

A2008:017

Produktivitet och miljöeffektivitet i den svenska tillverkningsindustrin

Jan Larsson

Produktivitet och miljöeffektivitet i den svenska tillverkningsindustrin

Jan Larsson

ITPS, Institutet för tillväxtpolitiska studier
Studentplan 3, 831 40 Östersund
Telefon 063 16 66 00
Telefax 063 16 66 01
E-post info@itps.se
www.itps.se
ISSN 1652-0483

För ytterligare information kontakta Jan Larsson
Telefon 063 16 66 24
E-post jan.larsson@itps.se

Förord

I regleringsbrevet i december 2007, fick ITPS i uppdrag av Näringsdepartementet att mot bakgrund av klimatmålen analysera produktivitetens utvecklingen i det svenska näringslivet med beaktande av negativ miljöpåverkan i syfte att analysera om ökad produktivitet gått hand i hand med ökad eko-effektivitet.

Projektets syfte är att analysera huruvida produktivitetens utvecklingen i för Sveriges ekonomi centrala branscher påverkas om hänsyn tas till dess miljöpåverkan. Särskilt fokus har lagts på energianvändning och koldioxidutsläpp. Analysen syftar också till att utreda om svenska företag är effektiva i sin resursanvändning i förhållande till den bästa tillgängliga tekniken och om det finns delar av näringslivet där styrmedel skulle kunna öka effektiviteten och produktiviteten avseende utnyttjandet av energi och naturresurser.

Studien fokuseras på den svenska tillverkningsindustrin och framför allt på de mest energiintensiva industribranscherna, som också är de som släpper ut mest växthusgaser. Dessa är också viktiga för exporten och tillväxten i den svenska ekonomin.

Rapporten är författad av Jan Larsson.

Östersund, november 2008

Brita Saxton
Generaldirektör

Innehåll

Sammanfattning	7
1 Inledning	9
1.1 Uppdraget, bakgrund och syfte.....	9
1.2 Metod, avgränsning och disposition	9
2 Styrmedel för utnyttjande av energi och miljöeffektivitet	11
2.1 Ekonomiska styrmedel.....	12
2.1.1 Skatter	12
2.1.2 Subventioner.....	14
2.1.3 Handel med utsläppsrätter.....	14
2.1.4 Gröna certifikat	15
2.2 Reglerande styrmedel.....	17
2.3 Information.....	18
2.4 Sammanfattning	19
3 Industrins produktivitet, energi- och miljöeffektivitet	21
3.2 Produktivitet.....	21
3.3 Utveckling av den svenska utrikeshandeln	28
3.4 Energi	29
3.5 Utsläpp av koldioxid och växthusgaser.....	32
3.6 Sammanfattning	36
4 DEA- och Malmquistanalys	39
4.1 Beskrivning av DEA- och Malmquistanalysen	39
4.2 Resultat	42
4.3 Sammanfattning	45
5 Avslutande diskussion	47
Bilaga 1 Teoretisk genomgång av DEA- och Malmquistmodellerna.....	49
Referenser.....	53

Sammanfattning

ITPS fick i december 2007 i uppdrag av Näringsdepartementet att analysera produktivitetens utvecklingen i det svenska näringslivet med beaktande av negativ miljöpåverkan i syfte att analysera om ökad produktivitet har varit förenlig med ökad eko-effektivitet. I denna rapport redovisar vi resultaten av detta regeringsuppdrag. Analysen syftar också till att utreda om svenska företag är effektiva i resursanvändningen i förhållande till **bästa tillgängliga teknik**, och om det finns delar av näringslivet där styrmedel skulle kunna öka effektiviteten.

Vår rapport är uppdelad på en deskriptiv och en analytisk del. I den deskriptiva delen ger vi en beskrivning av den svenska industrins utveckling med avseende på handel, produktivitet, energi och utsläpp av koldioxid. Vi konstaterar där att den energiintensiva råvarubaserade svenska basindustrin minskar i betydelse vad gäller produktion, sysselsättning och export. Men i en internationell jämförelse har Sverige fortfarande en proportionellt större andel energiintensiv industri än våra konkurrentländer.

Den svenska tillverkningsindustrin står för en större andel av de svenska utsläppen av växthusgaser. Utsläppen av växthusgaser har i stort sätt varit konstant sedan 1990, men produktionen har under samma period fördubblats mätt i fasta priser. Metallindustrin och den kemiska industrin har haft störst ökning av utsläpp av växthusgas vid förbränning.

I vår analys av industrins produktivitetsutveckling i en internationell jämförelse, kan vi se att de branscher som har haft den bästa produktivitetsutvecklingen är kemisk industri och verkstadsindustrin, medan metallindustrin har haft en klart sämre produktivitetsutveckling än våra konkurrentländer. Massa- och pappersindustrins utveckling ligger i nivå med våra konkurrentländer.

I den andra delen av undersökningen analyserar vi produktivitets- och effektivitetsutvecklingen på mikronivå, med hjälp av så kallad DEA- och Malmquistanalys. På arbetsställesnivå kan vi konstatera att effektiviteten hos många arbetsställen är låg och genomsnittseffektiviteten sjönk eller låg still för de flesta av de undersökta branscherna.

