

Samband mellan
energieffektivisering
och andra
övergripande mål ur
ett
samhällsekonomiskt
perspektiv

Umeå Universitet

ER 2006:26

Böcker och rapporter utgivna av Statens
energimyndighet kan beställas från
Energimyndighetens förlag.
Orderfax: 016-544 22 59
e-post: forlaget@stem.se

© Statens energimyndighet
Upplaga: 100 ex

ER 2006:26

ISSN 1403-1892

Förord

Energimyndigheten har bedrivit ett projekt för att förbättra metoderna för att utvärdera styrmedel för effektivare energianvändning. Arbetet tog sin grund i en inventering av vilka övergripande mål effektivare energianvändning förväntas leda till. För att bättre förstå sambanden mellan effektivare energianvändning och de övergripande målen lät vi forskare från två olika vetenskapliga discipliner belysa sambanden.

Denna rapport är den mer samhällsekonomiskt orienterade av de två rapporterna, författad av Mattias Ankarhem och Runar Brännlund, Institutionen för nationalekonomi vid Umeå universitet.

Rapporten redogör bl.a. för begreppen energieffektivitet och energieffektivisering som kan ha olika innebörd beroende på om man ser på dem utifrån ett tekniskt perspektiv eller ett ekonomiskt perspektiv. Betydelsen av energieffektivisering för miljö- och klimatmål, för energi- och elanvändning, för försörjningssäkerhet, resurseffektivitet och för välfärd analyseras med beaktande av retureffekter. I rapporten förs också ett resonemang kring ekonomiska metoder för att utvärdera styrmedel för effektivare energianvändning.

Författarna svarar själva för analyser och slutsatser.

Eskilstuna i september 2006-06-31



Zofia Lublin

Avdelningschef Systemanalysavdelningen

Innehåll

1	Introduktion	7
1.1	Bakgrund.....	7
2	Energieffektivitet	9
2.1	Effektivitet.....	9
2.2	Effektivisering.....	9
3	Betydelsen av energieffektivisering för olika bakomliggande mål	15
3.1	Miljö- och klimatmål.....	15
3.2	Energi- och elanvändning.....	19
3.3	Försörjningssäkerhet.....	19
3.4	Resurseffektivitet.....	19
3.5	Välfärd.....	20
4	Styrmedel	21
5	Metoder för utvärdering av styrmedel	23
5.1	Ekonometriska modeller där ekonomiska samband skattas empiriskt.....	23
5.2	Välfärdsanalyser.....	23
5.3	Distansfunktionsansats: ger empiriska mått på olika typer av effektivitet.....	23
6	Sammanfattning och slutsatser	27
7	Referenser	28

1 Introduktion

I forskningen av energieffektiviseringens potentialer har olika studier kommit fram till vitt skilda resultat. Vissa utredningar pekar på stora tekniska potentialer för att minska energianvändningen, medan andra, ekonomiska studier, har visat att energibesparingar kan komma att motverkas, helt eller delvis, av nya verksamheter. De olika resultaten kommer av att studierna belyser problemet från olika perspektiv. En relevant fråga vid en analys av energieffektivisering och dess konsekvenser blir då: *Hur definieras mål respektive styrmedel?* Om energieffektivisering är ett mål i sig uppnås det naturligtvis genom åtgärder som främjar energieffektivisering. Men om målet exempelvis är reducerade utsläpp av koldioxid, medan energieffektiviseringsåtgärder är medlet för att uppnå målet, är det inte säkert att effektiviseringen ger det resultat som beräknats. Dessutom kommer med all sannolikhet energieffektiviseringsåtgärder att vara ett ineffektivt medel för att uppnå det bakomliggande målet. Orsaken till det första, att resultatet inte blir det beräknade, är att det kan förekomma olika effekter som sammantaget kan benämnas retureffekter, vilka motverkar den ursprungliga minskningen av utsläpp som följer av energieffektiviseringen. Orsaken till det andra, ineffektiviteten, är att energieffektiviseringsåtgärder ”slår blint”, dvs. påverkar användningen av många energibärare där vissa har en svag koppling till det bakomliggande målet.

Huvudsyftet med denna rapport är att belysa sambanden mellan energieffektiviseringsmål och miljö- samt energipolitiska mål ur ett samhällsekonomiskt perspektiv. Ett delsyfte är att även beskriva olika styrmedel för energieffektivisering samt att översiktligt beskriva metoder som kan användas för att utvärdera effekten av styrmedel på energieffektivisering.

1.1 Bakgrund

Bakomliggande ekonomisk teori säger att initialt medför en förbättring i energieffektivitet mindre konsumtion av energivaror, och därmed mindre utsläpp. Detta medför dock att förhållandet mellan olika varors reala priser förändras, dvs. energi blir billigare, i reala termer, jämfört med andra varor. En annan följd av effektiviseringen är att realinkomsten för konsumenterna ökar på grund av de minskade energikostnaderna. Sammantaget blir effekten att den initiala energibesparingen motverkas, helt eller delvis, på grund av dessa förändrade prisetförhållanden och inkomstförbättringen. Dessa två effekter kallas i ekonomisk litteratur tillsammans för ”rebound effect”.¹ I svenska utredningar har den benämnts rikoschetteffekt (Statens energimyndighet, 2000) samt retureffekt (SOU 2001:2). Fortsättningsvis kommer den senare benämningen att användas. En översikt av studerade retureffekter ges i Greening et al. (2000).

¹ Se Berkhout et al. (2000) för en definition av denna effekt.

Storleken på denna retureffekt är dock en empirisk fråga som till stor del beror på producenternas möjlighet att substituera mellan insatsfaktorer och på konsumenternas preferenser för olika varor. Brännlund et al. (2004) studerar hur teknologisk tillväxt i termer av en ökad energieffektivitet påverkar konsumtion och koldioxidutsläpp i Sverige. De finner att en 20 % energieffektivisering leder till att koldioxidutsläppen i slutändan ökar med 5 %. Det betyder att retureffekten är påtaglig i studien, och att det blir nödvändigt att öka koldioxidskatten med upp till 135 % för att åter minska koldioxidutsläppen till initial nivå. De finner även att en politik, inriktad på att bibehålla koldioxidutsläppen på ursprunglig nivå, får återverkningar på utsläppen av svavel och kväve.

Resterande del av rapporten är utformad på följande vis: I kapitel 2 redogörs för begrepp rörande energieffektivitet och effektivisering. En mer ingående redogörelse för retureffekten ges även i kapitlet tillsammans med redovisning av resultaten av tidigare studier av effekten. I kapitel 3 ges en genomgång av energieffektivitetens roll för att uppnå bakomliggande mål. En beskrivning av styrmedel ges i kapitel 4 och metoder för utvärdering i kapitel 5. Till sist ges sammanfattning och slutsatser i kapitel 6.

