

Ekonomiska styrmedel i energisektorn

En utvärdering av dess effekter på koldioxidutsläppen
från 1990

ER 2006:06

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: 150 ex

ER 2006:06

ISSN 1403-1892

Förord

Föreliggande rapport från Energimyndigheten innehåller en utvärdering av energi- och koldioxidskatternas effekt på utsläppsutvecklingen sedan 1990 samt även en analys över den samlade effekten av insatta ekonomiska styrmedel i energisektorn från 1990 och fram till idag. Studien kommer att ingå som ett underlag i arbetet med Sveriges fjärde nationalrapport till FN:s klimatkonvention, NC4.

En viktig input i arbetet har varit beräkningar med modellen MARKAL-Nordic. Modellberäkningarna samt produktionskostnadskalkylerna har gjorts av Profu AB i Göteborg.

Rapporten har författats av Karin Sahlin och Mathias Normand.

Eskilstuna, 2005-09-15



Zofia Lublin
Avdelningschef Systemanalys

Innehåll

1	Sammanfattande slutsatser	7
2	Inledning	13
2.1	Avgränsningar.....	13
2.2	Beskrivning av modellen MARKAL-Nordic	14
3	Koldioxidutsläpp och energianvändning i Sverige	15
	Koldioxidutsläpp 1990 - 2003.....	16
3.1	Energianvändning	17
4	Produktionskostnader	25
4.1	Viktiga antaganden	25
4.2	Produktionskostnader i värmeverk	26
4.3	Produktionskostnader i kraftvärmeverk.....	28
4.4	Produktionskostnader individuell uppvärmning.....	31
5	Energi- och koldioxidskattens effekt	33
5.1	Energi- och koldioxidskatten som styrmedel.....	35
5.2	Skattepolitikens utveckling.....	37
5.3	Modellresultat	41
6	Styrmedlens samlade effekt	53
6.1	Inledning	54
6.2	Modellresultat	56
7	Skillnad jämfört med NC3	63
8	Referenser	67
	Bilaga - MARKAL-metodiken och MARKAL-NORDIC	69

1 Sammanfattande slutsatser

Energimyndigheten har tillsammans med Naturvårdsverket fått i uppdrag att ta fram Sveriges fjärde rapportering till FN:s klimatkonvention (fjärde nationalrapporten). Rapporten ska bland annat innehålla en utvärdering av de svenska energi- och klimatpolitiska styrmedlens effekter på utsläppen av växthusgaser. Föreliggande rapport utgör ett underlag till den fjärde nationalrapporten.

Analysen omfattar utsläppen av koldioxid från energisektorn och inkluderar de ekonomiska styrmedel som införts från 1990 och fram till idag. En separat analys har gjorts för att utvärdera de insatta skatternas effekt på utsläppen. Därutöver har effekterna av de samlade ekonomiska styrmedlen beräknats. För de samlade styrmedlen är analysen mer framåtblickande medan utvärderingen av insatta skatter är mer renodlat utvärderande (ex post). Analysen innehåller både en kvalitativ del men också ett antal modellberäkningar med den teknisk/ekonomiska optimeringsmodellen MARKAL – Nordic.

Som alltid ska modellberäkningar användas med försiktighet. Vår bedömning är dock att MARKAL på ett övergripande sätt anger en korrekt bild över hur styrmedlen verkar och verkar. MARKAL-modellen visar på ett tydligt sätt vilka åtgärder som i ett optimalt system genomförs vid olika kostnader för tekniker, bränslen och styrmedel. I vissa fall har modellen dock en tendens att överskatta hur snabbt åtgärder genomförs. I verkligheten finns det faktorer som modellen inte inbegriper som gör att utvecklingen oftast sker långsammare. Med andra ord; företag och hushåll, organisationer, individer agerar inte alltid på ett helt rationellt sätt, vilket modellen gör. Modellen har också en egenskap som gör att anpassningen i vissa fall underskattas i modellresultatet. Det beror på att nettoanvändningen av energi är exogent given i modellen. Effekter i termer av en minskad energianvändning till följd av höjda energipriser fångas därför inte till fullo in med modellen.

Något minskade utsläpp idag jämfört med år 1990

De faktiska utsläppen av koldioxid har minskat med drygt 2 miljoner ton från 1990 och fram till idag. Utsläppsminskningen har skett under senare delen av perioden. Det är framförallt utsläppen i samband med den individuella uppvärmningen som har minskat. Orsaken är en kontinuerligt minskad användning av olja. För energiomvandlingssektorn och industrin ligger de genomsnittliga utsläppen relativt stabila. Samtidigt har både produktionen av fjärrvärme och industrins produktion ökat under samma period. Produktionen av el har varierat främst beroende på tillgången på vatten. Produktionen av el från kraftvärmeanläggningar har dock ökat stadigt under perioden 1990 och fram till idag. Utsläppen från industrin och i samband med el- och värmeproduktion har

ändå kunnat hållas nere framförallt p.g.a. en ökad användning av biobränslen. Vid produktion av fjärrvärme har andelen biobränslen ökat från ca 25 % till ca 60 %. Det bör också tilläggas att år 1990 föregicks av en period med en kraftig nedgång av användningen av olja, bl.a. till följd av stigande bränslepris samt en förhållandevis hög energiskatt för olja.

Större klimatpolitiskt fokus idag

År 1990 fanns inte någon koldioxidskatt, inte heller några drifts- eller investeringsstöd. En styrning mot ökad användning av förnybara energislag fanns dock genom den energiskatt som belastade användningen av olja, kol, gas och el. Nivån på skatten var högre för olja än för de övriga energislagen och energiskatten gällde även för industrin. År 1991 infördes koldioxidskatten på nivån 25 öre/kg CO₂. Industrins andel var inledningsvis 100 %. Koldioxidskatten har kontinuerligt höjts med en tilltagande takt de senaste åren i och med att den gröna skatteväxlingen påbörjades år 2001¹. Industrins andel av skatten har varierat men sedan 1992 har andelen understigit 100 procent. År 2004 ändrades reglerna för energi- och koldioxidskatt vid kraftvärmeproduktion. Samma nedsättningsregler gäller för kraftvärme som för den tillverkande industrin, vilket innebär ingen energiskatt samt 21 procent av den generella koldioxidskatten som år 2005 var 91 öre/kg CO₂. År 2003 infördes elcertifikatsystemet som ersätter de tidigare investerings- och driftsstöden till förnybar elproduktion. Systemet har funnits i 2,5 år och priserna på elcertifikat har under 2005 varit runt 200 kr/MWh. Hittills har främst produktion inom ramen för befintliga anläggningar genererats inom systemet. EU:s handelssystem för utsläppsrätter startade den 1 januari 2005 och omfattar energiomvandlingssektorn samt den energiintensiva industrin. Handelsystemet har inkluderats i beräkningarna genom att anta ett pris på 10 euro per ton koldioxid. Under slutet av 2005 har priserna på utsläppsrätter legat runt 20 euro per ton.

Sveriges energi- och koldioxidskatt har lett till lägre utsläpp

Nuvarande beskattning av energi har en tydligare klimatpolitisk inriktning jämfört med år 1990. Baserat på modellresultat bedömer Energimyndigheten att koldioxidutsläppen fram till år 2005 klart dämpats som en följd av den införda koldioxidskatten från 1990 och fram till idag. Modellen visar att utsläppen blir ca 2,5 –7 Mton lägre i energisektorn med den utveckling av energi- och koldioxidskatten som varit jämfört med om 1990 års skatter hade fortsatt att gälla. Den lägre utsläppsminskningen motsvaras av en situation där nya kolbaserade anläggningar inte antas byggas vare sig med nuvarande klimatpolitik eller med 1990 års klimatpolitik medan det i den större utsläppsminskningen tillåts en utbyggnad av kolbaserade anläggningar med 1990 års klimatpolitik.

¹ Riksdagen beslutade år 2000 om en grön skatteväxling som innebär att skatten på miljöstörande verksamhet höjts, samtidigt som skatten på arbete sänkts.

Det är troligt att 1990 års politik hade lett till en betydligt större användning av kol

Det är mycket svårt att i efterhand (15 år senare) avgöra vad som skulle vara relevanta antaganden givet en helt annan politisk utveckling. Om 1990 års styrning, utan koldioxidskatt eller andra stöd till förnybar elproduktion, fortsatt gälla fram till idag och även i framtiden är det högst troligt att det även byggts kolbaserad energiproduktion. Utsläppseffekten (d.v.s. skillnaden mellan dagens styrning och 1990 års styrning) hamnar då på 7 miljoner ton koldioxid. Vid en jämförelse av produktionskostnader för värmeverk och för kraftvärmeverk syns att biobränslen redan år 1990 var ett mer lönsamt alternativ att använda än olja. Däremot var kol ett attraktivt alternativ vid både ren värmeproduktion samt vid kombinerad värme- och elproduktion år 1990.

Kraftigt höjda skatter har givit lägre utsläpp i bostadssektorn

I delsektorn *bostäder och service* har de kraftigt höjda skatterna från 1990 fram till idag, år 2005, inneburit att hushållen och aktörerna inom privat och offentlig service tydligt sett att konvertering från främst olja till andra alternativ varit lönsamma. Modellberäkningen visar även att en minskning av utsläppen skulle kunna ha uppnåtts med 1990 års skatter. Den minskningen är inte lika stor som den utsläppsreduktion som den förda skattepolitiken beräknas ge men resultaten från modellen öppnar ändå upp för frågan om hur höga skatter som hade krävts för att uppnå samma resultat. I denna rapport har vi inte vidare analyserat vilken nivå på skatten som skulle vara tillräcklig ur perspektivet att minska koldioxidutsläppen till en given nivå med så låga kostnader som möjligt för hushåll och aktörer inom privat och offentlig service. Vid en sådan fortsatt utredning bör en helhet eftersträvas vilket bl.a. inkluderar den statsfinansiella betydelsen av energi- och koldioxidskatterna.

För industrin ger dagens nedsatta koldioxidskatt något högre utsläpp jämfört med 1990 års energiskatt

För *industrin* har inte koldioxidskatten inneburit minskade utsläpp jämfört med 1990 eftersom 1990 års energiskatt var något högre än dagens nedsatta koldioxidskatt. När skattens effekt inom industrin utvärderas är det viktigt att inkludera det internationella perspektivet. En alltför kraftig nationell styrning leder troligtvis inte till minskade globala utsläpp eftersom produktionen riskerar att flytta utomlands med effekter på sysselsättning m.m.

Koldioxidskatten har haft betydelse för den kraftigt ökade användningen av biobränsle i fjärrvärmesektorn

På samma sätt bedöms den förda skattepolitiken haft en tydlig betydelse för den utveckling med kraftig övergång från fossila bränslen till biobränslen som skett inom fjärrvärmeproduktionen (*hetvattencentraler*). Även om modellen indikerar

att 1990 års styrmedel hade kunnat ge samma utveckling bedömer vi att så inte fullt ut hade blivit fallet. En enskild beräkning av produktionskostnader vid ett värmeverk visar att skillnaden mellan att använda biobränsle och kol år 1990 var liten. Dock finns det anledning att även här fråga sig om det hade räckt med en lägre nivå på koldioxidskatten för att uppnå samma miljöstyrning som idag.

Koldioxidskattens nivå har sänkts vid kraftvärmeproduktion men samtidigt har två nya styrmedel tillkommit

För kraftvärmens görs bedömningen att den förda skattepolitiken i verkligheten (från 1990 och fram till idag) haft större betydelse för övergången från fossila bränslen till biobränslen än vad modellen visar. Även för aktörer i kraftvärmesektorn har den förda skattepolitiken givit tydliga signaler om att koldioxidutsläpp kostar. Den sänkning av skatterna i samband med kraftvärmeproduktion som skedde 2004 och som byggde på en vilja att förbättra förutsättningarna för effektiv el- och värmeproduktion får en stor påverkan på modellens resultat. För kraftvärmesektorn fungerar modellens beräkning bäst i ett framtblickande perspektiv. Det är också den mest korrekta utgångspunkten eftersom elcertifikatsystemet samt EU:s handelsystem har tillkommit samtidigt som reglerna för koldioxidskatten förändrades. Det är viktigt att analysera effekten av den sänkta kraftvärmeskatten tillsammans med det införda elcertifikatsystemet (tidigare investeringsstöd- och driftsstöd) samt EU:s handelsystem för utsläppsrätter. Därmed ges den samlade effekten av införda ekonomiska klimatstyrmedel jämfört med 1990 års ekonomiska styrmedel.

Den samlade effekten av införda ekonomiska styrmedel ger en starkare klimatstyrning

Den sammantagna effekten av dagens ekonomiska styrmedel i energisektorn (exklusive transporter), dvs. energi- och koldioxidskatten, elcertifikatsystemet samt EU:s handelsystem (exklusive LIP och Klimp), ger 5 till 10 miljoner ton lägre utsläpp av koldioxid år 2010 jämfört med om 1990 års energiskatt hade fortsatt att gälla under hela perioden fram till idag. Den lägre utsläppsskillnaden (5 Mton) motsvaras av en försiktig ansats där beräkningen bygger på antagandet att kolbaserade anläggningar inte hade byggts i Sverige även i ett fall där 1990 års klimatpolitik hade fortsatt att gälla. Den högre utsläppsskillnaden (10 Mton) bygger på antagandet att givet 1990 års klimatpolitik så hade det varit möjligt att kolbaserad energiproduktion hade byggts ut i Sverige. Som vi tidigare slagit fast är det ett tänkbart scenario eftersom kol var ett konkurrenskraftigt produktionsalternativ jämfört med biobränslen - givet 1990 års energiskatt och dåvarande bränslepriser.

I energiomvandlingssektorn är det viktigt att se till den samlade effekten av styrmedel.

Den sammantagna effekten av koldioxidskatten, elcertifikatsystemet samt EU:s handelssystem för utsläppsrätter ger en starkare styrning vid

kraftvärmeproduktion jämfört med 1990 års energiskatt. Vid enbart värmeproduktion ger även 1990 års energiskatt en stark styrning. Läger man samman dagens nivå för koldioxidskatten samt EU:s handelssystem är dock styrningen idag betydligt starkare.

EU:s handelssystem förstärker styrningen inom industrin

För industrin var 1990 års energiskatt något högre än dagens nedsatta koldioxidskatt. EU:s handelssystem gör dock att dagens styrmedel för den del av industrin som omfattas av EU:s handelssystem har en något kraftigare styrning jämfört med 1990 års energiskatt.

Dagens styrmedel beräknas ge mer svensk energiproduktion

Sammantaget leder dagens styrmedel till mer fördelaktiga förutsättningar för energiproduktion i Sverige. Det innebär att de nationella utsläppen beräknas öka (p.g.a. att en viss del av elen beräknas produceras med gas). Sett i ett nordiskt perspektiv indikerar modellen att det är kolkondens som ersätts. Det innebär att utsläppen, sett i ett nordiskt perspektiv, inte ökar utan istället minskar.

De totala utsläppen av koldioxid från energiproduktion regleras på EU-nivå

Från och med 2005 regleras utsläppen från elproduktionen genom EU:s handelssystem som omfattar samtliga EU:s medlemsstater. Det innebär att en eventuellt utbyggd gasbaserad elproduktion i Sverige som ökar de nationella utsläppen samtidigt leder till utsläppsminskningar någon annanstans inom ramen för EU:s handelssystem. Omvänt gäller att en hårdare styrning i handlande sektorer i Sverige inte leder till minskade utsläpp i EU eftersom en minskning i Sverige möjliggör för en annan utsläppskälla att öka sina utsläpp. Detta gäller inom den pågående handelsperioden. Inför nästa handelsperiod påverkas de totala utsläppen i EU av samtliga länders tilldelning av utsläppsrätter. Inom ramen för EU:s handelssystem utgör den totala mängden tilldelade utsläppsrätter ett tak för utsläppen.

2 Inledning

Inom ramen för FN:s klimatkonventionen har Sverige och andra länder åtagit sig att vart fjärde år lämna in en rapport över bl.a. utsläppsutvecklingen, en prognos över framtida utsläpp samt en utvärdering av använda styrmedel. Under 2005 ska den fjärde s.k. nationalrapporten tas fram. Följande rapport utgör ett underlag till denna rapport.

En analys har gjorts över vilken effekt insatta ekonomiska styrmedel har haft sedan 1990 i energisektorn. Med energisektorn avses användningen av energi i bostadssektorn, energiomvandlingssektorn samt inom industrin. För övriga sektorer har separata utvärderingar gjorts. Utvärderingen görs bakåt i tiden men även framåt för åren 2010 och 2020.

Den metod som använts är att dels beskriva den faktiska utvecklingen och relatera den till insatta styrmedel samt även till andra påverkande parametrar. Analysen kompletteras sedan med modellberäkningar med den teknisk-ekonomiska optimeringsmodellen MARKAL-Nordic.

Analysen har delats upp i två delar, dels skatterna effekt på utsläppsutvecklingen, dels den sammanlagda effekten av dagens samlade ekonomiska styrmedel i energisektorn. Den samlade analysen är mer framåtblickande medan skatteutvärderingens är mer tillbakablickande.

2.1 Avgränsningar

Analysen i denna rapport avgränsas till energisektorn exklusive transporter.

Det är viktigt att påpeka att denna rapport koncentreras till att analysera de ekonomiska styrmedlens effekter på koldioxidutsläppen. En helhetsbedömning av styrmedlens lämplighet utifrån dess effekter på t. ex. konkurrenskraft, statsfinanser, strukturomvandling eller dess fördelningseffekter görs inte i denna rapport.

Vidare analyseras inte annat än översiktligt hur olika aktörers beteenden förändras med olika styrmedel. I rapporten fokuseras på hur olika delsektorer optimerar en given total användning av energi, givet förändringar i styrmedel. Det betyder att vi fångar när det är lönsamt för ett hushåll att byta sin oljepanna till exempelvis fjärrvärme, men inte om samma hushåll som ett resultat av höga elskatter minskar sin användning av hushållsel.

2.2 Beskrivning av modellen MARKAL-Nordic

Beräkningar med modellen MARKAL-Nordic har varit ett viktigt underlag i utvärderingen av de ekonomiska styrmedlen i energisektorn (exklusive transporter). En utförlig beskrivning av modellen samt de indata som använts redovisas därför i en bilaga till rapporten.

Det bör poängteras att *de kvantitativa* resultaten ska tolkas med försiktighet. Modellens drivkraft är att optimera energisystemet utifrån uppgifter om vilka olika tekniker som finns samt vad dessa kostar. Modellen tenderar därför att genomföra åtgärder snabbare än vad som sker i verkligheten. Det finns faktorer som gör att aktörerna, både företag och konsumenter, inte alltid agerar som modellen gör. Det kan vara brist på information, att andra investeringar (båda inom ramen för ett företag men också för ett hushåll) prioriteras före energiinvesteringen, trögheter i tillståndshanteringprocessen vid investeringar i nya energianläggningar samt att konsumenters värderingar kan leda till att en ekonomiskt lönsam åtgärd ändå inte vidtas. Samtidigt finns det en egenskap hos modellen som verkar i andra riktningen, dvs. leder till att modellresultatet kan underskatta den verkliga utsläppseffekten p.g.a. det införda styrmedlet. I modellen anges det underliggande energibehovet exogent, vilket innebär att modellen inte kommer att visa eventuella anpassningar i form av ändrat beteende (exempelvis sänkt inomhustemperatur) eller strukturförändringar i industrins produktionsmönster till följd exempelvis höjda skatter.

Modellens resultat kan ändå användas för att få en *förståelse* för vilken styrning som de valda styrmedlen ger.

Det kan inte poängteras nog mycket att modellresultat beror av vilka antaganden som görs för en rad olika parametrar. I bilagan till rapporten redovisas vilka indata som använts. Exempelvis påverkas resultaten av olika prisantaganden för bränslen, priset på utsläppsrätter och priset på elcertifikat. Att göra känslighetsanalyser för samtliga prisantaganden skulle innebära ett stort antal beräkningar. Detta har inte varit möjligt att göra inom ramen för arbetets omfattning. Vi har dock på valda ställen infört kommentarer i texten för att betona denna osäkerhet.

3 Koldioxidutsläpp och energianvändning i Sverige

Sammanfattande slutsatser

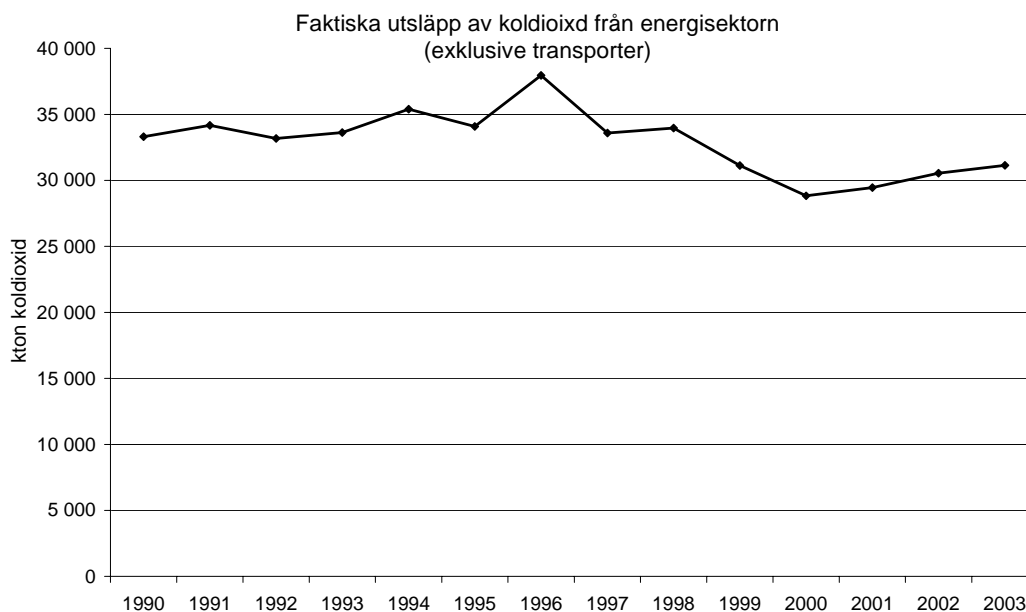
- Utsläppen av koldioxid från energisektorn (exklusive transporter) har minskat under den senare delen av perioden 1990 –2004.
- Det är den individuella uppvärmningen som uppvisar den största utsläppsminskningen under 1990-talet. Orsaken är en kontinuerligt minskad användning av olja.
- Utsläppen i samband med energiproduktion samt användning av energi inom industrin har svängt runt en relativt stabil nivå.
- Perioden före 1990, d.v.s. under 1980-talet minskade användningen av olja i energisektorn betydligt.
- Under 1990-talet är det framförallt användningen av bibränslen som har ökat sin tillförda andel.
- Vid fjärrvärmeproduktion syns dessa trender tydligt vilket kan illustreras med de specifika utsläppen som år 2004 var en tredjedel av 1980 års nivå.
- Även industrin följer den allmänna trenden. Här ersätts oljan i större utsträckning av el. Men även bibränslen har ökat.

I följande kapitel redovisas hur utvecklingen har sett ut mellan 1990 och fram till idag men också ännu längre bakåt i tiden. Beskrivningen innehåller både utsläppsutvecklingen men också den underliggande energianvändningen uppdelad i bostadssektorn, industrisektorn och energiomvandlingssektorn.

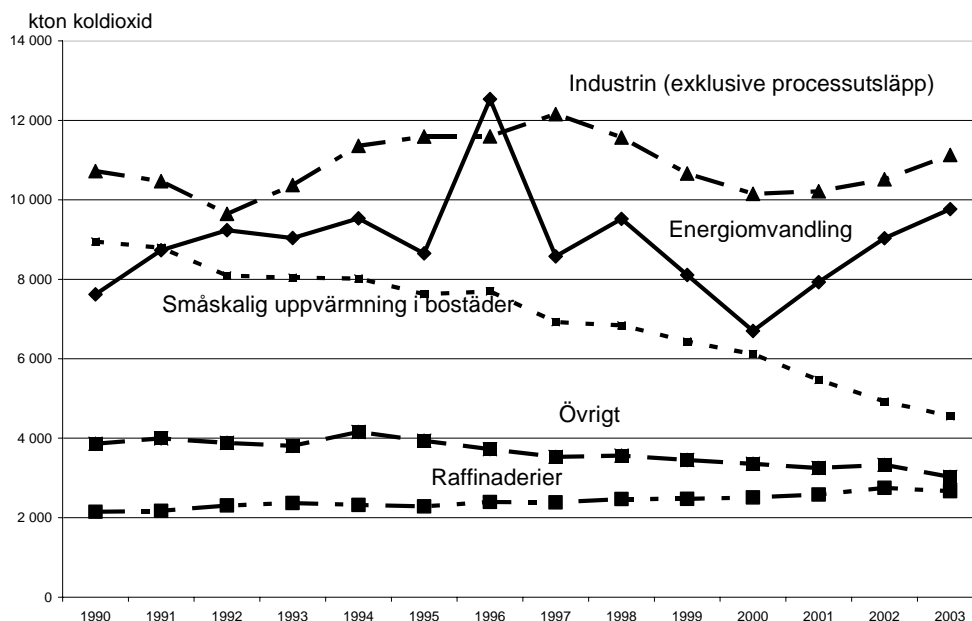
Koldioxidutsläpp 1990 - 2003

De sammanlagda utsläppen av koldioxid i energisektorn (exklusive transporter) har minskat mellan 1990 och 2005. Det är framförallt i samband med den småskaliga uppvärmningen i bostadssektorn som utsläppen minskat betydligt. Orsaken bakom utsläppsminskningen är att olja har ersatts med andra energislag. Användningen av olja till uppvärmning av bostäder har också belagts med ökande kostnader i form av höjd koldioxidskatt.

I samband med el- och storskalig värmeproduktion har de genomsnittliga utsläppen legat relativt stabila. Variationer mellan åren beror på nederbörds- och temperaturförhållandena. Samtidigt har produktionen av framförallt värme ökat betydligt. Industrins utsläpp har också som ett genomsnitt legat någorlunda stabila och variationer över åren beror sannolikt på svängningar i konjunkturen (produktionen). Även industrins produktion har vuxit under perioden. Trots att inte utsläppen har minskat kan införda styrmedel ha lett till att utsläppsutvecklingen har kunnat hållas tillbaka.



Figur 1: Faktiska utsläpp av koldioxid totalt i energisektorn (exkl transporter) 1990-2003



Anm. I posten övrigt ingår tillverkning av fasta bränslen (ex. koksugnar), bränsleförbrukning inom jordbruk/skogsbruk/fiske militär samt diffusa utsläpp.