Miljöutvecklingen vad gäller effektivitet och teknisk utveckling har ett blandat mönster. I de flesta branscher verkar det finnas ett omvänt förhållande mellan hur stor andel som ökat sin miljöeffektivitet respektive sin tekniska miljöutveckling. Det varierande mönstret avspeglar troligen skillnader mellan de olika branscherna när det gäller att öka sin miljöproduktivitet. Inom vissa branscher verkar möjligheterna vara större att öka sin effektivitet i relation till **bästa tillgängliga teknik**, medan det i vissa branscher endast verkar vara möjligt att öka sin miljöproduktivitet genom investeringar som påverkar fronten.

Tillverkningsindustrin har omfattande undantag från koldioxidskatt, energiskatt på bränsle och el. Den totala energiskattebördan är faktiskt lägre idag än den energiskatt som industrin betalade år 1990 före introduktionen av koldioxidskatt. Detta kan förklara att vi inte kan se en mer tydlig miljöinriktad utveckling av teknik och effektivitet inom den svenska tillverkningsindustrin. Vi kan i vår analys inte slå fast att produktivitetsutvecklingen inom industrin har i någon större omfattning bidragit till större eko-effektivitet.

1 Inledning

1.1 Uppdraget, bakgrund och syfte

ITPS fick i december 2007 i uppdrag av Näringsdepartementet att analysera produktivtetsutvecklingen i det svenska näringslivet med beaktande av negativa miljöpåverkan i syfte att analysera om ökad produktivitet har varit förenlig med ökad eko-effektivitet.

Miljömålen utgör en del av de många samhällsmål som finns formulerade i Sverige. De olika samhällsmålen påverkar varandra, och kan i vissa fall till och med vara motverkande, varför det är viktigt med styrmedelsanalys generellt. Allmänt är det ett komplext problem i miljöpolitiken och synnerhet vad det gäller klimatfrågan. Ett styrmedel har flera kriterier att uppfylla, och det på både kort och lång sikt. Dessa kriterier kan också vara motsägande. De tre vanligaste kriterierna på ett styrmedel är:

- Måluppfyllelse, hur väl styrmedlet leder till det uppsatta målet.
- Kostnadseffektivitet, det samhällsekonomiskt billigaste styrmedlet ska prioriteras.
- Dynamisk effektivitet, styrmedlet bör ha egenskaper som genererar teknisk utveckling och som över tid är det mest kostnadseffektiva.

En ytterligare komplikation inom miljöområdet, i synnerhet då miljöproblemet har en global dimension, som klimatfrågan, är frågan om internationell konkurrenskraft. En alltför ambitiös nationell politik i förhållande till omvärlden, kan vara kontraproduktiv på grund av att den inhemska ekonomin tappar i konkurrenskraft, läckage kan uppstå genom att industrin flyttar utomlands och utsläppen kan öka på global nivå.

För att nå uppsatta mål miljöpolitiken i Sverige används idag flera styrmedel. I grunden ligger Miljöbalken. Syftet med Miljöbalken är att främja en hållbar miljö för denna och kommande generationer. Miljöbalken tar sin utgångspunkt i att antal grundläggande principer som nu genomsyrar det internationella arbetet om miljö- och naturresursanvändning. Till dessa allmänna hänsynsregler hör bland annat försiktighetsprincipen, principen att förorenaren skall betala, produktvalsprincipen, principen om val av bästa möjliga teknik vid yrkesmässig utövning samt principer om hushållning, kretslopp och lämplig lokalisering av verksamheter och åtgärder.

Sverige har sedan mitten av 1990-talet lyckats minska de samlade utsläppen av växthusgas, samtidigt som den ekonomiska tillväxten i genomsnitt legat över tre procent per år. Under den senaste femårsperioden har utsläppen legat i genomsnitt cirka fyra procent under 1990-års nivå. Utvecklingen skiljer sig dock mellan sektorer inom ekonomin. Utsläppsminskningarna har främst skett inom uppvärmning av bostäder och lokaler, medan utsläppsökning har kommit från transportsektorn och de tunga industribranscherna, främst från järn- och stålindustri och raffinaderier.

1.2 Metod, avgränsning och disposition

I denna studie analyseras hela tillverkningsindustrin, men i första hand de energiintensiva branscherna. Anledningen till att utgå ifrån hela industrin är att regleringar och styrinstrument påverkar all industriell verksamhet, men i olika omfattning. Detta beroende dels på energins betydelse i produktionen, dels på att styrmedlen är differentierade.

Med de energiintensiva branscherna avses här massa- och pappersindustrin, kemisk industri, jord- och stenindustrin, gruvindustrin och stål- och metaltillverkning.

I kapitel 2 diskuterar vi olika typer av styrmedel och redovisar i vilken form och omfattning som de har använts inom energi- och miljöområdet med speciell fokus på industrin. I kapitel 3 redovisar vi basfakta om Sveriges industri, med avseende på produktion, handel, produktivitet utveckling och energianvändning. I kapitel 4 analyserar vi industrins produktivitets- och miljöeffektivitetsskillnader inom varje industribransch, med hjälp av *DEA* och *Malmquistindex*, som är ett modellverktyg för att beräkna effektivitet och produktivitet utveckling. Resultatet diskuteras med avseende på olikheter i styrmedel inom energi- och miljöområdet. Vi sammanfattar och diskuterar våra resultat i kapitel 5.

2 Styrmedel för utnyttjande av energi och miljöeffektivitet

Syftet med detta kapitel är att ge en överblick och diskutera för- och nackdelar av de styrmedel som idag används för att styra industrin mot mer energi- och miljöeffektiv produktion. Vi redovisar utvecklingen av de olika styrmedlens omfattning över tid.

