b>försurning</b>	😐	😐	😐	😐
<b>övergödning</b>	😐	😐	😐	😐
<b>NOx</b>	😐	😐	😐	😐
<b>SOx</b>	😐	😊	😊	😐
<b>NH3</b>	😐	😊	😊	😐
<b>partiklar</b>	😐	😊	😊	😐

Förklaring till tolkning:

**Energi, direkt, total:** Åtgärden innebär en minskning av både den direkta och totala energiförbrukningen.

**Energi, profil:** Även om andelen förnybar energi minskar i nollalternativ 1 och 4, innebär detta ingen negativ effekt av åtgärden, eftersom energiförbrukningen minskar totalt.

**Miljö, LCA:** Åtgärden har positiva effekter för samtliga miljöindikatorer, om än ofta i så liten omfattning att det inte får genomslag i tabellen ovan.

## 5.2.8 Åtgärd 8: Energieffektivisering av befintliga bostäder

Antaganden vid precisering av åtgärdsförslaget

- Åtgärdsförslaget innebär effektiviseringar i sektorerna Småhus och Flerbostadshus.
- I SAME studien (Naturvårdsverket 1999) bedömdes potentialen för energieffektivisering från 1993 till 2020; el (ej uppvärmning): 50-80%; värme (inkl elvärme) ca 30 %.
- Vi antar 50 % besparing av el (ej värme) och 20 % besparing av värme (inkl el till värme) i bostäder jämfört med nuläget (2002). I de nollalternativ som redan antas ha uppnått besparingar jämfört med nuläget blir de beräknade besparingarna till följd av åtgärden därför mindre.

Tabell 12 Sammanfattande bedömning av effekter på energi och miljö av Åtgärden ”Energieffektivisering av befintliga bostäder”

	Bedömning av effekter om åtgärden införs i			
	Nollalternativ 1	Nollalternativ 2	Nollalternativ 3	Nollalternativ 4
<b>Energi</b>				
<b>direkt</b>	😊	😊	😊	😊
<b>total</b>	😊	😊	😊	😊
<b>profil</b>	😐	😊	😐	😞
<b>Miljö – LCA</b>				
<b>klimat</b>	😊	😊	😊	😊
<b>markozon</b>	😊	😊	😊	😊
<b>försurning</b>	😊	😊	😊	😊
<b>övergödning</b>	😊	😊	😊	😊
<b>NOx</b>	😊	😊	😊	😊
<b>SOx</b>	😊	😊	😊	😊
<b>NH3</b>	😊	😊	😊	😊
<b>partiklar</b>	😊	😊	😐	😊

Förklaring till tolkning:

**Energi, direkt, total:** Åtgärden innebär en minskning av både den direkta och totala energiförbrukningen.

**Energi, profil:** Även om andelen förnybar energi minskar i nollalternativ 1 och 4, innebär detta ingen negativ effekt av åtgärden, eftersom den förbrukningen minskar totalt.

**Miljö, LCA:** Åtgärden får positivt genomslag för samtliga miljöindikatorer.

### 5.2.9 Åtgärd 9: Etanoldrivna kommunbilar

Antaganden vid precisering av åtgärdsförslaget

- Åtgärden innebär att samtliga kommunens bilar körs på etanol.
- I modellen antas samma bränsleförbrukning (MJ/km) för bensin- och etanoldrivna bilar.
- År 2004 upphandlades ca 185 000 liter bensin till kommunens bilar (Strannelid 2006), motsvarande 1672,4 MWh (9,04 MWh/m<sup>3</sup>, enl. STEM). Denna energimängd ersätts i modellen av E85 (15 % bensin och 85 % etanol från vete).

Kommentarer

I dagsläget är brasiliansk etanol från sockerrör vanligast. Vi antar att det inte är en långsiktig lösning att tillgodose etanolbehovet i Sverige.

Tabell 13 Sammanfattande bedömning av effekter på energi och miljö av Åtgärden ”Etanoldrivna kommunbilar”

	Bedömning av effekter om åtgärden införs i			
	Nollalternativ 1	Nollalternativ 2	Nollalternativ 3	Nollalternativ 4
<b>Energi</b>				
direkt	☺	☺	☺	☺
total	☺	☺	☺	☺
profil	☺	☺	☺	☺
<b>Miljö – LCA</b>				
klimat	☺	☺	☺	☺
markozon	☺	☺	☺	☺
försurning	☺	☺	☺	☺
övergödning	☺	☺	☺	☺
NOx	☺	☺	☺	☺
SOx	☺	☺	☺	☺
NH3	☺	☺	☺	☺
partiklar	☺	☺	☺	☺

Förklaring till tolkning:

**Energi, direkt, total:** Varken kommunens direkta eller totala energiförbrukning påverkas av åtgärden.

**Energi, profil:** Andelen förnybar energiförbrukning ökar något, men inte i tillräcklig omfattning för att slå igenom i tabellen ovan.

**Miljö, LCA:** Åtgärden får ingen beräknad effekt på miljöindikatorerna.

### 5.2.10 Åtgärd 10: Byt utebelysning till lågenergilampor

Antaganden vid precisering av åtgärdsförslaget

- Byte av utebelysning påverkar energiförbrukningen i sektorn Offentlig verksamhet.
- De gamla lamporna förbrukar 140 W, de nya 70 W. Ca 1 700 lampor återstår att byta. Lystiden är ca 4000 h per år (Strannelid 2006).
- Vi antar att samtliga återstående lampor byts ut, besparingen blir då:
  - o  $1700 * 70 \text{ W} * 4000 \text{ h} = 476 \text{ MWh}$

Tabell 14 Sammanfattande bedömning av effekter på energi och miljö av Åtgärden ”Byt utebelysning till lågenergilampor”

	Bedömning av effekter om åtgärden införs i
--	--------------------------------------------

	Nollalternativ 1	Nollalternativ 2	Nollalternativ 3	Nollalternativ 4
<b>Energi</b>				
<b>direkt</b>	😊	😊	😊	😊
<b>total</b>	😐	😐	😐	😐
<b>profil</b>	😐	😐	😐	😐
<b>Miljö – LCA</b>				
<b>klimat</b>	😐	😐	😐	😐
<b>markozon</b>	😐	😐	😐	😐
<b>försurning</b>	😐	😐	😐	😐
<b>övergödning</b>	😐	😐	😐	😐
<b>NOx</b>	😐	😐	😐	😐
<b>SOx</b>	😐	😐	😐	😐
<b>NH3</b>	😐	😐	😐	😐
<b>partiklar</b>	😐	😐	😐	😐

Förklaring till tolkning:

**Energi, direkt:** Åtgärden leder naturligt till minskad direkt energiförbrukning i kommunen.

**Energi, total:** Den totala energiförbrukningen över livscykeln minskar inte i sådan omfattning att det får genomslag i tabellen ovan.

**Energi, profil:** Åtgärden har ingen påtaglig inverkan på fördelningen förnybar/icke förnybar energi.

**Miljö, LCA:** Åtgärden påverkar inte miljöindikatorerna i sådan omfattning att det får genomslag på tabellen ovan.

## 6 Diskussion

Forskningsprojektets övergripande syfte har varit att utforma, implementera och utvärdera den process som ska leda fram till en kommunal energiplan. Det specifika syftet med den del av processen (Steg 7 "Miljöanalys") som beskrivs i denna rapport var att testa LCA som metod för kvantitativ miljöanalys av åtgärdsförslag i energiplanen, med avsikten att denna miljöanalys ska kunna utgöra en del av den miljökonsekvensbeskrivning som miljöbalken kräver vid miljöbedömning av kommunala energiplaner (populärt kallat strategisk miljöbedömning).

Denna rapport är i första hand en resultatredovisning, men en kort diskussion förs ändå kring vad LCA kan tillföra i energiplanering, hur LCA fungerar som en del av processen och den praktiska användbarheten av LCA i detta sammanhang.

Däremot förs ingen vidare diskussion kring LCA-resultaten som sådana eller vilka prioriteringar detta bör innebära för kommunen. Detta täcks in i processens Steg 8 "Värdering och val av handlingsalternativ, vilket beskrivs i projektets processrapport (Björklund et al. 2006). Det kommer dessutom till uttryck i processens Steg 11 "Sammanställning av energiplanen", vilket genomförs av kommunens tjänstemän. Energiplanen är ännu inte (juni 2007) klar.

### 6.1 Vad LCA kan tillföra energiplanering?

I framförallt två avseenden förväntades LCA bidra till förbättrad miljöanalys i energiplanering; bättre helhetssyn vid utvärdering av miljöeffekter och bättre underlag för jämförande analyser mellan alternativ.