Figur 2 Faktiska utsläpp av koldioxid i energisektorn uppdelad i undersektorer (exklusive transporter)

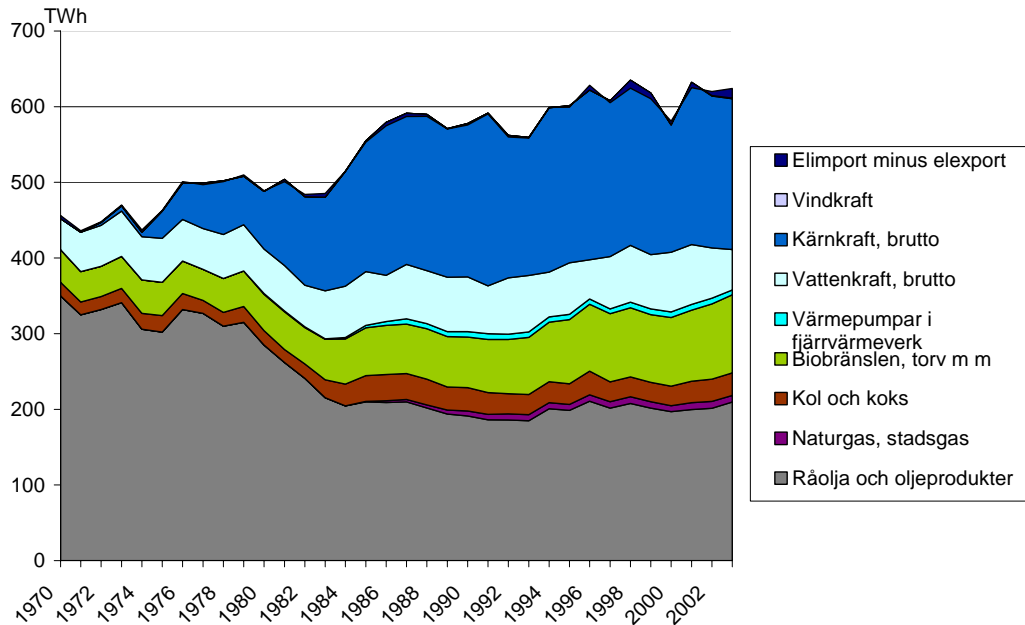
3.1 Energianvändning

Ett förhållande som också bör beaktas är hur utvecklingen har sett ut före 1990 samt hur utvecklingen av bränslen har sett ut. Här görs en tillbakablick över hur energianvändningen har utvecklats.

Den totala användningen av energi i Sverige har ökat från 1970 och fram till idag. Även mellan 1990 och fram till idag syns en ökande trend. Exkluderas förlusterna i samband med kärnkraftproduktion ges en annan bild över hur energianvändningen förändrats. Fram till 1990 syns då istället att användningen av energi har minskat.

Sedan 1990 och fram till idag har dock användningen (exklusive kärnkraftens förluster) ökat. Både användningen i transportsektorn och i industrin har ökat. För transportsektorn är den ökade användningen en trend som gällt under längre tid medan industrins användning idag ligger på samma nivåer som under 1970-talet. Bostadssektorns energianvändning har svängt upp och ner runt en stabil nivå. De bör noteras att för både industrin och bostadssektorn minskar den specifika användning av energi när el- och fjärrvärmeanvändningen ökar eftersom omvandlingsförlusterna flyttas till en annan sektor.

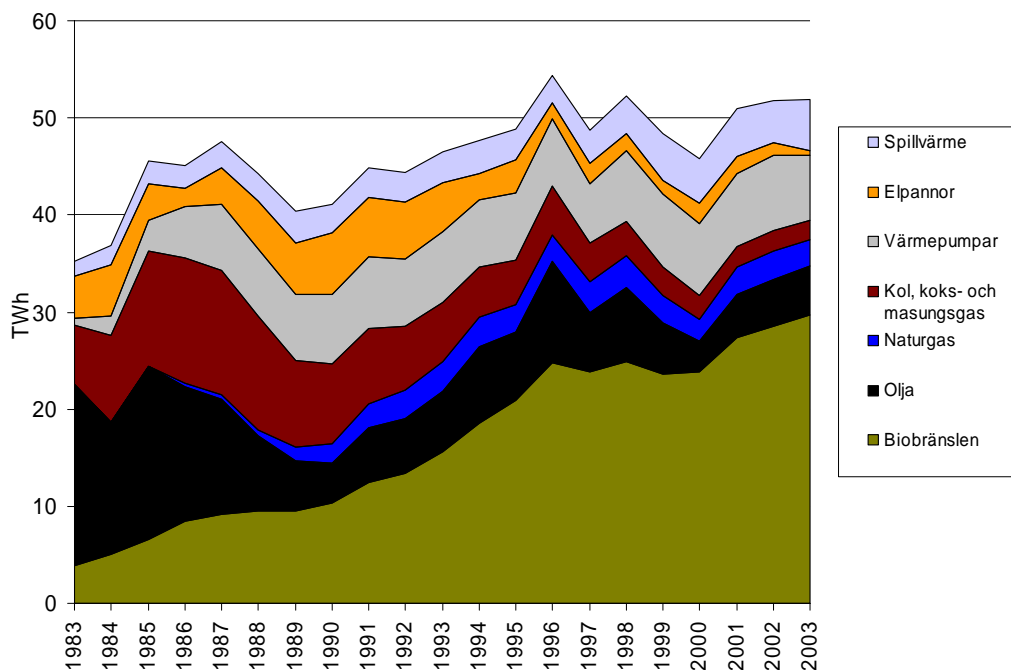
I Figur 3 visas den tillförda energin dvs. vilka energislag som använts i Sverige från 1970 och fram till idag. Det syns tydligt hur användningen av olja minskade under 1980-talet samtidigt som kärnkraften byggdes ut. Under 1990-talet har biobränslen ökat sin andel av den totala tillförseln.



Figur 3 Total energitillförsel i Sverige 1970 - 2003, TWh

I kapitel 3.2.1, 3.2.2 och 3.2.3 visas energianvändningen mer utförligt för bostadssektorn, energiomvandlingssektorn (el- och värmeproduktion) samt industrin.

3.1.1 Energiomvandling



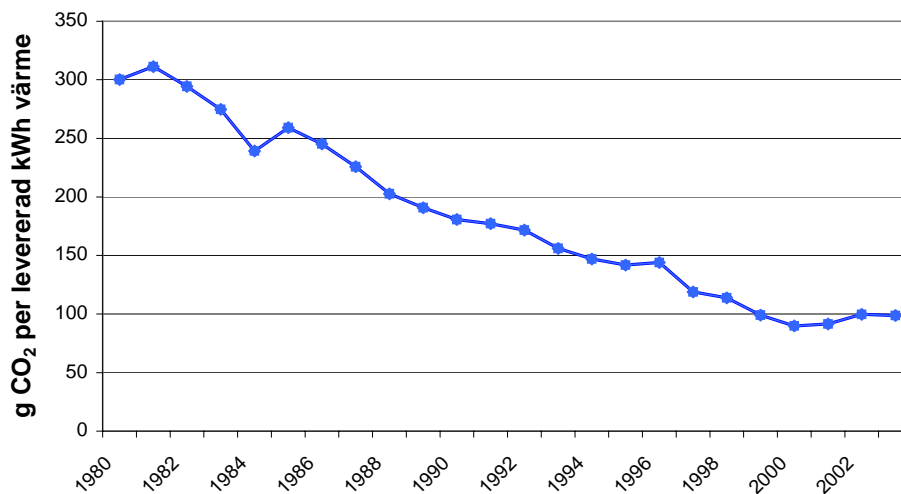
Figur 4: Tillförd energi total i fjärrvärme (både kraftvärme och hetvattencentraler) uppdelat på energibärare 1983-2003

Källa: Energiläget 2004

Enligt Figur 4 kan man se att användningen av olja vid fjärrvärmeproduktion (både hetvattenproduktion och kraftvärmeproduktion) har minskat kraftigt under 1980-talet och därmed har utsläppen minskat. Under 1990 och fram till idag har användningen av biobränslen ökat betydligt samtidigt som produktionen av fjärrvärme också har ökat. Fjärrvärmerna har följaktligen byggts ut kraftigt under 1990-talet och till största delen är det biobränsle som används vid produktionen av värme. Även användningen av kol har minskat och ersatts med biobränsle. Däremot har användningen av olja legat relativt stabil mellan 1990 och fram till idag.

Denna utveckling har resulterat i att kolintensiteten har minskat vid fjärrvärmeproduktion, se Figur 5.

Specifikt utsläpp av CO₂ från produktion av fjärrvärme



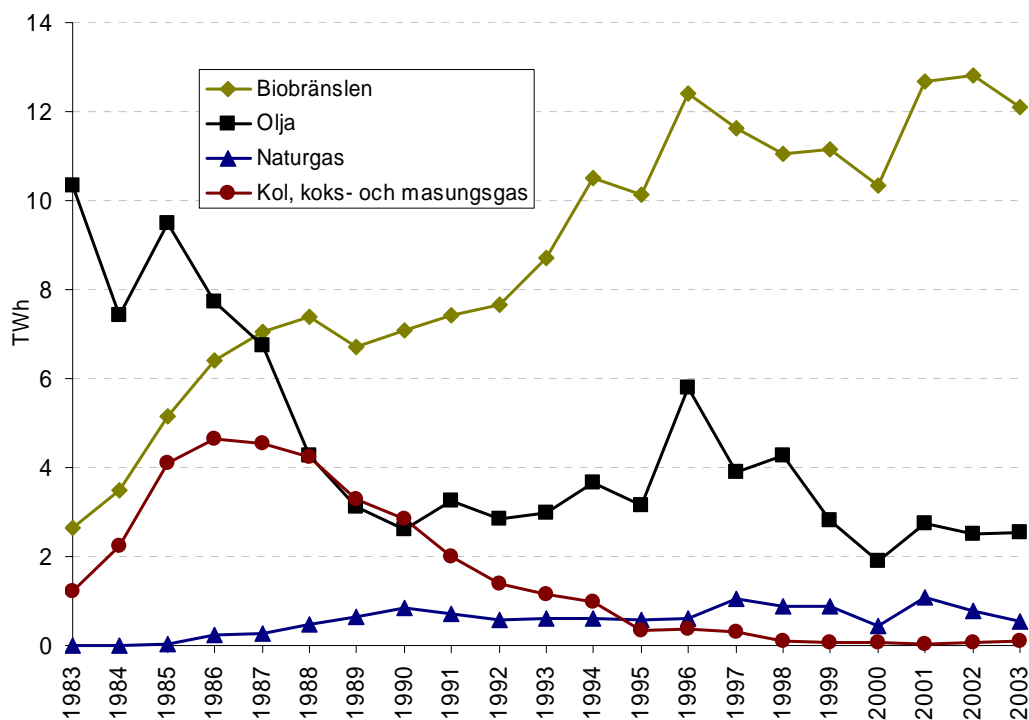
Figur 5 Specifika utsläpp av koldioxid från produktion av fjärrvärme.

Källa: Swedpower

I Figur 6, Figur 7 och Figur 8 visas den tillförda energin uppdelad på hetvattencentraler och kraftvärmeanläggningar. En trend som är gemensam är den ökade användningen av bibränsle. För fossila bränslen syns en minskad användning vid produktion i hetvattencentraler. Inom kraftvärmeproduktionen syns en minskad användning av fossila bränslen vid värmeproduktion medan användningen av kol och olja ökar vid elproduktion. Fördelningen av bränslen mellan värme- och el i kraftvärmeanläggningarna har påverkats av skattereglerna. Fram till 2004 kunde fossila bränslen tillföras elproduktion och på det sättet behövde inte företaget betala koldioxidskatt. I 2004 års skatteregler ändrades detta och nu gäller att bränslena ska påföras värme- respektive el i proportion till hur mycket som produceras.

Vid kraftvärmeproduktion skedde en viss ökning av gas mellan åren 1988 och 1993.

Värme i hetvattencentraler

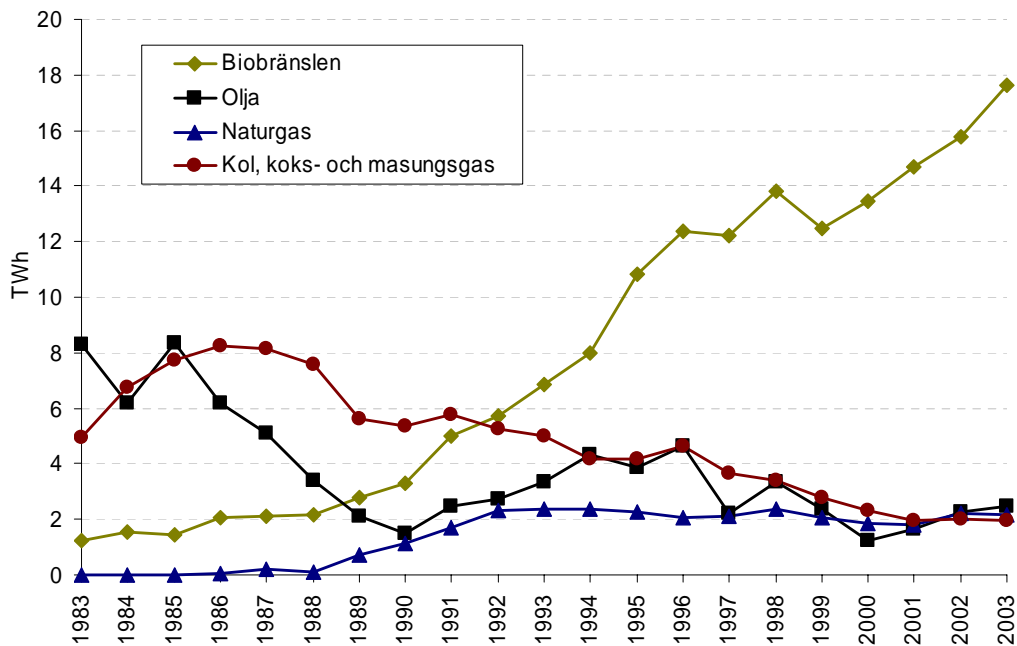


Figur 6: Tillförd energi i fjärrvärme i hetvattencentraler

Anm: Elpannor, värmepumpar och spillvärme är exkluderade i figuren.

Källa: Energiläget 2004

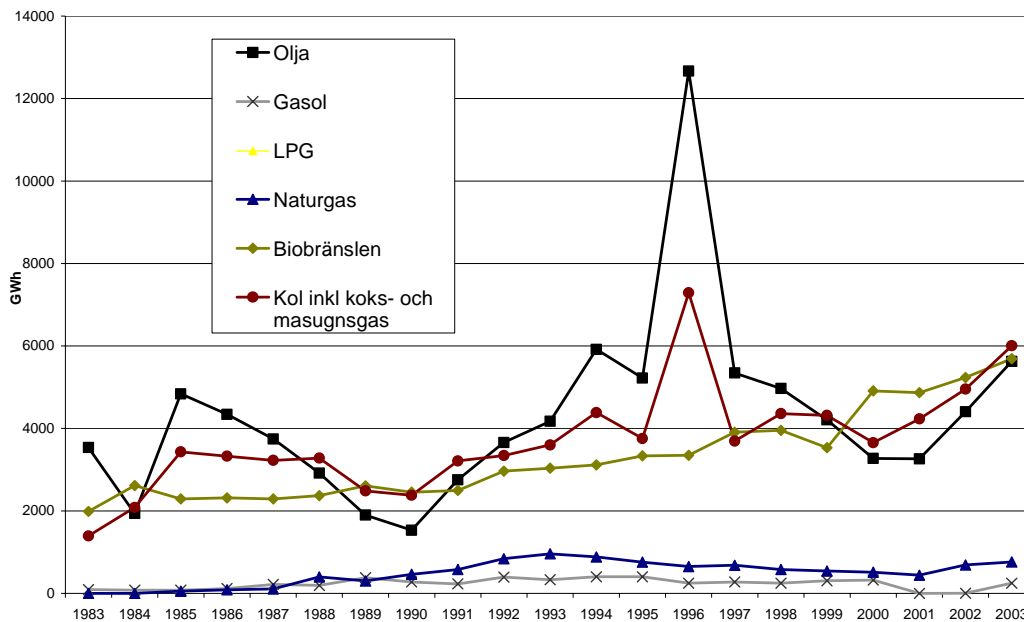
Värme i kraftvärme



Figur 7: Tillförd energi i fjärrvärme producerad i kraftvärmeverk uppdelat på energibärare

Anm: Elpannor, värmepumpar och spillvärme är exkluderade i figuren.
Källa: Energiläget 2004

Elproduktion i kraftvärme



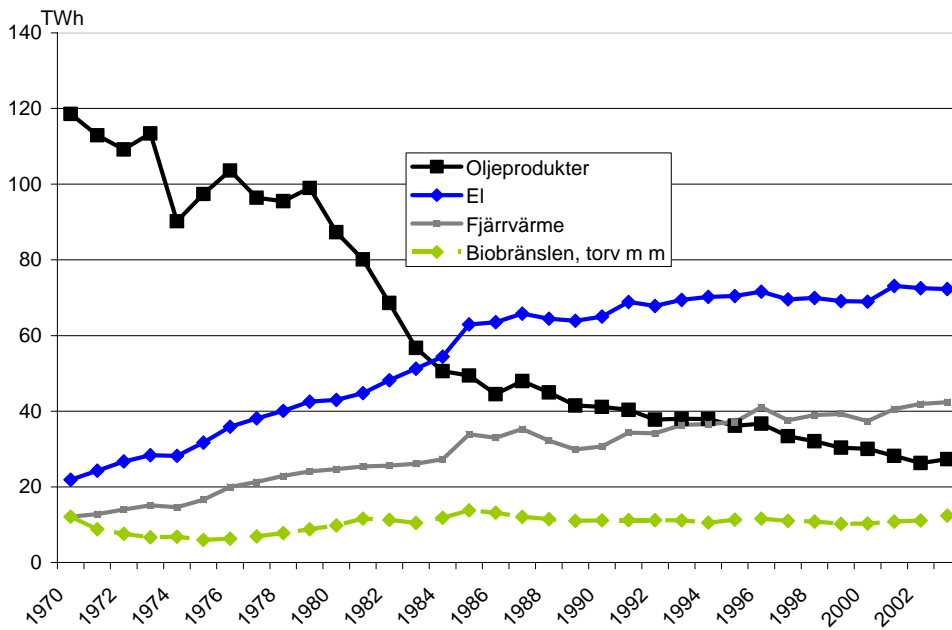
Figur 8: Insatt bränsle i elproduktion (exkl. kärnbränsle), 1983-2003, GWh

Anm: Figuren visar den bränslebaserade elproduktionen. Sveriges elproduktion sker till ungefär 90% med vattenkraft och kärnkraft.

Källa: Energiläget 2004

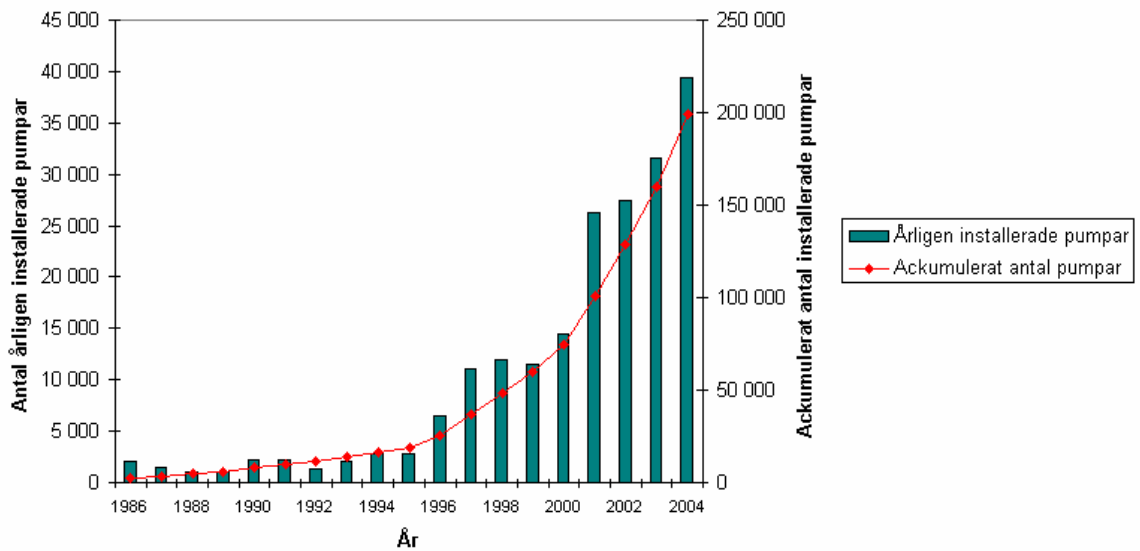
3.1.2 Bostäder och service

I bostadssektorn syns en tydlig övergång från användning av olja till användning av fjärrvärme och el. Den ökade elanvändningen är framförallt hushålls- och driftel. Elanvändning för uppvärmning har sedan mitten på 80-talet legat relativt stabilt. Den minskade användningen av olja för uppvärmning har framförallt ersatts av ökad fjärrvärmeanvändning. På senare år har även användningen av pellets och värmepumpar ökat. För utvecklingen av värmepumpar se figur Figur 10.



Figur 9 Använda energislag inom bostadssektorn 1970-2004

Källa: Energiläget 2004

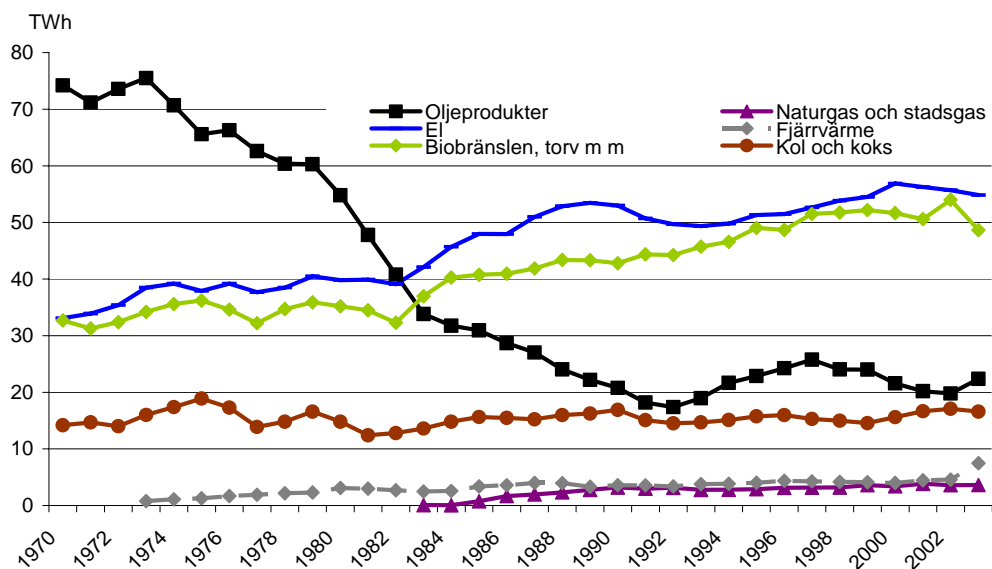


Figur 10 Utvecklingen av användningen av värmepumpar

Källa: Swedpower

3.1.3 Industri

Inom industrin har oljeanvändningen gått ned kraftigt från början av 1970-talet fram till ungefär 1992. Under 90 talet har användningen alltså inledningsvis gått ned för att sedan fluktuera upp och ned. Oljan har ersatts med en ökad användning av el och biobränslen.



Figur 11 Tillförda bränslen i industrisektorn 1970-2004

Källa: Energiläget 2004

4 Produktionskostnader

För att kunna göra en bra analys av de ekonomiska styrmedlens betydelse för investeringsbeslut och bränsleanvändning i energisektorn har vi beräknat produktionskostnader för olika typer av pannor och olika bränslen vid olika tidpunkter. Samma indata har använts som vid de modellberäkningar som redovisas i kapitel 5 och 6. De priser som använts är ett medelvärde för alla åren, medan styrmedlen förändras. Med detta som underlag kan vi i den vidare analysen bättre förstå utfallet av modellens beräkningar men även skapa en bättre förståelse för den ungefärliga kostnadsbild som mött investerare och aktörer inom energisektorn under 1990-talet och början av 2000-talet.

Energimyndigheten kommer till följande slutsatser:

- Beräkningarna av produktionskostnader visar att biobränsle var ett mer konkurrenskraftigt alternativ jämfört med olja redan år 1990 både i fjärrvärme- och kraftvärmeanläggningar. Detta p.g.a. att energiskatten år 1990 var relativt hög vid användning av olja.
- Kol däremot var ett konkurrenskraftigt alternativ till biobränslen år 1990 både i fjärrvärme- och kraftvärmeanläggningar. Om 1990 års styrmedel hade legat kvar oförändrade fram till idag kan vi utifrån beräkningar av produktionskostnader bedöma det troligt att en del kolbaserade anläggningar hade byggts.
- För de övriga åren, 1995, 2003 och 2005 är produktionskostnaderna klart till fördel för biobränslen i produktion vid fjärrvärmeanläggningar.
- Vid kraftvärmeproduktion har biobränsle förlorat i konkurrenskraft p.g.a. den sänkta energi- och koldioxidskatten år 2004. Samtidigt kan konkurrenskraften hållas uppe p.g.a. de införda marknadsbaserade styrmedlen elcertifikatsystemet och EU:s handelssystem. De kraftigt sänkta skatterna och fler styrmedel gör att framtiden blir mer svårförutsägbar för aktörerna och svängningar i priser på bränslen, el, utsläppsrätter och elcertifikat får stor betydelse.
- Styrmedlen har också gått från att premiera elförbrukning i fjärrvärmeproduktion till att premiera kraftvärme. Värmepumpar har gått från ”bäst” till nästan ”sämst” från 1990 till 2005.

4.1 Viktiga antaganden

I detta avsnitt redovisas värmeproduktionskostnader. Beräkningarna baseras på antaganden om bränslepriser, elpris, elcertifikatpris, utsläppsrättspriser, kalkylränta, anläggningens livslängd, utnyttningstider mm. I Tabell 1 framgår de antaganden som är gjorda.

De beräkningar som illustreras är exempel på värmeproduktionskostnader givet alla gjorda antaganden. De ska således främst tolkas utifrån vilken betydelse olika styrmedel har på produktionskostnaderna snarare än som representativa faktiska produktionskostnader de enskilda åren. Det är viktigt att komma ihåg att när modellen optimerar energisystemet kommer elpris och elcertifikatpris ut som ett resultat av modellen. Vidare finns olika prisintervall för bränslen i modellen som ger olika bränslepriser beroende på hur mycket av det bränslet som används. Som exempel kan nämnas att biobränslepriset som i produktionskostnadsberäkningarna är satta till 150 kr/MWh är det högsta priset i modellen. I flera av beräkningsfallen ser vi dock ett lägre pris på biobränslen. Produktionskostnadsdiagrammen i detta kapitel skall med andra ord ses som en indikation och en illustration på vad man kan förvänta sig av MARKAL-Nordic med de givna förutsättningarna.

Tabell 1: Antaganden för produktionskostnadsberäkningarna

Bränslepriser	
Olja	160 kr/MWh
Naturgas	140 kr/MWh
Kol	60 kr/MWh
Bio, skogsflis	150 kr/MWh
Elpriser	
Elpris 1990-2003	260 kr/MWh
Elpris 2005	300 kr/MWh
Styrmedel *	
Elcertifikatpris (2005)	100 kr/MWh
Utsläppsrättspris (2005)	10 €/ton CO ₂
Skatter	Reala verkliga skatter dessa år.
Utnyttjningstider	
Värmeverk (hvc)	4000 tim
Kraftvärmeverk	5500 tim
Kalkylränta	5%
Livslängd	28 år
Pannor	Standardstorlekar

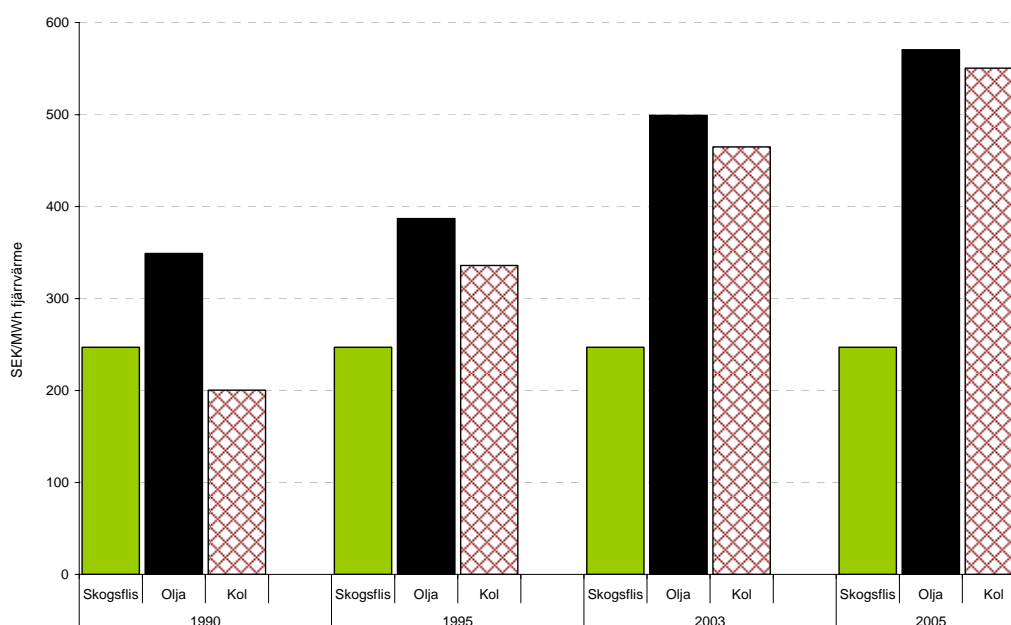
* I beräkningarna ingår inte de investeringsstöd som utgått till exempelvis kraftvärme år 1995.