På en perfekt fungerande marknad löses resursfördelningen via prismetanismer. Producenterna bjuder ut sina varor och tjänster till lägsta möjliga produktionskostnader, det som konsumenterna efterfrågar vid en vid en given prisnivå. Den perfekta marknaden leder till *Pareto-optimalitet*, det vill säga en jämvikt där ingen får det bättre utan att någon annan får det sämre. En perfekt marknad kännetecknas av många säljare och köpare med små marknadsandelar, ingen samverkan mellan köpare eller säljare, en homogen marknad, fullständig information samt inga externa effekter eller kollektiva varor.

Marknaden är nu sällan perfekt vilket gör att priserna inte alltid avspeglar den samhälls-ekonomiskt mest effektiva resurshållningen. Staten kan då med hjälp av styrmedel påverka marknaden för att effektivisera resursanvändningen i samhället och där med öka välfärden.

Tre typiska marknadsmisslyckanden som kan bidra till miljöproblem är externa effekter, kollektiva varor och ofullständig information.

Externa effekter. Med externa effekter menas att effekterna av produktion eller konsumtion inte avspeglas av marknadens priser och därmed bidrar till ett ineffektivt resursutnyttjande. Externa effekter i form av utsläpp, kan betraktas som bruk av en insatsfaktor (miljön) för vilket producenten inte betalar, till skillnad från ordinära insatsfaktorer såsom arbetskraft, kapital. Eftersom samhället bär kostnaden för utsläppet kan det ses som en subvention till det företag som gör utsläppen. En negativ effekt innebär en överproduktion/konsumtion av en vara på grund av att priset inte inkluderar alla kostnader och den faktiska marginalkostnaden för samhället. De externa effekterna kan vara lokala, men i miljösammanhang är det inte ovanligt att problembilden omfattar stora områden och till och med är ett globalt problem, såsom fallet är med växthusgaser. Målet med ett styrmedel är därmed att internalisera den totala samhälliga produktionskostnaden genom en skatt. Problemet är dock att det kan vara svårt att avgöra vad den totala kostnaden är för den externa effekten. I de fall kostnaden kan avgöras är det möjligt att sätta politiska mål, varefter ett eller flera styrmedel införs för att nå dessa mål. På motsvarande sätt kan subventioner sättas upp till sådana verksamheter som medför positiva externa effekter.

Kollektiva varor. Dessa varor karaktäriseras av att det är praktiskt omöjligt att utestänga individer från att konsumera en vara (*icke-exkluderbarhet*) och att en persons konsumtion av varan inte påverkar de övrigas konsumtion. Exempel på ”varor” från miljöområdet är vatten- och luftkvalitet. Många miljöproblem karaktäriseras av externa effekter på kollektiva varor, som till exempel när övergödning från jordbruket påverkar vattenkvaliteten i Östersjön.

Informationsbrist. Informationen kan vara ofullständig på många fält. Som ovan nämndes kan det vara svårt att värdera kostnader för utsläpp eller vilka långsiktiga skador på ekosystemet utsläppen förorsakar. Brist på kunskap om kostnadseffektiva åtgärder är ett annat informationsproblem. Att ett företag släpper ut mer än vad som tillåts i koncessionsbeslut på grund av att man bedömer risken för utsläpp vara liten kommer också in under denna kategori.

Styrmedlen kan delas in i fyra huvudgrupper; ekonomiska, regleringar, information och forskning. Inom varje grupp finns flera undergrupper som redovisas i Tabell 2-1.

Tabell 2-1 Översikt av miljöpolitiska styrmedel

Ekonomiska	Regleringar	Information	Forskning
Skatter	Gränser för utsläpp	Upplysning	Forskning
Skatteavdrag	Krav på bränsle- och	Rådgivning	Utveckling
Avgifter	energieffektivitet	Utbildning	Demonstration
Bidrag	Långsiktiga avtal	Opinionsbildning	Teknikupphandling
Subventioner	Miljöklassning		
Pant			
Handel med utsläpps- rätter			
Handel med certifikat			

Källa: Energimyndigheten och Naturvårdsverket, 2006

För att utreda styrmedlens effektivitet får vi sätta upp några kriterier om styrmedlen uppnår de långsiktigt satta målen eller delmålen. Hur styrmedlet uppfyller dessa mål visar, dels på hur väl styrmedlet fungerar, men också på vägledning för framtida styrmedel. Effektivitet i styrmedel kan man se enligt tre kriterier;

- **Kostnadseffektivitet.** Genomföra det samhällsekonomiskt mest lönsamma styrmedlet.
- **Dynamisk effektivitet.** Styrmedel som har egenskaper som genererar teknisk utveckling och över tid styr mot de mest kostnadseffektiva lösningarna.
- **Måluppfyllelse.** Hur väl styrmedlen fyller uppsatta mål.

2.1 Ekonomiska styrmedel

Ekonomer förordar för det mesta ekonomiska styrmedel för rätta till marknadsmisslyckanden. Det är på grund av att sådana styrmedel oftast är de mest kostnadseffektiva för samhället.

2.1.1 Skatter

Det mest använda styrmedlet är skatter som har används inom miljöområdet sedan 1950-talet. Dessa används för att styra energianvändning och för att beskatta utsläppen från företagen. Skatter har använts för beskattning av energi, elektricitet, svavel-, kväve-, och koldioxidutsläpp. Användningen av skatter som styrmedel motiveras med att företagets beteende kan ha negativa externa effekter och att skatterna då internaliserar dessa effekter.