2 Energieffektivitet

I detta avsnitt redogörs för begreppen energieffektivitet och energieffektivisering. Begreppen kan ha olika innebörd beroende på om man ser på dem utifrån ett tekniskt perspektiv eller ett ekonomiskt perspektiv. I stycke 2.1 används samma definition som i rapporten Effektivare energianvändning (Ds 2001:60).

2.1 Effektivitet

Tekniskt optimal energianvändning betyder i det här sammanhanget den sammansättning och mängd av energibärare som är optimal vid produktion eller nyttjande av en vara. Ingen hänsyn tas i detta fall till kostnaderna, utan det är bara energiinnehållet som beaktas och resursen energi studeras då isolerat.

Med samhällsekonomiskt effektiv energianvändning menas att alla resurser i samhället beaktas. Energianvändningen studeras inte isolerat, utan en optimal användning innebär att det marginella värdet av energin som används ska vara lika stort som det marginella värdet från användningen av de andra insatsfaktorerna. Om det inte finns några externa effekter (eller om de är internaliserade) så kommer den energianvändning som är resultatet av en marknadsmässig lösning att sammanfalla med energianvändningen som kommer av den samhällsekonomiskt optimala lösningen.

Ett annat begrepp är önskad energianvändning. Vad som menas med det är beroende av vilka värderingar vi har. Begreppet är således subjektivt och varierar i takt med att våra värderingar förändras. En tekniskt optimal eller ekonomiskt effektiv energianvändning behöver inte vara en önskad energianvändning. Det kan istället finnas andra (t.ex. politiska) skäl till att en viss energianvändning anses vara den önskade.

2.2 Effektivisering

2.2.1 Teknisk potential

I ekonomisk litteratur menas med teknisk potential den initiala reduktionen av energianvändningen som möjliggörs av teknologiska innovationer. Dessa innovationer gör att insatsfaktorer som nyttjar energi blir mer energieffektiva. Det betyder att mindre energi, för samma mängd av övriga insatsfaktorer, går åt för att framställa samma mängd produkter som före innovationen. Dvs., *allt annat är lika* – ingenting annat i ekonomin förändras. Men i ett ekonomiskt sammanhang kan vi inte räkna med att allt annat ska vara oförändrat efter en teknologisk förändring. Konsumenterna kommer att agera utifrån de nya förutsättningarna vilket i sin tur kan ge upphov till effekter som motverkar den initiala reduktionen.

2.2.2 Motverkande effekt

Enligt Berkhout et al. (2000) kommer teknologisk utveckling enligt stycke 2.2.1 i huvudsak att leda till ett lägre pris på energitjänster. Det lägre priset ger då upphov till tre typer av effekter: egenpriseffekt, indirekt effekt och till sist även makroeffekter. Tillsammans utgör dessa retureffekten och de förklaras mer ingående senare i detta stycke. Det är viktigt att beakta retureffekten eftersom en potentiellt stor sådan kan tendera att ”äta upp” effekterna av en energipolitik som syftar till att öka energieffektiviteten, och den tekniska potentialen realiseras då inte fullt ut. Det kan till och med vara så att retureffekten är större än den initiala effekten, vilket skulle medföra att den slutliga energianvändningen faktiskt ökar. Det innebär att en åtgärd som syftar till att åstadkomma energieffektivisering i ”extrema” fall kan innebära en konflikt med andra mål som exempelvis miljömålet om minskade klimatpåverkande utsläpp, där ambitionen är att bl.a. minska utsläppen av koldioxid.

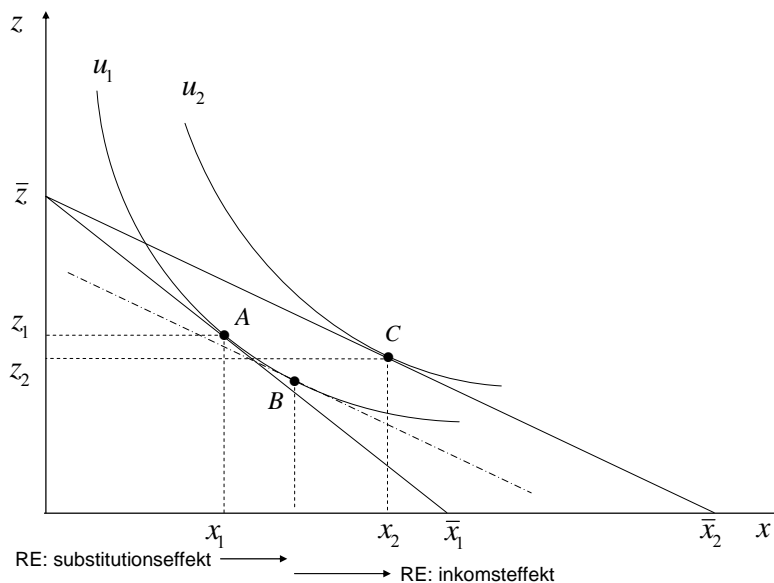
De studier som har gjorts på retureffekten har oftast inneburit analys av de två första effekterna, dvs. egenpriseffekten och den indirekta effekten. Att studera makroeffekterna är mer komplicerat då det innebär att man måste ta hänsyn till hela ekonomin samtidigt. Man beräknar då hur en energieffektivisering i produktionen påverkar konsumtionsmönstret samt hur förändringar i detta sedan ger återverkningar i produktionens sammansättning. I följande text ges en kort genomgång av retureffekten för konsumenten och för företaget. En mer detaljerad förklaring finns i Berkhout et al. (2000).

I figur 1 ser vi de två första effekterna för konsumenterna. Individen kan konsumera vara z och vara x . För enkelhetens skull antar vi att z inte är någon energitjänst, dvs. den produceras och konsumeras helt utan energiåtgång, medan energi nyttjas i framställandet eller användandet av vara x . Det som begränsar individens konsumtion av varorna är budgetrestriktionen. Om individen väljer att lägga hela sin budget på z , så kan mängden \bar{z} köpas och om hela budgeten spenderas på x så kan mängden \bar{x}_1 köpas. Linjen mellan \bar{z} och \bar{x}_1 visar alla tänkbara kombinationer som individen har råd att köpa och linjen utgör därmed budgetrestriktionen. I punkten A finner vi konsumentens initiala konsumtionsval, dvs. kombinationen (z_1, x_1) . Med den sammansättningen av varor befinner sig individen på indifferenskurvan u_1 . Alla tänkbara kombinationer av z och x utmed indifferenskurvan ger individen samma nytta, u_1 . I sammanhanget bör nämnas att det inte är konsumtion av energi som ger individen nytta, utan det är konsumtion av varan som framställs eller konsumeras med energi som ger nytta. Vidare antar vi att individen upplever högre nytta ju fler varor som individen kan konsumera. Därför kommer alla kombinationer av z och x utmed indifferenskurvan u_2 att ge en större nytta än de utmed u_1 .