#### 6.1.1 Helhetssyn

Stenlund (2006) noterade snäva systemgränser som en brist i miljöbedömningen av energiplaner, d.v.s. att emissioner och effekter som ligger utanför kommunens gränser inte hanteras på ett konsekvent och systematiskt sätt. Detta var ett viktigt skäl till att LCA, som på ett systematiskt sätt inkluderar direkta och indirekta effekter över livscykeln, valdes som verktyg för kvantitativ miljöanalys i processen. Finnveden et al (2003) föreslår också i sitt ramverk för strategisk miljöbedömning att LCA används som verktyg för kvantitativa miljöanalyser.

Studien har visat att det går att föra in ett livscykelperspektiv vid analyser av den typ av åtgärder som kan ingå i en kommunal energiplan, dock inte utan vissa svårigheter. De svårigheter som uppstått har dock för det mesta inte berott på objektet som sådant, utan är snarast att betrakta som inneboende svårigheter i LCA.

Den första utmaningen var att omsätta omvärldsscenarierna och åtgärdsförslagen i något som gick att räkna på, d.v.s. att göra kvantitativa antaganden som motsvarade den kvalitativa beskrivningen av omvärldsscenarierna och åtgärderna från workshoparna. Diskussioner inom framförallt forskargruppen, men också med stöd från kommunens tjänstemän i kommunspecifika frågor, mynnade ut i inbördes konsistenta antaganden. Dessa kvantifierade antaganden kan ändå alltid diskuteras och ifrågasättas. Ett visst mått av detta behöver alltid göra i LCA, men det blev särskilt utpräglat i detta projekt, då processen genererade fyra olika kvalitativa men relativt komplexa omvärldsscenarioer som skulle användas i den kvantitativa miljöanalysen.

En återkommande svårighet i LCA som involverar jämförande analyser av olika energisystem är att identifiera vilka bränslen och energiomvandlingstekniker som konkurrerar med varandra, för att göra antaganden om vilka bränslen som ersätts då ett nytt införs, vilka som försvinner om energianvändningen minskar, eller vilka som tillkommer då energianvändningen ökar. Dessa problem sattes på sin spets i detta projekt, där energianvändningen påverkades av olika åtgärder på både hushålls- och kommunnivå. Dessa antaganden gjordes här genom diskussioner inom projektgruppen, men underlag skulle även kunna tas fram genom att använda olika energisystemmodeller.

LCA är (oftast) en icke platsspecifik metod, vilket bl. a. innebär att de data man använder för att beräkna emissioner från olika anläggningar eller processer inte är specifikt anpassade till de objekt man analyserar. Det behöver inte vara ett problem, om man bara är uppmärksam på att inte använda orealistiskt avvikande data, då noggrannare datainsamling kan bli nödvändigt. Det kan ändå leda till att resultaten ifrågasätts.

Att LCA inte är platsspecifikt innebär också att det inte automatiskt redogörs var de emissioner och effekter som beräknas uppstår. Det finns inget i princip som hindrar att man håller reda på detta i LCA, men då modellerna i allmänhet är mkt stora innebär det praktiska svårigheter. Detta kan betraktas som ett problem för användning av LCA i energiplanering, då de effekter en energiplan hanterar normalt rör sig på kommunnivå, medan LCA redogör för de totala emissionerna och effekterna på global nivå.

Här uppstår också problem för kommunen hur de ska hantera den information som det vidgade systemperspektiv i LCA ger. Dels saknar de direkt rådighet över de processer som sker utanför kommunen, även om de indirekt kan påverka dessa genom beslut inom kommunen. Genom att använda LCA i miljöanalysen signalerar men även att kommunen ska ta ansvar på emissioner och miljöeffekter utanför kommunens gränser, något som såklart är önskvärt men absolut inte självklart. När vi valde att använda regionala indikatorerna för Sveriges miljö kvalitetsmål blev det uppenbart att man inte ens på nationell nivå hanterar denna problematik, eftersom dessa mål är formulerade med ett svenskt perspektiv. Det finns heller inget uttalat krav att ta miljöhänsyn med ett livscykelperspektiv i lagen om energiplanering eller i miljöbalkens krav på miljöbedömning av kommunala energiplaner.

Ändå är just detta fördelen med att använda LCA i miljöanalysen. Oavsett om kommunen i slutändan tar global hänsyn då den beslutar om åtgärder i energiplanen, blir det tydligt vilka både de direkta och indirekta effekterna blir av olika åtgärder.

### **6.1.2 Underlag för jämförande analyser**

LCA erbjuder metodik för att systematiskt beskriva olika alternativ på samma format, vilket är en förutsättning för den jämförande analys som krävs i lagen om miljöbedömning av planer och program. Exakt hur alternativen beskrivs, med vilken detaljeringsgrad, kan anpassas från fall till fall. I detta projekt valde vi att arbeta med det format som ges av SCBs kommunala energibalanser (KOMENBAL), vilket gav en förenklad men lättöverskådlig struktur i den slutliga jämförande analysen. Däremot krävdes en hel del beräkningar vid sidan av, innan vart och alternativ kunde uttryckas på KOMENBAL format. Om denna typ av analyser av energiplaner ska göras mer regelmässigt kan ändå detta format rekommenderas.

## **6.2 Hur fungerar LCA som en del av processen?**

Med LCA som en del av processen menas hur LCA fungerade som ”en pusselbit” tillsammans med de övriga metoder och tekniker som ingick i den process för energiplanering som testades i projektet.

Den fråga som framförallt blev aktuell var hur kvantitativ LCA ska förhålla sig till de kvalitativt omvärldsscenerierna och åtgärdsförslagen. Teoretiskt fungerade de olika metoderna som just pusselbitar och kompletterade varandra och fungerade i följd där så var tänkt. Men praktiskt finns en del metodmässiga svårigheter eller frågor att ta ställning till.

Såsom diskuterades ovan, var det i många fall svårt att översätta kvalitativa omvärldsscenerier och åtgärdsförslag till kvantitativa antaganden. Möjligen kan detta arbete underlättas genom att antalet parametrar som måste beaktas reduceras om man noga överväger vilka som kan påverka resultaten. Genom att redan vid workshoparna där scenarier och åtgärdsförslag genererades ha en lista över de parametrar som behöver kvantifieras för LCA, skulle man kunna säkerställa att ingen nödvändig information saknas när man senare gör kvantifieringen, eller t o m göra kvantifieringen redan vid workshoptillfället.

I detta projekt visade det sig vara relativt små skillnader mellan de olika nollalternativen, varför det kanske inte var motiverat att räkna med lika många nollalternativ som omvärldsscenerier, alternativt att omvärldsscenerierna borde ha gjorts mer avvikande. Ett annat sätt kan vara att göra färre (två?) omvärldsscenerier, i vilka någon eller några enstaka parametrar varieras ytterligare som känslighetsanalyser. Det skulle väsentligt reducera beräkningsarbetet.

På samma sätt kan man i efterhand se att vissa av åtgärdsförslagen var så pass icke-komplexa beräkningsmässigt, att det var överflödigt att analysera dessa med LCA. Åtgärder som handlar om effektivisering för minskad energianvändning kan så gott som alltid förväntas ge miljöförbättringar, även om en viss omflyttning av miljöpåverkan såklart kan ske, t.ex. vid införande av lågenergilampor. Å andra sidan är denna typ av åtgärd enkel att räkna på, och det kan betraktas som ett mervärde att faktiskt kvantifiera hur stor miljövinsten blir, särskilt om man vill sätta den i förhållande till den ekonomiska kostnaden.

### 6.3 Är LCA praktisk användbart i detta sammanhang?

En fråga man inte kan väja för är vilken den praktiska användbarheten av LCA är i detta sammanhang. Det handlar om både databehov och –tillgänglighet; behov av resurser i form av tid och kompetens; och resultatens kommunicerbarhet, användbarhet och innehåll i förhållande till lagkrav.

För att börja bakifrån, kan man konstatera att miljöbalken kräver någon form av miljökonsekvensbeskrivning vid miljöbedömning av kommunala energiplaner. LCA är en möjlig metod, men de resultat man får med LCA är å ena sidan mer omfattande än vad som krävs genom sitt vida systemperspektiv, å andra sidan klara inte LCA att analysera samtliga de kategorier av miljöpåverkan som lagen kräver. Metoden måste därför kompletteras med andra analyser för att ge en komplett, dock inte nödvändigtvis LCA.

Resultatens användbarhet och kommunicerbarhet är i stor utsträckning beroende av hur de presenteras. I detta projekt valde vi att presentera resultaten som s.k. uttryckssymboler, eller ”smileys”. Det gör att den sammanfattande bedömningen går snabbt att överblicka, med underliggande detaljer bara framkommer i den mån de kommenteras i tillhörande texter. I LCA läggs stor vikt vid transparens, d.v.s. att all information ska dokumenteras noga. Alla data och antaganden finns därför dokumenterade i omfattande bilagor, men dessa är naturligt nog svåra att tränga in i. Det är därför oerhört viktigt att de som ska använda resultaten är delaktiga i diskussioner om viktiga modellantaganden, även om de inte faktiskt genomför analyserna.