En skatt kan i princip ligga på de utsläpp som orsakar miljöskadan, men för det mesta är utsläppskällorna så diffusa, att det vanligaste är att man beskattar den insatsfaktor som förorsakar miljöproblemet (exempelvis bensinskatt). Skatter kommer alltid att vara kostnadseffektiva inom den grupp som beskattas, under förutsättning att föroreningskällans lokalisering inte spelar någon roll. Skatter uppfyller även principen att förorenaren skall betala. Eftersom utsläppskällan betalar, ger det också ett incitament för att söka tekniska lösningar att minska utsläppen, det vill säga kravet på dynamiskt inslag i styrmedlet ingår också. Det kan dock vara svårare att avgöra om en skatt uppfyller uppsatta mål. Där spelar

bland annat konjunktursvängningarna in, vilket kan medföra att företag släpper ut mer eller mindre än det uppsatta målet på grund av produktionsnivån.

Punktskatter på energi har funnits sedan 1920-talet, då som en skatt på bensin. 1957 infördes en allmän skatt på energi. Idag förekommer det ett flertal skatter på energi- och miljöområdet. Exempel på energi- och miljöskatter är koldioxidskatt, svavelskatt, energiskatt och elektricitetsskatt.

En utvärdering av energiskatternas kostnadseffektivitet är ganska komplicerad att genomföra, eftersom alla typer av skatter har en nära koppling till varandra. Energiskattens huvudsakliga syfte har under lång tid varit att generera inkomster till staten, det vill säga en rent fiskal skatt som skapar en kil mellan vad som är privatekonomiskt och samhällsekonomiskt lönsamt. Miljöskatter, som koldioxidskatten, skiljer sig från fiskalt motiverade skatter genom att de skall korrigera ett marknadsmisslyckande.

Koldioxidskatter som infördes 1991 är ett av de viktigaste klimatpolitiska styrmedlen för Sverige och utgår för de bränslen som anges i lagen (1994:1776) om skatt på energi. Genom skatten ökar priset på fossila bränslen (utifrån koldioxidinnehållet) och ger incitament att minska utsläppen av koldioxid. Det marknadsmisslyckande som ska rättas till är de externa kostnaderna som är kopplade till koldioxidutsläppen. Eftersom de flesta aktörer och sektorer i den svenska ekonomin på något sätt bidrar till koldioxidutsläppen, är det viktigt ur kostnadseffektivitetssynpunkt att skatten tillämpas så brett som möjligt.

Ett globalt miljöproblem som växthusgaser innebär ytterligare ett problem. En hårdare beskattning av den inhemska industrin kan ge fördelar för utländsk industri, som då kan öka sin produktion på den svenska industrins bekostnad. Nilsson (1999) visar i en allmän jämviktsmodell som inkluderar länderna inom EU-15, att en ensidig ökning av koldioxidskatten i Sverige ökade de sammanlagda utsläppen inom EU-15.

I Tabell 2-2 redovisas utvecklingen av statens skatteinkomster från de miljöskatter som idag är verksamma. Vi kan se att under den senaste tioårsperioden har intäkterna ökat med drygt 60 procent, och att koldioxidskattens andel av miljöskatterna har ökat i betydelse, från 26 till 37 procent av miljöskatteintäkterna.

Tabell 2-2 Miljöskatter i miljoner kronor.

År	Energiskatt	Koldioxidskatt	Övriga miljö- och energiskatter*
1995	27 456	11 078	3 476
1996	30 371	15 053	3 200
1997	34 212	12 599	2 468
1998	36 900	12 796	2 286
1999	37 552	12 811	2 348
2000	38 389	12 245	2 962
2001	36 512	16 457	3 567
2002	36 979	19 373	3 463
2003	36 474	23 753	3 630
2004	35 357	26 193	3 432
2005	37 664	25 810	3 261
2006	38 244	24 743	4 684
2007	38 200	25 100	4 700

*Svavelskatt, skatt på kärnkraft, skatt på gödsel, skatt på naturgrus, mm.

Källa: Skatter i Sverige 2007, Skatteverket.

2.1.2 Subventioner

Teoretiskt fungerar subventioner som en negativ skatt och bör användas om det finns positiva externa effekter. Utan en subvention så överstiger marknadspriset de samhällsekonomiska kostnaderna för den kollektiva varan. I sådana fall gäller samma bedömningar som för skatter vad gäller ekonomisk effektivitet och dynamiska effekter. Det bör dock betonas att subventionerna skall finansieras via till exempel skatter. Dessa skatter kan i sin tur ge fel prissignaler i en annan del av ekonomin. Å andra sidan kan välfärden öka om subventioner finansieras via skatter på negativa externa effekter, så kallad *grön skatteväxling*.

Ett annat motiv med subventioner kan antingen vara att stödja inhemsk industri, eller någon speciell teknologi som är energibesparande. Det är vanligt att stödja ny teknologi. Enligt ekonomisk teori är det ett styrmedel som bör undvikas, eftersom subventioner på lång sikt ger felaktiga prissignaler till marknaden. Detta beroende på att genomsnittskostnaderna sänks och vinsten ökar, vilket i sin tur stimulerar nyföretagande och ökad produktion inom den subventionerade sektorn. Detta motverkar på lång sikt målet med subventioner. Subventioner till ny teknik är ekonomiskt ineffektivt om företaget skulle genomföra investeringarna även om subventionen inte fanns.