4.2 Produktionskostnader i värmeverk

I Figur 12 nedan ser vi den totala värmeproduktionskostnaden i värmeverk. Av figuren framgår att biobränslen (skogsflis) står sig väl i förhållande till olja år 1990, medan kol har lägst produktionskostnad. I Figur 13 ser vi att olja beskattades förhållandevis mycket redan 1990, vilket upprätthåller biobränslenas konkurrenskraft i förhållande till olja. Kol däremot beskattades inte lika mycket, och bränslepriset är också betydligt lägre. Med 1990 års styrmedel är således kol

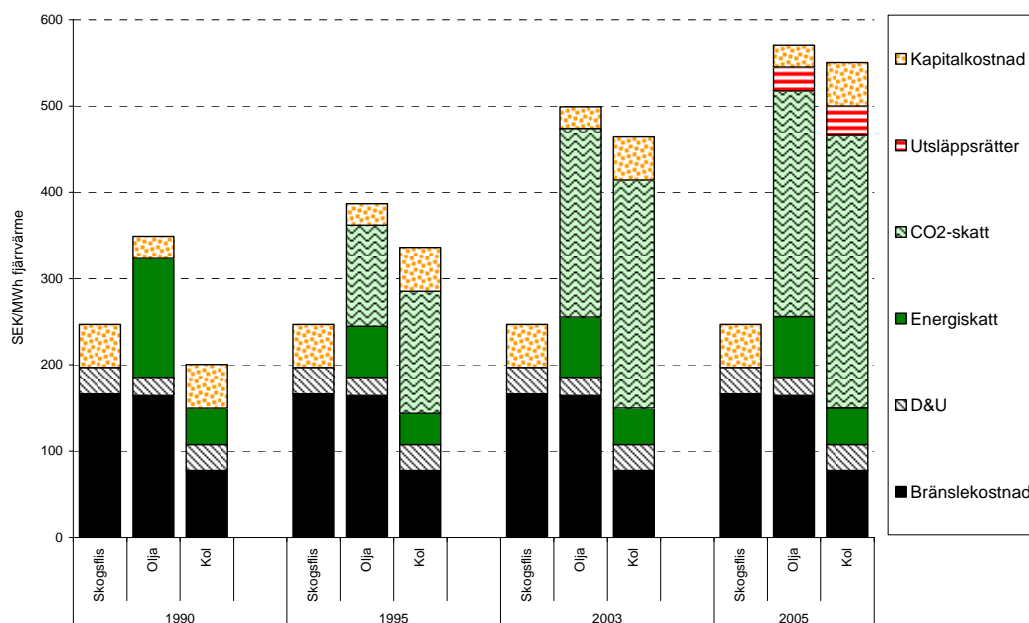
ett mycket attraktivt alternativ för investerare och aktörer i värmeverk. Om 1990 års styrmedel hade legat kvar oförändrade fram till idag kan vi utifrån produktionskostnaderna bedöma det troligt att en hel del kolbaserade värmeverk skulle byggas. Vad modellen ger för svar på denna hypotes behandlas utförligt i de följande kapitlen 5 och 6.

För de övriga åren 1995, 2003 och 2005 är produktionskostnaderna klart till fördel för biobränslen. År 2005, då värmeverken även belastas med kostnader för utsläppsrätter, är värmeproduktionskostnaden för biobränslen i det närmaste hälften av produktionskostnaden för olja och kol. I beräkningen har antagits ett utsläppsrättspris på 10€/ton koldioxid. I skrivande stund (maj 2005) är priserna på utsläppsrätter närmare 20€/ton vilket skulle göra skillnaden ännu större. Under 2005 har också oljepriserna varit betydligt högre i verkligheten (över 50USD/fat vilket motsvarar ca 230 kr/MWh) än det pris som antagits i beräkningarna (160 kr/MWh) vilket ytterligare skulle göra det mindre attraktivt med olja.



Figur 12: Beräknade totala värmeproduktionskostnader i värmeverk (hetvattencentraler) för olika bränslen åren 1990, 1995, 2003 och 2005, SEK/MWh fjärrvärme

Källa: MARKAL-Nordic



Figur 13: Delkomponenterna i värmeproduktionskostnader i värmeverk (hetvattencentraler) för olika bränslen åren 1990, 1995, 2003 och 2005, SEK/MWh fjärrvärme

Källa: MARKAL-Nordic

4.3 Produktionskostnader i kraftvärmeverk

I Figur 14 framgår de totala värmeproduktionskostnaderna för olika bränslen och produktionstekniker i kraftvärmeverk. Av figuren framgår att såväl kol, värmepumpar och naturgas har lägre värmeproduktionskostnader än biobränslen år 1990. Olja däremot har klart högre produktionskostnader än biobränslen. Redan 1990 är således olja ett sämre alternativ än alla andra bränslen, vilket är en spegling av de förhållandevis höga energiskatterna på olja och det högre bränslepriset.

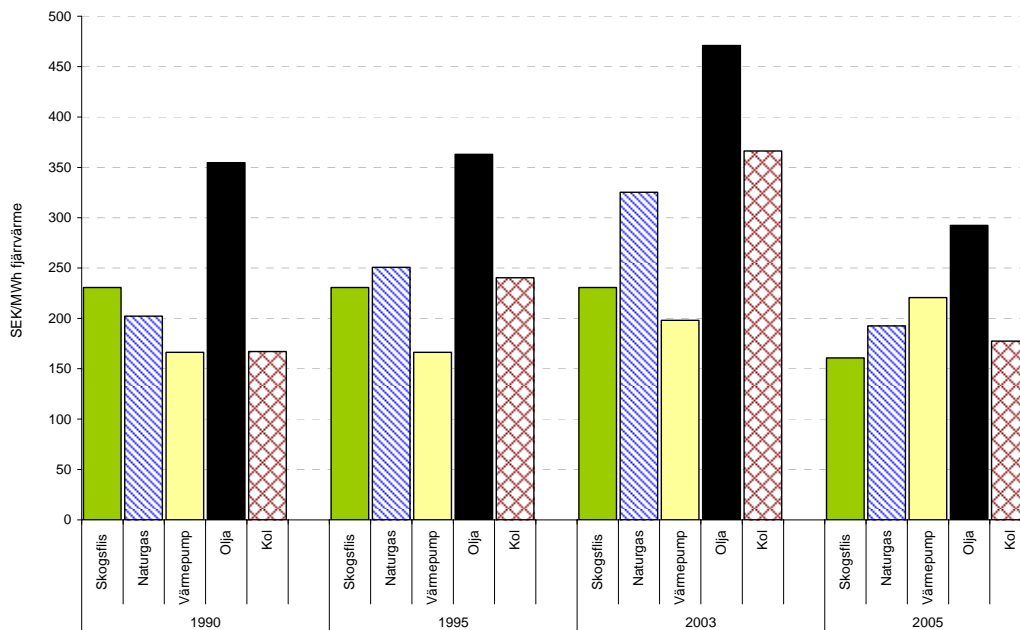
I Figur 15 visas värmeproduktionskostnaderna uppdelade på olika energislag. Det syns också hur stor del som är bränslekostnad, kapitalkostnad, drift- och underhåll samt kostnader för olika styrmedel. I figuren ser vi att det är naturgasens högre elverkningsgrad (vilket ger högre elkreditering) i förhållande till bio som gör att dess produktionskostnader totalt sett är lägre än för bio. För kol är det ett betydligt lägre bränslepris och en inte ”tillräckligt hög” energiskatt som ger kol lägre produktionskostnader än biobränslen. Även utifrån dessa produktionskostnader skulle vi kunna ana att en fortsatt energi- och klimatpolitik med 1990 års styrmedel skulle ha givit en kraftig utbyggnad av kol- och naturgasbaserade kraftvärmeverk på bekostnad av biokraftvärme. Detta behandlas utförligt i kapitel 5 och 6 när modellen (MARKAL-Nordic) beräknar effekten av en fortsatt politik med 1990 års styrmedel.

År 2003 är det störst skillnad i produktionskostnad mellan de fossila teknikerna och biokraftvärme. Detta är det sista året innan den nya kraftvärmebeskattningen träder i kraft². År 2005 har den nya kraftvärmebeskattningen trätt i kraft samtidigt som fossileldade kraftvärmeverk belastas med kostnaden för utsläppsrätter och biokraftvärme gynnas med elcertifikatsystemet. Samtidigt har vi antagit att utsläppshandeln ger högre elpriser vilket framförallt gynnar naturgaskraftvärmen som får en högre elkreditering. Nettot av detta blir betydligt mindre skillnader i produktionskostnader mellan de olika alternativen. Kolkraftvärme, naturgaskraftvärme och biokraftvärme ligger på ungefär samma nivå, fortfarande med viss fördel för bio. Med de kraftigt sänkta skatterna och fler styrmedel blir framtiden mer svåröversäglig för aktörerna och svängningar i priser på bränslen, el, utsläppsrätter och elcertifikat får stor betydelse. Som exempel kan nämnas att i beräkningsexemplet har antagits ett elcertifikatpris på 100 kr/MWh, medan det faktiska priset under 2005 snarast varit det dubbla³. Som framgår av Figur 15 är elcertifikatintäkterna betydelsefulla för produktionskostnaderna och en dubbelt så hög intäkt skulle göra biokraftvärmen betydligt mer konkurrenskraftig. Samma förhållande råder för utsläppsrättspriset som antagits vara 10€/ton koldioxid i beräkningen medan priserna i maj 2005 ligger strax under 20€/ton. Som tidigare nämnts är det också oljepriset som varit betydligt högre under 2005 än vad som används i beräkningen. Skulle de höga oljepriserna stå sig ger det i sig klar fördel för biokraftvärme gentemot olje- och naturgaskraftvärme.

Värt att notera är också att styrmedlen har gått från att premiera elförbrukning i fjärrvärmeproduktionen till att premiera kraftvärme. Värmepumpar har gått från "bäst" till nästan "sämst" från 1990 till 2005. Detta får viktiga konsekvenser för resultaten längre fram där kraftvärmepotentialen plötsligt blir mycket större på grund av att värmepumparna tappat i konkurrenskraft.

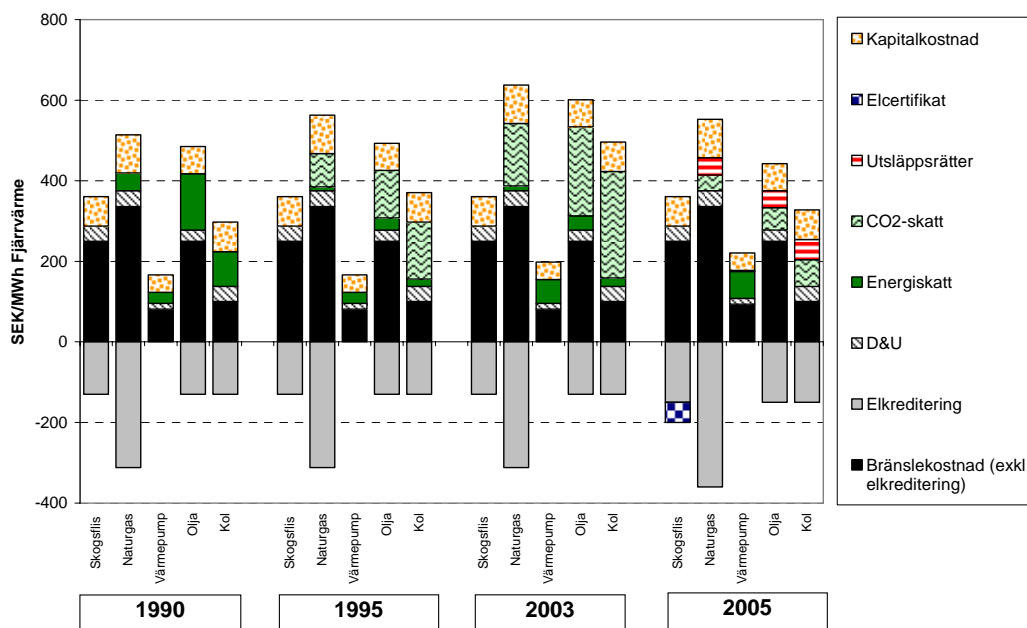
² År 2004 sänktes koldioxidskatten för värmeproduktion i kraftvärmeverk från 100% till 21% av den generella nivån samtidigt som energiskatten för värmeproduktionen i kraftvärmeverk slopades.

³ Anledningen till varför vi valt 100 kr/MWh och inte 200 kr/MWh är att 100 kr är det pris som genereras i modellberäkningarna. Om exempelvis kalkylräntan höjs så har tidigare studier visat att det får en stor påverkan uppåt på elcertifikatpriset.



Figur 14: Beräknade totala värmeproduktionskostnader i kraftvärmeverk för olika bränslen åren 1990, 1995, 2003 och 2005, SEK/MWh fjärrvärme

Källa: MARKAL-Nordic



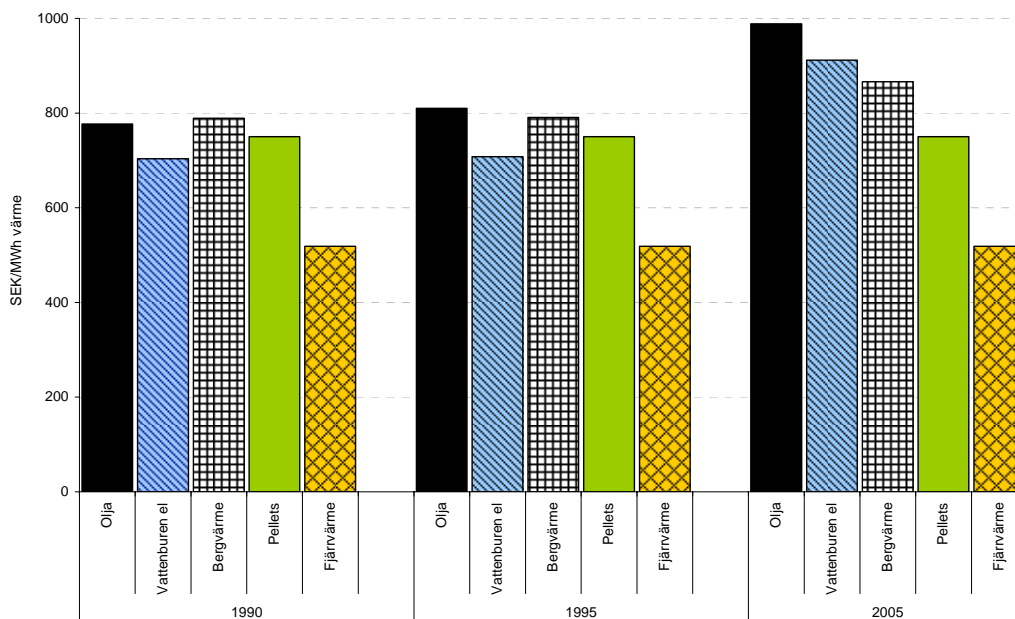
Figur 15: Delkomponenterna i värmeproduktionskostnader i kraftvärmeverk för olika bränslen åren 1990, 1995, 2003 och 2005, SEK/MWh fjärrvärme

Källa: MARKAL-Nordic

4.4 Produktionskostnader individuell uppvärmning

Av Figur 16 nedan framgår att användning av fjärrvärme har de betydligt lägsta produktionskostnaderna för samtliga redovisade år. I figuren framgår också att användning av olja har de högsta värmeproduktionskostnaderna för alla år. Dock är det med väldigt liten marginal för år 1990, där bergvärme faktiskt är någon krona dyrare och pelletspannan endast något billigare än oljepannan. Utifrån Figur 17 kan vi också konstatera att redan år 1990 så var den rörliga värmeproduktionskostnaden (dvs. exklusive kapitalkostnad) för olja högre än kostnaden för att investera i ny fjärrvärme (inklusive kapitalkostnad). Det skulle betyda att det redan år 1990 var lönsamt att byta ut sin befintliga oljepanna och installera fjärrvärme.⁴

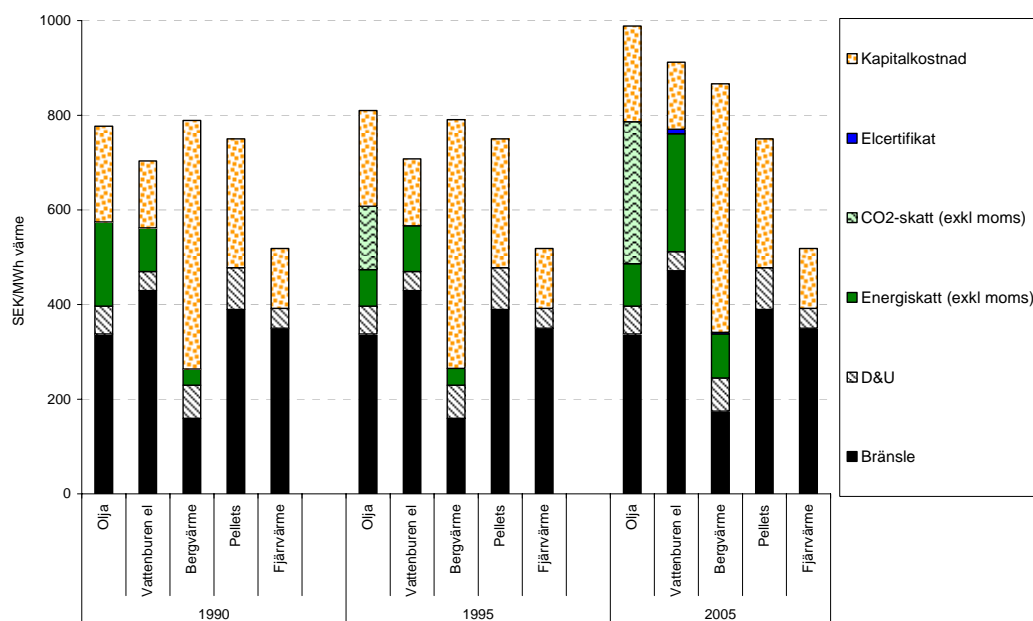
Utifrån de beräknade produktionskostnaderna är det rimligt att tro att oljepannor byts ut mot fjärrvärme, vattenburen el och/eller värmepumpar. Detta skulle i så fall för betyda minskade koldioxidutsläpp i samband med individuell uppvärmning. En viss del av utsläppen (i samband med el- och fjärrvärmeproduktion) flyttas dock till energiomvandlingssektorn. Effekterna redovisas i detalj i de följande kapitlen 5 och 6.



Figur 16: Beräknade totala värmeproduktionskostnader i individuell uppvärmning för olika bränslen åren 1990, 1995, och 2005, kronor/MWh värme

Källa: MARKAL-Nordic

⁴ Detta är givet en förhållandevis låg kalkylränta på 5%. Skillnaden är dock så stor mellan olja och fjärrvärme så kalkylen skulle gå ihop även med en betydligt högre kalkylränta.



Figur 17: Delkomponenterna i värmeproduktionskostnader i individuell uppvärmning för olika bränslen åren 1990, 1995 och 2005, SEK/MWh värme

Källa: MARKAL-Nordic

5 Energi- och koldioxidskattens effekt

Sedan år 1990 har energiskatten och framförallt koldioxidskatten varit betydelsefulla i den svenska energi- och klimatpolitiken. Skatternas miljöeffekt och konsekvenser har också analyserats i ett flertal studier genom åren⁵. De flesta analyser tillskriver koldioxidskatten en utsläppsdämpande effekt. Den allmänna uppfattningen bland både politiker och aktörer inom energiomvandlingssektorn är också att koldioxidskatten har varit den enskilt viktigast faktorn till den kraftiga utvecklingen av biobränsleanvändningen i fjärrvärmeproduktionen och den samtidiga minskningen av olja i den individuella uppvärmningen i bostäder och lokaler.

I detta kapitel görs en ansats för att förklara vilken betydelse de svenska energi- och koldioxidskatterna har haft i den positiva utvecklingen av koldioxidutsläppen i energisektorn (exklusive transporter). Analysen tar sin utgångspunkt i den beskrivning av koldioxidutsläppen och energianvändningen som görs i kapitel 3 samt redovisningen av värmeproduktionskostnader i kapitel 4. För att komplettera detta redovisas som bakgrund en beskrivning av hur beskattningen ser ut idag och hur den förväntas styra i teorin. Vidare ges en kort beskrivning av skattepolitikens utveckling historiskt för att sätta utvecklingen mellan 1990-2005 i ett större sammanhang. En viss blick framåt avseende energiskattesystemet ges även i detta avsnitt. Slutligen görs beräkningar av vilken effekt på energianvändning och koldioxidskatt den förda skattepolitiken från 1990 till idag har haft jämfört med om vi 1990 istället valt att fortsätta med det årets styrning (dvs. i princip endast energiskatt) fram till idag. Vid dessa beräkningar har modellen MARKAL-Nordic använts⁶. I beräkningarna analyseras den samlade effekten av energi- och koldioxidskatterna, d.v.s. någon separat analys för respektive skatt har inte gjorts.

Energimyndigheten kommer till följande slutsatser:

- Vår bedömning, utifrån modellresultaten, är att koldioxidutsläppen fram till år 2005 har dämpats p.g.a. de energi- och koldioxidskatter som införts från 1990 och fram till idag.
- Modellen visar att utsläppen blir ca 2,5 – 7 Mton lägre idag (år 2005) i energisektorn med de införda energi- och koldioxidskatterna jämfört med om 1990 års skatter hade fortsatt gälla fram till i dag. Den lägre utsläppsskillnaden motsvaras av en försiktig ansats där beräkningen bygger på antagandet att kolbaserade anläggningar inte hade byggts i

⁵ Se t ex Nordiska Ministerrådet (2001) "An evaluation of the impact of green taxes in the Nordic countries" där en sammanställning av 16 analyser av koldioxidskatten i Sverige mellan 1989 och 1999 återges.

⁶ Se avsnitt 2.1 samt bilagan till rapporten för en utförlig beskrivning av modellen och de indata som använts

Sverige även i ett fall där 1990 års klimatpolitik hade fortsatt att gälla. Den högre utsläppskillnaden bygger på antagandet att givet 1990 års klimatpolitik så hade det varit möjligt att kolbaserad energiproduktion hade byggts ut i Sverige

- Vår bedömning är att energi- och koldioxidskatterna har haft en betydande effekt på koldioxidutsläppen i delsektorerna *bostäder och service*. De kraftigt ökade skatterna från 1990 fram till idag, år 2005, har inneburit att hushållen och aktörerna inom privat och offentlig service tydligt sett att konvertering från främst olja till andra alternativ har varit lönsamma. Vi kan dock se att en minskning av koldioxidutsläppen uppnås även med 1990 års skatter. Denna minskning är förvisso inte lika stor som med den förda skattepolitiken men resultaten från modellberäkningarna öppnar ändå upp för frågan om hur höga skatter som hade krävts för att uppnå samma resultat.
- Vår bedömning är att den förda skattepolitiken haft en tydlig betydelse för den kraftiga övergången från fossila bränslen till biobränslen som skett i *fjärrvärmesystemets hetvattenpannor*. Även om modellberäkningarna indikerar att 1990 års styrmedel hade kunnat ge samma utveckling bedömer vi att så inte fullt ut hade blivit fallet. Dock finns det anledning att ifrågasätta om nivån på koldioxidskatten idag är satt för högt för att uppnå samma miljöstyrning som idag. Detta har inte separat analyserats i denna rapport.
- Vår bedömning är att den förda skattepolitiken i verkligheten har haft större betydelse för övergången från fossila bränslen till biobränslen i *kraftvärmeproduktionen* än modellberäkningarna visar. Av modelltekniska skäl underskattas troligen effekten av de höga skatterna i slutet av 1990-talet och början av 2000-talet, då en stor del av konverteringarna skedde. Efter det att kraftvärmebeskattningen sänktes år 2004 stimuleras kraftvärmeproduktionen betydligt i jämförelse med 1990 års styrning. Detta ger mer, till stor del naturgasbaserad, kraftvärmeproduktion i Sverige, vilket leder till högre nationella koldioxidutsläpp. Men utsläppen i Norden minskar då den svenska kraftvärmens ersätter elproduktion med sämre verkningsgrad i övriga Norden (på kort sikt dansk kolkondens). En annan viktig aspekt är de tillkommande (elcertifikatsystemet och EU:s handelssystem för utsläppsrätter) styrmedlens effekt på investeringar i kraftvärmeproduktion,. Den samlade styrmedelseffekten analyseras i kapitel 6.
- Vår bedömning är att energi- och koldioxidskatten (utvecklingen från 1990 fram till idag) inte har haft någon effekt på koldioxidutsläppen från industrins energianvändning, vilket också bekräftas av modellresultaten.

5.1 Energi- och koldioxidskatten som styrmedel

Den svenska punktbeskattningen av bränslen och elektrisk energi delas upp i energiskatt, koldioxidskatt och svavel-skatt. Till ”energiskatter” brukar ibland även räknas den miljörelaterade kväveoxidavgiften, produktionsskatt på el från kärnkraftverk och fastighetskatt på vattenkraftverk. I det följande analyseras den allmänna energiskatten och koldioxidskatten.

Allmänna energiskatter har funnits sedan 1950-talet, med i huvudsak fiskalt syfte. Koldioxidskatt infördes i samband med den stora skattereformen 1990-91 vilket gav en tydligare miljörelatering av energibeskattningsystemet. I och med den skatteväxling som skett sedan 2001 har koldioxidskattens tyngd i systemet ökat ytterligare.

Ett syfte med beskattning av energi är att generera skatteintäkter till staten. Energivaror (typiskt bensin och el) har en lägre priskänslighet än andra varor. I enlighet med teorin om optimal beskattning ska mer skatt tas ut på varor med låg priselasticitet och mindre på varor med hög. På så vis maximeras skatteintäkterna och minimeras de snedvridande effekterna. Ett annat syfte är att beskatta de negativa miljöeffekterna av energiomvandling, vilket är det huvudsakliga syftet med koldioxidskatten. Koldioxidskatten ska minska utsläppen av koldioxid i Sverige och därigenom bidra till att minska effekterna av det globala problemet med växthuseffekten. Det finns dock ingen tydlig gräns mellan den i huvudsak fiskala energiskatten och den i huvudsak miljöstyrande koldioxidskatten då båda har såväl miljöstyrande effekt och fiskal funktion. Koldioxid- energiskatterna står för en betydande del av statens intäkter (2004 ca tio procent eller 63,5 mdr kr).