Behovet av resurser, både tid och kompetens, var större i detta projekt än vad som rimligen kan motiveras i en normal process för kommunal energiplanering. Det är helt naturligt, då det var ett forskningsprojekt med tidigare oprövade metoder. Det behöver inte självklart förbli så om LCA skulle användas mer regelmässigt för miljöanalys i energiplaner i Sverige. Erfarenheter från detta projekt skulle kunna användas till att utveckla en mer ”strömlinjeformad” process.

## 7 Referenser

- Björklund, A., Finnveden, G., Dreborg, K-H., Johansson, J., Mårtensson, A., Stenlund, J., Viklund, P., och Wiklund, H. (2006) Energiplanering med strategisk miljöbedömning i Finspång. *Linköpings Universitet, LiTH-IKP--06/1418—SE.*
- Boman, C., Nordin, A., Öhman, M., Boström, D. och Westerholm, R. (2005) Emissions from small-scale combustion of biomass fuels - extensive quantification and characterization. STEM-BHM (P12648-1 and P21906-1), *Energy Technology and Thermal Process Chemistry Umeå Universitet och Analytical Chemistry, Arrhenius Laboratory Stockholms Universitet.*
- Börjeson, L., Höjer, M., Dreborg, K-H., Ekvall, T., och Finnveden, G. (2006) Scenario types and techniques: Towards a user's guide. *Futures*, 38, 723-739.
- Ekoff, P och Lund, J. (2005) Potential för elproduktion vid befintliga värmeanläggningar i Östergötlands län – inventering och beräkning. Examensarbete, *Energisystem/Miljöteknik, Linköpings Tekniska Högskola.*
- Ekvall, T. (2000) A market-based approach to allocation at open-loop recycling. *Resources, Conservation and Recycling*, 29, 91-109.
- Ekvall, T. och Weidema, B.P. (2004) System Boundaries and Input Data in Consequential Life Cycle Inventory Analysis. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 9(3), 161-171.
- Eriksson, O. (2004) Analys av ett lokalt energisystem och dess miljöpåverkan – Nulägesbeskrivning av Finspångs energisystem. Institutionen för onstruktions och produktionsteknik, Linköpings Universitet, LITH-IKP-Ex—04/2170—SE.
- Eriksson, O., Finnveden, G., Ekvall, T., och Björklund, A. (2006) Life cycle assessment of fuels for district heating: A comparison of waste incineration, biomass- and natural gas combustion. *Energy Policy, In Press.*
- Finnveden, G., Nilsson, M., Johansson, J., Persson, Å., Moberg, Å., och Carlsson, T. (2003) Strategic environmental assessment methodologies – applications within the energy sector. *Environmental Impact Assessment Review*, 23, 91-123.
- Hochschorner, E. och Finnveden, G. (2003) Evaluation of two simplified Life Cycle Assessment methods. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 8, 119-128.
- Hochschorner, E. och Finnveden, G. (2006) Life Cycle Approach in the Procurement Process: The Case of Defence Materiel. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 11(3), 200-208.
- ISO (2006a) Environmental management – Life cycle assessment – principles and framework. International Standard ISO 14040:2006.
- ISO (2006b) Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines. International Standard ISO 14044:2006.
- Mattsson, N., Unger, T., Ekvall, T., 2006. Effects of perturbations in a dynamic system—the case of Nordic power production. *Journal of Industrial Ecology*, submitted for publication.
- Naturvårdsverket (1999) Hållbar energiframtid? : långsiktiga miljömål med systemlösningar för el och värme : slutrapport från SAME-projektet - Samarbete för ett uthålligt energisystem. Rapport 4965, *Naturvårdsverket*, Stockholm.
- PRé Consultants (2004) SimaPro 6 Analyst ©, *PRé Consultants.*

SCB (2002) Kommunal energibalans för Finspångs kommun 2002. Hämtade från [http://www.scb.se/templates/Product\\_24622.asp](http://www.scb.se/templates/Product_24622.asp)

Stenlund, J. (2006) Plan and Reality - Municipal energy plans and development of local energy systems. Licentiatavhandling, *Environmental Technology and Management, Department of Mechanical Engineering, Linköpings Universitet.*

Strannelid, P (2006) Personlig kommunikation, Per Strannelid, *Finspångs kommun.*

## Bilaga 1 Modellstruktur och -data

Bilaga 1 redovisar modellens struktur och data.

Bilaga 1 finns tillgänglig för nedladdning på hemsidan för Avdelningen för miljöstrategisk analys – fms:

<http://www.infr.kth.se/fms/publikationer>

## Bilaga 2 Antaganden vid kvantifiering av nollalternativ

Nollalternativen avser att spegla utvecklingen i Finspång år 2020 i det fall att inga åtgärder i energiplanen genomförs. Situationen i Finspång påverkas av utvecklingen i omvärlden och nollalternativen måste ta hänsyn till detta. Kvalitativa antaganden om olika möjliga omvärldsutvecklingar gjordes i processens Steg 4 "Formulering av omvärldsscenarioer". I detta steg utformades fyra olika omvärldsscenarioer, vilket medfört att vi arbetat med fyra olika nollalternativ.

För att kunna göra den kvantitativa miljöanalysen var det nödvändigt att "översätta" kvalitativa antaganden om omvärldsscenarioer i kvantitativa faktorer avseende exempelvis befolkningsmängd, resvanor, bränslen och energianvändning.

Nedan följer korta redogörelser för hur forskargruppen omsatt de kvalitativa antagandena i de fyra omvärldsscenarioerna (Sc-1 - Sc-4) i kvantifierade uppgifter om befolkningsmängd, resande, bränslen och energianvändning i Finspång i de fyra olika nollalternativen (Noll-1 - Noll-4).

### Befolkning

År 2004 minskade Finspångs befolkning 0,2 %. Med samma takt är prognosen för perioden 2004-2014 är en minskning med 4 %<sup>6</sup>.

Befolkningen antas öka med 10 % relativt nuläget i Noll-1 och Noll-2, respektive minska 10 % relativt nuläget i Noll-3 och Noll-4.

Antagandet förklaras av att Sc-1 och Sc-2 beskriver en omvärldsutveckling där en lugn livsstil med social och geografisk förankring värderas högt. Det blir då mer attraktivt bo kvar i och även flytta till Finspång, därav befolkningsökningen. Prioritering av valmöjligheter, omväxling och konsumtion i Sc-3 och Sc-4 gör istället att de senaste årens mönster med befolkningsminskning fortsätter i ökande takt.

### Persontransporter (bil och buss)

Bil och buss tillgodoser tillsammans det totala behovet av persontransporter, räknat som personkm (pkm) (cykel och fot ej inkluderat). För vart och ett av nollalternativen görs antaganden om en procentuell förändring av transportbehovet per person jmf med nuläget, beroende på livsstil, var man arbetar och ekonomiskt konsumtionsutrymme. Det totala behovet av persontransporter i Finspång beräknas sedan genom att multiplicera transportbehovet per person med befolkningsmängden. Dessutom görs antaganden om hur persontransporterna fördelas mellan bil och buss.

Vi antar i medeltal 1,6 resande per bil, och 22 resande per buss, baserat en rapport från Vägverket<sup>7</sup>.

Regionförstoring gör att fler arbetspendlar till andra orter i Noll-1 och Noll-2, vilket ökar behovet av persontransporter. Ökningen dämpas av höga bränslepriser, minskat konsumtionsutrymme och lugn livsstil, vilket ger färre resor på fritiden och större andel resor

---

<sup>6</sup> *Befolkningsprognos för Finspång*. Statistikon AB, 2004.

<sup>7</sup> *Emissionsjämförelser mellan buss och bil*. Vägverket, 2001:51.

med buss i både Noll-1 och Noll-2 än i nuläget. Bättre kollektivtrafik i Noll-2 ger ännu större andel resor med buss.

Arbetsresornas längd i Noll-3 och Noll-4 antas vara oförändrade jämfört med nuläget. Resandet dämpas av höga bränslepriser i Noll-3, men detta motverkas av omväxlande livsstil. Höga bränslepriser och bättre kollektivtrafik i Noll-3 ger större andel resor med buss. I Noll-4 dämpas ökningen av oljepriserna genom energiskattesänkningar, vilket medger ökat fritidsresande och större andel persontransporter med bil.

**Tabell 15** Transportbehov per person jämfört med nuläget (%). Effekt av befolkningsökning/ minskning tillkommer då totala persontransportvolymen beräknas i modellen. Fördelning bil/buss (%).

	Nuläge	Noll-1	Noll-2	Noll-3	Noll-4
Persontransporter (bil+buss) rel Nuläge (%)	100	125	125	100	115
varav bil (%)	70	60	50	50	80
varav buss (%)	30	40	50	50	20

Fördelningen mellan olika typer av bilar och bussar är en följd av allmän teknikutveckling och pris på bränslen. Priset styrs av det faktiska marknadspriset, skatter och subventioner. Etanol är det icke-fossila bränsle som antas få i särklass störst genomslag. För personbilar bortser vi från mindre vanliga fordonstyper (vätgas, el, hybrid), då de antas ha för litet genomslag för att ha betydelse fram till 2020. På samma sätt bortser vi från vätgasbussar. Biogas utesluts efter diskussioner i projektgruppen, då biogasproduktion inte anses troligt i Finspång i något av nollalternativen.