I Tabell 2-3 redovisas de statliga miljöstödens nettokostnad för perioden 2002–2007. Under rubriken Energistöd ingår bland annat stöd till lokala klimatinvesteringsprogram, investeringsstöd till energieffektivisering och konvertering till förnyelsebara energikällor i offentliga lokaler. Subventionerna ökade markant mellan år 2002 och 2003 genom införandet av punktskattebefrielse för koldioxidneutrala bränslen. Detta medförde att från 2003 går huvuddelen av de statliga subventionerna till näringslivet som energistöd, eller drygt 70 procent. Under de senaste fem åren har dock denna andel minskat med två procentenheter.

Tabell 2-3 Subventioner till näringslivet inom energi- och miljöområdet, inklusive skattenedsättning i miljoner kronor.

År	Energistöd	Skattenedsättning vid användning av energi	Summa offentliga stöd	Andel totala energisubventioner av totala subventioner till näringslivet
2002	928	190	7220	15,5
2003	1 105	17 550*	25349	73,6
2004	1 613	16 414	24640	73,2
2005	1 338	19 671	28684	73,2
2006	2 082	20 173	30743	72,4
2007	2 715	19 697	31280	71,6

*=Införande av punktskattebefrielse för koldioxidneutrala bränslen.

Källa: ITPS, 2008

2.1.3 Handel med utsläppsrätter

Handel med utsläppsrätter är ett sätt att reglera de totala utsläppen av till exempel koldioxid. Utsläppsrätter innebär tillstånd till företagen att släppa ut en viss mängd förorening. Eftersom tillstånden är fastlagda efter den utsläppsmängd som samhället satt upp som mål, är utsläppsrätter garanterat måluppfyllande. Tillstånden kan överlåtas till andra aktörer,

vilket ger möjligheter till handel med rättigheterna. Detta medför att marknadsmekanismerna utnyttjas för att driva fram en lika kostnadseffektiv allokering som skatter. En nackdel är att de administrativa kostnaderna kan vara höga. Utsläppsrätter skapar liksom skatter ett incitament till teknisk utveckling. Till skillnad från skatter tenderar priset på utsläppsrätter att sjunka över tid om ny och billigare reningsteknik implementeras.

För att marknadsmekanismerna skall fungera tillfredsställande krävs dock tillräckligt många och något så när homogena aktörer på marknaden. Om det är för få aktörer kan de existerande vägra att sälja sina utsläppsrätter för att hindra nya aktörer att etablera sig på marknaden. Vid för få aktörer eller om någon är för dominant kan aktörerna dra nytta av att inneha en monopol-/monopsonifördel.

Det finns två sätt att fördela utsläppsrätterna: (1) *Gratis utdelning*, vanligen med principen att utsläppsrätterna fördelas utifrån dagens utsläpp, eller (2) *Auktion*, där potentiella aktörer får lägga bud på utsläppsrätterna. Ur kostnadseffektivitetssynpunkt spelar det i teorin inte någon roll vilken metod som väljs. Vid fall där transaktionskostnaderna är höga är auktion att föredra. Auktion kan även förhindra strategiska beteenden där aktörerna håller på sina utsläppsrätter. Med auktion uppnås även kostnadseffektivitet tidigare. Principen *förorenaren betalar* uppfylls bara under auktion. En auktion löser även fördelningen av utsläppsrätter.

Idag omfattar handeln med utsläppsrätter cirka 730 anläggningar inom industri och energiproduktion. Den första handelsperioden, 2005–2007, avrapporterades den 31 mars 2008. Resultaten visade att tilldelningen hade överskridit utsläppsrätterna med 2,9 miljoner ton under perioden.

2.1.4 Gröna certifikat

Gröna Certifikat är ett system där staten sätter upp ett obligatoriskt mål för andelen förnyelsebar energi som energiproducenten skall producera. Syftet är att elektricitetsanvändaren skall välja ”grön el”. Elproducenterna erhåller ett certifikat för varje megawattimme elektricitet som produceras med förnybar energi. Genom att sälja dessa certifikat får elproducenten en extra inkomst vid sidan av försäljningen av el, som gör det lönsamt att investera i förnyelsebar energi. Certifikaten säljs till elleverantören eller på en handelsplats för elcertifikat (NordPool). Elleverantören ansvarar för att elanvändaren betalar för certifikatet via sin elräkning. Därefter deklarerar såld mängd till Svenska kraftnät, som annullerar certifikaten. Parter som har underskott på certifikat kan köpa dessa på marknaden. I de fall elcertifikat fattas måste den kvotpliktige betala en kvotpliktsavgift till staten. Kvotpliktsavgiften är 150 procent av det volymvägda medelpriset på elcertifikatspriset under redovisningsperioden. För att skydda konsumenterna mot skenande elcertifikatspriser fanns det under de första åren ett maxtak på avgiften på 175 kronor per år 2003 och 240 kronor per år 2004. I praktiken visade det sig att dessa regleringar var prisstyrande och fungerade som ett pristak på elcertifikaten, vilket undergrävde effektiviteten i systemet. Pristaket är nu borttaget vilket har inneburit att avgiften har ökat till 318 kr år 2007. Andelen annullerade elcertifikat har, bortsett från första året, legat på över 99 procent vilket framgår av Tabell 2-4. Industri som producerar egen el, importerar eller köper på nordiska elbörsen har egna kvoter. Vissa elintensiva industriföretag är dock undantagna.