En energibesparande innovation medför att mängden energi som går åt för att producera eller konsumera x_1 minskar. Denna minskning utgör då den tekniska potentialen i scenariot ”allt annat lika”. Denna effektivisering leder i slutändan till att priset på x sjunker i reala termer jämfört med priset på z . Det medför att

individen tenderar att ändra sin varukorg så att den innehåller mer x och mindre z jämfört med tidigare. Denna priseffekt benämns substitutionseffekt och kan ses som en förflyttning från punkt A till punkt B i figur 1. Dessutom medför det lägre priset på x att individen upplever sig få mer pengar kvar i plånboken jämfört med före effektiviseringen, vilket ger upphov till den så kallade inkomsteffekten. Det betyder att individen får utrymme att köpa mer av alla varor (både z och x). Denna ökade konsumtion kan ses som ett skift från B till C i figuren. Om effekter på makronivå ignoreras, kan retureffekten alltså ses som den ökade energiåtgången som blir resultatet av att konsumenten ändrar sin varukorg från A till C .

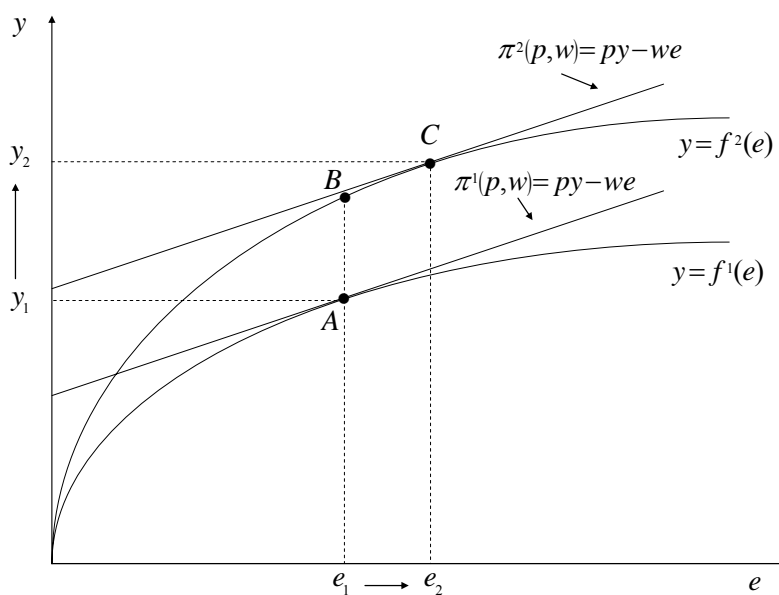
Sammanfattningsvis: I utgångsläget konsumeras varukombinationen enligt punkten A . På grund av att energi används i samband med produktionen och/eller konsumtionen av vara x , är punkten A förknippad med en viss energiförbrukning. Teknologisk potential är den initiala reduktionen i energiförbrukning som kan uppnås med ny teknik i punkt A . Retureffekten uppstår då konsumenterna ändrar sitt konsumtionsval från punkt A till punkt C . Det innebär en ökad konsumtion av x , vilket i sin tur medför att energiåtgången ökar.



Figur 1: Konsumenten och retureffekten (RE)

För företagen kan retureffekten visas på följande sätt. I det här fallet producerar företaget varan y (motsvarar x i figur 1) med hjälp av insatsvaran energi, e . Funktionen $y = f^1(e)$ visar vilken kvantitet av y som företaget kan producera vid olika kvantiteter av e . Uttrycket $\pi(p, w) = py - we$ visar företagets vinst som skillnaden mellan värdet av produktionen (priset, p , gånger kvantiteten producerade varor, y) och kostnaden för använd energi (faktorpriset, w , gånger kvantiteten av använd energi, e). Till rådande priser på y och e är företagets vinst

densamma utmed linjen π^1 , men det är bara i punkt A som företaget, med rådande teknologi, förmår producera en kvantitet y som ger vinst π^1 . Punkt A är alltså utgångspunkten. En energibesparande teknologisk innovation innebär ett skift från $y = f^1(e)$ till $y = f^2(e)$. Det medför att företaget kan producera i punkten B, vilket ger mer y vid samma insats av e . Vid de rådande priserna är dock denna produktion inte optimal. Företaget kan i stället öka sin vinst till π^2 genom att öka produktionen ytterligare något till punkt C. Total produktion har nu ökat från y_1 till y_2 men energiåtgången har också ökat från e_1 till e_2 . Sammanfattningsvis kan sägas att till rådande priser behöver en energieffektiviserande innovation inte nödvändigtvis medföra minskad energiåtgång. I figuren visas istället ett exempel då den slutliga effekten blir en ökad energianvändning.



Figur 2: Företaget och retureffekten (RE)

2.2.3 Tidigare studier av retureffekten

Greening et al. (2000) gör en sammanställning av tidigare studiers indikationer på retureffekter. Studierna delas upp i sådana som beaktar effekterna från 1) konsumenter, 2) företag och 3) hela ekonomin – ”allmän jämvikt”. Bland resultaten i första gruppen kan generellt sägas att för bostadsuppvärmning var effekten 10-30 % av den tekniska potentialen. En retureffekt av den storleken innebär att 70-90 % av den tekniska potentialen kan realiseras och att en energieffektivisering på t.ex. 10 % medför en slutlig minskning i energikonsumtion på 7-9 %. För ”bostadskylning”, dvs. användande av luftkonditionering var effekten 0-50 %. För vattenupphetning var den 10-40 % och den var 5-12 % för upplysning av bostad. För användande av vitvaror var den 0 %, vilket tyder på ett tämligen statistiskt nyttjande av denna typ av varor. Det

medför i sin tur att den tekniska potentialen till fullo kan realiseras för dessa varor. Till sist uppges retureffekten för privata transporter vara 10-30 %.

Resultaten för företag visar en retureffekt på kort sikt på 0-20 % för tillverkningsprocesser. För belysning i företag/tillverkningslokaler var effekten 0-2 %, vilket är en tämligen marginell effekt. Långsiktiga effekter för denna sektor uppvisade stor variation och låg på 0-100 % av den initiala tekniska potentialen.

Endast en studie på makroeffekterna redovisas. I den finner man en retureffekt på 0.48%, vilket innebär att i stort sett hela den tekniska potentialen kan realiseras.

Grepperud och Rasmussen (2004) använder i en nyare studie en allmänjämviktsmodell för den norska ekonomin. De finner signifikanta retureffekter för tillverkningsindustrin, medan effekterna verkar vara svaga i andra sektorer.