Tabell 2: Intäkter av energiskatter efter energi- och skatteslag 2004, Mkr

Energislag	Energi-skatt	Koldioxid-skatt	Svavel-skatt	Totalt
Bensin	14 334	11 046		25 380
Oljeprodukter	3 700	14 034		17 734
Råtallolja	22			22
Övriga bränslen	107	1 112		1 219
Samtliga bränslen			93	93
Elkraft	17 216			17 216
				-
Produktionsskatt, el från kärnkraftverk	1 860			1 860
Totalt	37 239	26 192	93	63 524
<i>Andel av statens skatteintäkter</i>				10,0%
<i>Andel av BNP</i>				2,5%

Källa: Energiläget 2005

Energiskatten

Syftet med energiskatten har historiskt främst varit att generera intäkter till staten. Energiskatten har också troligen en effekt på utsläppen av koldioxid. Det är dock

svårt att särskilja effekten från energi- respektive koldioxidskatten. Energiskatterna har även en dämpande effekt på användningen av energi. Hur stor den energieffektivisering eller minskade energianvändning som är ett resultat av skatterna är dock svårt att kvantifiera. Energiskatten på el har effekt dels vid valet av uppvärmningsform samt även för effektivisering vid användning av hushållsel. På kort sikt påverkas främst de hushåll som har kombipannor och kan välja mellan el och andra typer av bränslen. På längre sikt kan en högre elskatt påverka vilka uppvärmningssystem som installeras i fastigheter. Vid kraftigt höjda energipriser ökar också lönsamheten för att genomföra energibesparande åtgärder som tilläggsisolering och installation av energieffektiva fönster.

Koldioxidskatten

Samtliga bränslen utom bibränslen och torv belastas med koldioxidskatt. Skatten är därmed proportionell mot det fossila bränslets kolinnehåll och har en direkt effekt på utsläppen av den dominerande växthusgasen. Genom att ett pris sätts på utsläppen är det tydligt för aktörerna när det lönar sig att genomföra åtgärder eller inte. Om marginalkostnaden för att minska koldioxidutsläppen understiger kostnaden för koldioxidskatten lönar det sig att genomföra åtgärden. När alla åtgärder som är billigare än att betala koldioxidskatten är genomförda kan man säga att alla aktörer har samma marginalkostnad för åtgärder (d.v.s. koldioxidskatten). Marginalkostnaden i Sverige för att minska koldioxidutsläppen är generellt sett hög jämfört med andra länder. Detta beror till stor del på att vi har en förhållandevis låg andel fossilt i vårt energisystem. Andra länder med stor andel fossilt i speciellt el- och värmeproduktion har betydligt större möjligheter att relativt billigt genomföra åtgärder.

5.1.1 Energiskattesystemets utformning i dag

Idag tas energi- och koldioxidskatt ut för bränslen som används för motordrift och uppvärmning medan bränslen och el som används för andra ändamål, s.k. råvaruansvändning, är skattebefriade. Fossilbränslen som används som drivmedel är enhetligt beskattade i hushållssektorn och hela näringslivet. På uppvärmningsbränslen är däremot skatteuttaget differentierat mellan hushåll, tjänstesektorn, industrin och energiomvandlingssektorn. För hushåll och tjänster tas full energi- och koldioxidskatt ut medan industrisektorn samt jord-, skogs- och vattenbruk betalar 21 procent av nivån på hushållens och tjänstesektorns koldioxidskatt samtidigt som energiskatten är satt till noll. Energiskatten på el som används i industrin är 0,5 öre/kWh⁷.

För energiintensiva industriföretag kan ytterligare nedsättning av koldioxidskatten medges genom de s.k. 0,8- och 1,2-procentsreglerna. 0,8-procentsregeln innebär att för företag där koldioxidskatten överstiger 0,8 procent av försäljningsvärdet (omsättningen) sätts det överskjutande beloppet ned till 24 procent av den skatt som annars skulle ha betalats. För industriell tillverkning av andra mineraliska

⁷ Företag som deltar i programmet för energieffektivisering befrias från elskatt under en femårsperiod.

ämnen än metaller, främst cement och kalk, tillämpas 1,2-procentsregeln. Denna regel garanterar att den koldioxidskatt som företagen betalar på kol och naturgas inte överstiger 1,2 procent av försäljningsvärdet.

Bränslen som används för värmeproduktion i fjärrvärmeverk beskattas med full energi- och koldioxidskatt. För motsvarande bränsleanvändning i kraftvärmeverk utgår ingen energiskatt. Koldioxidskatten är nedsatt till 21 procent av hushålls- och tjänstesektornivån, dvs. samma som för industrin. Bränslen som används för elproduktion är helt skattebefriade.

5.2 Skattepolitikens utveckling

Syftet med energibeskattningen har förändrats från 1970 och fram till idag. Under 1970-talet var ett viktigt syfte att minska oljeberoendet. Under 1990-talet och framåt har politiken haft ett tydligare klimatpolitiskt fokus. Ett viktigt skifte i politiken inträffade 1991 då den stora skattereformen sjösattes, med bl.a. införandet av koldioxidskatten. Både då och nu har framförallt energiskatten men även koldioxidskatten ett fiskalt syfte.

Riksdagen beslutade år 2000 om en grön skatteväxling som innebär att skatten på miljöstörande verksamhet höjts, samtidigt som skatten på arbete sänkts. I 2000 års ekonomiska vårproposition angav regeringen att det samlade utrymmet för grön skatteväxling under perioden 2001 till 2010 är 30 miljarder kronor. Inom ramen för den gröna skatteväxlingen har koldioxidskatten höjts från 37 öre/kg koldioxid 2000 till 91 öre/kg koldioxid 2005. För att inte förändra den relativa konkurrensen mellan el och fossila bränslen har även skatten på elanvändning höjts i samma omfattning som koldioxidskatten.

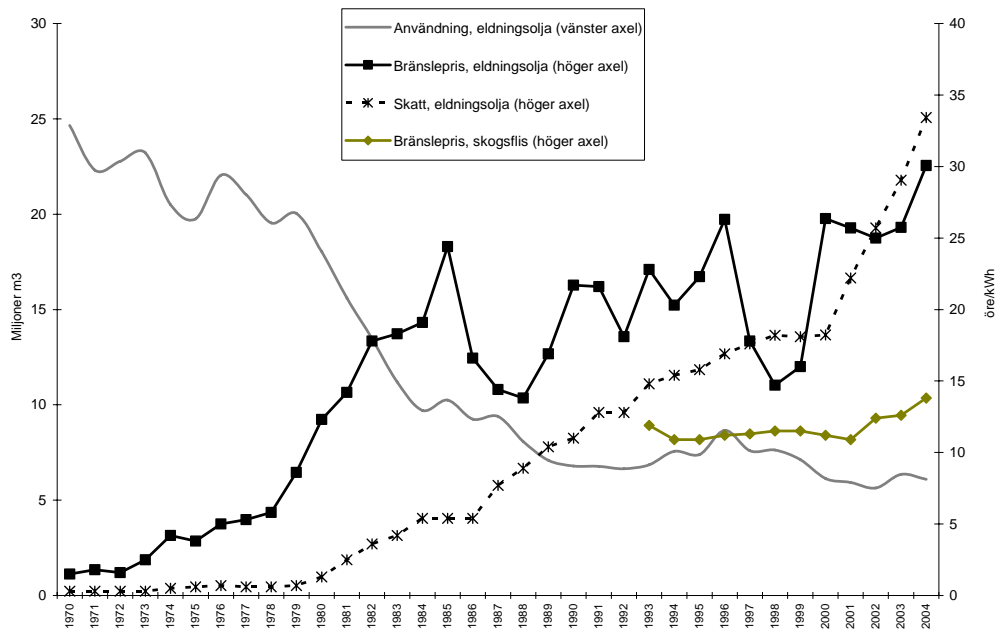
Tabell 3: Koldioxidskattens utveckling 1991-2005

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Koldioxidskatt [kr/tCO ₂]	250	250	320	340	340	370	370	370	370	370	530	630	760	910	910
Industriandel [%]	100	25	25	25	25	25	50	50	50	50	35	30	25	21	21
CO ₂ -skatt industri [kr/tCO ₂]	250	63	80	88	88	93	185	185	185	185	185	189	190	191	191

Det grundläggande problemet med dagens skattesystem är att olika skattenivåer tillämpas inom näringslivet. Därmed blir beskattningen beroende av vilka avgränsningar som görs inom näringslivet snarare än under vilka förutsättningar verksamheten bedrivs. Det bärande skälet för differentieringen inom näringslivet har varit att vissa delar av näringslivet är utsatt för internationell konkurrens och därmed bör ha en lägre skatt. Differentieringen betraktas dock av EU som ett statsstöd och Sverige har ett åläggande att anpassa energiskattesystemet till gällande statsstödsregler. I och med införandet av EU:s system för handel med

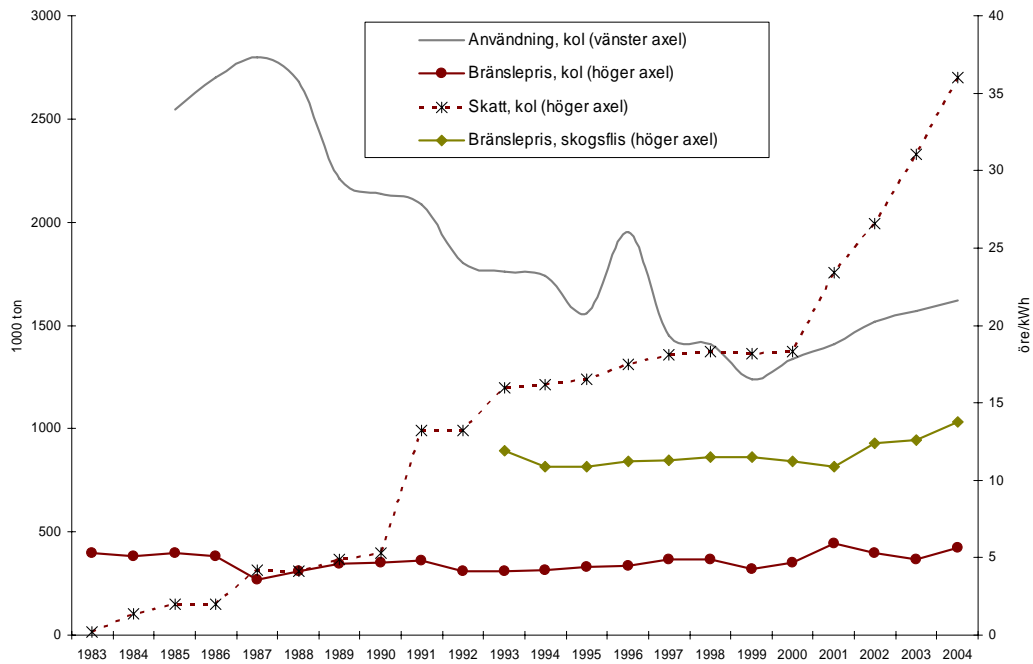
utsläppsrätter som startade 1/1 2005 förs en diskussion om huruvida de företag som omfattas av handelssystemet också ska belastas med koldioxidskatt. För närvarande belastas dessa företag med både koldioxidskatt och utsläppshandel. Detta ställer krav på att reformera energiskattesystemet. Inom regeringskansliet pågår ett sådant arbete. I skrivande stund (september 2005) är det dock inte klarlagt hur en reformering av energiskattesystemet ska utformas.

I Fel! Hittar inte referenskölla. till Fel! Hittar inte referenskölla. nedan visas utvecklingen av de skatter och priser för olika bränslen och i olika sektorer.



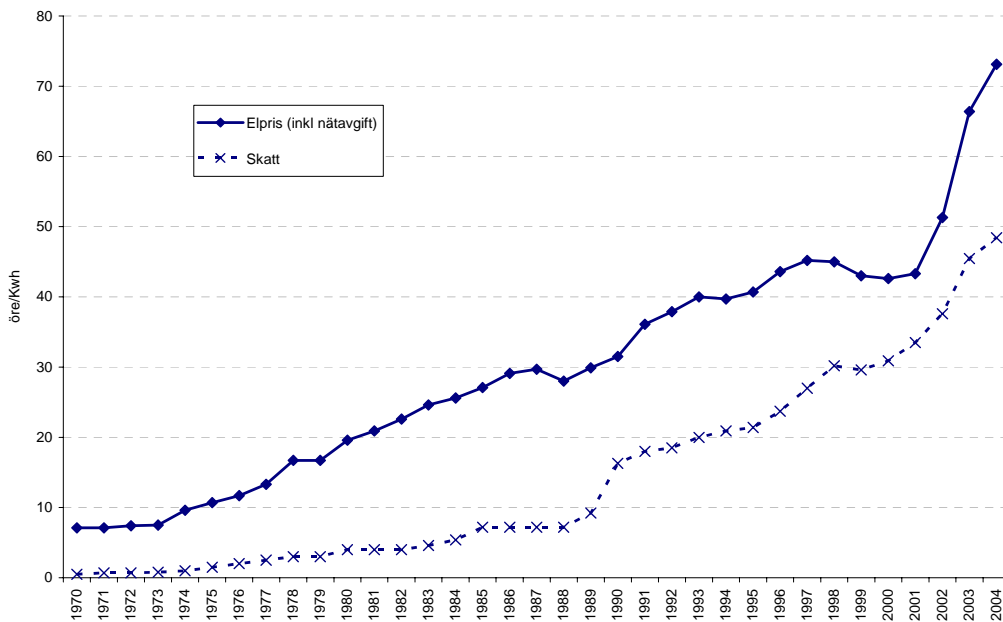
Figur 18: Bränslepris och skatt för eldningsolja samt bränslepris för skogsflis (ingen skatt utgår), öre/kWh (höger axel). Total användning av eldningsolja, miljoner m3 (vänster axel)

Källa: Energiläget 2005



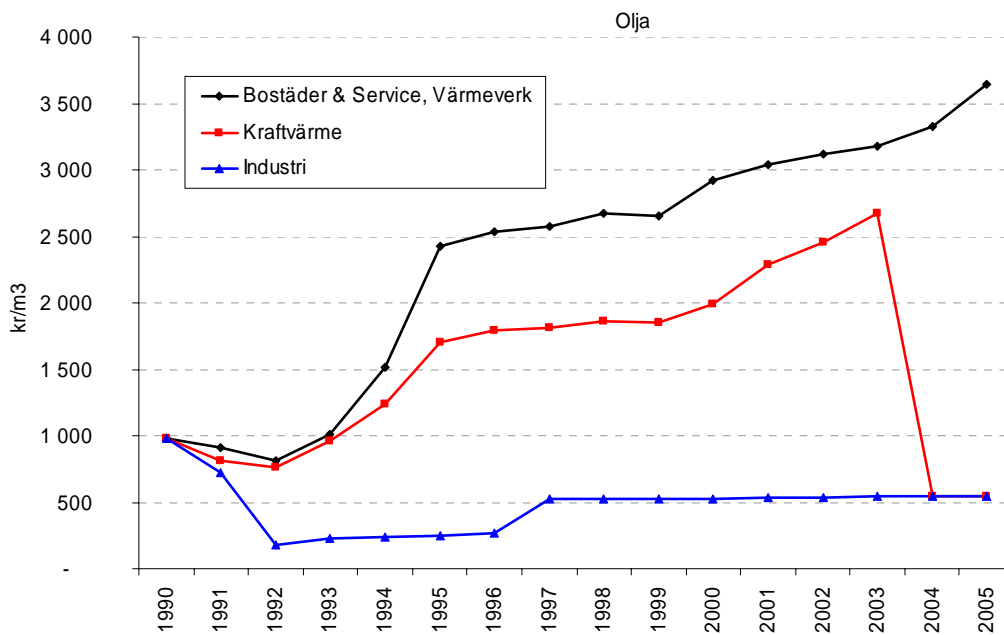
Figur 19: Bränslepris och skatt för kol samt bränslepris för skogsflis (ingen skatt utgår), öre/kWh (höger axel). Total användning av energikol, 1000 ton (vänster axel).

Källa: Energiläget 2005



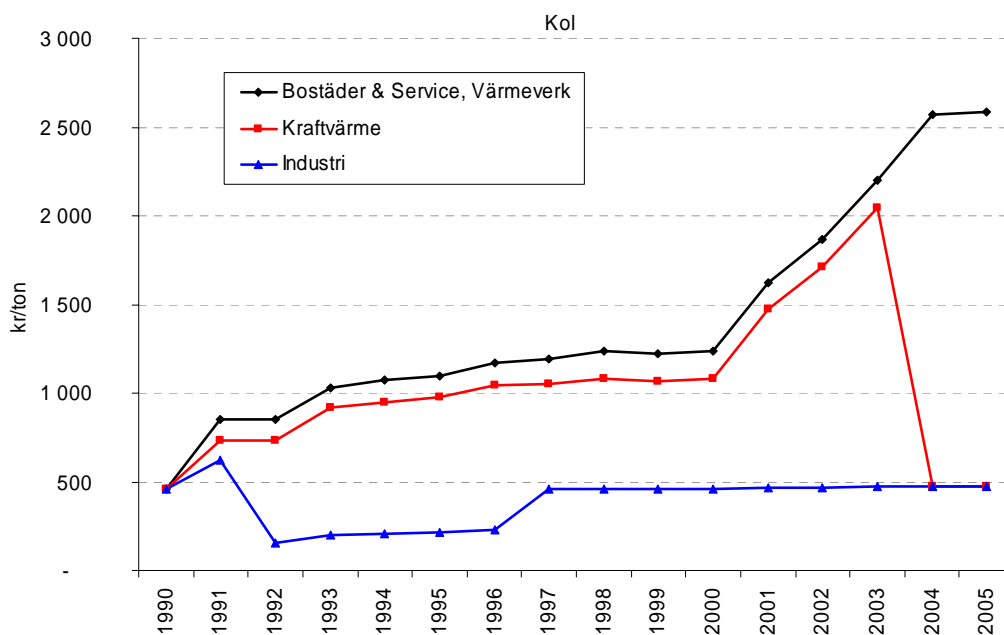
Figur 20: Elpris och skatt för hushållskund, öre/kWh

Källa: Energiläget 2005



Figur 21: Total skattebelastning (energiskatt + koldioxidskatt) för användning av olja i olika sektorer 1990-2005, kr/m³

Källa: Skatteverket



Figur 22: Total skattebelastning (energiskatt + koldioxidskatt) för kol i olika sektorer, 1975-2005, kr/ton

Källa: Skatteverket

5.3 Modellresultat

Vi har i kapitel 3 sett att utsläppen av koldioxid i energisektorn (exklusive transporter) minskat med ca 2 Mton sedan 1990 fram till 2003. Framförallt har minskningen skett i den individuella uppvärmningen av bostäder och lokaler, som ett resultat av konverteringar från olja till andra uppvärmningsalternativ som framförallt fjärrvärme och värmepumpar. I el- och värmeproduktionen har utsläppen av koldioxid ökat något jämfört med 1990 års nivå.

Fjärrvärmeproduktionen (eg. tillförda bränslen) har dock ökat kraftigt från ca 41 TWh 1990 till 56 TWh 2003 och andelen fossila bränslen som andel av totalt tillförda bränslen har minskat betydligt från ca 35 procent år 1990 till ca 18 procent år 2003. Inom industrin ser vi att de totala utsläppen av koldioxid (exklusive processutsläpp) är ungefärligen på samma nivå år 2003 som år 1990.

Vad har då påverkat den dämpning av koldioxidutsläppen som vi sett sedan 1990? Går det att hitta en förklarande faktor till den stadigt minskade andelen fossila bränslen av den totala användningen? En mängd olika faktorer spelar naturligtvis roll så som bränslepriser, konjunktursvängningar, den allmänna opinionen och naturligen också de styrmedel som funnits. I detta avsnitt görs en bedömning av vilken effekt energi- och koldioxidskatten haft på koldioxidutsläppen sedan 1990 fram till idag, år 2005. En framåtblick mot 2010 görs också i viss, begränsad, utsträckning.

Det är naturligtvis svårt att isolera en enskild parameter som skatterna från allt annat som påverkat valet av uppvärmningsformer och produktion av el och värme. Vi har använt oss av en beräkningsmodell (MARKAL-Nordic)⁸ för att simulera effekten på koldioxidutsläpp vid olika val av styrmedel givet antaganden om alla andra omvärldsfaktorer. I det ena fallet har vi i modellen introducerat energi- och koldioxidskatter på de nivåer och med de villkor som gällt i verkligheten från 1990 fram till idag⁹. De koldioxidutsläpp som beräknas i modellen jämförs sedan med ett fall där vi har låtit 1990 års styrmedel¹⁰ fortsätta gälla på samma nivå fram till idag. Med den använda metodiken isolerar vi således effekterna av en förändring i styrmedelsuppsättning.

⁸ Se avsnitt 2.1 samt bilagan till rapporten för en utförlig beskrivning av modellen och de indata som använts

⁹ Modellåren består av sjuårsintervall och inte av enstaka år. Det får som konsekvens att viss del av den mycket kraftiga ökningen av koldioxidskatten för kraftvärme som skedde i slutet av 1990-talet samt i början av 2000-talet inte till fullo fångas av modellen eftersom modellen gör ett nerslag innan den kraftiga höjningen och nästa nedslag med kraftigt sänkt kraftvärmebeskattning. Modellen har också full information om vad som händer med skatter och styrmedel för alla modellår. Det innebär t ex att modellen redan 1990 "vet om" att kraftvärmebeskattningen kommer förändras 2004. Vilka effekter detta ger på resultaten kommenteras utförligare i den fortsatta analysen.

¹⁰ 1990-års styrmedel innefattar energiskatt på fossila bränslen. Kraftvärme och industrin beskattas till 100%. De exakta skattenivåerna framgår av bilagan till rapporten.

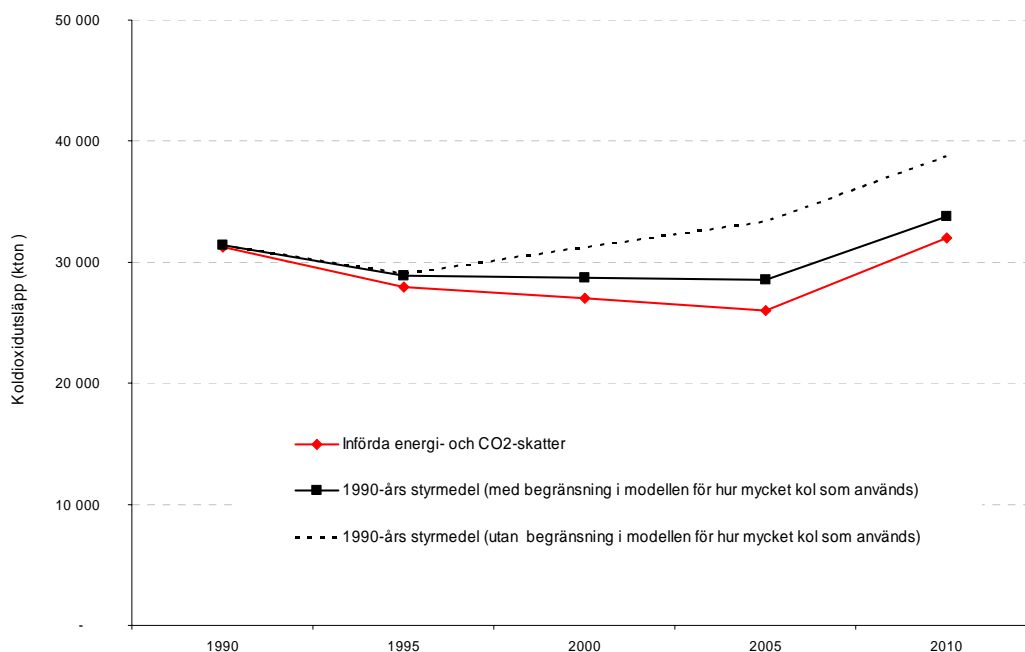
Nedan återges modellresultaten vilka kommenteras i relation till den faktiska utvecklingen av energianvändning och koldioxidutsläpp i energisektorn.

5.3.1 Totalt för hela energisektorn (exklusive transporter)

Totalt sett för hela energisektorn (exklusive transport) visar modellresultaten att energi- och koldioxidbeskattningen ger den dämpande effekt på koldioxidutsläppen som vi har upplevt i verkligheten. Modellen visar också att om vi hade behållit den uppsättning skatter som gällde 1990 så hade även det givit en dämpande effekt på koldioxidutsläppen. Det beror på att beskattningen av fossila bränslen år 1990 var relativt hög¹¹ samt att biobränslen även i 1990 års energipolitiska styrning var obeskattade. Den skattereform som trädde i kraft 1991 gav dock ett tydligare miljöstyrande fokus på skatterna. Den signal som den införda koldioxidskatten har inneburit, d.v.s. att koldioxidutsläpp kostar samt den successiva höjningen av koldioxidskatten ska inte underskattas. Det är mycket möjligt att aktörerna inte hade reagerat på samma sätt som modellen visar om 1990-års styrning legat fast. Förenklat kan man säga att 1990 års skatter gjorde fossila bränslen mindre intressanta (styrde bort från fossila bränslen generellt) medan koldioxidskatter tydligare styr mot lägre koldioxidutsläpp.

Uttryckt i kvantitativa termer beräknar modellen att koldioxidutsläppen år 2005 är ca 2,5 miljoner ton lägre med den förda skattepolitiken jämfört med om 1990 års styrning legat fast. I denna jämförelse har en inskränkning gjorts i modellens valmöjligheter. Användningen av kol har begränsats så att inte någon ny kolbaserad energiproduktion byggs. En bedömning har gjorts att med rådande energi- och klimatpolitik så kommer inte nya kolbaserade anläggningar byggas, även i ett fall där en sådan anläggning enligt modellen skulle vara något lönsammare än alternativa anläggningar. Detta antagande har gjorts för såväl fallet med energi- och koldioxidskatt som vid beräkningen med 1990 års styrmedel.

Det är dock mycket svårt att i efterhand (15 år senare) avgöra vad som skulle vara relevanta antaganden givet en helt annan politisk utveckling. Vi har därför även visat en utveckling som speglar en tillbakablick där utgångspunkten är att det varit möjligt att även kolbaserad energiproduktion hade kunnat byggas. Det är inte ett otänkbart scenario givet att 1990 års klimatpolitik utan koldioxidskatt eller andra ekonomiska stöd till förnybara energislag hade fortsatt att gälla. Givet en sådan utveckling, se den streckade linjen i figuren, så är effekten av den förda skattepolitiken betydligt större. Skillnaden i koldioxidutsläpp blir då drygt sju miljoner ton koldioxid år 2005.