Tabell 2-4 Annullering av elcertifikat för åren 2003-2007

	2003	2004	2005	2006	2007
Kvotpliktig el [TWh]	63,3	97,4	97,6	97,1	96
Undantag elintensiva företag	37,8	40,6	40,9	40,5	42,8
Kvot	0,074	0,081	0,104	0,126	0,151
Antal annullerade elcertifikat [milj st]	3,5	7,8	10,1	12,4	14,5
Kvotpliktsuppfyllnad [i procent]	77,8	99,2	99,9	99,9	99,8
Kvotpliktsavgift [kr/st]	175	240	306	278	318
Total kvotpliktsavgift [mkr]	182,2	14,4	3,1	2,3	6,3

Källa Elcertifikatssystemet 2008, Energimyndigheten.

Ett elcertifikat tilldelas den som i en godkänd anläggning producerat och uppmätt en megawattimme el från förnybara energikällor eller torv. El producerad från följande energikällor berättigar till elcertifikat:

- Vindkraft
- Solenergi
- Vågenergi
- Geotermisk energi
- Biobränslen enligt förordning (2003:120) om elcertifikat
- Torv i kraftvärmeverk
- Vattenkraft
 - småskalig vattenkraft som vid utgången av april 2003 hade en installerad effekt om högst 1 500 kW per produktionsenhet
 - nya anläggningar
 - återupptagen drift i nedlagda anläggningar
 - ökad produktionskapacitet i befintliga anläggningar
 - anläggningar som inte längre kan erhålla långsiktig lönsamproduktion på grund av myndighetsbeslut eller omfattande ombyggnader.

Tabell 2-5 Elkonsumentens uppskattade kostnad för elcertifikat för år 2003 till och med år 2007.

	2003	2004	2005	2006	2007
Elkonsumentens genomsnittliga kostnad inkl moms [öre/kWh] ¹	2,4	3	3,3	3,4	4 ²
Kvotpliktig el [TWh]	63,3	97,4	97,6	97	96
Antal annullerade elcertifikat [miljoner st]	3,5	7,8	10,1	12,4	14,5
Medelpris på elcertifikat [kr/st]	201	231	216	191	195
Producenternas intäkter från elcertifikat [mkr]	701	809	2 186	2 367	2 820
Moms 25% [mkr]	304	584	644	660	768
Kvotpliktsavgifter [mkr]	183	14	3	2	6
Elleverantörens transaktionskostnad [mkr]	331	514	388	270	245
Elkonsumenternas kostnad för elcertifikat [mkr]	1 519	2 922	3 221	3 298	3 840

1) Priset för 2004-2006 baseras på elleverantörens inrapportering av pris till Energimyndigheten och gäller elkunder som använder mindre än 50 megawattimmar per år, för övriga elkunder kan priset vara ett annat.

2) Priset för 2007 baseras den på de uppgifter som Energimyndigheten har begärt in från ett 10-tal större elleverantörer

Källa: Energimyndigheten

Teoretiskt sett är systemet kostnadseffektivt och måluppfyllande. Utvärderingar har dock visat att transaktions- och administrationskostnaderna för systemet kan bli relativt höga.

2.2 Reglerande styrmedel

I Sverige regleras industrin generellt av Miljöbalken. Syftet med Miljöbalken är att främja en hållbar miljö för denna och kommande generationer. Miljöbalken tar sin utgångspunkt i att antal grundläggande principer som nu genomsyrar det internationella arbetet om miljö- och naturresursanvändning.

Vid tillståndsprovning skall företag visa att de uppfyller kraven på de allmänna hänsynsreglerna. Detta innebär bland annat att de skall använda bästa möjliga teknik för att hålla med energi och minimera utsläppen. Regleringar kan både ligga på utsläpp genom att sätta ett gränsvärde som inte får överskridas, eller ett totalförbud av vissa utsläpp, eller på insatssidan där en förorenande insatsfaktor kan förbjudas, till exempel freoner eller bly i bensin. Reglering av föroreningar och utsläpp är måluppfyllande om regleringen efterlevs till hundra procent. Problemet kan vara om det är svårt att uppnå full efterlevnad av regleringen. Då kan övervakning av regleringen vara mycket kostsam. Vad gäller kostnadseffektivitet så minskar den om marginalkostnaden för rening varierar mellan utsläppskällor. En kvantitativ reglering skulle i princip kunna göras på individuell basis för att uppnå en kostnadseffektiv reglering, men det kräver stor mängd information om varje företags reningkostnader. Något som praktiskt är ogenomförbart och det skulle krävas stora resurser för att samla in den information som krävs.

Enligt Miljöbalken skall ”vid yrkesmässig verksamhet användas **bästa möjliga teknik**” för att förhindra skada människor eller miljö¹. Begreppet **BAT** och **bästa tillgängliga teknik** förekommer bland annat i det så kallade IPPC-direktivet från EU², IPPC-direktivet är det direktiv som är mest heltäckande inom miljöområdet och som också berör företagens energianvändning och utsläpp av växthusgaser. ”En grundläggande idé med IPPC-direktivet är att det så kallade BAT-kravet (Best Available Technique) måste uppfyllas. Detta krav innebär att alla verksamheter som faller under direktivet är skyldiga att använda sig av den bästa tillgängliga tekniken.”³ Enligt artikel 5.1 i direktivet skulle anläggningar som faller under direktivet senast den 30 september 2007 ha utsläppsnivåer som motsvarade BAT.