Råoljepriserna ökar i samtliga nollalternativ, vilket leder till minskad användning av petroleumbaserade bränslen. Andelen dieselfordon ökar, då dessa är effektivare och teknikutveckling har lett till renare förbränning. Andelen icke-fossila bränslen (etanol) är högst i Noll-2 och Noll-3 till följd av offentlig reglering (stadsstöd till alternativbränslen, skatter på fossila bränslen). Naturgas får stor betydelse i Noll-2 till följd av skattelättnader. Prisökningen på råolja dämpas i Noll-4 av sänkta energiskatter, varför alternativa bränslen inte får något genomslag.

**Tabell 16** Fördelning (%) mellan olika fordonstyper, personbilar.

	Nuläge	Noll-1	Noll-2	Noll-3	Noll-4
Bensin (%)	95	70	50	40	80
Diesel (%)	5	10	15	10	20
Etanol (%)	0	20	35	50	0

**Tabell 17** Fördelning (%) mellan olika fordonstyper, bussar.

	Nuläge	Noll-1	Noll-2	Noll-3	Noll-4
Diesel (%)	100	85	50	50	100
Etanol (%)	0	15	20	50	0
Naturgas (%)	0	0	30	0	0

## Godstransporter, lastbil

Godstransporterna antas minska i Noll-1 och Noll-2 till följd av minskade produktionsvolymerna i industrin i Finspång och minskad konsumtion, medan de ökar i Noll-3 och Noll-4 till följd av bibehållen produktionsvolym och ökad konsumtion. Skattelättnader för fossila bränslen i Noll-4 gör att de tillåts öka mer än i Noll-3. Fördelningen av fordonstyper följer enligt samma motiveringar som för bilar och bussar ovan.

**Tabell 18 Godstransporter med tung lastbil jämfört med nuläget (%). Fördelning diesel/etanol (%).**

	Nuläge	Noll-1	Noll-2	Noll-3	Noll-4
km lastbil totalt rel Nuläge (%)	100	80	80	110	130
varav diesel (%)	100	85	80	50	100
varav etanol (%)	0	15	20	50	0

## Naturgas

Naturgas antas finnas tillgängligt endast i Noll-2. I detta Nollalternativ används naturgas dels för bussdrift (se nedan), samt som ersättning för gasol i industrin.

## Fjärrvärme

Mixen av bränslen i nuläget motsvarar 2002<sup>8</sup>, då avfallspannan ännu inte tagits i bruk. I nollalternativen ingår avfallsförbränning i den omfattning som planeras gälla då verksamheten är fullt utbyggd. Samma bränslemix antas gälla i samtliga nollalternativ.

**Tabell 19 Bränslemix i fjärrvärme i nuläget och nollalternativen.**

Energitillförsel	Nuläge. [MWh] resp. (%)	Nollalternativen (%)
Eo1	28193 (27%)	10
gasol	9109 (9%)	0
träbränsle	59519 (57%)	45
värmepumpar	7280 (7%)	0
avfall	0 (0%)	45

## Uppvärmning

Antaganden görs om behovet av uppvärmning, samt fördelning mellan olika värmekällor.

Förbrukningen av fjärrvärme i de olika sektorerna antas vara densamma i Nollalternativen som i Nuläge. Fjärrvärme subtraheras från det totala värmebehovet i respektive sektor, varefter resterande värmebehov fördelas mellan övriga värmekällor. Värmekällorna antas vara ngt olika i olika sektorer, vilket framgår av tabellen nedan.

Minskad uppvärmning (per person och sektor) antas i Noll-1, Noll-2 och Noll-3, som en följd av ökande bränslepriser (vilket stimulerar sparande och effektiviseringar). I Noll-2 och Noll-3 görs dessutom extra stadsstödda satsningar på energieffektiv teknik, varför besparingarna är större i dessa två Nollalternativ. Starkare statlig reglering av konsumtion i Noll-3 ger

<sup>8</sup> Bränslemix enligt *Kommunala energibalansserk*, SCB 2002.

ytterligare något lägre värmeförbrukning. I Noll-4 däremot fortsätter energianvändningen att öka till följd av sänkta energiskatter.

**Tabell 20 Behov av uppvärmning rel Nuläge (%). Effekt av befolkningsökning/minskning tillkommer.**

	Nuläge	Noll-1	Noll-2	Noll-3	Noll-4
Behov (per person), rel Nuläge (%)	100	95	85	80	110

**Tabell 21 Fördelning mellan olika värmekällor (resterande, efter att fjärrvärme räknats bort).**

	Nuläge	Noll-1	Noll-2	Noll-3	Noll-4
<b>Småhus</b>					
varav el, värmepump (%)	0	11	14	12	21
varav el, direkt (%)	34*	23	3	3	32
varav panna, träbr (%)	44	45	67	67	31
varav panna, olja (%)	22	9	0	0	16
varav solfångare (%)	0	11	17	18	0
<b>Flerbostadshus, Offentl, Övr (privat verks)</b>					
varav el, värmepump (%)	0	15	14	13	32
varav panna, träbr (%)	0	59	69	69	45
varav panna, olja (%)	100	12	0	0	23
varav solfångare (%)	0	15	17	19	0
<b>Jordbruk</b>					
varav panna, träbr (%)	0	83	100	100	78
varav panna, olja (%)	100	17	0	0	22

\* direktverkande el och el till värmepumpar

Hänsyn tas till olika verkningsgrader då behovet av insatt bränsle/el beräknas. Värmebehov som tillgodoses med värmepump antas kräva insats av 1/3 el, oljepanna har verkningsgrad 0,91 (IVL rapport B1334B-2), träbränslepanna har verkningsgrad 0,8 (IVL rapport B1334B-2).

Vid uppvärmning med småskalig biobränsle antas i Nuläge att 5% eldar i miljögodkända pannor. I Nollalternativen antas att dagens kapacitet av gamla pannor finns kvar, men att all kapacitetsökning sker med miljögodkända pannor. (I ngt fall minskar behovet jmf m Nuläge, då sker all uppvärmning med enbart gamla pannor).

## Elanvändning och -produktion

Antaganden görs om användning av el (ej uppvärmning). Samma procentuella förändring antas, mkt förenklat, ske i alla sektorer.

Minskad elanvändning (per person och sektor) antas i Noll-1, Noll-2 och Noll-3, som en följd av ökande bränsle priser (vilket stimulerar sparande och effektiviseringar). I Noll-2 och Noll-3 görs dessutom extra stadsstödda satsningar på energieffektiv teknik, varför besparingarna är större i dessa två Nollalternativ. Starkare statlig reglering av konsumtion i Noll-3 ger ytterligare något lägre elförbrukning. Potentialen för elbesparingar har bedömts vara större än för värme. Utbyggd kärnkraft och sänkta energiskatter i Noll-4 medger ökad elanvändning.

**Tabell 22 Elanvändning rel Nuläge (%). Effekt av befolkningsökning/minskning tillkommer.**

	Nuläge	Noll-1	Noll-2	Noll-3	Noll-4
Behov (per person), rel Nuläge (%)	100	90	80	75	120

Antaganden görs om sammansättningen på svensk s.k medelel. Nuläge har beräknats utifrån SCB statistik. Som jämförelse finns data för 1999 på lämpligt LCA format från IVL rapport 1334B-2.

**Tabell 23 Sammansättning på svensk medelel och marginael.**

El från	Nuläge % av tot	Noll 1 % av tot	Noll 2 % av tot	Noll 3 % av tot	Noll 4 % av tot
vattenkraft	45,8	50,0	58,3	43,8	38,9
kärnkraft	45,7	30,7	8,3	18,8	44,4
vindkraft	0,4	3,6	8,3	6,3	2,8
kraftvärme, olja	2,4	3,0	0	0	5,1
kraftvärme, kol	2,3	5,0	0	0	4,0
kraftvärme, naturgas	0,5	1,0	5,0	0	1,0
kraftvärme, biobränsle	2,0	3,0	10,0	23,0	2,0
oljekondens	0,7	0	0	0	0
kolkondens	0	0	0	0	0
kraftvärme, gasol	0	0	0	0	0
kraftvärme, avfall	0,3	2,3	1,8	1,8	1,8
solceller	0	1,4	8,3	6,3	0
Marginael	oljekondens	Kol	kärnkraft	kärnkraft	kol

## Emissionsfaktorer, småskalig förbränning av biobränsle

Inom forskningsprogrammet "Utsläpp och Luftkvalitet" med underprogrammet "Biobränsle, Hälsa, Miljö" (BHM) har gjorts mätningar av emissioner från småskalig förbränning av biobränslen. Tester gjordes dels för en vanlig vedkamin (P-märkt), dels för två pelletsaminer (P-märkta). Försöken gjordes under olika betingelser, både normal eldning och mer extrema förhållanden. I LCA-modellen används följande (fetstilta i tabellerna nedan):

### "Träbränsle, villapanna, gammal"

Modelleras enligt BHM-data för "*Vedkamin, alla mätningar, medel*" (gäller 95% av småskalig förbränning av träbränsle i Nuläge).