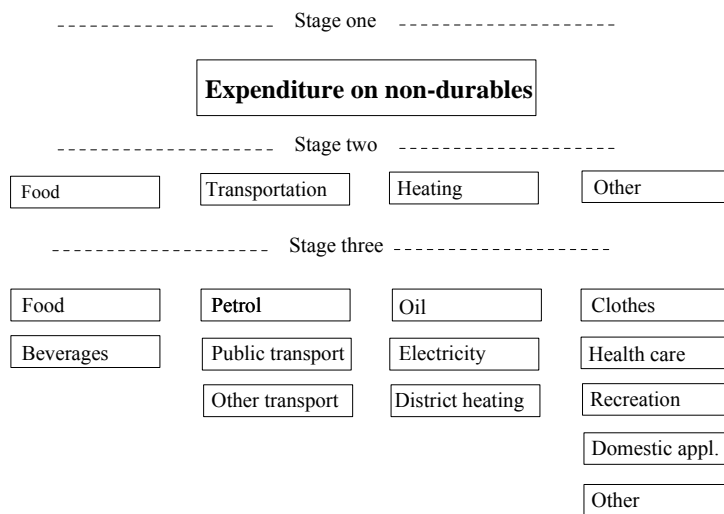
3 Betydelsen av energieffektivisering för olika bakomliggande mål

3.1 Miljö- och klimatmål

3.1.1 Studie av svenskt konsumtionsmönster

Brännlund et al. (2004) studerar hur exogen teknologisk tillväxt, i termer av ökad energieffektivitet, påverkar konsumtionsvalen som görs av svenska hushåll och därmed utsläppen av koldioxid (CO₂), Svaveldioxid (SO₂) och kväve (NO_x). På samma sätt som i Berkhout et al. (2000) antas i studien att en energibesparande teknologisk innovation i slutändan medför lägre pris på konsumtionen av energitjänster. Med det som utgångspunkt studerar de hur förändringar i relativpriser och inkomst har påverkat konsumtionsval och utsläpp under perioden 1980-1997. Data på de tre utsläppen länkas till alla olika typer av varor som konsumeras i modellen. Genom att aggregera konsumtionen av varorna till större grupper kan de sedan beräkna hur stora utsläppen blir från varje grupp av varor. Dessa grupper kan sedan aggregeras till total konsumtion och det blir då möjligt att studera totalt utsläpp av CO₂, SO₂ samt NO_x från total privat konsumtion i Sverige.

I den ekonometriska modellen antas en trestegs beslutsprocess enligt figur 3. I det första steget väljer individen hur mycket av sin budget som kommer att investeras i varaktiga varor respektive konsumtion av icke varaktiga varor. I det andra steget väljs hur stor andel av budgeten som ska spenderas på huvudgrupperna mat, transport, uppvärmning respektive övrig konsumtion. När det valet är gjort bestäms hur konsumtionen ska fördelas på varor inom respektive huvudgrupp. När väl detta ekonometriska system är skattat beräknas varornas egenpriselasticiteter, vilka visar den procentuella förändringen i efterfrågan av en procentuell förändring i varans pris. Utöver dessa beräknas även inkomstelasticiteten, vilken visar den procentuella efterfrågeförändringen av en procentuell förändring i inkomsten.



Figur 3: Trestegs beslutsprocess i den ekonometriska modellen. (Källa: Brännlund et al., 2004)

Då storleken på de ekonomiska sambanden i modellen ovan har bestämts statistiskt kan dessa användas i nästa steg. Då simuleras hur teknologisk tillväxt enligt olika scenarier påverkar utsläppen i ekonomin. I dessa simuleringar antas en 20 procentig ökning i energieffektivitet för varorna inom transport och värmegrupperna. Den ökade energieffektiviteten realiserar då som sänkta priser på energitjänsterna enligt följande: om kostnaden för t.ex. bensen utgör 50 procent av kostnaderna för biltransporter, kommer priset på biltransport att sjunka med 10 procent till följd av energieffektiviseringen. På motsvarande sätt beräknas prissänkningen för de andra varorna. De nya priserna substitueras in i modellen och givet dem kan konsumenternas nya konsumtionsval beräknas, vilket implicit ger de nya utsläppsnivåerna.

Totalt simuleras 6 olika scenarier. Resultaten av dessa visas i kolumn 1 till 6 i Tabell 1.

1. Energieffektivisering med 20 % i transportsektorn
2. Energieffektivisering med 20 % i värmesektorn
3. Både 1 och 2

Det första scenariot avläses i kolumn 1 i tabellen. Vi ser då att effektiviseringen medför en ökning i biltransporter med 0.92 procent medan kollektiv och övrig transport minskar

Tabell 1: Procentuell förändring i efterfrågan och utsläpp på grund av en 20 procentig ökning i energieffektivitet för transport och värme. (Källa: Brännlund et al., 2004)

Percentage change	Transport	Heating	Transport and heating	Transport $\Delta CO_2=0$	Heating $\Delta CO_2=0$	Transport and heating $\Delta CO_2=0$
Δ Car transport	0.92	4.18	5.53	0.21	1.68	1.91
Δ Public transport	-0.42	2.00	1.85	-0.38	1.36	1.21
Δ Other transport	-1.76	3.74	2.26	-1.32	3.74	2.78
Δ Electricity	2.09	0.84	3.43	1.03	-0.81	0.69
Δ Oil	2.94	1.18	4.85	-3.48	-10.51	-14.42
Δ District heating	3.41	1.37	5.64	4.40	3.66	8.88
Δ Food	-1.09	1.58	0.48	-0.76	2.30	1.62
Δ Beverage	-2.24	3.28	1.00	-1.57	4.78	3.36
Δ Recreation	3.98	1.18	5.19	2.14	-2.63	-1.27
Δ Clothes	3.60	1.07	4.69	1.94	-2.38	-1.15
Δ Medical treatment	0.82	0.25	1.06	0.45	-0.58	-0.28
Δ Domestic appliances	3.73	1.11	4.86	2.01	-2.46	-1.19
Δ Other goods/services	2.23	0.67	2.90	1.20	-1.49	-0.72
ΔCO_2						
Transport group	0.83	4.10	5.36	0.17	1.71	1.91
Heating group	2.72	1.10	4.49	-0.79	-5.14	-5.86
Provisions group	-1.19	1.73	0.53	-0.79	2.35	1.66
Diverse group	2.91	0.87	3.79	1.57	-1.93	-0.93
Total effect	1.26	3.05	4.72	0	0	0
ΔSO_2						
Transport group	0.76	4.03	5.21	0.13	1.72	1.89
Heating group	2.62	1.06	4.32	0.51	-2.54	-1.73
Provisions group	-1.21	1.76	0.54	-0.79	2.36	1.67
Diverse group	2.93	0.87	3.81	1.58	-1.94	-0.94
Total effect	1.79	1.82	4.03	0.44	-0.87	-0.35
ΔNO_x						
Transport group	0.79	4.05	5.26	0.15	1.70	1.89
Heating group	2.67	1.07	4.40	-0.09	-3.74	-3.63
Provisions group	-1.16	1.68	0.51	-0.78	2.33	1.65
Diverse group	3.10	0.92	4.04	1.67	-2.05	-0.99
Total effect	0.88	3.30	4.53	0.15	1.09	1.24
ΔCO_2 tax				36.25	76.30	134.20

med 0.42 respektive 1.76 procent. På samma vis ser vi att konsumtionen av elektricitet, olja och fjärrvärme ökar till följd av effektiviseringen. Resultatet av scenario 2 och 3 kan utläsas på samma vis ur kolumn 2 och 3. Sammantaget kan sägas att utsläppen kommer att öka i alla tre scenarier. Nästa steg blir då att studera hur stor en koldioxidskatt måste vara för att CO₂ utsläppen åter ska bli av samma storlek som i utgångsläget.