Figur 23: Beräknade koldioxidutsläpp i energisektorn (exkl transporter) med energi- och koldioxidskatter i jämförelse med 1990-års styrmedel

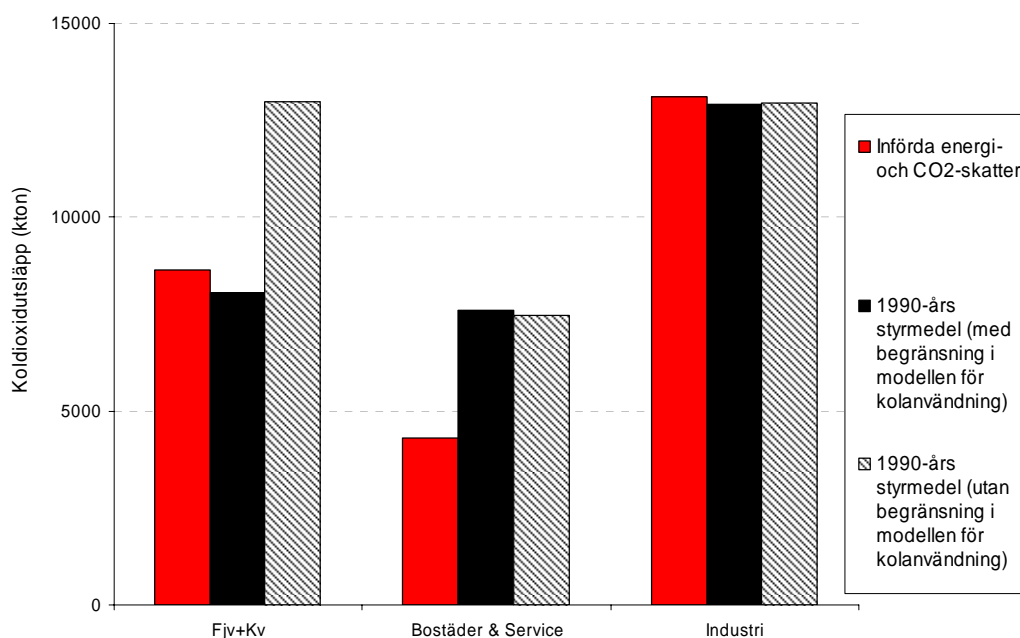
Vår bedömning, utifrån modellresultaten, är att koldioxidutsläppen fram till år 2005 klart dämpats med de införda energi- och koldioxidskatterna jämfört med 1990 års styrning. Med den förda skattepolitiken indikerar modellen att koldioxidutsläppen är ca 2,5 – 7 miljoner ton lägre idag än om vi hållit fast vid 1990 års styrning.

Med modellen har vi även beräknat vad skillnaden mellan de två skattealternativen skulle bli om dessa två alternativ fortsätter gälla fram till år 2020. Det är naturligtvis endast ett hypotetiskt fall eftersom vi från år 2005 och framåt har både utsläppshandel och elcertifikat utöver skatterna. Dock understödjer beräkningen fram i tiden ändå att koldioxidskatterna har effekt. Fortsätter energi- och koldioxidskatterna gälla på 2005 års höga nivå ökar skillnaden i koldioxidutsläpp för åren 2010, 2015 och 2020 jämfört med om endast 1990 års skatter gällt. Den högre siffran i intervallet redovisat i tabellen nedan återspeglar fallet utan begränsning i modellen för hur mycket kol som används i fallet med 1990 års styrmedel. Att siffrorna blir extremt höga för 2015 och 2020 beror på att kärnkraften dessa år har börjat avvecklas och utan kolbegränsning i modellen ersätts kärnkraften med en omfattande utbyggnad av kolkraftverk i Sverige.

Tabell 4: Modellberäknad effekt på koldioxidutsläppen av energi- och koldioxidskatt jämfört med om 1990 års styrmedel fortsatt gälla

	2005	2010	2015	2020
Modellberäknad effekt av energi- och koldioxidskatt i relation till 1990 års styrmedel. (med en begränsning i modellen för hur mycket kol som kan användas)	2,5 Mton lägre utsläpp	2 Mton lägre utsläpp	2 Mton lägre utsläpp	4 Mton lägre utsläpp
Modellberäknad effekt av energi- och koldioxidskatt i relation till 1990 års styrmedel givet att kolbaserad anläggningar hade byggts när det var lönsamt.	7 Mton lägre utsläpp.	7 Mton lägre utsläpp.	17 Mton ton lägre utsläpp.	38 Mton lägre utsläpp.

I de följande avsnitten kommer vi med modellens hjälp analysera i vilka delsektorer (exklusive transport) som de utsläppsdämpande effekterna av den förda skattepolitiken uppstår. Av Figur 24 nedan kan vi övergripande utläsa att i stort sett hela skillnaden mellan 1990 års styrning och den förda skattepolitiken ligger i sektorn bostäder och service. För fjärrvärme och kraftvärmeproduktionen ger något överraskande fallet med införda energi- och koldioxidskatter högre utsläpp än om 1990 års skattepolitik legat fast (med begränsning i modellen för kolanvändningen). I industrin ser vi inga större effekter i modellen.

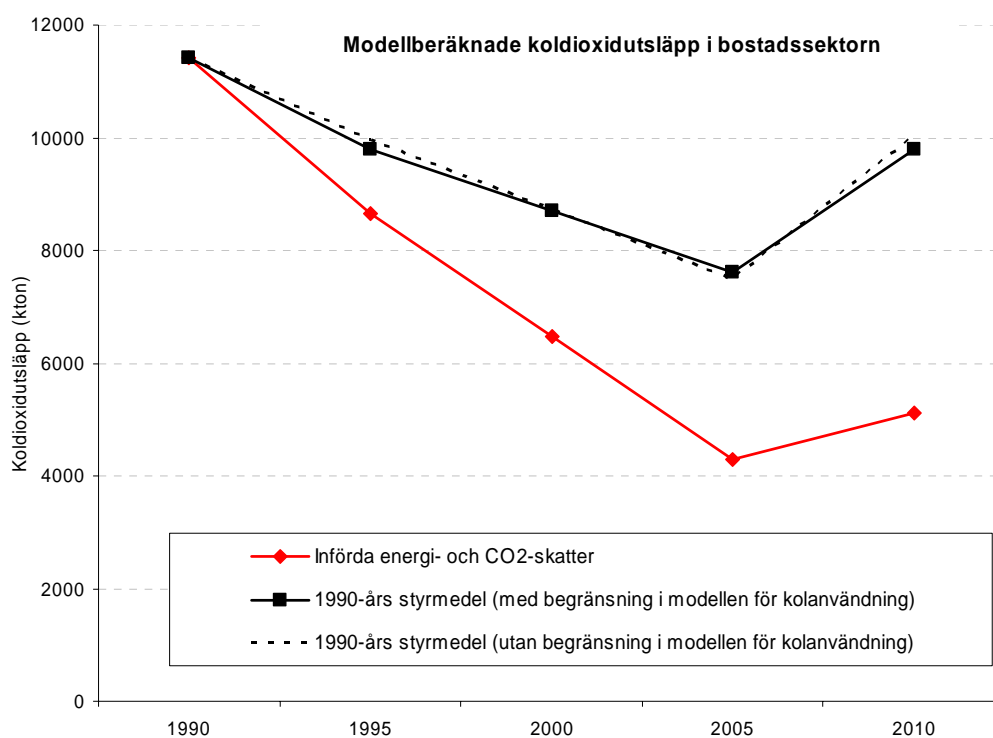


Figur 24: Beräknade koldioxidutsläpp år 2005 i olika delsektorer med energi- och koldioxidskatter jämfört med 1990 års skatter

5.3.2 Bostäder och service

Modellen visar att koldioxidutsläppen sjunker stadigt från 1990 till 2005 i båda de analyserade skattealternativen. Detta stämmer väl överens med hur utfallet varit i denna sektor i verkligheten. Modellen bekräftar således att beskattningen av fossila bränslen för individuell uppvärmning faktiskt har varit styrande.

Minskningen går att utläsa både i fallet med den förda energi- och koldioxidskattepolitiken såväl som i fallet med 1990 års styrmedel. Redan de energiskatter som hushåll och företag i servicesektorn mötte 1990¹² hade alltså, enligt modellen, minskat koldioxidutsläppen betydligt om de fortsatt vara i kraft till idag, år 2005. Men modellen visar också att fallet med de införda energi- och koldioxidskatterna givit betydligt lägre utsläpp än fallet då 1990 års styrmedel fortsätter att vara i kraft fram till idag. Enligt modellens beräkningar är koldioxidutsläppen år 2005 ca 3 Mton lägre med de införda energi- och koldioxidskatterna än med 1990 års energiskatt.



Figur 25: Beräknade koldioxidutsläpp i sektorn bostäder och service för fallet med införda energi- och koldioxidskatter jämfört med 1990 års styrmedel

Som vi sett i kapitel 4 är det lönsamt redan år 1990 att byta sin befintliga oljepanna och installera fjärrvärme. Detta är också anledningen till de minskade utsläppen med 1990 års styrmedel. Med de införda skatterna blir denna effekt ännu större och oljeanvändningen minskar ännu mer, framförallt till förmån för

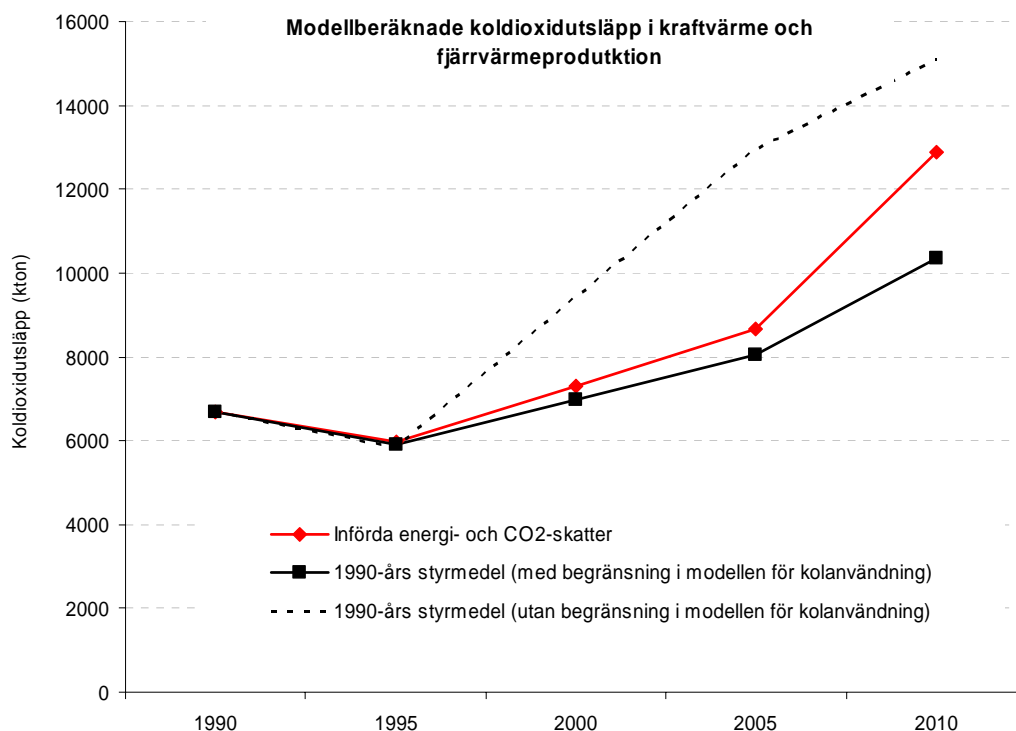
¹² År 1990 var exempelvis energiskatten för olja 978 kr/m³ och för kol 460 kr/ton. Att jämföra med 2005 års totala energi- och koldioxidskatt som för olja är 3 645 kr/m³ och för kol 2 583 kr/ton (nominella siffror, reallt är skillnaden mindre). Biobränslen beskattades varken år 1990 eller år 2005.

fjärrvärme men också till el (bergvärme och värmepumpar) och biobränslen. Möjligen så har nog konvertering från olja för uppvärmning gått något långsammare i verkligheten pga svängningar i elpris och en viss tröghet i konverteringsvilja.

Vår bedömning är att energi- och koldioxidskatterna har haft en betydande effekt på koldioxidutsläppen i delsektorerna bostäder och service. De kraftigt ökade skatterna från 1990 fram till idag, år 2005, har inneburit att det för hushållen och aktörerna inom privat och offentlig service varit klart lönsamt att konvertera från oljeuppvärmning till andra alternativ. Utsläppen flyttas på så vis till el- och värmeproduktionen. Nettoeffekten beror på hur elen och värmen produceras. I Modellen minskar också koldioxidutsläppen till år 2005 även med 1990 års skatter. Denna minskning är förvisso inte lika stor som med den förda skattepolitiken men resultaten från modellen öppnar ändå upp för frågan om hur höga skatter som hade krävts för att uppnå samma resultat. I denna rapport har vi inte vidare analyserat vilken nivå på skatten som skulle vara den bästa ur perspektivet att minska koldioxidutsläppen till en given nivå med så låga kostnader som möjligt för hushåll och aktörer inom privat och offentlig service. Vid en sådan fortsatt utredning bör MARKAL-beräkningarna kompletteras med ytterligare analyser och det är också viktigt att hänsyn tas till den statsfinansiella betydelsen av energi- och koldioxidskatterna.

5.3.3 Energiomvandlingssektorn (fjärrvärme- och kraftvärmeproduktion)

Modellen visar att koldioxidutsläppen i energiomvandlingssektorn ökar något mellan 1990 och 2005 i båda de analyserade fallen. Detta stämmer också väl överens med utfallet i verkligheten. Viktigt att komma ihåg är dock att den totala produktionen av el och värme samtidigt ökat kraftigt. Modellen visar samma tendens som i verkligheten och kan således sägas bekräfta att skatterna har bidragit till denna utveckling.



Figur 26: Beräknade koldioxidutsläpp i kraftvärme och fjärrvärmeproduktion med energi- och koldioxidskatter respektive 1990 års styrmedel

Modellen visar samtidigt att koldioxidutsläppen år 2005 faktiskt blir *högre* med den förda energi- och koldioxidskattepolitiken än om 1990 års energiskatt istället hade fått verka hela den fastlagda perioden. Bryter man ner resultaten ytterligare ser vi att utsläppen från hetvattenpannor är i det närmaste de samma för de båda fallen medan energi- och koldioxidskattefallet ger tydligt högre koldioxidutsläpp än 1990 års energiskatt i kraftvärmeproduktionen.

Hetvattenpannor i fjärrvärmesystemet

Kan vi således med modellen som stöd säga att 1990 års skatter hade räckt för att uppnå den utveckling i fjärrvärmeproduktionen i hetvattencentraler som vi sett sedan 1990? Är det så att införandet och den successivt mycket kraftiga höjningen av koldioxidskatten varit till ingen nytta? Med tanke på att beskattningen av olja i hetvattencentraler fyrdubblats sedan 1990 och skatten nästan sexdubblats för kol så skulle det innebära att sektorn varit kraftigt överbeskattad.¹³

Följer man modellens resultat slaviskt skulle dessa slutsatser kunna bekräftas. Detta är nog ändå inte riktigt hela sanningen. För det första har antagligen koldioxidskatten skyndat på bränslebytet från fossilt till bio eftersom aktörerna

¹³ År 1990 var energiskatten på olja 978 kr/m³ och energi- och koldioxidskatten var 3 650 kr/m³ år 2005. Motsvarande siffra för kol är 460 kr/ton år 1990 och 2 580 kr/ton år 2005. Nominella siffror.

upplevt ständigt stigande koldioxidskatter och upplevt dessa betungande. Aktörerna har också genom koldioxidskattens införande och dess successiva höjning fått en tydlig signal om att klimatfrågan tas på allvar vilket också skapat förväntningar om en fortsatt strikt hållning till koldioxidutsläpp. Om 1990 års energiskatt behållits på samma nivå fram till idag hade den signalen inte varit lika tydlig.

Om vi tittar på produktionskostnaderna för biobränslen och fossila bränslen med de två analyserade skattefallen (vilket framgår av kapitel 4) ser vi att kol i hetvattenpannor har en lägre värmeproduktionskostnad än biobränslen år 1990. I det fall 1990 års styrmedel fortsätter verka fram till idag hålls dock användningen av kol nere av den tidigare beskrivna begränsning av kolanvändningen som är inlagd i modellen.

Hur aktörernas agerande i verkligheten skulle sett ut om 1990 års styrning legat fast är förstås omöjligt att med säkerhet säga. Vi kan dock snekla på fallet där utbyggnaden av kraft- och värmeanläggningar med användning av kol inte begränsas för 1990-års styrmedel. Totalt för hela kraftvärme- och fjärrvärmeproduktionen ser vi att koldioxidutsläppen blir betydligt mycket högre än med den förda skattepolitiken. I modellen uppstår dock den allra största delen av denna effekt inom kraftvärmens där användningen av kol ”exploderar”. Detta ger i modellen effekten att priset på biobränslen sjunker kraftigt (då efterfrågan i kraftvärmens i kraftigt dämpas). Med betydligt lägre biobränslepriser blir produktionskostnaderna för biohetvattenpannor faktiskt lägre än produktionskostnaden för kolhetvattenpannor. Därav upprätthålls biobränsleanvändningen i fjärrvärmeproduktionen i hetvattencentraler trots att kolanvändningen är obegränsad och trots att kol initialt har lägre produktionskostnader än biobränslen. Det är viktigt att komma ihåg att fallet där 1990 års styrning ligger fast fram till idag är ett resultat av en modells optimering. Det är mycket möjligt att vi hade fått en annan utveckling än modellen visar men resultaten ger ändå en bild av ett tänkbart scenario.

Vår bedömning är sammanfattningsvis att den förda skattepolitiken haft en påtaglig betydelse för den utveckling med kraftig övergång från fossila bränslen till biobränslen som skett i fjärrvärmesystemets hetvattencentraler. Även om modellen indikerar att 1990 års styrmedel hade kunnat ge samma utveckling bedömer vi att så inte hade blivit fallet. Vi bedömer att det kan finnas skäl att ha en ”extra marginal” via skatten med hänsyn tagen till att det finns en viss tröghet i konverteringsvilja och en osäkerhet i prissvängningar på bränslen mm. Dock finns det anledning att ifrågasätta om nivån på koldioxidskatten idag är satt för högt för att uppnå samma miljöstyrning som idag. Detta har inte separat analyserats i denna rapport men resultaten ger tydliga indikationer om att så är fallet. Vilken nivå som skulle vara den bästa för att bibehålla styrningen i ren värmeproduktion till så låg kostnad som möjligt kräver fortsatt utredning. Vid en sådan fortsatt utredning bör hänsyn tas till andra styrmedel som handeln med utsläppsrätter samt även koldioxidskattens fiskala betydelse.

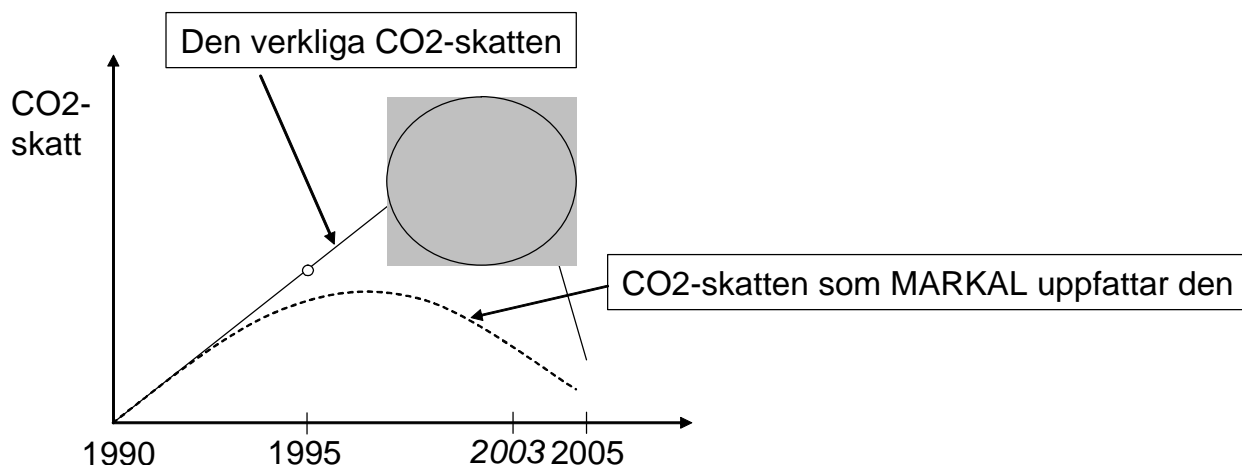
Kraftvärme

Även i samband med kraftvärmeproduktion visar modellen att de införda energi- och koldioxidskatterna ger liten eller till och med motsatt effekt jämfört med om 1990 års skatter hade bibehållits. Denna utveckling baseras på att användningen av kol begränsas i modellen. Om nya kolbaserade anläggningar tillåts byggas så blir utsläppen betydligt högre med 1990 års energi- och koldioxidskatt.

Givet att användningen av kol har begränsats så visar alltså modellen att användningen av fossila bränslen till och med blir högre år 2005 när energi- och koldioxidskatter införs än när 1990 års skatter verkar hela tiden. Betyder det att det hade varit bättre att hålla fast vid 1990 års energiskatt än att genomföra den energi- och koldioxidbeskattning av kraftvärme som varit fallet?

Låt oss börja med att titta på hur produktionskostnaderna har sett ut för åren 1990, 1995 och 2005. Som framgår i kapitel 4 är produktionskostnaderna för kol och naturgas lägre än för biobränslen år 1990, högre år 1995 och lägre igen år 2005 (om vi bortser från utsläppshandel och elcertifikat som ändå gör biobränslekraftvärme billigare). Detta kommer som ett resultat av att skattebelastningen för fossil kraftvärme i modellen är som störst år 1995 tätt följt av 1990 års skatter. Betydligt lägre belastning ger däremot 2005 års skatter som ju innefattar den sänkta kraftvärmeskatten från 100 procent av den generella nivån till 21 procent.

Eftersom modellen optimerar alla år samtidigt kan man säga att modellen hela tiden har full insikt om framtiden. Modellen ser med andra ord tidigt den sänkta kraftvärmeskatten och att villkoren för fossil kraftvärme således blir avsevärt mycket bättre efter år 2005. Därför kan modellen "kosta på sig" att använda en hel del fossil kraftvärme tidigare även om skatten då var högre. Modellåren är indelade i sjuårsintervall och inte i enstaka kalenderår. För just kraftvärmesken ger det lite konstiga effekter eftersom modellen inte fångar den mycket höga skattebelastningen under slutet av 1990-talet och början av 2000-talet. I Figur 27 nedan visas schematiskt hur modellen uppfattat kraftvärmebeskattningen och hur den sett ut i verkligheten. Cirkelarean i figuren markerar det område i tiden och i nivå på koldioxidskatten då troligen väldigt mycket hände relaterat till skiftet från fossilt till biobränsle (för värmedelen) i kraftvärmeverken i Sverige. Detta "kritiska" område fångas med andra ord inte i modellen på grund av modellårens indelning i sju års intervall. Modellen speglar huvudsakligen koldioxidskatterna så som de faktiskt var/är under dessa år.



Figur 27: CO₂-skatten och hur MARKAL-Nordic uppfattar den för kraftvärme (värmedelen).

Då en stor del av konverteringen från fossila bränslen till bibränslen för värmeproduktion i kraftvärme troligen skedde under sent 90-tal (ex Västerås, Helsingborg mm) underskattar modellen med stor sannolikhet koldioxidskattens effekter. Därför är det rimligt att tro att koldioxidskatten i verkligheten ändå haft stor effekt men kanske först på allvar under senare halvan av 90-talet och inledningen av 2000-talet¹⁴.

En annan viktig faktor till de högre utsläppen från kraftvärme om man jämför dagens skatter med 1990 års styrmedel är att värmepumpar i fjärrvärmesystemet för år 2005 är mindre konkurrenskraftiga gentemot kraftvärme medan det var precis tvärtom 1990 och 1995. Detta verifieras också av värmeproduktionskostnaderna redovisade i kapitel 4. Därmed finns det ett betydligt större utrymme för kraftvärme (olja och gas) vid dagens styrmedel än 1990 års styrmedel vilket ökar utsläppen.

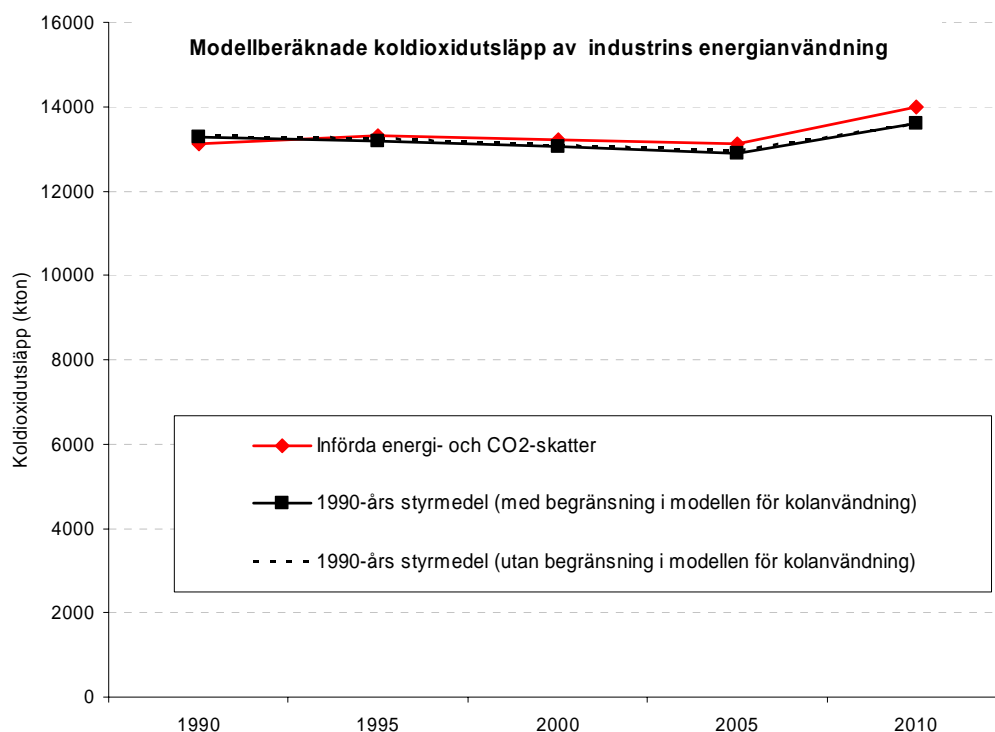
Med tanke på den osäkerhet som finns för hur aktörerna inom fjärrvärme och kraftvärmesektorerna faktiskt hade agerat om 1990 års styrning legat fast till idag är det relevant att se vad som händer med kraftvärmen om den i modellen angivna kolbegränsningen tas bort. I det fall vi i modellen tillåter utbyggnad av kolanläggningar ser vi en extremt kraftig utbyggnad av kolkraftvärme. Hur troligt detta scenario är kan diskuteras med det ger ändå en indikation om hur det i värsta fall skulle kunna ha blivit om 1990 års styrning inte hade lagts om.

Vår bedömning är att den förda skattepolitiken i verkligheten har haft större betydelse för övergången från fossila bränslen till bibränsle i kraftvärmesektorn än modellen visar. Även för aktörer i kraftvärmesektorn har den förda skattepolitiken givit tydliga signaler om att koldioxidutsläpp kostar, vilket bedöms ha spelat en viktig roll.

¹⁴ Även investeringsstöd har funnits under denna period.

5.3.4 Industrins energianvändning

Industrins energianvändning har sedan 1990 legat på ungefär samma nivå fram till idag, år 2005, med vissa konjunkturbetingade fluktuationer. Detta bekräftas även av modellen. Modellen indikerar att koldioxidutsläppen är något högre i fallet med energi- och koldioxidskatter än i fallet med 1990 års skatter. Detta är heller inte så konstigt eftersom 1990 års skatter innebar en högre belastning för industrin jämfört med slopandet av energiskatter och införandet av en nedsatt koldioxidskatt. Dock fanns vissa nedsättningsregler även år 1990 för industrin. Dessa är inte inkluderade i analysen och det är därför möjligt att ”styrkan” i 1990 års system överdrivs något gentemot senare års beskattning av industrin.