### "Träbränsle, villapanna, gammal, optimerad"

Modelleras enligt BHM-data för "*Vedkamin, normal förbränning, medel*" (används i Åtgärdsförslag om vedeldningsriktlinjer).

### "Träbränsle, villapanna, modern"

Modelleras enligt BHM-data för "*Pelletsamin, alla mätningar, medel*" (gäller 5% av småskalig förbränning av träbränsle i Nuläge, samt all nyinstallation av småskaliga biobränslepannor)

**Tabell 24 Vedkamin (mg/MJ bränsle) (Boman et al, 2005)**

	Alla mätningar			Endast normal förbränning		
	medel	max	min	medel	max	min
CO	3800	7700	1200	2600	3600	1200
TOCa	1200	4800	310	600	1000	310
NOx	50	71	37	52	71	37
NMVOG	600	2500	18	100	200	18
Metan	430	1700	9.9	73	136	9.9
PMtot	160	350	37	110	170	37
PAHtot	36	220	1,3	3,6	9,7	1,3

**Tabell 25 Pellets-kamin, alla mätningar (mg/MJ bränsle)**

	medel	max	min
CO	332,5	810	79
TOC	19,175	69	3,2
NOx	59	65	52
NMVOG	6,775	22	0,85
Methane	6,575	18	0,67
PMtot	28	46	15
PAHtot	0,06325	0,33	0,002

Av tabellerna framgår att det är stor spridning i mätresultaten. TPS och SP kommer på uppdrag av Naturvårdsverket att ta fram emissionsfaktorer för småskalig bibränsleförbränning (klart 051231). Dessa kommer att vara mer tillförlitliga, men det är inte säkert att vi kommer hinna använda dem.

## Bränsleförbrukning, fordon

Tenkikutveckling m a p tex förbättrade verkningsgrader kommer med i modellerna i ngn mån genom de antaganden som görs om minskad el- och värmeförbrukning. Däremot används samma processmodeller för beräkning av emissioner i Nuläge och Nollalternativ. Givetvis kommer dessa att förbättras en del till 2020, men det rymms helt enkelt inte inom ramen för detta projekt att ta fram sådana data.

### Bränsleförbrukning, bilar

Bensinbil: 3,4 MJ/km (Blinge 1996), 2,86 MJ/km (MTBE, Blinge 1997), 2,64 MJ/km (Blinge 1996), 2,86 MJ/km (MTBE, Blinge 1997)

Dieselbil : 2,43 MJ/km (Blinge 1997)

Etanolbil : 2,86 MJ/km (Blinge 1997), 3,55 MJ/km (Gartmeister 2000)

### Bränsleförbrukning, bussar

Dieselbuss: 14,9 MJ/km (Blinge 1996)

Etanolbuss: 14,07 MJ/km (Blinge 1997); 19,4 MJ/km (Almemark et al 1996); 18,2 MJ/km (Ericson och Odén 1999)

Biogasbuss: 18,5 MJ/km (Blinge 1996); 18,8 MJ/km (Blinge 1997); 12,44 MJ/km (Nilsson 2000)

Naturgasbuss: 18,5 MJ/km (Blinge 1996); 18,8 MJ/km (Blinge 1997)

### **Bränsleförbrukning, lastbil**

Diesellastbil: 14,07 MJ/km (Blinge 1997)

Etanollastbil: (antar samma som buss) 14,07 MJ/km (Blinge 1997); 19,4 MJ/km (Almemarck et al 1996); 18,2 MJ/km (Ericson och Odén 1999)

## Bilaga 3 Direkt energianvändning i nuläge & nollalternativ

Tabell 26 redovisar den beräknade direkta användningen av olika energibärare i nuläge och i nollalternativ. Tabell 27 redovisar samma siffror, men fördelade på användning i olika olika sektorer.

**Tabell 26 Direkt energianvändning (MWh) i Finspång, fördelat på energibärare. Procentuell förändring relativt nuläget inom parentes.**

MWh	Nuläge	Nollalternativ 1	Nollalternativ 2	Nollalternativ 3	Nollalternativ 4
SUMMA	926178	951993 (+3%)	911720 (-1%)	818216 (-12%)	929597 (0%)
<i>bensin</i>	81871	71598 (-13%)	42618 (-48%)	22316 (-73%)	82124 (0%)
<i>diesel</i>	63713	69435 (+9%)	64571 (+1%)	50567 (-21%)	77565 (+22%)
<i>Eo1</i>	71203	35173 (-51%)	24790 (-65%)	24790 (-65%)	42748 (-40%)
<i>gasol</i>	127634	127634 (0%)	0 (-100%)	127634 (0%)	127634 (0%)
<i>naturgas</i>	0	0 (0%)	139854 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
<i>träbränsle</i>	29629	59706 (+102%)	66826 (+126%)	44343 (+50%)	40049 (+35%)
<i>avfall</i>	15	0 (-100%)	0 (-100%)	0 (-100%)	0 (-100%)
<i>fjärrvärme</i>	89768	89768 (0%)	89768 (0%)	86726 (-3%)	89768 (0%)
<i>el</i>	461345	456729 (-1%)	425291 (-8%)	387419 (-16%)	464576 (+1%)
<i>etanol</i>	0	30780 -	45456 -	65595 -	0 0
<i>solvärme</i>	0	8174 -	9985 -	8013 -	0 -

**Tabell 27 Direkt energianvändning (MWh) i Finspång, fördelat på sektorer och energibärare. Procentuell förändring relativt nuläget inom parentes.**

MWh	Nuläge	Nollalternativ 1	Nollalternativ 2	Nollalternativ 3	Nollalternativ 4
<b>Jord- och skogsbruk</b>					
Summa	15599	15470 (-1%)	14804 (-5%)	14432 (-7%)	16987 (+9%)
<i>diesel</i>	8653	8653	8653	8653	8653
<i>Eo1</i>	3561	564	0	0	1338
<i>träbränsle</i>	0	3207	3443	3241	2934
<i>el</i>	3385	3047	2708	2539	4062
<b>Industri och byggverksamhet</b>					
Summa	469452	469437 (0%)	469437 (0%)	469437 (0%)	469437 (0%)
<i>diesel</i>	8673	8673	8673	8673	8673
<i>Eo1</i>	24790	24790	24790	24790	24790
<i>gasol</i>	127634	127634	0	127634	127634
<i>naturgas</i>	0	0	127634	0	0
<i>avfall</i>	15	0	0	0	0
<i>fjärrvärme</i>	36568	36568	36568	36568	36568
<i>el</i>	271772	271772	271772	271772	271772
<b>Offentlig verksamhet</b>					
Summa	63964	65137 (+1%)	58015 (-10%)	44563 (-31%)	65825 (+4%)
<i>Eo1</i>	1768	305	0	0	376
<i>träbränsle</i>	0	1733	454	0	825
<i>fjärrvärme</i>	15000	15000	15000	11958	15000
<i>el</i>	30587	30397	26942	20646	33181

<b>MWh</b>	<b>Nuläge</b>	<b>Nollalternativ 1</b>	<b>Nollalternativ 2</b>	<b>Nollalternativ 3</b>	<b>Nollalternativ 4</b>
<i>solvärme</i>	0	347	91	0	0
<b>Transporter</b>					
Summa	127893	154086 (+20%)	147138 (+15%)	120824 (-6%)	147168 (+15%)
<i>bensin</i>	81871	71598	42618	22316	82124
<i>diesel</i>	45789	51451	46587	32703	59701
<i>naturgas</i>	0	0	12220	0	0
<i>el</i>	233	256	256	210	210
<i>etanol</i>	0	30780	45456	65595	0
<b>Övrig verksamhet</b>					
	47995	51081 (+7%)	45211 (-6%)	31519 (-34%)	35891 (-25%)
<i>Eo1</i>	6415	822	0	0	1492
<i>träbränsle</i>	0	4677	4355	2216	3273
<i>fjärrvärme</i>	5800	5800	5800	5800	5800
<i>el</i>	35780	38571	33942	22911	24744
<i>solvärme</i>	0	935	871	484	0
<b>Hushåll (småhus)</b>					
Summa	138543	135102 (-2%)	121985 (-12%)	94236 (-32%)	132736 (-4%)
<i>diesel</i>	398	438	438	358	358
<i>Eo1</i>	14727	6059	0	0	10149
<i>träbränsle</i>	28976	34460	45116	34512	22265
<i>fjärrvärme</i>	1200	1200	1200	1200	1200
<i>el, värme</i>	22563	16081	4010	2928	22430
<i>el, hushålls</i>	70679	69972	62198	47708	76333
<i>solvärme</i>	0	6892	9023	7530	0
<b>Hushåll (flerbostadshus)</b>					
Summa	69246	70748 (+2%)	63253 (-9%)	48179 (-30%)	67213 (-3%)
<i>diesel</i>	200	220	220	180	180
<i>Eo1</i>	19942	2633	0	0	4603
<i>träbränsle</i>	0	14976	12805	3721	10099
<i>fjärrvärme</i>	31200	31200	31200	31200	31200
<i>el, värme</i>	0	998	711	180	1795
<i>el, hushålls</i>	17904	17725	15756	12085	19336
<b>Hushåll (fritidshus)</b>					
Summa	9095	8251 (-9%)	7407 (-19%)	6985 (-23%)	10783 (19%)
<i>träbränsle</i>	653	653	653	653	653
<i>el</i>	8442	7598	6754	6332	10130

## Bilaga 4 Total energianvändning i nuläge & nollalternativ

Tabell 28 redovisar den beräknade totala energiförbrukning i nuläget och nollalternativen, redovisat som total; förnybar/ej förnybar, resp för olika energislag. Tabell 29 redovisar samma siffror, men fördelade på användning i olika olika sektorer.