Scenario 4 till 6 motsvarar scenario 1 till 3, men här höjs koldioxidskatten successivt till dess att CO₂ utsläppen är oförändrade jämfört med utgångsläget:

4. Scenario 1 givet att $\Delta\text{CO}_2 = 0$
5. Scenario 2 givet att $\Delta\text{CO}_2 = 0$
6. Både 1 och 2 givet att $\Delta\text{CO}_2 = 0$

Resultatet kan utläsas ur kolumn 4 till 6 i tabellen. Utmärkande (om än naturligt) är att skatten medför en tydlig minskning av konsumtionen av olja och en ökad konsumtion av fjärrvärme. Vi kan även se att utsläppen av CO₂ är oförändrade vilket betyder skatten har väntad effekt. Effekten på de båda andra utsläppen är inte helt entydig. Genomförs effektiviseringen både i transportsektorn och i värmesektorn så kommer koldioxidskatten att medföra att utsläppen av SO₂ minskar med 0.35 procent, medan utsläppen av NO_x ökar med 1.24 procent. Slutligen ser vi att koldioxidskatten måste höjas med 135 procent i scenario 6 om vi ska lyckas bibehålla utsläppen av CO₂ på oförändrad nivå.

Slutsatser från denna studie av svenska hushålls konsumtionsmönster blir att en förbättring i energieffektivitet initialt medför mindre konsumtion av energitjänster, vilket medför mindre utsläpp. Denna initiala reduktion kan dock komma att motverkas av retureffekten. Storleken på retureffekten är en empirisk fråga och i just denna studie visar den sig vara av betydande storlek – över 100 procent om den mäts på samma sätt som i Greening et al. (2000).

Huvudslutsatsen blir här att en exogen ökning i energieffektivitet ej behöver leda till mindre energikonsumtion. Det är i stället möjligt att ”tillväxteffekten” resulterar i större utsläpp och om man vill neutralisera utsläppen av koldioxid måste koldioxidskatten höjas med 135 procent. En politik som medför oförändrade CO₂ utsläpp kommer dock ej att ha tillräcklig inverkan på de andra utsläppen, så för att även de ska vara oförändrade så måste ytterligare policy instrument användas.

Av ovanstående resultat ser vi att energieffektivisering, som medel för att uppnå andra mål, kan vara ineffektivt. I den här studien verkar mål om energieffektivisering vara i direkt konflikt med **klimatmålet** om minskade koldioxidutsläpp. Eftersom även utsläppen av SO₂ och NO_x tenderar att öka, verkar ett energieffektiviseringsmål, enligt denna studie, även vara i konflikt med miljömålet **bara naturlig försurning** samt miljömålet **ingen övergödning**.

3.2 Energi- och elanvändning

Enligt både Resurseffektivitetsutredningen (SOU 2001:2) och rapporten Effektivare energianvändning (Ds 2001:60) kan en ökad energieffektivitet i slutänden medföra att energikonsumtionen ökar. Detta bekräftas av den svenska studien som redogjorts för ovan. Enligt simuleringen i Brännlund et al. (2004) så tenderar energianvändningen totalt sett att öka. Det gäller alla tre ingående typer av energi: el, olja samt fjärrvärme. Om koldioxidskatten höjs blir resultatet något mindre tydligt beträffande elkonsumtionen. Konsumtionen av olja minskar i det fallet och konsumtionen av fjärrvärme ökar.

3.3 Försörjningssäkerhet

Med försörjningssäkerhet menas framförallt trygg elförsörjning på så vis att produktionskapaciteten ska överstiga användningen med önskad marginal (Ds 2001:60). Det betyder att det bör finnas en reservkapacitet som kan utnyttjas vid ökad efterfrågan. Om det är lättare att säkerställa denna försörjning för en mindre mängd energi än för en större mängd, så blir resultaten av den svenska studien (Brännlund et al., 2004) relevanta även i detta fall eftersom de visar att energieffektivisering inte nödvändigtvis leder till minskad total användning av energi. Därför kan åtgärder som är direkt inriktade mot effektivisering inte sägas vara ett effektivt instrument för att nå leveranssäkerhet.

3.4 Resurseffektivitet

Ur ett samhällsekonomiskt perspektiv är det inte särskilt informativt att studera energieffektivitet som ett enskilt produktivitetmått. I stället kan energieffektivitet sägas utgöra en del av begreppet resurseffektivitet och bör då beaktas utifrån perspektivet total resursproduktivitet (SOU 2001:2). Energieffektivisering innebär en ökad energiproduktivitet, men det medför inte automatiskt att effektiviteten i resursanvändningen ökar totalt sett. Om en reduktion i energianvändningen innebär att man istället använder mer av en produktionsfaktor som t.ex. är skadligare för miljön, kan resultatet bli att effektiviteten med avseende på miljö i stället sjunker. Energiproduktivitet bör alltså mätas på samma sätt som total resursproduktivitet. Det betyder att man lägger ihop kostnaderna för alla insatta produktionsfaktorer och ställer dem i relation till produktionsvärdet. Om de externa effekterna är internaliserade genom t.ex. miljöskatter så att priset på energi motsvarar den samhällsekonomiska kostnaden per enhet energi, så speglar måttet kostnad/produktionsvärde den samhällsekonomiska resurseffektiviteten.

Ett samhällsekonomiskt effektivt resursutnyttjande innebär då att energieffektivisering bör genomföras så länge som de samhällsekonomiska intäkterna på marginalen är lika stora för de åtgärder som vidtas som de samhällsekonomiska kostnaderna är på marginalen. Exempelvis bör då marginalkostnaden för att effektivisera även ställas mot marginalkostnaden för att tillföra ny energi (DS 2001:60). Vidare bör energieffektiviseringen ske på ett

kostnadsminimerande sätt, dvs. så att marginalkostnaden för åtgärderna är lika för alla energibärare (liksom för alla de andra produktionsfaktorererna).