Figur 28: Beräknade koldioxidutsläpp av industrins energianvändning

Vår bedömning är att energi- och koldioxidskatten har haft begränsad effekt på koldioxidutsläppen från industrins energianvändning, vilket också bekräftas av modellresultaten.

6 Styrmedlens samlade effekt

Sammanfattande slutsatser

- Den sammantagna effekten av införda ekonomiska styrmedel i energisektorn (exklusive transporter), dvs. energi- och koldioxidskatten, elcertifikatsystemet (tidigare investerings- och driftsstöd) samt EU:s handelsystem (exklusive LIP och Klimp), ger 5 till 10 miljoner ton lägre utsläpp av koldioxid år 2010 jämfört med om 1990 års energiskatt hade fortsatt att gälla under hela perioden fram till idag.
- Eftersom flera av styrmedlen omfattar samma aktörer på marknaden och därmed samma utsläpp är det viktigt att analysera den samlade styrmedelseffekten snarare än varje styrmedel separat.
- Den lägre utsläppsskillnaden (5 Mton) motsvaras av en försiktig ansats där beräkningen bygger på antagandet att kolbaserade anläggningar inte hade byggts i Sverige även i ett fall där 1990 års klimatpolitik hade fortsatt att gälla. Den högre utsläppsskillnaden (10 Mton) bygger på antagandet att givet 1990 års klimatpolitik så hade det varit möjligt att kolbaserad energiproduktion hade byggts ut i Sverige.
- Det är koldioxidskatten vid den individuella uppvärmningen samt elcertifikatsystemet och EU:s handelsystem i energiomvandlingssektorn som *förstärker* styrningen jämfört med 1990 års styrmedel.
- För industrin var 1990 års energiskatt något högre än dagens nedsatta koldioxidskatt. EU:s handelssystem gör dock att dagens styrmedel har en något kraftigare styrning för den del av industrin som omfattas av EU:s handelsystem jämfört med 1990 års energiskatt.
- Sammantaget leder dagens styrmedel till mer fördelaktiga förutsättningar för energiproduktion i Sverige. Detta syns också i modellresultatet som visar en svensk export av el och en utbyggnad av både gasbaserad kraftvärme men också förnybar elproduktion i Sverige. Det innebär att de nationella utsläppen ökar (den del som produceras med gas). Sett i ett nordiskt perspektiv indikerar modellen att det är kolkondensproduktion som ersätts.
- Fr.om. 2005 regleras utsläppen från elproduktionen genom EU:s handelssystem som omfattar samtliga nordiska länder. Det innebär att en eventuellt utbyggd gasbaserad elproduktion i Sverige som ökar de nationella utsläppen samtidigt leder till utsläppsminskningar någon annanstans inom ramen för EU:s handelssystem. Den totala mängden tilldelade utsläppsrätter utgör ett tak för utsläppen i EU:s handelssystem för utsläppsrätter.

I detta avsnitt redovisas en utvärdering av den samlade effekten av de styrmedel som varit i kraft sedan 1990 fram till idag. Utvärderingen omfattar energisektorn. Med energisektorn avses utsläppen av koldioxid vid produktion av värme och el,

den individuella uppvärmningen samt industrin. Motsvarande utvärdering av styrmedlens effekt i transportsektorn har gjorts i en separat underlagsrapport. Utvärderingen är även framåtblickande vilket innebär att en bedömning av styrmedlens förväntade effekt även görs för åren 2010 och 2020.

6.1 Inledning

Modellberäkningar har gjorts med syftet att uppskatta effekterna av de ekonomiska styrmedel som tillförts mellan 1990 och 2004 i energisektorn. Med ekonomiska styrmedel avses olika skatter, investerings- och driftsstöd samt marknadsbaserade handelssystem. Beräkningarna inkluderar inte de bidrag som givits till projekt i energisektorn inom ramen för programmen LIP och Klimp¹⁵.

Modellberäkningarna har gjorts med den teknisk-ekonomiska optimeringsmodellen MARKAL-Nordic. Två olika beräkningar har gjorts som sedan jämförs. I den ena beräkningen har 1990 års ekonomiska styrmedel införts. 1990 års ekonomiska styrmedel bestod av en energiskatt. Energiskatten gällde de fossila bränslena men inte användningen av biobränslen. I den andra beräkningen har utgångspunkten varit nuvarande ekonomiska styrmedel. Det innebär nuvarande koldioxid- och energiskatt¹⁶, elcertifikatsystemet (för perioden 1990-2003 har då gällande investerings- och driftsstöd till förnybar elproduktion lagts in i modellen) samt EU:s handelssystem för utsläppsrätter.

Tabellen nedan ger en överblick över vilka ekonomiska styrmedel som använts mellan 1990 och fram till idag. Utöver skatter samt andra former av ekonomiska stöd har det även funnits olika styrmedel för att stimulera energieffektivisering. Exempel på sådana styrmedel är information och utbildning, teknikupphandling, provning och märkning av produkter samt kommunal energirådgivning och byggregler. För dessa styrmedel har det dock inte varit möjligt att kvantifiera några utsläppseffekter.

	Ekonomiska styrmedel som använts i energisektorn (exklusive transporter) mellan 1990 och 2005.
1990	1990 fanns inte någon koldioxidskatt, inte heller några drifts- eller investeringsstöd. En styrning mot ökad användning av förnybara energislag fanns dock genom den energiskatt som belastade användningen av olja, kol, gas och el. Energiskatten gällde även för industrin. Moms på energi (gäller samtliga energislag) infördes under 1990.
1991	I 1991 års energipolitiska överenskommelse införs en rad ekonomiska styrmedel. CO ₂ -skatten - 25 öre/kg. Industrins andel var inledningsvis 100 %. Koldioxidskatten har kontinuerligt höjts med en tilltagande takt de senaste åren. Industrins andel av skatten har varierat men sedan 1992 har andelen

¹⁵ Dessa program har utvärderats separat.

¹⁶ I kapitel 5.2 finns en utförligare beskrivning samt analys över skatternas utveckling och effekt.

	<p>understigit 100 %. Investeringsstöd till biokraftvärme 4000kr/kW. Investeringsstöd till vindkraft 20 % för anläggningar över 60 kW. Investeringsstöd på upp till 25 % av investeringskostnaden för solvärme.</p>
1993	<p>Investeringsstödet till vindkraft höjdes till 35 %.</p>
1994	<p>Investeringsstödet till vindkraft kompletteras med ett driftbidrag (sk. miljöbonus). Miljöbonusen motsvaras av energiskatten på el. År 1994 var elkatten 9 öre/kWh. Den har kontinuerligt höjts. År 2000 var den 16 öre/kWh, år 2003 24 öre/kWh.</p>
1997	<p>Detta år slöts en ny energipolitisk överenskommelse. Flertalet av stöden löper vidare. Investeringsstödet till biokraftvärme sänks till 3000 kr/kW. Vindkraftstödet sänks till 15 % av investeringskostnaden. Ett investeringsbidrag till miljövänlig småskalig vattenkraft infördes. Stödet upphörde dock år 1999. Bidrag gavs även till fjärrvärmeanslutning/fjärrvärmeutbyggnad samt till annan småskalig uppvärmning än elvärme. Båda stöden stoppades dock efter några år.</p>
1999	<p>Ett driftsstöd till småskalig elproduktion infördes (9 öre/kWh). Detta stöd upphörde år 2003 när elcertifikatsystemet startar.</p>
2001	<p>Den gröna skatteväxlingen inleds. Det innebär att skatterna på energi höjs samtidigt som skatterna på arbetskraft sänks. Det är framförallt koldioxidskatten och elskatten som kommer att omfattas av skatteväxlingen. Koldioxidskatten höjdes detta år från 37 öre/kg till 53 öre/kg. Eftersom den tillverkande industrin kompenseras genom en ökad nedsättning av skatten är det huvudsakligen hushållen samt produktion av fjärrvärme som omfattas av skatteväxlingen.</p>
2003	<p>Elcertifikatsystemet startar den 1 maj. Elcertifikatsystemet är ett marknadsbaserat styrmedel där den förnybara elproduktion kvoteras in uttryckt som en andel av förbrukningen. Målsättningen är att ca: 10 TWh produktion av elproduktion från förnybara energislag ska finnas år 2010. Samtidigt upphörde investeringsstöden till biobaserad kraftvärme och vindkraft samt en nedtrappning av miljöbonusen till vindkraften inleddes.</p>
2004	<p>Samma nedsättningsregler för energi- och koldioxidskatten gäller vid kraftvärmeproduktion som för den tillverkande industrin. Ingen energiskatt samt 21 % av den generella koldioxidskatten som år 2004 var 91 öre/kg. En skattereduktion för investeringar i energieffektiva fönster och biobränslebaserade uppvärmningssystem införs mellan 2004 och 2006.</p>
2005	<p>Elcertifikatsystemet har pågått i 1,5 år. Priserna på elcertifikaten är relativt höga ca. 200 kr/MWh. Hittills har främst produktion inom ramen för befintliga anläggningar genererats inom systemet. EU:s handelssystem för utsläppsätter startar. Omfattar energiomvandlingssektorn samt den energiintensiva industrin. Inledningsvis har ett relativt högt (jämfört med förväntat pris) noterats (20 euro/ton). Den generella koldioxidskatten uppgår till 91 öre per kg. Tillverkningsindustrin samt kraftvärmeproduktion betalar 21 % av denna nivå. ROT-avdrag, stöd till investeringar i solceller samt skattestimulans till investeringar i offentliga lokaler införs.</p>

Anm:1. I beskrivningen ingår inte LIP och Klimp-bidragen som beskrivs i en särskild underlagsrapport.

Anm 2. Vissa förenklingar har gjorts för att återge styrmedlen som indata i MARKAL-modellen. Modellen är indelad i intervall om sju år och inte i enstaka kalenderår. Det får som konsekvens att viss del av den mycket kraftiga ökningen av koldioxidskatten för kraftvärme som skedde i slutet av 1990-talet samt i början av 2000-talet inte till fullo fångas av modellen. För vissa av investeringsstöden har genomsnittliga värden lagts in i modellen.

Skillnaden mellan 1990 års styrmedel och dagens ekonomiska styrmedel är betydande. Dagens styrmedelsflora ger en tydlig återspeglning av att utsläppen av koldioxid är förenad med negativa effekter på miljön. Både den generella koldioxidskatten samt EU:s handelsystem för utsläppsrätter innebär en kostnad för utsläppen av koldioxid. Även elcertifikatsystemet styr mot minskade utsläpp genom att förnybar elproduktion gynnas framför fossilbaserad elproduktion.

Vad som samtidigt är viktigt att framhålla är att även 1990 års energiskatt i Sverige innebar en tydlig styrning mot en minskad användning av fossila bränslen till förmån för biobränslen i och med att energiskatt inte utgick vid användning av biobränslen. Den faktiska utvecklingen visar att redan under 1980-talet minskade oljeanvändningen betydligt vid uppvärmning, både storskalig och individuell. Sveriges utsläpp av koldioxid minskade följaktligen mellan 1980 och 1990. Den dämpande effekt på utsläppen som 1990 års energiskatter skulle ha haft om de bibehållits syns också i de beräkningar som har gjorts med MARKAL-modellen. Enligt modellens resultat minskar utsläppen för vissa sektorer både vid 1990 års styrmedel och vid dagens styrmedel.

6.2 Modellresultat

Modellens utvecklingsbana jämfört med den verkliga utvecklingen

I beräkningsalternativet ”införda ekonomiska styrmedel” där den verkliga styrmedelsutvecklingen så långt det varit möjligt lagts in i modellen¹⁷ hamnar utsläppsnivån för år 2005 knappt 5 miljoner ton lägre än utgångsvärdet för 1990. Jämförs modellresultatet med den verkliga utvecklingen, där utsläppen av koldioxid låg drygt 2 miljoner ton lägre år 2003 jämfört med år 1990, finns en trendmässigt god överensstämmelse även om nivåerna ej är lika stora¹⁸. Man ska dock komma ihåg att den verkliga utvecklingen för ett specifikt år kan påverkas av exempelvis konjunkturläget samt i ännu högre grad av temperatur och nederbördsförhållanden. Även när jämförelsen görs uppdelad per sektor syns en trendmässigt relativt bra överensstämmelse mellan modellens resultat och den verkliga utvecklingen. Den stora utsläppsminskningen syns i bostadssektorn

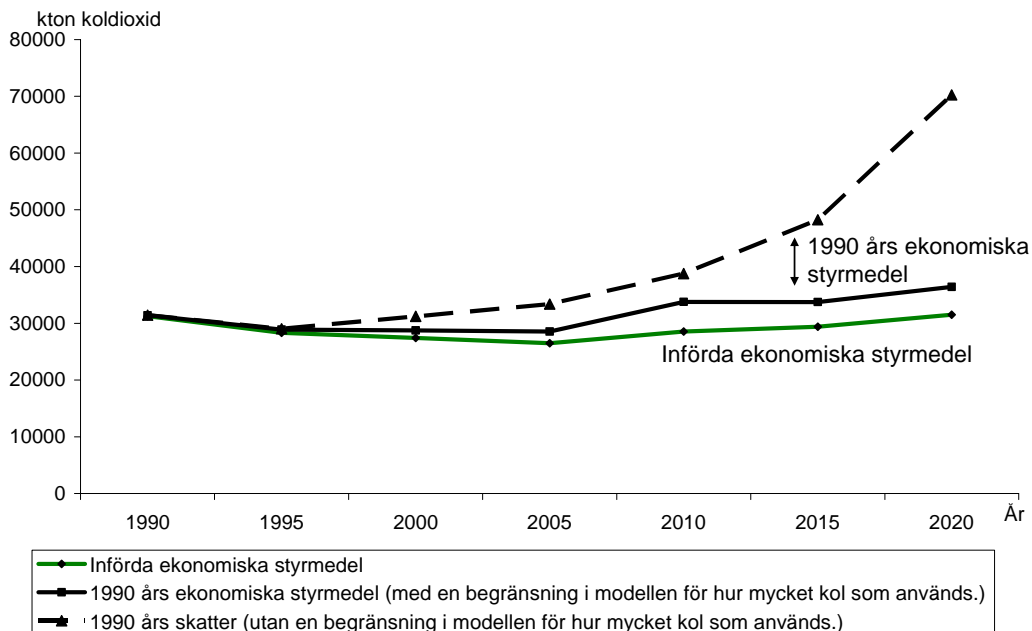
¹⁷ I beräkningen har styrmedlen lagts in med 7-års intervall.

¹⁸ Om jämförelsen mellan den faktiska utvecklingen och modellens resultat görs på en ytterligare disaggregerad nivå kommer skillnader att synas. Det beror framför allt på att MARKAL är en optimeringsmodell och informationen är fullständigt given vilket gör att åtgärder genomförs i en snabbare takt i modellen än vad som sker i verkligheten. Det innebär att både exempelvis investeringar i förnybar elproduktion men även i exempelvis gasbaserad kraftvärme görs tidigare i modellen än i verkligheten.

medan utvecklingen i samband med energiproduktion och för industrins energianvändning ligger relativt stabil.

Dagens ekonomiska styrmedel jämfört med 1990 års ekonomiska styrmedel

För år 2005 ger modellresultaten en utsläppsskillnad mellan beräkningsfallet med införda styrmedel fram till idag och beräkningsfallet som speglar 1990 års situation på ungefär 2 miljoner ton koldioxid. Om tidshorisonten sätts till år 2010 hamnar utsläppen drygt 5 miljoner ton lägre år 2010 i beräkningen med införda ekonomiska styrmedel jämfört med om 1990 års styrmedel hade fortsatt verka. Dessa beräkningar bygger på en ”försiktig” ansats. Användningen av kol har begränsats i modellen så att inte någon ny kolbaserad energiproduktion byggs. En bedömning har gjorts att med rådande energi- och klimatpolitik så kommer inte nya kolbaserade anläggningar byggas, även i ett fall där en sådan anläggning enligt modellen skulle vara något lönsammare än alternativa anläggningar. Detta antagande har gjorts även vid beräkningen med 1990 års styrmedel.



Figur 29 Beräkningar över utsläppsutvecklingen givet införda ekonomiska styrmedel samt 1990 års ekonomiska styrmedel. För energisektorn (exklusive transporter)

Det är dock mycket svårt att i efterhand (15 år senare) avgöra vad som skulle vara relevanta antaganden givet en helt annan politisk utveckling. Vi har därför även visat en utveckling som speglar en tillbakablick där utgångspunkten är att det varit möjligt att även kolbaserad energiproduktion hade kunnat byggas. Det är inte ett otänkbart scenario givet att 1990 års klimatpolitik utan koldioxidskatt eller andra ekonomiska stöd till förnybara energislag hade fortsatt att gälla. Givet en sådan utveckling, se den streckade linjen i figuren, så är effekten av dagens styrmedel (klimatpolitik) betydligt större. Skillnaden i utsläpp blir då drygt 10 miljoner ton koldioxid år 2010. För år 2005 hamnar utsläppsskillnaden på 7 miljoner ton istället för 2 miljoner ton i detta scenario.

Modellberäkningen indikerar alltså att de ekonomiska styrmedel som införts ger en starkare styrning för att minska de totala utsläppen av koldioxid jämfört med de ekonomiska styrmedel som fanns på plats år 1990.

Tabell 5 Beräknad samlad effekt av insatta ekonomiska styrmedel i energisektorn, Mton.

	2005	2010	2015	2020
Samlad effekt av ekonomiska styrmedel i energisektorn (exklusive transporter). Givet en begränsning gör hur mycket kol som kan användas i modellen.	2 Mton	5 Mton	5 Mton	5 Mton
Modellberäknad effekt av energi- och koldioxidskatt i relation till 1990 års styrmedel givet att kolbaserad anläggningar hade byggts när detta hade varit lönsamt.	7 Mton lägre utsläpp.	10 Mton lägre utsläpp.	19 Mton ton lägre utsläpp.	38 Mton lägre utsläpp.

Anm: Att resultatet redovisas med ett relativt brett intervall beror på att det i efterhand (15 år senare) är mycket svårt att avgöra vad som skulle vara relevanta antaganden givet en helt annan politisk utveckling, dvs. en utveckling enligt 1990 års klimatpolitik.

Modellberäkningen har även gjorts framåt i tiden. När både beräkningen med dagens ekonomiska styrmedel och 1990 års ekonomiska styrmedel görs utifrån antagandet att inga nya kolbaserade anläggningar byggs så bibehålls utsläppseffekten på ungefär 5 miljoner ton även framåt i tiden (2015/2020). I det scenario där 1990 års styrmedel (klimatpolitik) behålls och det tillåts leda till att kolbaserade energianläggningar hade byggts ut så stiger de beräknade utsläppen. Utsläppsskillnaden mellan de två scenarierna ”införda ekonomiska styrmedel” och ”1990 års ekonomiska styrmedel” ökar betydligt. Vad som framförallt händer är att i modellen ersätts kärnkraften med kolkondens.

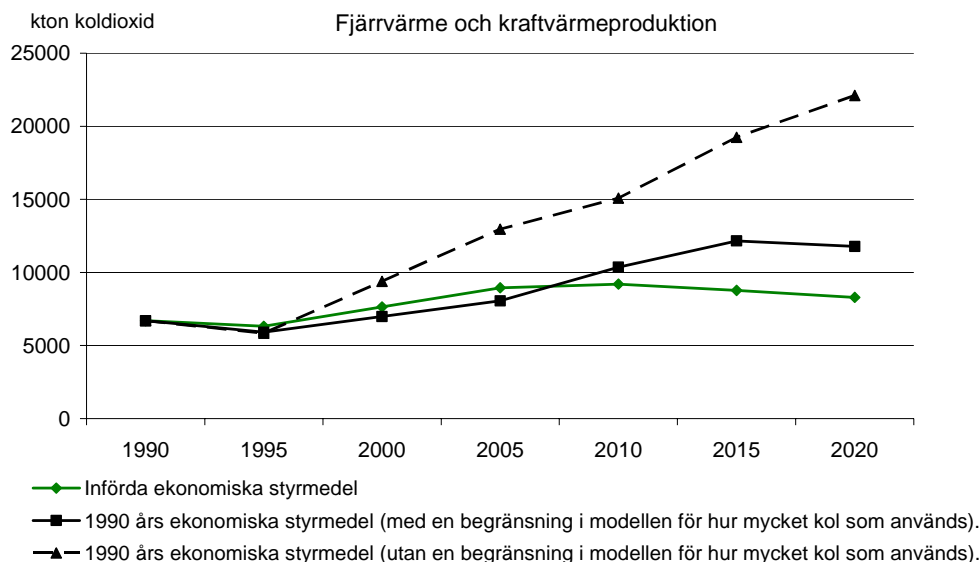
I avsnitten som följer redovisas den beräknade utsläppsutvecklingen uppdelad på olika sektorer.

Energiomvandlingssektorn

Styrmedlen som riktas mot el- och värmeproduktionssektorn har förändrats betydligt mellan 1990 och idag. År 1990 fanns det inte någon styrning vid produktionen av el. Däremot fanns det en betydande styrning i samband med produktion av värme både vid ren värmeproduktion men också vid samtidig produktion av värme och el. Full energiskatt utgick år 1990 vid användningen av fossila bränslen samtidigt som biobränslen inte beskattades.

I dagens styrmedelspaket är klimatstyrningen mer synlig. Både produktionen av el och värme omfattas från och med 2005 av EU:s handelssystem för utsläppsrätter. Inom ramen för handelssystemet bestäms kostnaden för utsläppen av marknadspriset på utsläppsrätter. I beräkningarna har vi antagit en prisnivå på 10

euro per ton. Det ligger lägre än dagens noterade nivåer som närmar sig 20 euro per ton. Förutom handelsystemet för utsläppsrätter finns från och med år 2003 ett elcertifikatsystem i Sverige. Syftet är att skapa en kontinuerligt ökande volym elproduktion från förnybara energislag. Även här genereras ett marknadspris. Priset gäller/utgår till producenter av el från förnybara energislag. I det svenska systemet är det underliggande målet att öka den förnybara elproduktionen med 10 TWh till 2010 jämfört med 2002 års nivå. Det pågår också diskussioner om att förlänga systemet till 2030 och öka kvoten förnybar elproduktion fram till 2015.



Figur 30 Beräknade utsläpp från kraftvärme och fjärrvärmeproduktion med införda respektive 1990 års ekonomiska styrmedel

Nuvarande beskattning av energi har en tydligare klimatpolitisk inriktning jämfört med år 1990. År 1991 infördes en koldioxidskatt i Sverige som kontinuerligt har ökat. För enbart värmeproduktion utgår därför en relativt hög koldioxidskatt. År 2004 förändrades skattreglerna för kraftvärmeproduktion, vilket innebär att kraftvärmeanläggningar erhåller samma nedsättningsregler som den tillverkande industrin. Beslutet att reducera skattebelastningen för kraftvärmeproduktion baseras på en vilja att förbättra förutsättningarna för effektiv el- och värmeproduktion.

Sammantaget är det framför allt elcertifikatsystemet och EU:s handelssystem för utsläppsrätter som gör att den beräknade utsläppsutvecklingen i energiomvandlingssektorn ligger lägre år 2010 och framåt i beräkningsalternativet med dagens styrmedelspaket jämfört med 1990 års styrmedelspaket. Den sammanlagda styrning som ges av den nuvarande nivån på koldioxidskatten, den lagstadgade kvotutvecklingen för förnybar elproduktion och det antagna priset på utsläppsrätten på 10 euro per ton är följaktligen mer kraftfullt än 1990 års energiskatt.

Att inte enbart dagens energi- och koldioxidskatt leder till en starkare styrning jämfört med 1990 års energiskatt beror på att det fanns en styrning redan år 1990 samt att styrningen vid kraftvärmeproduktion avtog år 2004. Eftersom även elcertifikatsystemet och EU:s handelssystem omfattar anläggningar i energiomvandlingssektorn är det emellertid inte den separata styrmedelseffekten utan den samlade styrmedelseffekten som bör beaktas/utvärderas.

Det är tydligt att dagens styrmedel med en lägre beskattning av gasbaserad kraftvärme samt elcertifikatsystemet är gynnsamt för svensk elproduktion. EU:s handelssystem gynnar också svensk elproduktion (bio- och gas- kraftvärme samt vindkraft) mer än kolbaserad kondensproduktion. I både beräkningen med dagens och 1990 års ekonomiska styrmedel ger modellen en nettoexport av el år 2010. För 2015 uppstår en nettoexport av el i scenariot med dagens styrmedel medan det blir en nettoimport av el med 1990 års styrmedel. För 2020 är det import i båda fallen, dock betydligt högre i fallet med 1990 års styrmedel. Ett viktigt skäl på lång sikt till den ökande nettoimporten är den antagna kärnkraftavvecklingen. För att återspegla den globala effekten av införda styrmedel i Sverige bör analysen utvidgas till att även visa hur elproduktionen kan komma att påverkas i andra länder. Exempelvis kan en vis del av den ökade gasbaserade kraftvärmeproduktionen i Sverige ersätta kolkondensproduktion i övriga nordiska länder. Eftersom MARKAL-modellen innefattar även de övriga nordiska länderna blir denna effekt synlig i modellberäkningen¹⁹.

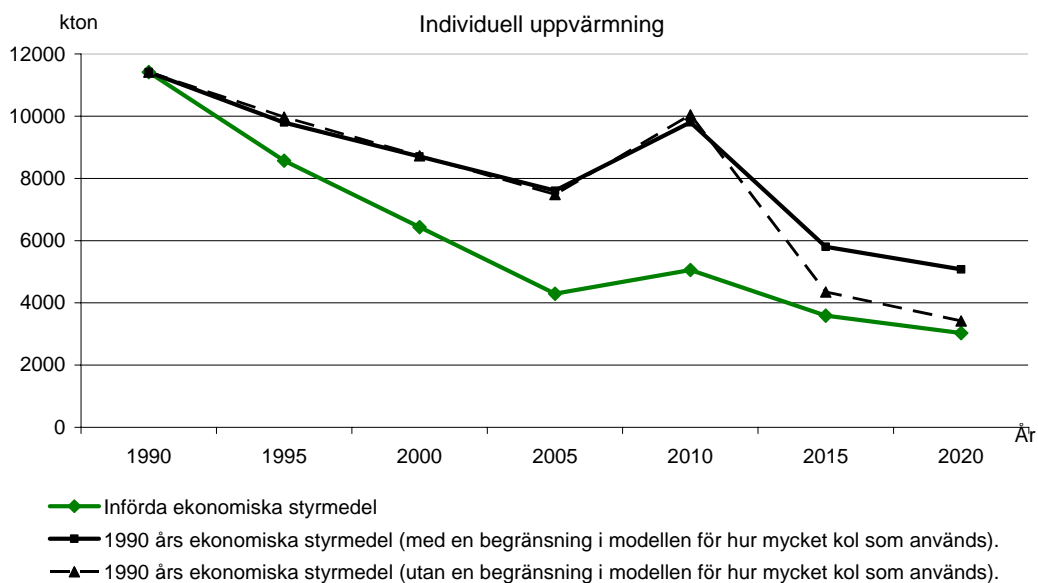
Individuell uppvärmning i bostadssektorn

I bostadssektorn är det framför allt skatterna som har påverkat utvecklingen. Här har skatterna nästan fyrdubblats mellan 1990 och fram till 2005. Modellberäkningen visar att införda styrmedel (den höjda koldioxidskatten) har större effekt än 1990 års styrmedel. Anmärkningsvärt är dock att det redan 1990 fanns en styrning som enligt modellen ger minskade utsläpp. Orsaken till att utsläppen i både beräkningsscenarierna går upp runt 2010 är antagandet för oljeprisets utveckling. I beräkningen har utgångspunkten varit IEA bedömning över råoljeprisets utveckling. Enligt IEA har oljepriset sjunkit från dagens höga nivåer fram till 2010 för att därefter öka till 2020²⁰. För den delen av bostäderna som har en flexibel panna som möjliggör användning av olika bränslen kan bränslebyten ske omedelbart vid förändrade prisetförhållanden.