**Tabell 28 Total energiförbrukning (MWh) över livscykeln i nuläge och nollalternativ.**

MWh	Nuläge	Nollalt. 1	Nollalt. 2	Nollalt. 3	Nollalt. 4
Total energi	1,40E+06	1,31E+06	1,05E+06	1,14E+06	1,38E+06
Ej förnybar energi	1,09E+06	8,19E+05	2,78E+05	4,94E+05	1,05E+06
Förnybar energi	3,08E+05	4,89E+05	7,67E+05	6,47E+05	3,31E+05
Olja	4,33E+05	3,64E+05	1,50E+05	2,66E+05	4,03E+05
Kol	1,21E+04	2,67E+04	3,56E+03	2,40E+03	2,09E+04
Naturgas	2,83E+03	3,06E+03	1,54E+04	5,08E+03	1,90E+03
Uran	6,42E+05	4,22E+05	1,09E+05	2,21E+05	6,19E+05
Torv	x	5,25E+00	8,06E+00	1,17E+01	x
Biobränsle	9,11E+04	1,83E+05	2,36E+05	2,83E+05	1,31E+05
Vind	1,87E+03	1,65E+04	3,53E+04	2,44E+04	1,30E+04
Sol	x	5,25E+04	2,40E+05	1,66E+05	x
Vattenkraft	2,14E+05	2,29E+05	2,50E+05	1,71E+05	1,81E+05
Avfall	1,54E+03	1,16E+04	8,42E+03	7,67E+03	9,19E+03

**Tabell 29 Total energiförbrukning (MWh) över livscykeln i nuläge och nollalternativ, uppdelat på olika sektorer.**

MWh	Nuläge	Nollalt. 1	Nollalt. 2	Nollalt. 3	Nollalt. 4
<b>Jord- och skogsbruk</b>					
Total energi	7,13E+07	6,63E+07	6,18E+07	6,16E+07	7,76E+07
Ej förnybar energi	6,53E+07	4,73E+07	3,64E+07	3,91E+07	6,05E+07
Förnybar energi	5,95E+06	1,90E+07	2,53E+07	2,24E+07	1,72E+07
Olja	4,79E+07	3,64E+07	3,37E+07	3,38E+07	4,00E+07
Kol	3,22E+05	6,31E+05	6,64E+04	4,70E+04	6,62E+05
Naturgas	4,07E+05	9,86E+04	1,32E+05	7,17E+04	1,80E+05
Uran	1,67E+07	1,01E+07	2,48E+06	5,19E+06	1,95E+07
Torv	x	1,88E+00	9,91E+00	7,05E+00	x
Biobränsle	2,70E+05	1,19E+07	1,35E+07	1,40E+07	1,09E+07
Vind	4,88E+04	3,95E+05	8,10E+05	5,77E+05	4,09E+05
Sol	x	9,90E+05	5,21E+06	3,71E+06	x
Vattenkraft	5,60E+06	5,50E+06	5,72E+06	4,03E+06	5,70E+06
Avfall	4,02E+04	2,77E+05	1,93E+05	1,81E+05	2,89E+05
<b>Industri och byggverksamhet</b>					
Total energi	2,65E+09	2,41E+09	1,80E+09	2,47E+09	2,61E+09
Ej förnybar energi	2,09E+09	1,63E+09	3,76E+08	1,20E+09	2,05E+09

<b>MWh</b>	<b>Nuläge</b>	<b>Nollalt. 1</b>	<b>Nollalt. 2</b>	<b>Nollalt. 3</b>	<b>Nollalt. 4</b>
Förnybar energi	5,55E+08	7,79E+08	1,42E+09	1,27E+09	5,60E+08
Olja	7,08E+08	6,59E+08	7,74E+07	6,30E+08	6,90E+08
Kol	2,56E+07	5,62E+07	7,20E+06	5,04E+06	4,41E+07
Naturgas	2,55E+06	3,70E+06	4,01E+07	8,08E+06	2,68E+06
Uran	1,35E+09	9,02E+08	2,48E+08	5,56E+08	1,30E+09
Torv	x	1,68E+02	9,94E+02	7,55E+02	x
Biobränsle	9,68E+07	1,51E+08	2,27E+08	3,66E+08	1,40E+08
Vind	3,95E+06	3,52E+07	8,13E+07	6,17E+07	2,74E+07
Sol	x	8,83E+07	5,23E+08	3,97E+08	x
Vattenkraft	4,52E+08	4,90E+08	5,74E+08	4,31E+08	3,81E+08
Avfall	3,26E+06	2,47E+07	1,94E+07	1,94E+07	1,94E+07
<b>Offentlig verksamhet</b>					
Total energi	2,84E+08	2,55E+08	2,17E+08	1,78E+08	2,92E+08
Ej förnybar energi	1,98E+08	1,25E+08	3,71E+07	5,21E+07	1,86E+08
Förnybar energi	8,62E+07	1,30E+08	1,79E+08	1,26E+08	1,05E+08
Olja	3,81E+07	1,60E+07	1,00E+07	8,54E+06	2,05E+07
Kol	2,96E+06	6,33E+06	6,75E+05	3,85E+05	5,39E+06
Naturgas	8,05E+05	5,87E+05	1,48E+06	7,14E+05	4,83E+05
Uran	1,56E+08	1,01E+08	2,46E+07	4,22E+07	1,59E+08
Torv	x	1,97E+01	9,88E+01	5,73E+01	x
Biobränsle	3,33E+07	5,85E+07	6,10E+07	5,76E+07	5,42E+07
Vind	4,56E+05	3,94E+06	8,06E+06	4,69E+06	3,34E+06
Sol	x	1,11E+07	5,22E+07	3,02E+07	x
Vattenkraft	5,22E+07	5,48E+07	5,69E+07	3,28E+07	4,65E+07
Avfall	3,75E+05	2,77E+06	1,92E+06	1,47E+06	2,36E+06
<b>Transporter</b>					
Total energi	5,01E+08	6,05E+08	5,34E+08	4,79E+08	5,54E+08
Ej förnybar energi	5,00E+08	5,04E+08	3,84E+08	2,55E+08	5,54E+08
Förnybar energi	4,08E+05	1,00E+08	1,49E+08	2,22E+08	3,41E+05
Olja	4,99E+08	5,00E+08	3,77E+08	2,48E+08	5,53E+08
Kol	2,17E+04	2,34E+05	3,25E+05	4,06E+05	3,41E+04
Naturgas	1,25E+03	2,66E+06	6,48E+06	5,90E+06	1,76E+03
Uran	1,15E+06	1,79E+06	1,63E+06	2,52E+06	1,01E+06
Torv	x	1,86E+04	2,74E+04	4,11E+04	x
Biobränsle	1,84E+04	9,98E+07	1,48E+08	2,21E+08	1,66E+04
Vind	3,36E+03	3,32E+04	7,66E+04	4,77E+04	2,12E+04
Sol	x	8,31E+04	4,93E+05	3,07E+05	x
Vattenkraft	3,84E+05	4,61E+05	5,48E+05	3,33E+05	2,94E+05
Avfall	2,77E+03	2,33E+04	1,82E+04	1,50E+04	1,50E+04
<b>Övriga tjänster</b>					
Total energi	3,02E+08	2,89E+08	2,42E+08	1,81E+08	2,16E+08
Ej förnybar energi	2,27E+08	1,55E+08	4,08E+07	5,46E+07	1,44E+08
Förnybar energi	7,53E+07	1,34E+08	2,01E+08	1,26E+08	7,17E+07
Olja	4,35E+07	1,56E+07	6,45E+06	5,96E+06	1,78E+07