3.5 Välfärd

Exogen, ”gratis”, teknologisk utveckling (som t.ex. innebär energieffektivisering) är välfärdshöjande per definition eftersom den ökar valmängden för producenterna och konsumenterna i ekonomin. Om resurser för att genomföra energieffektivisering istället måste tas från övriga delar av ekonomin är åtgärden förknippad med en samhällsekonomisk kostnad, i termer av produktionsbortfall, som då måste ställas mot de samhällsekonomiska intäkterna av effektiviseringen. I Brännlund et al. (2004) antas en exogen teknologisk utveckling som i slutändan resulterar i nya konsumtionsval. Om de nya konsumtionsvalen, med tillhörande utsläppsnivåer, är välfärdshöjande beror på om priserna korrekt återspeglar de samhällsekonomiska värderingarna och kostnaderna av konsumtionen och utsläppen.

Det är, med andra ord, inte möjligt att utifrån den svenska studien säga någonting om välfärdseffekter av en energieffektivisering. Enligt Scenario 3, som innebär att effektiviseringen genomförs i både transportsektorn och värmesektorn, blir resultatet att konsumtionen av alla varor i modellen ökar. Det innebär en positiv välfärdsförändring. Samtidigt ökar även alla utsläpp, vilket i sin tur har en negativ inverkan på välfärden. Den slutliga välfärdsförändringen beror då på hur vi värderar den ökade konsumtionen i förhållande till de ökade utsläppen. Om vi i stället ökar koldioxidskatten enligt scenario 6, så kommer konsumtionen av en del varor att öka och konsumtionen av andra att minska, vilket i sig ger en oklar bild av välfärdsförändringen. Utöver det så kommer CO₂-utsläppens inverkan på välfärden att ha neutraliserats, SO₂-utsläppens inverkan ha minskats, medan NO_x-utsläppens inverkan har ökat.

4 Styrmedel

Målet för ekonomisk politik bör vara att skapa förutsättningar för samhällsekonomisk effektivitet². Därför bör energipolitiken utformas så att den skapar förutsättningar för marknadens aktörer att fatta samhällsekonomiskt riktiga beslut. Det förutsätter bland annat att priserna på energi speglar den samhällsekonomiska kostnaden för att nyttja resursen. I fall då detta inte är uppfyllt, t.ex. vid förekomsten av externa effekter, är det motiverat för samhället att ingripa för att korrigera marknadsmisslyckandet och på så vis förbättra resursallokeringen.

De styrmedel som samhället kan använda för att styra mot ett effektivt resursutnyttjande kan delas upp enligt: 1) ekonomiska 2) kvantitativa/administrativa samt 3) informativa styrmedel. Till de ekonomiska styrmedlen hör skatter, avgifter och subventioner. Med kvantitativa respektive administrativa styrmedel avses olika typer av tvingande regleringar. Informativa styrmedel syftar till att överbrygga informationsbrister och på så vis påverka producenters och konsumenters attityder och i slutändan beteende.

Generellt är skatter och subventioner att föredra före regleringar eftersom det i verkligheten finns små möjligheter för de senare att vara kostnadseffektiva. Om syftet är att internalisera effekterna av skadliga utsläpp från t.ex. produktionen av varan är generellt miljöskatter att föredra före t.ex. reningssubventioner. Orsaken är att skatter ökar kostnaderna i sektorn medan subventioner minskar dem. På kort sikt tenderar de att nå samma mål – dvs. minskade utsläpp, men på lång sikt ger de helt olika signaler. Med skatter uppfattas produktionen vara mindre lönsam, medan subventioner på lång sikt signalerar ökad lönsamhet i produktionen (Brännlund och Kriström, 1998).

Det finns dock situationer då regleringar kan vara lämpligt alternativ. Det kan vara motiverat att tillämpa försiktighetsprincipen genom att t.ex. förbjuda användning och spridning av kemiska föreningar som medför eller tros medföra mycket allvarliga miljö- och hälsoeffekter.

Informativa styrmedel kan främst ses som ett komplement till andra typer av åtgärder. De syftar framför allt till att få till stånd attitydförändringar som förhoppningsvis leder till ett förändrat beteende. Det är ofta svårt att följa upp och utvärdera effekterna av informativa styrmedel eftersom effekterna är svåra att mäta och de kanske framträder först efter ett par år.

För en liten öppen ekonomi som Sverige kan det dock vara problematiskt att föra sin egen politik helt oberoende av andra länder. De svenska exportföretagen

² Stycket bygger till stor del på kap. 4.2 i Effektivare energianvändning (Ds 2001:60)

konkurrerar på en världsmarknad med givna priser och de varor som produceras för hemmamarknaden är utsatta för importkonkurrens från andra länder. Om ett land "går före" i miljöpolitiken måste det beakta konsekvenserna av att de inhemska företagen belastas med kostnader som de utländska företagen inte utsätts för³. Att helt internalisera negativa externa effekter med skatter kan öka priserna på energi så mycket att det blir svårt för den svenska industrin att hävda sig mot internationell konkurrens. Om t.ex. klimatmålet premieras från politiskt håll, framför total resurseffektivitet, kan satsningar på minskade utsläpp genom energieffektivisering vara motiverade som ett "näst-bästa" alternativ. Risken är dock att det är ett "trubbigt" alternativ och retureffekten kan vara så stor att den tenderar att motverka den initiala energibesparingen delvis eller till och med helt. Retureffekten måste därför vägas in i bedömningen av kostnader och intäkter för en effektivisering. I fall då resurser från andra håll i ekonomin tas i anspråk för att genomföra energieffektiviseringen innebär det en samhällsekonomisk kostnad i termer av produktionsbortfall och om den slutliga totala energibesparingen blir marginell till följd av retureffekten, kan satsningen resultera i kostnader som inte motsvaras av lika stora intäkter.

³ I kapitel 3.4 i "Skatter, miljö och sysselsättning" (SOU 1997:11) förs ett utvecklat resonemang kring internationella aspekter på styrmedel.

5 Metoder för utvärdering av styrmedel

Som nämndes i ovanstående stycke är det ofta svårt att studera effekterna av informativa styrmedel. Möjligheterna att studera effekterna av ekonomiska, administrativa och kvantitativa styrmedel är däremot större och i detta kapitel kommer några av metoderna som kan användas att förklaras översiktligt.