Den streckade linjen, alltså 1990 års styrning och utan någon begränsning för användningen av kol i modellen, ger en lägre utsläppsutveckling i bostadssektorn efter 2010. Orsaken är att elpriset är lägre vilket ökar ersättningen av olja med eluppvärmning. Den ökade elanvändningen beräknas dock i detta fall produceras med kolkondens i Sverige vilket leder till att den samlade effekten ändå är kraftigt ökade utsläpp.

¹⁹ Utsläppseffekten utanför Sverige har inte räknats in i de angivna volymerna.

²⁰ I fallet med dagens nivå på koldioxidskatten syns emellertid inte de ökade utsläppen till följd av det lägre oljepriset lika tydligt.



Figur 31 Beräknade effekter av ekonomiska styrmedel i bostadssektorn år 1990 jämfört med införda ekonomiska styrmedel.

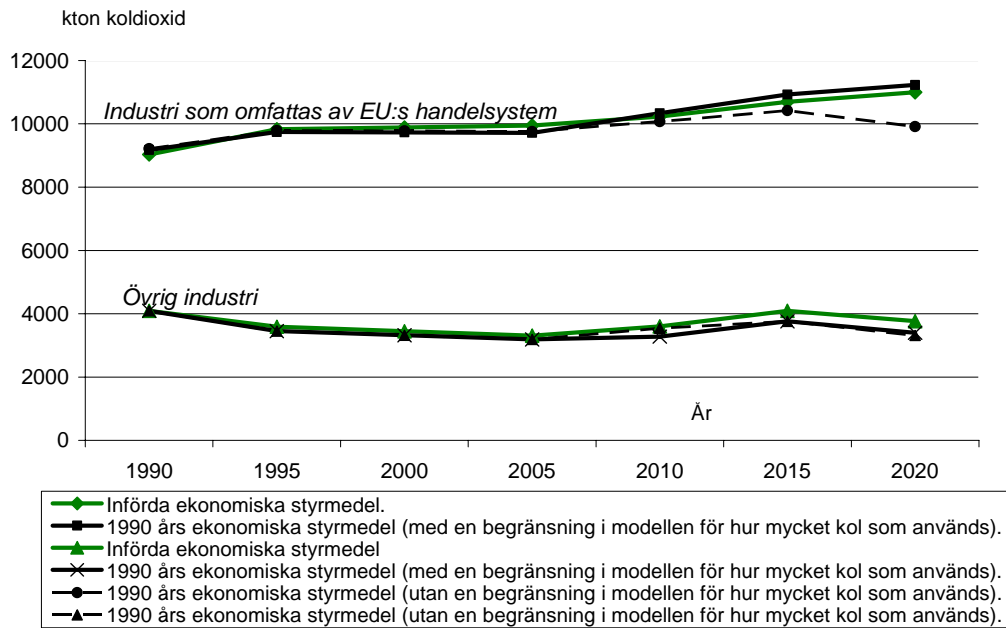
Utsläpp i samband med användning av energi i industrin²¹

För industrins energianvändning är skillnaden mellan de olika beräknade styrmedelsscenarierna relativt små. En viktig skillnad är dock att för den del av industrin²² som från och med 2005 omfattas av EU:s handelssystem ger dagens styrmedel en något starkare styrning än vad 1990 års ekonomiska styrmedel (eg. energiskatten) beräknas ge. För de övriga industribranscherna ger dagens ekonomiska styrmedel en något svagare styrning jämfört med vad 1990 års energiskatt beräknas ge. Det beror på att energiskatten innebar högre kostnader för användning av fossila bränslen år 1990 (biobränslen omfattades inte av energiskatten) jämfört med de kostnader som dagens nedsatta koldioxidskatt innebär.

Liksom för bostadssektorn avviker den streckade linjen neråt efter 2010. Samma förhållande uppstår här dvs. elanvändningen ökar och ersätter fossila bränslen. Anledningen är något lägre elpriser. Sammantaget ökar dock utsläppen eftersom den ökade elanvändningen produceras med kolkondens i Sverige.

²¹ I modellen är en del av processutsläppen inkluderade (utsläppen från koks i järn- och stålindustrin).

²² Oljeraffinaderier, anläggningar som producerar och bearbetar järn, stål, glas och glasfiber, cement, kalk samt anläggningar som producerar papper och pappersmassa.



Figur 32 Beräknade effekter av införda ekonomiska styrmedel från 1990 och fram till idag. (Industrins energianvändning)

7 Skillnad jämfört med NC3

I den tredje nationalrapporten gjordes motsvarande beräkning för att utvärdera effekten av införda ekonomiska styrmedel jämfört med 1990 års ekonomiska styrmedel. I den tredje nationalrapporten infördes då gällande styrmedel som var år 2001. Nu, till den fjärde nationalrapporten har införda ekonomiska styrmedel från 1990 och fram till 2004 så långt det varit möjligt lagts in i modellen.

Även till den tredje nationalrapporten användes MARKAL-modellen. En viktig modellmässig skillnad är att de beräkningar som görs nu utgår från en nordisk modellansats där handeln med el över landsgränserna är ett av modellresultaten. Utfallet beror på kostnaderna för att producera el i de olika länderna. Till den tredje nationalrapporten antog vi en nettoimport av el år 2010 på drygt 4 TWh. Det överrensstämde också med den dåvarande prognosen över utsläppen som inkluderade en nettoimport av el. I nuvarande prognos bedöms de förändrade styrmedlen leda till en nettoexport av el, vilket också visas i modellresultatet.

En annan modellmässig skillnad är att beräkningarna i samband med den tredje nationalrapporten gjordes för perioden 1995 till 2030. Det betyder att utgångsläget för båda beräkningsfallen var energisystemets uppbyggnad år 1995. Utifrån detta studerades effekterna av de båda styrmedelsfallen. I de nu genomförda beräkningarna har beskrivningen förbättrats och här är utgångsläget för analysen energisystemets uppbyggnad år 1990. Med utgångspunkt från detta har därefter de två styrmedelsscenarierna tillämpats och den resulterande utvecklingen av energisystemet beräknats.

Beräkningsförutsättningarna skiljer sig också åt. I följande tabeller redovisas bränslepriser och skattenivåer för de olika beräkningstillfällena.

Fossilbränslepriser (SEK/MWh), realt 2000

	2005		2010		2020	
	NC3	NC4	NC3	NC4	NC3	NC4
Lätt eldningsolja	125	184	125	150	148	157
Tung eldningsolja	77	157	77	128	112	141
Kol	45	48	42	48	53	51
Naturgas	100	110	96	102	142	116

Biobränslepriser (SEK/MWh), realt 2000

	2005		2010		2020	
	NC3	NC4	NC3	NC4	NC3	NC4
Returlutar, tallbeckolja	15	15	15	15	15	15
Skogsbränsle, industri	50	60	50	70	50	80
Småskalig, ved	15	15	15	15	15	15
Skogsbränsle, låg	90	90	90	95	90	106
Skogsbränsle, medel	130	112	130	128	130	141
Skogsbränsle, hög ¹	180	165	180	150	180	150
Energiskog	130	130	140	140	150	150
Torv	120	110	120	107	120	113

¹Maxpris i NC4 på skogsbränsle är 150 SEK/MWh fr o m 2010

Energiskatter SEK/MWh bränsle. Realt 2000 (NC4) respektive nominellt (NC3; år 2001)

	BOSTÄDER OCH SERVICE		KRAFTVÄRME (PÅ VÄRMEPROD)		VÄRMEVERK		INDUSTRI	
	NC3	NC4	NC3	NC4	NC3	NC4	NC3	NC4
Lätt eldningsolja	70	69	35	0	70	69	0	0
Tung eldningsolja	64	64	32	0	64	64	0	0
Kol	40	38	20	0	40	38	0	0
Naturgas	21	22	10,5	0	21	22	0	0
Gasol	10	10	5	0	10	10	0	0
El,	181	237	-	0	158	213	0	0

NC3 avser skatt år 2001, medan NC4 avser skatt 2005

Koldioxidskatter (SEK/kg). Realt 2000 (NC4) respektive nominellt (NC3; år 2001)

BOST&SERVICE		KRAFTVÄRME (PÅ VÄRMEPROD)		VÄRMEVERK		INDUSTRI	
NC3	NC4	NC3	NC4	NC3	NC4	NC3	NC4
0,53	0,85	0,53	0,18	0,53	0,85	0,18	0,18

NC3 avser skatt år 2001, medan NC4 avser skatt 2005

I tredje nationalrapporten uppgick skillnaden i utsläpp mellan de båda scenarierna år 2010 till 10 miljoner ton CO₂. I den senaste beräkningen är bedömningen att utsläppskillnaden är 5 alternativt 10 miljoner ton. De två olika resultaten beror,

som tidigare nämnts på om användningen av kol begränsas i modellen. I tredje nationalrapporten begränsades inte användningen av kol i något av beräkningsfallen, dvs. varken i beräkningen med dagens styrmedel eller i beräkningen med 1990 års styrmedel. I de nu genomförda beräkningarna har kolanvändningen begränsats i fallet med dagens styrmedel. För 1990 års styrmedel har två olika beräkningar gjorts, vilket motsvaras av två olika nivåer för hur mycket lägre utsläppen blir med dagens styrmedel (5 och 10 miljoner ton). Den övre effektbedömningen görs utifrån antagandet att 1990 års klimatpolitik skulle kunna ha lett till att även kol byggs ut i Sverige. Den lägre utsläppsskillnaden erhålls om kolbegränsningen är identisk i båda beräkningsfallen.

Förändrade styrmedel och antagna bränslepriser

Skillnaden i resultat mellan NC3 och NC4 beror inte enbart på förändringar i modellen eller yttre antaganden utan även på att styrmedlen år 2005 skiljer sig avsevärt jämfört med styrmedlen år 2001. Den generella nivån för koldioxidskatten ligger nästan 70 % högre, vilket påverkar användningen av fossila bränslen och de resulterande utsläppen nedåt för framför allt den individuella uppvärmningen i bostadssektorn. Effekten är dock liten eftersom redan 2001 års styrmedel gav likartad styrning. För ren fjärrvärmeproduktion styr redan 1990 års styrmedel så kraftigt att den höjda skatten inte har någon påverkan på modellresultatet. Detta förhållande gällde dock även vid beräkningen år 2001. Vid kombinerad produktion av el och värme i fossilbränsleeldade kraftvärmeanläggningar gäller sedan 2004 en klart lägre bränslebeskattning. Det innebär att gasbaserad kraftvärme byggs mer i 2005 års beräkning jämfört med 2001 års beräkning. Eftersom modellen omfattar hela det nordiska energisystemet indikeras i modellresultaten vilken elproduktion som enligt modellen är mest lönsam. Gasbaserad kraftvärmeproduktion i Sverige är alltså enligt modellen ett lönsamt alternativ vid den kombination av omvärldsförutsättningar som antagits. Samtidigt innebär det svenska elcertifikatsystemet att även biobaserad kraftvärme och vindkraft byggs i Sverige. Detta leder till att mer el produceras i Sverige. Därmed byts elimporten till en elexport. Sveriges elexport produceras följaktligen med båda förnybara och fossila bränslen. Den ökade elproduktionen inom landet vid 2005 års styrmedel medför också, jämfört med 1990 års styrmedel, att utsläppen i Sverige ökar. Samtidigt minskar elproduktionen i grannländerna vilket medför att utsläppen minskar i dessa länder.

I samband med NC3 antogs klart lägre oljepriser än i de nu aktuella beräkningarna, men samtidigt på lång sikt högre naturgaspris. Detta är en orsak till att det i de nu genomförda beräkningarna blir en större användning av naturgaskraftvärme (både vid dagens styrmedel och vid 1990 års styrmedel) än i NC3.

Summering

Beskrivningen av dagens styrmedel i NC3 (2001 års styrmedel) och i de nu aktuella beräkningarna (2005 års styrmedel) skiljer sig åt markant. Dels är koldioxidskatten 2005 avsevärt högre och dels är skattebelastningen avsevärt

mindre vid kraftvärmeproduktion baserad på fossila bränslen. Det förstnämnda dämpar användningen av olja för uppvärmning, men här fick man redan vid 2001 års styrmedel samma styreffekt och skillnaden mellan 2001 års och 2005 års styrmedel är i detta avseende liten. Den andra skillnaden stimulerar elproduktion inom landet och flyttar indirekt vissa koldioxidutsläpp från grannländerna till Sverige.

Ytterligare skillnader mellan NC3 och de nu genomförda beräkningarna hänger samman med förändrad struktur i beräkningsmodellen, möjligheten att utnyttja kol för el- och värmeproduktion samt andra bränslepriser. I huvudsak visar dock de båda utvärderingarna likartade effekter vid jämförelsen mellan ”dagens styrmedel” och 1990 års styrmedel.

8 Referenser

Energimyndigheten, ER 13:2001, *Energimyndighetens klimatrappport 2001*

Energimyndigheten, ER 15:2001, *Beräkningar med MARKAL – Underlag till Energimyndighetens klimatrappport 2001*

Energimyndigheten ER 31:2004, *Sveriges klimatstrategi*, Underlag till Kontrollstation 2004

Energimyndigheten, *Energiläget 2004*

Energimyndigheten, *Konsekvenser av ett förändrat energiskattesystem*, 2005

Nordiska Ministerrådet (2001), *An evaluation of the impact of green taxes in the Nordic countries*

Profu, *Beräkningar med MARKAL-NORDIC inför NC4 – kortrapport*, 2005

Bilaga - MARKAL-metodiken och MARKAL-NORDIC

Denna sammanställning beskriver MARKAL-metodiken i allmänhet och MARKAL-NORDIC i synnerhet. I avsnittet som behandlar MARKAL-NORDIC återfinns också viktiga antaganden och förutsättningar som varit specifika för detta uppdrag.

MARKAL – En översikt

Kort historik

MARKAL (MARKet Allocation) togs fram i början av 80-talet i ett samarbete mellan Brookhaven National Laboratory i USA och Kernforschungszentrum Jülich i Tyskland. Den ursprungliga modellformuleringen är beskriven av Fishbone et al och Fishbone and Abilock²³. MARKAL-modellen har nått en unik spridning över hela världen varför en stor samlad erfarenhet av MARKAL-användning finns tillgänglig. En avgörande styrka med MARKAL är den internationella organisation ETSAP (Energy Technology Systems Analysis Programme) som sedan 1977 handhar modellen och dess utveckling.²⁴ ETSAP i sin tur är resultatet av ett ”implementing agreement” inom IEA.

MARKAL och energisystemet

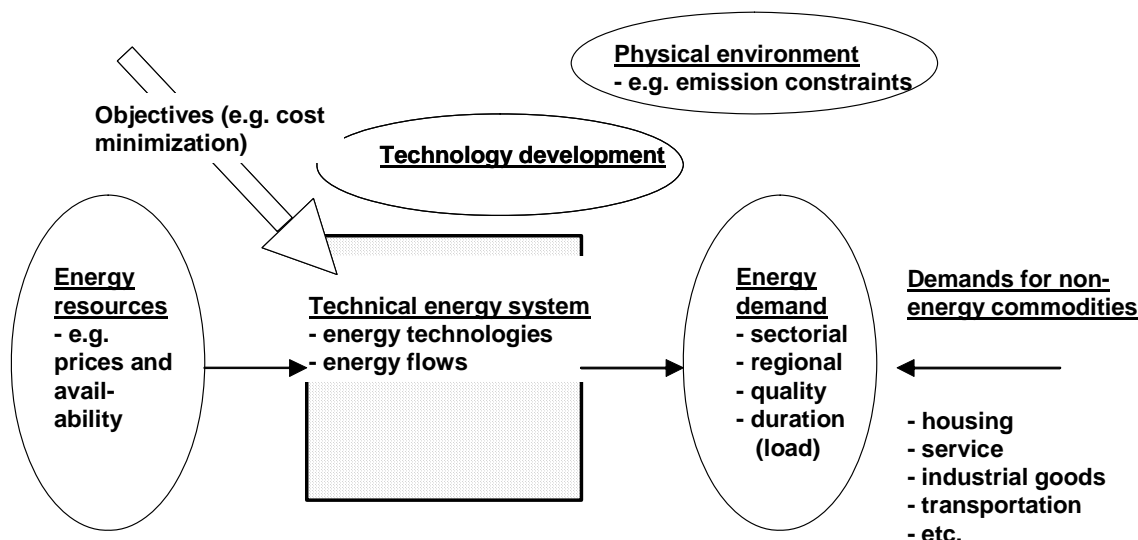
Den ”traditionella” användningen av MARKAL är relaterad till studier av det *tekniska* energisystemet. Det tekniska energisystemet förhåller sig till omgivningen så som visas i Figur 1. Längst till höger i figuren uppstår själva energibehovet som i sin tur är kopplat till utvecklingen i den övriga makroekonomin. Energianvändningen i sig är ju ett resultat av de behov vi egentligen har, d v s boende, varor, tjänster mm. Förutom energibehovet är även teknisk utveckling, internationella bränslemarknader, och energi- och miljöpolicy

²³ a) Fishbone L G, Giesen G, Goldstein G, Hymnen H A, Stocks K J, Vos H, Wilde D, Zölcher R, Balzer C and Abilock H (1983), ”User’s Guide for MARKAL (BNL/KFA Version 2.0), Report BNL-51701, Department of Applied Science, Brookhaven National Laboratory, Upton, NY

b) Fishbone L G and Abilock H (1981), ”MARKAL – A Linear Programming Model for Energy System Analysis : Technical Description of the BNL Version”, *International Journal of Energy Research* 5, 353-375

²⁴ På ETSAPs hemsida (www.etsap.org) finns mer information om själva organisationen och MARKAL-modellen.

faktorer som behandlas exogent i den ”traditionella” användningen av MARKAL.²⁵ För att i någon mån hantera sådana faktorer som befinner i modellens omgivning arbetar man lämpligen med *scenarier* där scenarierna byggs upp av antaganden kring de exogena faktorerna.

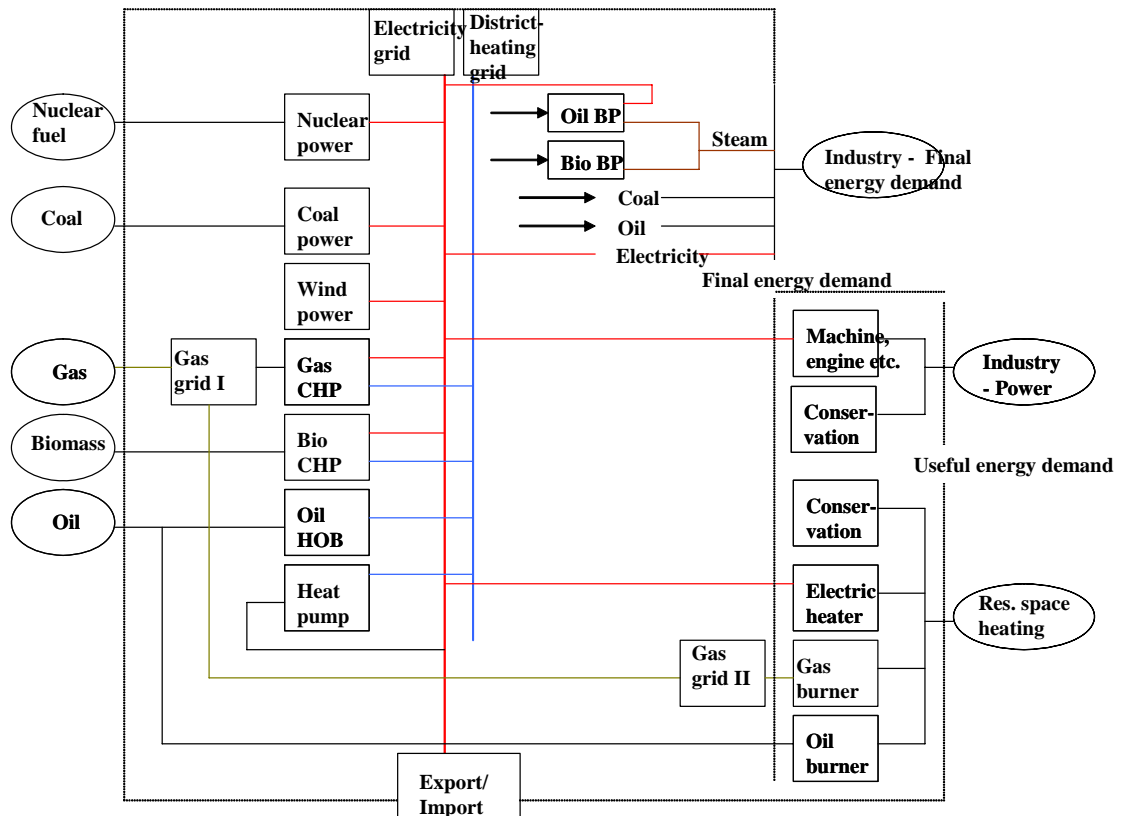


Figur 1 Det tekniska energisystemet och dess omgivningar

Energisystemet i MARKAL-modellen (d v s innanför gränserna till det tekniska energisystemet) beskrivs utifrån referensenergikonceptet (RES)²⁶. Detta illustrerar energiflödena från utvinning av bränslen och råvaror via omvandling för kraft- och fjärrvärmegenerering till slutlig användning av bränslen, el och fjärrvärme i en rad olika sektorer, exempelvis hushåll och industrier (se Figur 2).

²⁵ En del av dessa exogena faktorer har internaliserats, d v s blivit endogena, i vissa versioner av MARKAL-paketet. Se mer om detta under avsnittet ”Modellutveckling och –utvidgning”

²⁶ En närmare beskrivning av RES-konceptet återfinns i: Marcuse W, Bodin L, Cherniavsky E and Sanborn Y (1976), ”A Dynamic Time Dependent Model for the Analysis of Alternate Energy Policies”, K B Haley (Ed.), *Operational Research* '75, 647-667, North Holland Publishing Company, Amsterdam



Figur 2 Exempel på ett referensenergisystem

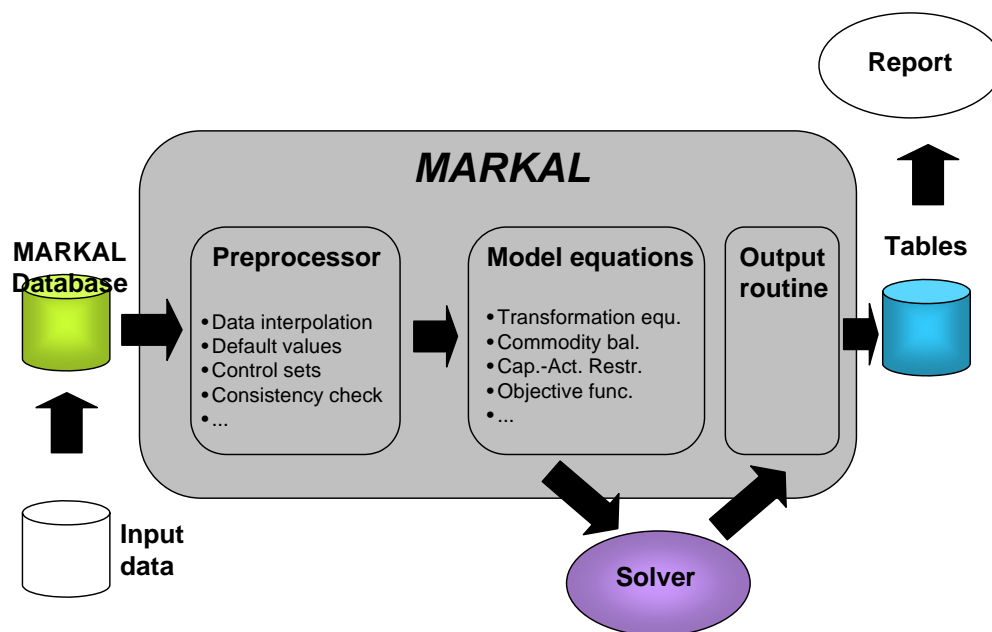
Den geografiska systemgränsen väljs beroende på problemställning och kan omfatta allt från enstaka kommuner i exempelvis Sverige till hela världen.

MARKAL-modellens arkitektur

Ett modelleringsförfarande i MARKAL består av tre huvuddelar (se Figur 3):

- En databas med alla beräkningsförutsättningar (indata)
- En ekvationsgenerator, d v s indata uttrycks i ett mycket stort antal ekvationer. Dessa ekvationer ”skickas” till en problemlösare (eng. solver) där själva optimeringen görs. Problemlösarpaketet som utnyttjas i MARKAL är GAMS.
- Resultatrapportering med presentationer av beräkningsresultatet i tabeller och diagram

Dessutom utnyttjar MARKAL-paketet ett användar-gränssnitt, exempelvis MUSS eller ANSWER, så att såväl indata som utdata kan hanteras effektivt. Användargränssnittet och lösaren är kommersiell programvara medan själva ”MARKAL-kärnan” är kostnadsfri.



Figur 3 Markalsystemets arkitektur

Databasen och indata

Gemensamt för stora delar av indata i MARKAL är att detaljeringsnivån kan väljas fritt vid uppbyggandet av en databas/modell. Det ger naturligtvis en flexibilitet i beskrivningen av energiefterfrågan, energiteknikerna och energitillförseln, men det innebär också att man kan bygga databaser med olika problemfokus och för olika stora geografiska områden.

Det som, så att säga, driver hela modellen är behovet av energi i olika sektorer. Detta energibehov kan uttryckas som antingen ett behov av nyttig energi eller ett behov av slutlig energi. Nyttig energi definieras som själva energitjänsten d v s exempelvis 20°C inomhus. I modellen är emellertid dessa 20°C uttryckta som en energimängd, ex MWh, baserade på uppgifter om effektbehovet i W/m² för att erhålla just 20°C. En inomhustemperatur på 20°C kan åstadkommas med en oljepanna, elvärme eller en kombination av energitillförsel och energibesparing. I det sistnämnda fallet minskar därmed den slutliga energin till följd av besparingen. Den slutliga energin definieras därmed som den faktiska användningen av energibärare. I modellen är exempelvis behovet av hushållsenergi uttryckt som ett slutligt energibehov eftersom det inte är lika meningsfullt att tala om nyttig energi i detta fall.

Teknikerna i modellen beskrivs med investeringskostnader, kostnader för drift och underhåll, livslängd, verkningsgrad, tillgänglighet och utsläppsdata (ex koldioxid, svavel och kväveoxider).

I MARKAL finns en lastkurva för el och fjärrvärme som beskriver den årliga variationen. Elanvändningen är därvidlag uppdelad i sex årliga tidssteg medan fjärrvärmeanvändningen representeras av tre.

Modellen är dynamisk i den bemärkelsen att upp till nio individuella men av varandra beroende tidssteg (modellår) kan beskrivas. Generellt är tidshorisonten 20-50 år fram i tiden.

Mer om indata återfinns längre fram under avsnittet MARKAL-NORDIC.

Matematisk formulering

Modellen bygger på linjärprogrammering, d v s. en matematisk algoritm för att lösa optimeringsproblem där målfunktion (den som ska optimeras) och randvillkor är uttryckta som linjära ekvationer. Målfunktionen är generellt den diskonterade totala systemkostnaden och skall minimeras. En alternativ målfunktion kan exempelvis vara emissioner. Randvillkor kan exempelvis utgöras av verkningsgrader för en viss typ av anläggning, miljökrav, kraftöverföringsförbindelser mellan länder, energianvändning i en viss sektor mm.