En nyligen publicerad norsk studie⁴ visar att ett konsekvent införande av principen bästa möjliga teknik, kan vara mycket kostnadsineffektivt i jämförelse med marknadsanpassade regleringar.

Eftersom en reglering inte innebär att verksamheten behöver betala för de utsläpp som är innanför regleringen, frångås principen att *förorenaren betalar*. En reglering ger heller inga ekonomiska incitament för att minska utsläppen utöver utsläppsgränsen vilken skulle stimulera teknisk utveckling. Det vill säga att de dynamiska effekterna uteblir vid reglering.

2.3 Information

Information och utbildning är en grundläggande och nödvändig förutsättning för att uppnå en effektivare miljö- och energianvändning. Det är även en förutsättning för att övervinna och identifiera marknadsmisslyckanden. Informationsbrist kan även ses som ett marknadsmisslyckande i sig själv. Information kan spridas via kampanjer, utbildning, reklam certifiering, demonstrationer, inspektioner, rådgivning, rekommendationer etcetera. Information och utbildning har för avsikt att påverka kunskap, attityder och beteende samt att påskynda en marknadsintroduktion och marknadsetablering av ny teknik.

Industrin behöver specifik information avseende energi- och miljöeffektiva processer och systemlösningar. Denna specifika information kan erhållas med besiktningar, mätningar demonstrationsanläggningar, kvalificerad rådgivning, etcetera.

Frivilliga avtal. År 2004 beslöt EU att inte godkänna de svenska reglerna för beskattning av den svenska elintensiva industrin. Mot denna bakgrund startades ett särskilt program för energieffektivisering av den svenska energiintensiva industrin, Programmet för energieffektivisering (PFE) är specialanpassat för den energiintensiva industrin. Programmet erbjuder skattelättnader mot att företagen investerar i energieffektiv teknik. Idag ingår 117 företag i programmet. Dessa företag förbrukar 31,5 TWh elektricitet per år, vilket motsvarar drygt tjugo procent av den totala elkonsumentionen. Företagen har i sin första tvåårsredovisning rapporterat om vilka energieffektiviseringsåtgärder som kommer att genomföras inom programmet. Sammanlagt innebär dessa investeringar en planerad minskad elanvändning på 1 TWh. Investeringarna kommer att uppgå till 1 miljard kronor. Med ett genomsnittligt elpris på 50 öre/kWh innebär detta en årlig besparing på 500 miljoner kronor. Utöver besparingarna genom minskade elkostnader får företagen även en skattelättnad på

¹ Miljöbalken Kap 2 § 3.

² IPPC, 1996, *European Integrated Pollution Prevention Control Directive 96/61/EC EU-kommissionen, Bryssel 1996.*

³ SOU 2002:114

⁴ Larsson och Telle (2008)

sammanlagt cirka 150 miljoner kronor per år genom att delta i PFE. En positiv effekt förutom besparingarna är den ökade kunskap som företagen har fått genom energikartläggning och certifiering av energiledningssystemet som är obligatoriskt för företagen. Detta ska förhoppningsvis medföra till att företagen får igång en kontinuerlig process för energieffektivisering.

2.4 Sammanfattning

I detta kapitel har vi gett en översikt av de styrmedel som förekommer inom miljöområdet och teoretiskt diskuterat dessa styrmedels för- och nackdelar. De vanligaste kriterierna som sätts upp på ett styrmedel är; måluppfyllelse, kostnadseffektivitet och dynamiska effekter. En annan önskvärd egenskap hos styrmedlen är att den som förorenar också ska betala den skada som uppkommer. Ur en ekonomisk synvinkel är oftast marknadsinriktade styrmedel att föredra. Skatter som läggs på ett utsläpp som förorsakar en miljöskada, är kostnadseffektiva och ger initiativ till innebär att minska utsläppen. Skattekostnaden drabbar också den som förorsakar skadan. Skatter är dock inte lika effektiva när det gäller måluppfyllande. Rent fiskala skatter skapar en kluft mellan det som är privatekonomiskt och samhälls-ekonomiskt lönsamt.

Ett annat marknadsinriktat styrmedel är omsättningsbara utsläppsrätter. Eftersom man i detta system bestämmer utsläppstaket är utsläppsrätterna vid sidan av att vara kostnadseffektiva också måluppfyllande. Under den första handelsperioden delades utsläppsrätterna ut gratis, så principen att förorenaren betalar uppfylldes inte.

Subventioner fungerar som negativa skatter och bör användas vid positiva externa effekter. Att använda subventioner, för till exempel till införandet av ny teknik, är ekonomiskt ineffektivt om företagen skulle genomföra investeringarna även utan subventionerna.

Reglerande styrmedel såsom utsläppstak är också måluppfyllande, men är oftast inte ekonomiskt effektiva.

3 Industrins produktivitet, energi- och miljöeffektivitet

Den svenska industristrukturen

I detta kapitel ger vi en beskrivning av den svenska industrins utveckling vad gäller ekonomi, handel, produktivitet, energi och koldioxidutsläpp. Denna beskrivning görs både nationellt och i ett internationellt perspektiv. Den internationella jämförelsen gör vi främst emot Sveriges viktigaste handelspartner inom EU och USA.