5.1 Ekonometriska modeller där ekonomiska samband skattas empiriskt

Ekonometriska modeller för utbuds- och efterfrågesystem kan användas för att utvärdera effekterna av styrmedel. En sådan typ av modell används i Brännlund et al. (2004) och beskrevs översiktligt i kapitel 3.1.1. När de ekonomiska sambanden väl är skattade kan modellerna användas för att simulera effekter av olika policyåtgärder. Naturligt är att utvärdera effekterna av prisförändringar till följd av skatter, avgifter och subventioner, men det är lika möjligt att studera effekterna av kvantitativa regleringar och förändringar i teknologi. Brännlund och Nordström (2002) är ett annat exempel på studie av svenska förhållanden i vilken denna typ av ansats används.

5.2 Välfärdsanalyser

Om man har information om företagens marginalkostnadskurvor (utbudskurvor) och konsumenternas efterfrågekurvor (t.ex. erhållna från modeller som beskrivs i 5.1), kan fördelningseffekterna av en förändrad energipolitik studeras genom en beräkning av förändringarna i konsument- respektive producentöverskott. Det är då möjligt att se vilken grupp som tjänar respektive förlorar på en sådan förändring. Brännlund och Kriström (1996) använder ansatsen för att studera fördelningseffekter av en klorskatt på produktionen av pappersmassa. En annan ansats innebär att man gör en kostnads- intäktsanalys av ett energieffektiviseringsprojekt⁴. En sådan samhällelig investeringskalkyl är möjlig att göra om man kan uppskatta de samhällsekonomiska kostnaderna och intäkterna av att genomföra effektiviseringsprojektet.

5.3 Distansfunktionsansats: ger empiriska mått på olika typer av effektivitet

En metod som kan användas för att utvärdera effekten av styrmedel för effektivare energianvändning är relaterad till begreppet total resurseffektivitet. Eftersom

⁴ Se tex Bohm (1996), kapitel 4, för en allmän genomgång av kostnads- intäkts analys.

metoden lämpar sig väl för att mäta olika aspekter av effektivitet ges här en lite mer ingående beskrivning av tillvägagångssättet.

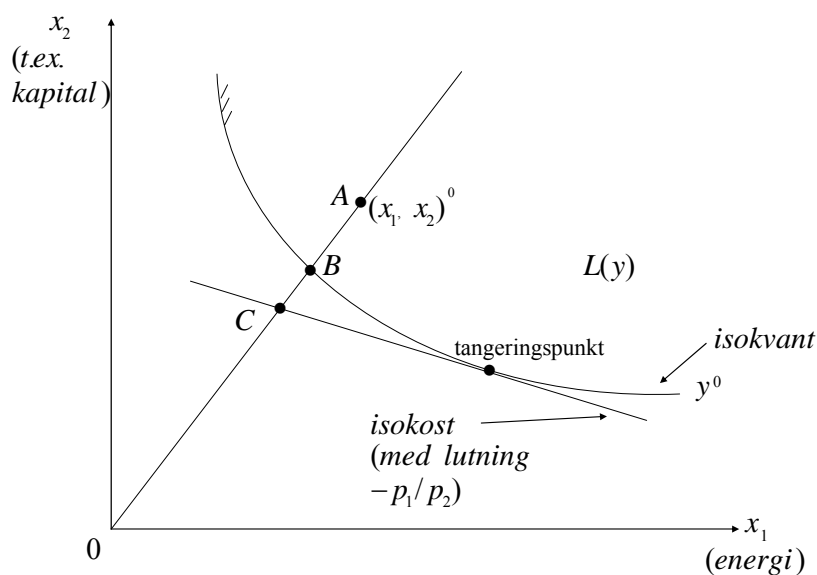
För att studera den totala resurseffektiviteten används en produktionsfunktionsansats som beaktar alla insatsfaktorer samtidigt. Med hjälp av en s.k. distansfunktion mäts effektiviteten⁵ mot en empirisk produktionsfront, s.k. ”best-practice”, som utgörs av de observationer som uppvisar bäst resultat givet insatsen av produktionsfaktorer⁶. Ansatsen tillskriver varje observation (t ex observation för ett land under ett visst år) ett index som representerar hur mycket alla insatsfaktorer skulle kunna minskas utan att produktionsmängden minskar. Denna typ av mått kan även mätas för olika sektorer i en industri. En observation som har index 1,0 är ”best-practice” och en observation med index mindre än 1,0 är ineffektiv.

För att relatera produktiviteten för Svensk industri⁷ med den för andra länder, beräknas ett medelvärde för respektive lands index. Om det svenska medelvärdet är signifikant högre än medelvärdet i ett annat land kan vi säga att vi använder insatsfaktorerna mer effektivt än det andra landet. På samma sätt gäller att om vårt medelvärde är lika med (eller lägre än) det andra landets medelvärde så är effektiviteten lika med (eller lägre än) den i det andra landet. I ett nästa steg kan ländernas effektivitetsindex kopplas till tänkbara förklarandevariabler och det borde då vara möjligt att inkludera variabler som på något vis indikerar policyförändringar beträffande styrmedel (t.ex. skattesats). En kompletterande jämförelse av indexvärdet för enskilda observationer kan också genomföras. Det är då möjligt att studera varje lands produktivitet utveckling över tid, för att på så vis se om något land utvecklas mot att komma närmare ”best-practice” eller om det blir mindre effektivt över tid. Vi kan med andra ord jämföra Sveriges position för t.ex. tio år sedan med positionen idag.

⁵ Effektivitetsmättet benämns ibland Farrelleffektivitet efter M.J. Farrell som definierade måttet 1957.

⁶ En introduktion till metoden finns i Coelli et al. (2002). Avancerad genomgång finns i Färe et al. (1994), samt Färe och Grosskopf (2004).

⁷ Detta mått kan beräknas för valfri aggregeringsnivå. Om data finns tillgängligt kan måttet erhållas för t.ex. olika sektorer inom svensk industri och de jämförelser mellan Sverige och andra länder som beskrivs i texten kan på analogt vis göras mellan de industriella sektorerna.



Figur 4: Teknisk och allokativ effektivitet som mäts med distansfunktionen

Nedan följer en mer detaljerad förklaring av ansatsen. I figur 4 visar isokvanten alla kombinationer av insatsfaktorerna x_1 och x_2 som kan användas för att producera en och samma produktmängd (y^0) så effektivt som möjligt. Den blir en sorts ”best-practice”, dvs. alla kombinationer till höger om den kan producera y^0 men det är bara de kombinationer som ligger utmed isokvanten som är tekniskt effektiva.

Då information om priser på insatsfaktorerna inkluderas kan den lägsta kostnaden för att producera y^0 beräknas. Utmed isokosten erhålls då alla kombinationer av x_1 och x_2 som genererar samma kostnad. Till det rådande relativpriset i figuren erhålls lägsta kostnad för att producera y^0 vid den kombination av x_1 och x_2 där isokosten tangerar isokvanten. I denna punkt råder både teknisk effektivitet (vi befinner oss på isokvanten) och allokativ effektivitet (givet de rådande faktorpriserna, har vi valt rätt kombination av insatsfaktorerna utmed isokvanten).