<b>MWh</b>	<b>Nuläge</b>	<b>Nollalt. 1</b>	<b>Nollalt. 2</b>	<b>Nollalt. 3</b>	<b>Nollalt. 4</b>
Kol	3,39E+06	8,16E+06	9,43E+05	4,85E+05	4,11E+06
Naturgas	1,07E+06	6,81E+05	1,78E+06	7,42E+05	4,39E+05
Uran	1,79E+08	1,29E+08	3,13E+07	4,71E+07	1,21E+08
Torv	x	2,66E+01	1,28E+02	6,53E+01	x
Biobränsle	1,48E+07	4,03E+07	4,81E+07	4,78E+07	3,26E+07
Vind	5,21E+05	5,04E+06	1,02E+07	5,23E+06	2,55E+06
Sol	x	1,60E+07	6,90E+07	3,54E+07	x
Vattenkraft	5,97E+07	7,01E+07	7,22E+07	3,65E+07	3,55E+07
Avfall	4,29E+05	3,54E+06	2,43E+06	1,64E+06	1,80E+06
<b>Hushåll (småhus)</b>					
Total energi	8,32E+08	7,23E+08	6,01E+08	4,93E+08	8,17E+08
Ej förnybar energi	5,62E+08	3,60E+08	8,27E+07	1,21E+08	5,72E+08
Förnybar energi	2,70E+08	3,62E+08	5,16E+08	3,70E+08	2,44E+08
Olja	8,98E+07	5,08E+07	1,50E+07	1,34E+07	7,78E+07
Kol	8,73E+06	1,86E+07	2,70E+06	1,84E+06	1,60E+07
Naturgas	2,14E+06	2,13E+06	3,77E+06	1,89E+06	1,95E+06
Uran	4,61E+08	2,86E+08	6,15E+07	1,04E+08	4,74E+08
Torv	x	7,26E+01	2,68E+02	1,62E+02	x
Biobränsle	1,14E+08	1,38E+08	1,93E+08	1,74E+08	9,19E+07
Vind	1,34E+06	1,12E+07	1,98E+07	1,15E+07	9,96E+06
Sol	x	5,28E+07	1,60E+08	1,01E+08	x
Vattenkraft	1,54E+08	1,55E+08	1,40E+08	8,07E+07	1,38E+08
Avfall	1,11E+06	7,83E+06	4,71E+06	3,61E+06	7,03E+06
<b>Hushåll (flerbostadshus)</b>					
Total energi	3,36E+08	3,14E+08	2,74E+08	2,15E+08	3,22E+08
Ej förnybar energi	2,36E+08	1,02E+08	3,78E+07	4,53E+07	1,50E+08
Förnybar energi	9,94E+07	2,12E+08	2,35E+08	1,69E+08	1,72E+08
Olja	1,32E+08	3,41E+07	2,05E+07	1,89E+07	4,35E+07
Kol	1,93E+06	4,24E+06	7,15E+05	3,30E+05	3,44E+06
Naturgas	3,20E+06	1,03E+06	1,29E+06	7,35E+05	1,02E+06
Uran	9,91E+07	6,25E+07	1,53E+07	2,52E+07	1,01E+08
Torv	x	2,00E+01	6,75E+01	3,64E+01	x
Biobränsle	6,56E+07	1,57E+08	1,54E+08	1,26E+08	1,39E+08
Vind	2,90E+05	2,43E+06	4,93E+06	2,79E+06	2,13E+06
Sol	x	1,69E+07	4,09E+07	2,08E+07	x
Vattenkraft	3,33E+07	3,39E+07	3,49E+07	1,95E+07	2,96E+07
Avfall	2,38E+05	1,70E+06	1,17E+06	8,73E+05	1,50E+06
<b>Hushåll (fritidshus)</b>					
Total energi	6,20E+07	4,97E+07	4,21E+07	4,34E+07	7,29E+07
Ej förnybar energi	4,49E+07	2,89E+07	7,37E+06	1,41E+07	5,41E+07
Förnybar energi	1,71E+07	2,08E+07	3,46E+07	2,91E+07	1,88E+07
Olja	2,32E+06	1,77E+06	6,27E+05	7,99E+05	3,46E+06
Kol	7,87E+05	1,57E+06	1,66E+05	1,17E+05	1,64E+06
Naturgas	4,54E+04	9,23E+04	3,28E+05	1,79E+05	8,50E+04

<b>MWh</b>	<b>Nuläge</b>	<b>Nollalt. 1</b>	<b>Nollalt. 2</b>	<b>Nollalt. 3</b>	<b>Nollalt. 4</b>
Uran	4,17E+07	2,52E+07	6,18E+06	1,29E+07	4,86E+07
Torv	x	4,69E+00	2,47E+01	1,76E+01	x
Biobränsle	3,02E+06	3,26E+06	5,04E+06	8,12E+06	3,15E+06
Vind	1,22E+05	9,85E+05	2,02E+06	1,44E+06	1,02E+06
Sol	x	2,47E+06	1,30E+07	9,25E+06	x
Vattenkraft	1,39E+07	1,37E+07	1,43E+07	1,00E+07	1,42E+07
Avfall	1,00E+05	6,91E+05	4,81E+05	4,51E+05	7,21E+05

## Bilaga 5 Potentiell miljöpåverkan i nuläge & nollalternativ

Tabell 30 redovisar den beräknade potentiell miljöpåverkan över livsrymden. Tabell 31 redovisar samma siffror, men fördelade på användning i olika olika sektorer.

**Tabell 30 Potentiell miljöpåverkan över livsrymden i nuläge och nollalternativ.**

MWh	Nuläge	Nollalt. 1	Nollalt. 2	Nollalt. 3	Nollalt. 4
Klimatpåverkan (GWP100)	1,17E+08	1,09E+08	8,51E+07	7,16E+07	1,14E+08
Fotokemisk oxidation (mark ozon)	1,96E+04	2,25E+04	2,23E+04	2,24E+04	1,94E+04
Försurning	2,69E+05	2,87E+05	2,64E+05	2,73E+05	2,80E+05
Övergödning	4,39E+04	5,27E+04	5,47E+04	5,73E+04	4,65E+04
NOx	3,26E+05	3,65E+05	3,63E+05	3,69E+05	3,44E+05
SOx	8,67E+04	8,45E+04	6,59E+04	7,05E+04	8,79E+04
NH3, luft	1,03E+03	1,74E+03	2,01E+03	2,20E+03	1,47E+03
Partiklar	3,02E+04	4,42E+04	5,02E+04	4,99E+04	3,19E+04

**Tabell 31 Potentiell miljöpåverkan över livsrymden i nuläge och nollalternativ, uppdelat på olika sektorer.**

MWh	Nuläge	Nollalt. 1	Nollalt. 2	Nollalt. 3	Nollalt. 4
<b>Jord- och o skogsbruk</b>					
Klimatpåverkan (GWP100)	3,65E+06	2,84E+06	2,61E+06	2,58E+06	3,12E+06
Fotokemisk oxidation (mark ozon)	5,43E+02	6,49E+02	6,52E+02	6,56E+02	6,51E+02
Försurning	2,82E+04	2,84E+04	2,83E+04	2,83E+04	2,88E+04
Övergödning	5,58E+03	5,62E+03	5,61E+03	5,61E+03	5,65E+03
NOx	4,29E+04	4,31E+04	4,30E+04	4,30E+04	4,33E+04
SOx	5,65E+03	5,72E+03	5,60E+03	5,61E+03	5,89E+03
NH3, luft	3,37E+00	2,68E+01	2,95E+01	3,08E+01	2,53E+01
Partiklar	3,20E+03	3,56E+03	3,60E+03	3,58E+03	3,54E+03
<b>Industri och byggverksamhet</b>					
Klimatpåverkan (GWP100)	4,72E+07	4,86E+07	3,93E+07	4,02E+07	4,90E+07
Fotokemisk oxidation (mark ozon)	2,90E+03	3,60E+03	3,65E+03	5,12E+03	3,55E+03
Försurning	8,45E+04	8,66E+04	7,35E+04	9,57E+04	9,06E+04
Övergödning	1,19E+04	1,28E+04	1,34E+04	1,55E+04	1,27E+04
NOx	8,90E+04	9,36E+04	9,28E+04	1,09E+05	9,42E+04
SOx	3,28E+04	3,23E+04	2,16E+04	3,29E+04	3,55E+04
NH3, luft	3,78E+02	6,17E+02	7,78E+02	1,10E+03	5,54E+02
Partiklar	3,73E+03	5,60E+03	7,49E+03	7,88E+03	4,75E+03
<b>Offentlig verksamhet</b>					
Klimatpåverkan (GWP100)	3,25E+06	2,25E+06	1,42E+06	8,90E+05	2,43E+06
Fotokemisk oxidation (mark ozon)	6,28E+02	8,32E+02	7,67E+02	6,94E+02	8,02E+02