Ett linjärprogrammeringsproblem formuleras generellt enligt nedan:

$$\begin{aligned} &\text{min eller max } \sum_i c_i x_i \\ \text{randvillkor: } &\sum_i a_{ji} x_i \geq b_j, j = 1, \dots, m \\ \text{och } &x_i \geq 0, i = 1, \dots, n \end{aligned}$$

där c_i , b_j och a_{ji} är koefficienter som ges som indata och x_i är aktiviteter som fås i lösningen.

Lösningen på en MARKAL-beräkning är med andra ord den kombination av tekniker i hela kedjan från bränsleutvinning eller -import via omvandling till exempelvis el och fjärrvärme till slutlig användning (jämför med Figur 2), som uppfyller den lägsta totalkostnaden uttryckt i diskonterat nuvärde.

Nyttan med MARKAL

Den stora styrkan i en MARKAL-modellering ligger i, till viss del begränsad endast av modellörens ambitionsnivå, helhetssynen på energisystemet. Samtliga viktiga delar i ett energisystem finns representerade och därmed kan man direkt jämföra kostnadseffektiviteten hos enskilda åtgärder för att exempelvis reducera koldioxidutsläpp och väga dessa mot andra åtgärder. Man får ett optimalt system vilket kan jämföras med, och användas som norm (alternativt bench-mark)

gentemot, ett verkligt system där olika grader av suboptimering av förklarliga skäl ingår.

Att ändra enskilda parametrar eller förutsättningar i en MARKAL-beräkning ger en mycket god bild av betydelsen av just den parametern eller förutsättningen givet att allt annat är oförändrat. Därmed isolerar man effektivt orsak-verkan sambandet. På så sätt kan man exempelvis bedöma värdet av gemensamma energimarknader istället för separata nationella marknader, kostnader av att exkludera ett visst energislag eller en viss teknik och effekter av förändringar i styrmedelsuppsättning.

Modellen beskriver en bild av en komplex verklighet relaterad till energi och miljö. Både genom själva modelleringsprocessen/modellformuleringen och beräkningsresultaten lär vi oss mer om det verkliga systemet och vinner nya insikter. Därmed är det också viktigt att knyta teoribildning och förklaringsmodeller till modellresultaten för att dessa skall bli legitima. Nära samarbete under modelleringsfasen med avnämare och andra experter inom problemområdet är därför viktigt.

Med kännedom om de ibland stora osäkerheterna som finns i vissa antaganden (ex energiefterfrågeutveckling och bränslepriser) är det också viktigt att komma ihåg att använda beräkningsresultaten med viss försiktighet. Beräkningsresultaten relaterade till framtiden och uttryckta i exempelvis TWh eller SEK är visserligen ofta illustrativa men bör under alla omständigheter kopplas till de gjorda antagandena. Det största värdet är den ökade förståelsen som dessa siffror ger, den kvalitativa kunskapen. MARKAL kan dock även framgångsrikt användas som ett *hjälpmedel* i prognosarbeten, gärna i samband med känslighetsanalyser. Det senare är ett bra hjälpmedel för att bedöma betydelsen av osäkerheter i gjorda nyckelantaganden.

Den korta diskussionen om nyttan med MARKAL-modellering i detta avsnitt är delvis kopplad till distinktionen mellan ett *normativt* och ett *deskriptivt* (beskrivande) modellverktyg. MARKAL är först och främst ett normativt verktyg uppbyggt kring en specifik målfunktion, systemkostnadsminimering för att *förstå* verkligheten, och i andra hand ett verktyg för att *simulera/beskriva* verkliga skeenden.

Användningsområden

MARKAL-modeller har utnyttjats för analyser av ett mycket stort antal problem- och användningsområden genom åren. Listan nedan är därför endast ett urval:

Utveckling av de tekniska energisystemen:

- Internationella elsystemets utveckling: optimalt utnyttjande, nyinvesteringar, import/export, emissioner m m

- Utvecklingen av alla andra delar av energisystemet (t ex fjärrvärme, förnybar energi) och samverkan/avvägning med andra samhällssektorer såsom industri, transporter och off-shore
- Samverkan och konkurrens mellan olika delar av det totala energisystemet, t ex mellan de ledningsbundna systemen för el, gas och fjärrvärme
- Avvägning av var en resurs, t.ex. biomassa, bäst utnyttjas i systemen
- Den optimala avvägningen mellan energitillförsel och energieffektivisering
- Utvecklingen av hela energisystemet som underlag i prognosarbeten

Miljö och energi:

- Optimal utveckling av energisystemet under givna emissionsrestriktioner
- Konsekvensbedömning av energiinvesteringarnas miljöpåverkan
- Effekter på de nationella emissionerna av internationell energihandel

Policyanalyser, energi och miljö:

- Certifikatsystem och handel med utsläppsrätter
- Nationella och internationella skatte- och avgiftssystem
- Subventioner av bränslen, ny teknik etc.
- Begränsningar av utnyttjande av t ex kärnkraft, vattenkraft, fossila bränslen
- Integrationen mellan teknikutveckling, policyåtgärder och ekonomisk tillväxt.

Energimarknader:

- Avregleringen av energimarknaderna, nationellt och internationellt.
- Investeringsstrategier på avreglerade marknader, t.ex. den nordiska elmarknaden
- Övergångslösningar under marknadsetableringarna
- Import och export av el, gas, olja och fasta bränslen
- Interaktionen mellan olika marknader, t ex samspelet mellan marknaderna för certifikat, el och utsläppsrätter.

Samspel mellan olika regioner och länder:

- El- och gashandel mellan och inom länder
- Koldioxidhandel mellan och inom länder
- Analyser av värdet av ”Joint Implementation” (JI) och ”Clean Development Mechanism” (CDM).

Ny teknik:

- Tekniskt lärande och introduktion av ny teknik på olika marknader
- Policyprogram för introduktion av ny teknik
- FoU program, t ex vilket program som mest främjar teknik med låga CO₂-utsläpp.

Modellutveckling och -utvidgning

Under senare år har den ursprungliga modellformuleringen kompletterats för att hantera specifika frågeställningar. Som exempel kan nämnas:

- **MARKAL-MACRO**

Denna version inkluderar en makroekonomisk modell varvid energisystemet kopplas till resten av makroekonomin. Därigenom kan samspelet mellan de tre produktionsfaktorerna arbete, kapital och resursutnyttjande (energi) studeras. Med MARKAL-MACRO har systemgränsen i modelleringen flyttats till höger i Figur 1. Därmed är det inte längre enbart det tekniska energisystemet som studeras utan även en viktig bit av den övriga makroekonomin som bestämmer energibehovet.²⁷

- **MARKAL-ED/MICRO**

Denna version efterliknar en partiell jämviktsmodell och inkluderar priselasticiteter. Därmed kan energibehovet reduceras som respons på stigande energipriser utan att investeringar i exempelvis besparingar måste till. Exempelvis kan inomhustemperaturen sänkas från 20° C till 19° C. Därmed minskar dock det sociala välbefindandet om den individuella nyttan är maximal vid just 20° C och allt annat är oförändrat. I –ED är priselasticiteten formulerad med linjära ekvationer medan den i –MICRO beskrivs som ett icke-linjärt samband. På samma sätt som för MARKAL-MACRO har man med MARKAL-ED/MICRO flyttat systemgränsen till höger i Figur 1 och inkorporerat delar av makroekonomin som inte ingår i den traditionella formuleringen.

- **MARKAL-ETL**

Denna version inkluderar endogent tekniskt lärande. Detta innebär att för att nå de relativt sett lägre investeringskostnaderna för exempelvis vindkraft som förutspås, så måste man bygga ut kapaciteten för att genom lärande nå en kostnadseffektivare teknikstatus. I MARKAL-ETL har man utvidgat systemgränsen uppåt i Figur 1, och inkluderat teknisk utveckling i själva modellen. Teknisk utveckling har nu blivit en endogen variabel.

- **MARKAL-Stochastic**

Den traditionella MARKAL-formuleringen innebär perfekt kunskap om framtiden, d v s modellen ”ser” hela tiden vad som kommer att hända exempelvis hur bränslepriserna utvecklas. För att bättre beskriva verkligheten

²⁷ Mer om MARKAL-MACRO finns att läsa i Manne, A.S. and Wene, C-O (1991), Makal-Macro: A Linked Model for Energy-Economy Analysis, BNL-47161, Department of Applied Science, Brookhaven National Laboratory, Upton, NY. (Reprinted in J-Fr. Hake et al. (Eds.) (1994) Advances in Systems Analysis: Modelling Energy-related Emissions on a National and Global Level, Konferenzen des Forschungszentrums Jülich, Vol.15, 647-667.

finns dock möjligheten att planera under osäkerhet d v s modellen får fullständig information om framtiden först vid ett givet år i framtiden då osäkerheten löses upp. Fram till dess sker optimeringen under beaktande att flera framtida utfall rörande exempelvis bränslepriser kan ske.

- **MARKAL-MATTER**

Denna version innehåller en större flexibilitet då man önskar att även materialflöden skall ingå i modelleringen. Man kan därigenom koppla materialanvändning till energianvändning och erhålla en mer optimal fördelning mellan exempelvis träprodukter och betongprodukter inom byggsektorn

I denna studie har dock endast den ”traditionella” modellformuleringen använts, d v s ingen av de ovanstående optionerna har använts

Inom ramarna för ETSAP pågår ett utvecklingsarbete med att ta fram nästa generation av MARKAL, nämligen TIMES (The Integrated Markal and Efom Software) där inte bara MARKAL-användare skall kunna känna igen sig utan även EFOM-användare. EFOM är en MARKAL-lik modell som togs fram inom EU under tidigt 80-tal.²⁸ EFOM har använts för nationell energiplanering i såväl Finland som i Danmark. TIMES-modellen används redan på flera håll. För tillfället är dock vår bedömning att TIMES inte riktigt nått den mognadsgrad än då modellen är lämplig för professionellt konsultarbete, mycket beroende på att det krävs ett antal mantimmar innan ”barnsjukdomar” och felaktigheter är avhjälpta i tillräcklig utsträckning. Vår bedömning är också att TIMES i nuläget inte erbjuder några direkta fördelar som motiverar ett omedelbart skifte från MARKAL inom den typen av uppdrag som utförts här. Ett modellskifte innebär helt klart ”omställningskostnader”. Vi följer dock den fortsatta utvecklingen noga.

MARKAL-NORDIC

MARKAL-NORDIC är en MARKAL-modell där databasen innehåller en omfattande beskrivning av hela det nordiska (Sverige, Norge, Finland och Danmark) stationära energisystemet, d v s exklusive transporter. Indata till den nordiska databasen, MARKAL-NORDIC, har sammanställts i samarbete med IFE (Institutt for Energiteknik i Kjeller, Norge), Risø i Danmark samt VTT i Finland. För närvarande handhas och uppdateras MARKAL-NORDIC av Profu och Chalmers.

Tidshorisont och diskontering

²⁸ Finon D 1979, ”Scope and limitations of formalized optimization of a national energy system – The EFOM model”, Energy Models for the European Community – An Energy Policy Special, ed. Strub A., published by IPC Science and Technology Press Ltd, ISBN: 0 86103011 7.

Den version av MARKAL-NORDIC som använts i detta projekt har basåret 1990 följt av 1995, 2005 och 2009. Därefter följer modellåren i intervall om sju år, d v s efter 2009 följer 2016 osv.²⁹ Diskonteringsräntan (real) har satts till 5 %.

Bränslen

Den stationära energisektorn i modellen omfattar import av fossila energibärare såsom kol, tung och lätt eldningsolja samt naturgas. En förenklad beskrivning av den norska off-shoresektorn är inkluderad. Importpriserna för de fossila energibärarna bestäms exogent vilket även gäller för kärnbränsle. För bibränslen gäller att varje land har en inhemsk utbudskurva med bränslekostnad och tillhörande potential i TWh. Den inhemska utbudskurvan kan dock kompletteras med ett givet takpris vid vilket importen antas vara oändlig.

I Tabell 1 visas de huvudsakliga bränsleprisantaganden som använts under denna studie.

²⁹ Egentligen är modellårsindelningen fix d v s intervallen är lika långa. Varje modellår är m a o en beskrivning av i detta fall sammanlagt sju år med 3,5 år såväl före som efter modellåret. Detta gör att basåret egentligen är 1988 följt av 1995, 2002, 2009 etc. Men för att tillgodose behoven i detta projekt har basåret beskrivits så att det istället liknar 1990, och modellår tre (egentligen 2002) beskrivits så att det liknar 2005 d v s dagens situation.

Tabell 1 Bränslepriser (SEK/MWh bränsle) och potentialer för fossila (priser fritt systemgränsen, d v s den nordiska gränsen) och förnybara bränslen (priser fritt anläggningen) i Sverige. Priserna anges i 2000 års penningvärde. Potentialerna anger den övre gränsen. Ufallet, d v s beräkningsresultatet, kan i många fall vara avsevärt lägre.

	1995	2005	2010	2020	2030	Potential i Sve 2010 (TWh)	Potential i Sve 2020 (TWh)
Kol	45	48	48	51	53	Obegr ¹	Obegr
Tung el	134	157	128	141	163	Obegr	Obegr
Lätt el	208	184	150	157	183	Obegr	Obegr
Naturgas	131	110	102	116	130	75	120
Returlutar	15	15	15	15	15	42	45
Skogsbränsle, industri	73	60	70	80	80	18	18
Ved (småskalig anv)	15	15	15	15	15	11	11
Skogsbränsle, låg	82	90	95	106	106	9	14
Skogsbränsle, medel	112	112	128	141	141	14	22
Skogsbränsle, hög²	146	165	150	150	150	obegr	obegr
Energiskog	110	130	140	150	150	3,5	6
Torv						4	4
Brännbart avfall³	-100	-100	-100	-100	-100	12	18

¹ I beräkningarna så har generellt en begränsning av kolanvändningen inom el- och fjärrvärmesektorn använts. Inom denna sektor antas användningen ej överstiga 10 TWh vilken ungefär motsvarar den faktiska användningen inom denna sektor år 1990.

² Fr o m 2010 antas möjligheten till obegränsad import till ett pris på maximalt 150 SEK/MWh.

³ Motsvarar en antagen mottagningsavgift på 310 SEK/ton .

Utöver bränslepriserna i Tabell 1 tillkommer i många fall distributionskostnader per användare. För exempelvis naturgas förhåller sig dessa enligt Tabell 2.

Tabell 2 Antagna transmissions- och distributionskostnader för naturgas per användarkategori (omräknat till SEK/MWh gas utifrån givna investeringskostnader, D&U, kalkylränta och livslängder), 2000 års penningvärde

Kondenskraftverk	Kraftvärme, värmeverk och industri	Bostäder och service
15	20	135

Teknikbeskrivning

Kärnkraften, såväl i Sverige som i Finland, har en förmodad livslängd på ca 40 år. För att nå dit måste dock en större reinvestering göras efter 25 års drifttid i samma storleksordning som exempelvis utfördes i verkligheten vid Oskarshamn 1. Ingen ny kapacitet får uppföras i Sverige. Fr o m modellår fyra (2010) är både Barsebäck I och II avvecklade. I Finland däremot, tillåts en samlad kapacitet motsvarande dagens plus två nya reaktorer på ca 1500 MW även på lång sikt. I modellbeskrivningen saknas möjligheten att uppföra kärnkraftverk i såväl Danmark som Norge. Ny vattenkraft kan byggas i Norge motsvarande omkring 20 TWh. I Finland och Sverige tillsammans uppgår motsvarande potential till omkring 4 TWh. Gasbaserad kraft, existerande såväl som ny, är begränsad till elbehov och transmissionskapacitet för naturgas.

Körningarna har gjorts inklusive möjlighet till utbyggnad av en transnordisk gasledning, d v s gastillförseln i exempelvis Sverige kan bli avsevärt högre än idag. Däremot måste investeringen i transmission och distribution betalas. Kapaciteten byggs ut i steg om energiflöden d.v.s. MWh eller TWh per år. Därmed saknas en årlig lastkurva för naturgas. Potentialen för gaskraft längs med den norska västkusten antas dock vara oberoende av en transnordisk gasledning. Kol- och oljebaserad kraft har inga andra begränsningar än elbehov och/eller fjärrvärmeunderlag.

I modellen har vindkraft en övre samlad nordisk potential på omkring 50 TWh. Även solceller och bränsleceller finns inkluderat. Dessa har en potential i varje land på i storleksordningen 5 TWh år 2050. De kostnadsantaganden som gjorts i denna studie medger dock ingen signifikant penetration av dessa tekniker.

Koldioxidavskiljning finns med som en option begränsad till gas- och kolkondens samt gas- och kolkraftvärme. Koldioxidavskiljning i modellen kostar grovt räknat ca 25 öre/kg CO₂ för naturgasbaserade anläggningar, 20 öre/kg CO₂ för kolkpulver- och fluidbäddanläggningar samt omkring 15 öre/kg CO₂ för koledade IGCC³⁰-anläggningar. Detta inkluderar en omkring 90-procentig verkningsgrad för avskiljningen. Transmissions-och deponeringskostnader för den avskiljda koldioxiden tillkommer med i storleksordningen 10 öre/kg för svenska förhållanden. Dessa data baseras huvudsakligen på en färsk studie gjord av IEA.³¹

Som tidigare nämnts så ingår inte transporter i modellen, d v s transportsektorn har utelämnats i själva optimeringen. Koldioxidutsläppen från inrikes transporter är dock inkluderade som enbart prognoser på framtida utsläpp. Det antagandet som gjorts i denna studie är att utsläppen ligger kvar på 2005 års nivå under hela modellperioden. I modellkörningarna kan med andra ord just dessa utsläpp ej

³⁰ Internal Gasification Combined Cycle

³¹ IEA 2004, "The prospects for CO₂ capture and storage", ISBN 92-64-10881-5.

påverkas. Emellertid blir den totala utsläppsbilden i ett land mer fullständig än om de exogena antagandena rörande transportsektorns utsläpp utelämnats.

Tabell 3 visar några få exempel på investerings- och driftkostnader för vissa kraft- och fjärrvärmegenererande anläggningar. Sammanlagt finns i den nordiska databasen över 200 sådana tekniker. Anläggningarna beskrivs med en lång rad indata, som anges för varje anläggning och - om man önskar - för varje tidsperiod (år, säsong, dag/natt). Listan nedan anger några viktiga indata:

- investeringskostnad och livslängd
- fasta och rörliga drift och underhållskostnader
- bränslemix
- effektivitet (och elkvot för kraftvärme/mottryck)
- tillgänglighet och revision
- utsläppskoefficienter för koldioxidemissioner

För befintliga anläggningar anges också

- existerande kapacitet
- nuvarande produktionen

Tabell 3 *Investeringskostnader och D&U-kostnader för några kraft- och fjärrvärmegenererande anläggningar. Investeringskostnaden är uttryckt i SEK/kW el för kondens- och KVV (kraftvärmeverk) och i SEK/kW värme för HVP (hetvattenpannor). Motsvarande fördelning mellan enheter värme och el gäller för D&U-kostnader. Observera att bränslekostnader inte ingår i tabellen. I de fall då siffrorna innehåller ett intervall innebär detta att teknikutveckling driver ner kostnaderna under modellens tidshorisont. Tabellvärdena är inte helt jämförbara med varandra eftersom utnyttjning, skala och alfavärden tillkommer för att göra bilden fullständig. Kostnaderna är uttryckta i 2000 års penningvärde.*

	Investeringskostnad (SEK/kW)	Rörlig D&U- kostnad (SEK/MWh)	Fast D&U- kostnad (SEK/kW)	Verkningsgrad %
Kolkondens (pulver)	9330	35	170	45 (el)
Kolkondens (IGCC)	13200 → 12000	35	330 → 300	46 → 52 (el)
Gaskombikondens	5840 → 5000	15	40 → 35	55 → 62 (el)
Kärnkraft (Fin)	18000	16	360	30 (el)
Bio KVV (stor)	12000	35	220	30 (el)
Bio KVV (liten)	15000	60	310	30 (el)
Bio KVV (IGCC)	17000 → 14000	40	410 → 330	44 → 47 (el)
Gaskombi KVV	7000 → 6000	20	70	50 (el)
Avfall KVV	31000	1230	140	15 (el)
Vind land (Sve)	9000 → 6000	0	150	
Vind hav (Sve)	14000 → 8500	0	200	
Småskalig vattenkraft I	9000		390	
Solceller	32000 → 8500	0	320 → 85	
Olja/gas HVP	1500	15	22	90 (tot)
Bio HVP	3000	25	140	90 (tot)

En rad småskaliga tekniker i användarledet är också inkluderade i modellbeskrivningen. Detta kan exempelvis röra sig om elpannor, direktel, värmepumpar, pelletspannor, oljepannor, fjärrvärmväxlare, solvärme mm för uppvärmning i småhus, flerbostadshus eller inom servicesektorn.

Kraftsystemet i de fyra länderna är sammankopplat genom de existerande överföringskapaciteterna. Det finns även möjligheter att bygga ut överföringsförbindelserna men denna option har valts bort i denna studie, huvudsakligen beroende på otillräckligheter i dataunderlaget. Förutom en importmöjlighet från Ryssland till Finland finns inga andra förbindelser med andra utomnordiska länder.

Energianvändning

Efterfrågesidan i modelldatabasen omfattar drygt 70 olika sektorer, exempelvis hushållsel i Sverige och slutanvändning av bränslen inom den finska kemiindustrin. Efterfrågan på uppvärmning kan exempelvis tillgodoses med el, olja, pellets eller fjärrvärme. Som diskuterades tidigare kan den slutliga energianvändningen minskas genom investeringar i besparingsåtgärder och/eller konvertering till andra mer effektiv energislag. Den nyttiga energianvändningen är dock densamma (men ändra naturligtvis över tiden i förhållande till prognostiserat behov).

Underlaget för energiefterfrågan har i detta projekt kommit från Energimyndigheten.

Miljöeffekter

Av alla de miljöeffekter som uppstår i samband med energitillförsel och energianvändning är det för närvarande endast koldioxidemissioner som analyseras med MARKAL-NORDIC. De emissionskoefficienter som används återfinns i Tabell 4.

Tabell 4 Antagna emissionskoefficienter för koldioxidemissioner från olika bränslen (kg CO₂/MWh bränsle)

Kol	Tung eldningsolja	Lätt eldningsolja	Naturgas	Torv	Skogsflis	Brännbart avfall
335	280	272	200	360	0	100

Styrmedel

En lång rad styrmedel finns inkluderade i MARKAL-NORDIC. I princip ingår majoriteten av de energi- och koldioxidrelaterade styrmedlen i varje nordiskt land. I detta projekt har endast styrmedlen i Sverige (bortsett från handel med

utsläppsrätter) varierats beroende på frågeställning medan beskrivningen i de övriga nordiska länderna konsekvent använt sig av 2004 års styrmedel.

Fokus i denna studie har legat på de svenska styrmedlens utveckling mellan 1990 och idag (2005) och vilken betydelse dessa haft för koldioxidutsläppen samt energisystemets sammansättning och utveckling.

Energiskatter

Tabell 5 Energi- och elskatter (SEK/MWh bränsle eller el) inom bostäder och service samt industrin i Sverige, i 2000 års penningvärde

	Bostäder och service			Industri		
	1990	1995	2005	1990	1995	2005
Lätt eldningsolja	137	59	69	137	0	0
Tung eldningsolja	126	54	64	126	0	0
Kol	78	33	38	78	0	0
Naturgas	40	17	22	40	0	0
Gasol	20	9	11	20	0	0
El	88	92	237	63	0	0

Tabell 6 Energi- och elskatter (SEK/MWh bränsle eller el) inom fjärrvärmeproduktionen i Sverige, i 2000 års penningvärde

	Kraftvärme (på värmeprod)			Värmeverk (hetvattenpannor)		
	1990	1995	2005	1990	1995	2005
Lätt eldningsolja	137	29,5	0	137	59	69
Tung eldningsolja	127	27	0	126	54	64
Kol	78	16,5	0	78	33	38
Naturgas	40	8,5	0	40	17	22
Gasol	20	4,5	0	20	9	11
El	-	-	-	88	88	213

Koldioxidskatter

Tabell 7 Koldioxidskatter (SEK/kg CO₂) inom bostäder och service samt industrin i Sverige, i 2000 års penningvärde

	Bostäder och service			Industri		
	1990	1995	2005	1990	1995	2005
	0	0,38	0,85	0	0,09	0,18

Tabell 8 Koldioxidskatter (SEK/kg CO₂) inom fjärrvärmeproduktionen i Sverige, i 2000 års penningvärde

	Kraftvärme (på	Värmeverk
--	----------------	-----------

värmeprod)			(hetvattenpannor)		
1990	1995	2005	1990	1995	2005
0	0,38	0,18	0	0,38	0,85

Kondenskraftverk beskattas varken med koldioxid- eller energiskatter. Däremot ingår dessa anläggningar i den handlande sektorn inom EUs system för handel med utsläppsrätter för koldioxid i de beräkningsfall där detta system inkluderas.

Elcertifikat

Endast ett svenskt system för elcertifikat har beaktats. I de övriga nordiska länderna har vi antagit att man inte kommer att införa motsvarande system. Tabell 9 visar den antagna kvotstorleken för Sverige.³²

Tabell 9 Certifikatkvoter i TWh (totalt)

2010	2020-30	2030-45
16	21	0

Övriga stöd till förnybart

Ett antal stöd till förnybart utöver elcertifikat har inkluderats i beräkningarna. Dessa återfinns i Tabell 10

Tabell 10 Stöd till förnybart. Investeringsstöden är i modellen beskrivna som en reducerad investeringskostnad i SEK/kW el alt värme. Den procentuella motsvarigheten till detta investeringsstöd presenteras i tabellen.

	1990	1995	2005	2010	2015
Vind – Land	0	Inv.stöd 25% Driftstöd 92 SEK/MWh	Driftstöd 84 SEK/MWh	0	0
Vind – Hav	0	Inv.stöd 25% Driftstöd 92 SEK/MWh	Driftstöd 150 SEK/MWh	Driftstöd 120 SEK/MWh	0
Småskalig vattenkraft	0	Inv.stöd 15%	0	0	0
Biokraftvärme	0	Inv.stöd 25%	0	0	0
Solvärme (enskild uppvärmen)	0	Inv.stöd 25%	Inv.stöd 25%	0	0

³² Den svenska kvoten är egentligen uttryckt i procent av användningen. Med en bedömning av elförbrukningsutvecklingen kan man därmed uppskatta den certifierbara produktionen uttryckt i TWh. Det är denna uppskattning som vi använt oss av i denna studie.

Handel med utsläppsrätter för koldioxid

Ett antal beräkningar där ett system för handel med koldioxidutsläppsrätter ingår har också gjorts. I beräkningarna antas därvid att systemet omfattar enbart den handlande sektorn i Sverige medan hela det stationära energisystemet ingår i de nordiska grannländerna.³³ Det första modellåret då detta system tas i bruk är 2010. Systemet har beskrivits med ett exogent antagande på utsläppsrättspriset, nämligen 10 €/ton (motsvarar ungefär 9 öre/kg) i grundfallen och 5 (4,5 öre/kg) respektive 25 €/ton (22,5 öre/kg) i känslighetsberäkningarna. Detta gör att koldioxidutsläppen blir ett beräkningsresultat. Priserna på utsläppsrätter gäller konsekvent under hela modellperioden mellan 2010 och 2045.

³³ Vi har inte prioriterat att göra en motsvarande uppdelning i handlande och icke-handlande sektor för de andra länderna så som gjorts för Sverige i modellbeskrivningen.