Effektivitetsmättet:

Vi observerar kombinationen av insatsfaktorer, $(x_1, x_2)^0$, i punkten A. Funktionen som används mäter avståndet från origo till denna punkt A, och relaterar det till avståndet från origo till isokvanten utmed samma origostråle – dvs. kvoten OB/OA beräknas. Då erhålls ett mått på teknisk effektivitet (TE), vilket är ett mått på hur mycket man kan minska användandet av båda insatsfaktorerna för att komma på isokvanten. För att ta fram TE behövs data på kvantiteter för de insatsfaktorer som ska relateras till varandra samt data på produktionsnivå, vilket är nödvändigt för att veta vilken produktion som isokvanten genererar.

Om dessutom priser finns tillgängliga kan isokosten beräknas. Den lägsta kostnaden för att producera y^0 är då känd. Till de rådande priserna genererar alla kombinationer av x_1 och x_2 utmed isokosten samma kostnad (men alla andra kombinationer än den på isokvanten kommer att ge lägre produktion än y^0). Om kvoten OC/OB beräknas så får vi ett mått på hur mycket vi måste minska båda insatsfaktorer (från tekniskt effektiv produktion) för att erhålla samma låga kostnad som är möjligt i tangeringspunkten. Kombinationen C kommer visserligen inte att kunna producera y^0 , men kvoten ger ett mått på hur långt vi är ifrån lägsta kostnadsnivån. Om kvoten är 1 så tangerar isokosten isokvanten i punkten B , och vi har effektivitet i allokering.

Total effektivitet har vi då om vi observerar en kombination av x_1 och x_2 vid punkt B och om även isokosten tangerar isokvanten vid denna punkt. Ett mått på total effektivitet ges av kvoten OC/OA .

6 Sammanfattning och slutsatser

Tidigare utländska studier av retureffekten uppvisar tydliga indikationer på att sådana effekter existerar. Vanligast är dock att den största delen av de tekniska potentialerna går att realisera. I studien av svenska förhållanden (Brännlund et al, 2004) tycks retureffekten vara av betydande storlek. Den motverkar helt den initiala effekten och slutligen har utsläppen t.o.m. ökat jämfört med utgångsläget. Resultaten visar att i vissa fall kan energieffektiviseringsmål vara i direkt konflikt med andra mål som t.ex. klimat- och övriga miljömål. En slutsats blir då att om energieffektivisering i sig är ett *mål*, så kan detta stimuleras (och ”slöseri” skall bestraffas), men om energieffektivisering används som *medel* för att uppnå andra mål (t.ex. klimatpolitiska), så kan det vara ett ineffektivt sätt att gå till väga på. Om syftet med politiken är att uppnå ett miljömål som t.ex. minskade CO₂-utsläpp, är det istället effektivt att direkt beskatta (eller reglera) utsläppen. En sådan politik kan dessutom komma att stimulera företag och konsumenter till att effektivisera sin produktion/konsumtion m.a.p. energiförbrukning eller utsläpp.

Energieffektivitet är ett partiellt och relativt mått och det ger inte så mycket information om det beaktas för sig. I stället bör det studeras utifrån perspektivet total resurseffektivitet. Enligt ekonomisk teori bör ekonomisk politik ha som mål att säkerställa ett samhällsekonomiskt nyttjande av alla resurser (där energi utgör en del). En typ av åtgärd som verkar i sådan riktning är internalisering av externa effekter genom t.ex. miljöskatter, så att priserna speglar den samhällsekonomiska kostnaden för att nyttja resurserna.

Sverige är dock en liten öppen ekonomi vars industri är utsatt för internationell konkurrens. Möjligheterna att genom t.ex. skatter sätta ett samhällsekonomiskt optimalt pris för att uppnå ett bakomliggande mål kan därför vara begränsade. Om det bakomliggande målet kan uppnås genom minskad energikonsumtion, kan en satsning på energieffektivisering vara en ”näst-bästa” väg att gå. Risken är dock att det blir ett ”trubbigt” alternativ och retureffekten kan vid en sådan satsning vara så stor att den motverkar den initiala energibesparingen delvis eller till och med helt. Retureffekten bör därför vägas in i bedömningen av intäkter och kostnader av en effektivisering. I fall då resurser från andra håll i ekonomin tas i anspråk för att genomföra energieffektiviseringen innebär det en samhällsekonomisk kostnad i termer av produktionsbortfall och om den slutliga totala energibesparingen blir marginell till följd av retureffekten, kan satsningen resultera i kostnader som inte motsvaras av lika stora intäkter.

7 Referenser

- Berkhout, P.H.G., Muskens, J. och Velthuisen, J.W. (2000). Defining the rebound effect, *Energy Policy*, **28**, 425-432.
- Bohm, P. (1996). *Samhällsekonomisk effektivitet*. SNS Förlag, Kristianstad.
- Brännlund, R. och Kriström, B. (1996). Welfare Measurement in Single and Multimarket Models: Theory and Application, *American Journal of Agricultural Economics*, **78**, 157-165.
- Brännlund, R. och Nordström, J. (2002). Carbon tax simulations using a household demand model, *European Economic Review*, **48**, 211-233.
- Brännlund, R., Ghalwash, T. och Nordström, J. (2004). Increased Energy Efficiency and the Rebound Effect: Effects on consumption and Emissions, *Umeå Economic Studies*, **642**, Umeå Universitet.
- Brännlund, R. och Kriström, B. (1998). *Miljöekonomi*, Studentlitteratur, Lund.
- Coelli, T., Prasada Rao, D.S. och Battese, G.E. (2002). *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Ds 2001:60. (2001). *Effektivare energianvändning – Förslag till marknadsbaserade åtgärder*, Fritzes, Stockholm.
- Greening, L.A., Green, D.L. och Difiglio, C. (2000). Energy Efficiency and Consumption – the Rebound Effect – a Survey. *Energy Policy*, **28**, 389-401.
- Grepperud, S. och Rasmussen, I. (2004). A general equilibrium assessment of rebound effects, *Energy Economics*, **26**, 261-282.
- Färe, R. och Grosskopf, S. (2004). *New Directions: Efficiency and Productivity*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Färe, R., Grosskopf, S. och Lovell, C.A.K. (1994). *Production Frontiers*. Cambridge University Press, Cambridge.
- SOU 1997:11. (1997). Skatter, miljö och sysselsättning, Slutbetänkande från Skatteväxlingskommittén, Fritzes, Stockholm.
- SOU 2001:2. (2001). *Effektiv användning av naturresurser*, Slutbetänkande, Fritzes, Stockholm.

Statens energimyndighet. (2000). *Energi och klimat i Sverige, scenarier 2010*. EB 4:2000, Eskilstuna.