<b>MWh</b>	<b>Nuläge</b>	<b>Nollalt. 1</b>	<b>Nollalt. 2</b>	<b>Nollalt. 3</b>	<b>Nollalt. 4</b>
Försurning	1,12E+04	1,08E+04	9,54E+03	8,26E+03	1,12E+04
Övergödning	1,04E+03	1,21E+03	1,24E+03	1,04E+03	1,17E+03
NOx	7,48E+03	8,31E+03	8,06E+03	6,91E+03	8,22E+03
SOx	6,11E+03	5,32E+03	4,35E+03	3,79E+03	5,72E+03
NH3, luft	1,06E+02	1,73E+02	1,75E+02	1,60E+02	1,61E+02
Partiklar	5,18E+02	1,02E+03	1,01E+03	7,45E+02	8,17E+02
<b>Transporter</b>					
Klimatpåverkan (GWP100)	3,87E+07	3,98E+07	3,32E+07	2,16E+07	4,27E+07
Fotokemisk oxidation (mark ozon)	2,17E+03	2,76E+03	2,48E+03	1,84E+03	2,44E+03
Försurning	8,36E+04	9,95E+04	9,50E+04	9,19E+04	9,20E+04
Övergödning	1,87E+04	2,57E+04	2,66E+04	2,87E+04	2,06E+04
NOx	1,38E+05	1,69E+05	1,67E+05	1,67E+05	1,52E+05
SOx	1,23E+04	1,26E+04	9,74E+03	6,84E+03	1,33E+04
NH3, luft	1,43E-01	2,95E-01	4,47E-01	6,16E-01	1,93E-01
Partiklar	3,49E+03	9,94E+03	1,24E+04	1,56E+04	4,79E+03
<b>Övriga tjänster</b>					
Klimatpåverkan (GWP100)	3,72E+06	2,43E+06	1,26E+06	6,82E+05	1,98E+06
Fotokemisk oxidation (mark ozon)	4,06E+02	6,70E+02	6,39E+02	5,87E+02	5,21E+02
Försurning	8,50E+03	9,08E+03	7,81E+03	6,80E+03	7,50E+03
Övergödning	8,33E+02	1,00E+03	1,09E+03	8,94E+02	7,91E+02
NOx	6,09E+03	6,86E+03	6,90E+03	5,83E+03	5,63E+03
SOx	4,47E+03	4,53E+03	3,45E+03	3,06E+03	3,78E+03
NH3, luft	5,77E+01	1,30E+02	1,42E+02	1,33E+02	9,57E+01
Partiklar	4,43E+02	1,32E+03	1,48E+03	9,58E+02	8,06E+02
<b>Hushåll (småhus)</b>					
klimatpåverkan (GWP100)	1,01E+07	8,74E+06	4,86E+06	3,71E+06	9,93E+06
fotokem ox (mark ozon)	1,13E+04	1,17E+04	1,20E+04	1,17E+04	9,39E+03
försurning	2,62E+04	2,74E+04	2,70E+04	2,30E+04	2,56E+04
övergödning	3,05E+03	3,32E+03	3,82E+03	3,16E+03	2,79E+03
NOx	2,23E+04	2,32E+04	2,54E+04	2,12E+04	2,02E+04
SOx	1,21E+04	1,27E+04	1,12E+04	9,76E+03	1,26E+04
NH3 luft	2,78E+02	3,80E+02	4,78E+02	4,30E+02	2,65E+02
partiklar	1,75E+04	1,92E+04	2,08E+04	1,91E+04	1,45E+04
<b>Hushåll (flerbostadshus)</b>					
Klimatpåverkan (GWP100)	1,01E+07	3,43E+06	2,17E+06	1,76E+06	4,01E+06
Fotokemisk oxidation (mark ozon)	1,28E+03	1,99E+03	1,86E+03	1,50E+03	1,78E+03
Försurning	2,54E+04	2,38E+04	2,15E+04	1,77E+04	2,25E+04
Övergödning	2,69E+03	2,93E+03	2,76E+03	2,21E+03	2,69E+03
NOx	1,97E+04	2,05E+04	1,90E+04	1,52E+04	1,91E+04
SOx	1,27E+04	1,07E+04	9,52E+03	7,99E+03	1,03E+04
NH3, luft	1,98E+02	3,99E+02	3,88E+02	3,25E+02	3,53E+02
Partiklar	8,83E+02	3,08E+03	2,87E+03	1,56E+03	2,21E+03

<b>MWh</b>	<b>Nuläge</b>	<b>Nollalt. 1</b>	<b>Nollalt. 2</b>	<b>Nollalt. 3</b>	<b>Nollalt. 4</b>
<b>Hushåll (fritidshus)</b>					
Klimatpåverkan (GWP100)	3,32E+05	4,15E+05	2,37E+05	1,59E+05	5,47E+05
Fotokemisk oxidation (mark ozon)	2,79E+02	2,88E+02	2,87E+02	3,16E+02	3,02E+02
Försurning	1,01E+03	1,07E+03	9,16E+02	1,15E+03	1,50E+03
Övergödning	9,27E+01	1,09E+02	1,38E+02	1,59E+02	1,31E+02
NOx	6,64E+02	7,39E+02	8,33E+02	1,01E+03	9,31E+02
SOx	5,51E+02	5,70E+02	3,95E+02	5,05E+02	8,44E+02
NH3, luft	9,90E+00	1,35E+01	1,65E+01	2,33E+01	1,40E+01
Partiklar	4,41E+02	4,79E+02	5,22E+02	5,14E+02	4,84E+02

## Bilaga 6 Åtgärdernas effekter på direkt energianvändning

Bilaga 6 redovisar tabeller med åtgärdernas beräknade effekt på den direkta energianvändningen i de olika nollalternativen.

Bilaga 6 finns tillgänglig för nedladdning på hemsidan för Avdelningen för miljöstrategisk analys – fms:

<http://www.infr.kth.se/fms/publikationer>

## Bilaga 7 Åtgärdernas effekter på total energianvändning

Bilaga 7 redovisar åtgärdernas beräknade effekt på den totala energiförbrukningen i ett livscykelperspektiv i de olika nollalternativen.

Bilaga 7 finns tillgänglig för nedladdning på hemsidan för Avdelningen för miljöstrategisk analys – fms:

<http://www.infr.kth.se/fms/publikationer>

## Bilaga 8 Åtgärdernas effekter på miljöindikatorerna

Bilaga 8 redovisar åtgärdernas beräknade effekt på miljöindikatorerna i de olika nollalternativen.

Bilaga 8 finns tillgänglig för nedladdning på hemsidan för Avdelningen för miljöstrategisk analys – fms:

<http://www.infr.kth.se/fms/publikationer>





## LIVSCYKELANALYS AV ÅTGÄRDER FÖR MINSKAD ENERGIANVÄNDNING I FINSPÅNG

### Rapport från ett projekt om metoder för strategisk miljöbedömning i energiplanering

Denna rapport utgör en del av rapporteringen från ett forskningsprojekt om energiplanering med strategisk miljöbedömning. Projektet genomfördes i samarbete mellan Finspångs kommun och de två forskningsprojekten Utveckling av verktyg för strategisk miljöbedömning och medborgarmedverkan samt Scenariometoder i strategisk miljöbedömning.

Rapporten redogör för den kvantitativa miljöanalysen som genomförts enligt Steg 7 "Miljöanalys" i projektets processbeskrivning enligt ovan nämnda rapport. Den kvantitativa miljöanalysen ligger till grund för den slutliga värderingen av åtgärdsförslag och utformningen av Finspångs energiplan. Rapporten redogör för metod, omfattning, genomförande och resultat av den kvantitativa miljöanalysen. Dessutom diskuteras användbarheten av LCA som en del av processen för strategisk miljöbedömning i energiplanering.

Projektprocessen som helhet (bakgrund, syfte, metod, genomförande samt resultat i form av en redogörelse för den slutprodukt som genererats av Finspångs kommun inom projektet, nämligen en kommunal energiplan) beskrivs i rapporten Energiplanering med strategisk miljöbedömning i Finspång BTH Forskningsrapport 2007:05 som utgör rapport 2 från MiSt-programmet.

Programmet "Miljöstrategiska verktyg", MiSt, är ett tvärvetenskapligt forskningsprogram finansierat av Naturvårdsverket. Programmet leds från Blekinge Tekniska Högskola. I programmet studeras verktyg som kan underlätta miljöbedömning i strategiskt beslutsfattande på olika nivåer, från nationell till lokal. Förståelsen och basen för utveckling av verktyg och rekommendationer om verktyg i olika planerings- och beslutsprocesser baseras på empirisk forskning på fall inom flera sektorer.

Målen för MiSt-programmet:

- Kritisk undersökning av verktygens funktion
- Teoribaserad förståelse av deras verkan
- Utveckling av råd om effektiv användning av verktyg och kombinationer av verktyg

Programchef: professor Lars Emmelin, Fysisk planering, BTH.

Biträdande programchef: docent Tuija Hilding-Rydevik, MKB-Centrum SLU.