Basen för den svenska industrin, har traditionellt varit baserad på inhemska råvaror, såsom järnmalm och skog. I kombination med en omfattande utbyggnad av vattenkraftsproduktionen, det nationella elnätet och järnvägen kring sekelskiftet, var basindustrierna och de industrigrenar som utvecklats från dessa, en av de viktigaste faktorerna bakom den svenska industrialiseringen.

Tabell 3-1 De största industrigrenarna 2006

SNI-kod	Industrigren	Antal	Antal	Omsättning
		företag	anställda	Mdkr
34	Fordonsindustrin	950	74 350	246
29	Maskinindustrin	5 779	95 422	214
31-32	Elektronik- och teleproduktindustrin	2 102	47 872	166
24	Kemisk industri	954	35 690	151
15-16	Livsmedelsindustrin	3 292	53 767	130
27	Stål och metallverk	446	35 545	136
21	Massa- och pappersindustrin	472	34 793	119
15-39	Hela tillverkningsindustrin	36 112	657 000	671

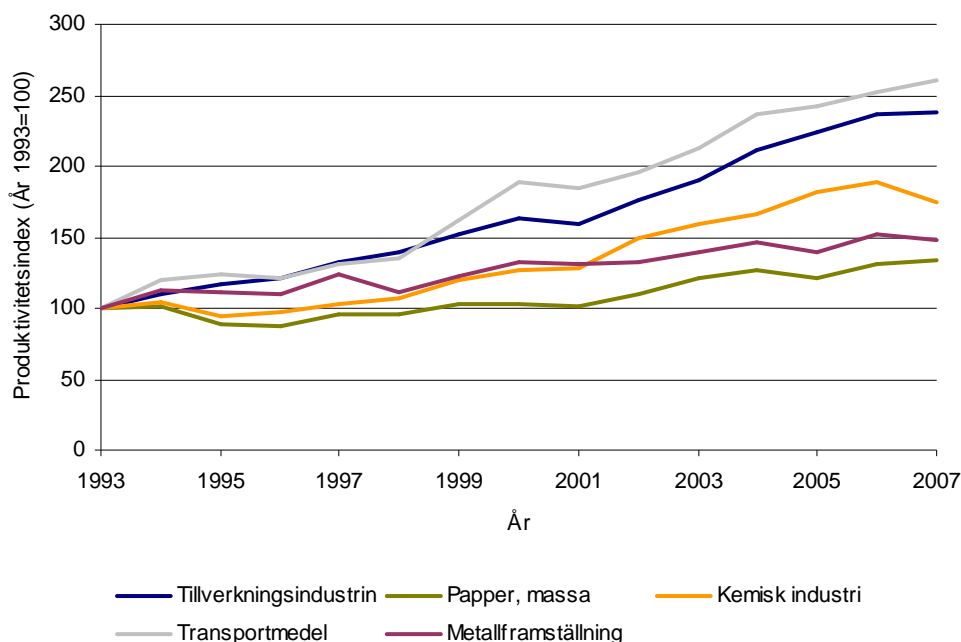
Källa: SCB

Sedan 1970-talet har de traditionella industrigrenarna, malmbrytning, stål- och massaindustrin, minskat i betydelse för den svenska ekonomin. De industrisektorer som istället vuxit är främst fordonsindustrin, el- och teleindustrin och kemisk industri med läkemedel i en ledande roll. Detta innebär att vi på lång sikt har gått från ett stort beroende av energiintensiv industri till en industri som är mer kunskapsintensiv. Detta innebär också att den svenska ekonomin inte längre är så beroende av de industribranscher som har de största utsläppen av växthusgaser. Idag är fordons- och maskinindustrin de största industrisektorerna mätt i omsättning. Men fortfarande är basindustrin mycket viktig för den svenska ekonomin, inte minst för exporten. I en internationell jämförelse är den energi- och råvarubaserade industrin fortfarande större än i jämförbara länder.

3.2 Produktivitet

Produktivitet kan mätas på olika sätt. Det är vanligt att bara mäta arbetsproduktivitet, det vill säga antal arbetade timmar per producerad enhet, mätt i fasta priser. I Figur 3-1 ser vi utvecklingen av arbetsproduktiviteten beräknad som produktion mätt som förädlingsvärde i fasta priser per arbetstimme. Det framgår i figuren att det är främst verkstadsindustrin som har haft den bästa produktivitetens utvecklingen medan de energiintensiva branscherna, som metall-, massa- och pappersindustrin, har haft en mycket lägre produktivitetstillväxt. Det bör dock betonas att dessa industrier redan innan hade genomfört stora rationaliseringar och att arbetskraftsintensiteten i dessa branscher redan är mycket låg.

Figur 3-1 Arbetsproduktiviteten för viktiga industribranscher för perioden 1993-2007.



Källa: SCB.

Ett alternativt sätt att räkna ut produktivetsutvecklingen är att via en produktionsfunktion härleda den totala faktorproduktiviteten. Om man antar en konkurrensutsatt faktormarknad, fullt utnyttjande av insatsvarorna och konstant skalelasticitet, kan utvecklingen av totalfaktorproduktiviteten beräknas som förändringen av residualen i en Cobb-Douglas funktion.⁵

$$\Delta \ln Y_{jt} = \bar{v}_{jt}^X \Delta \ln X_{jt} + \bar{v}_{jt}^K \Delta \ln K_{jt} + \bar{v}_{jt}^L \Delta \ln L_{jt} + \Delta \ln A_{jt}^Y$$

Där \bar{v}_{jt}^i betecknar den genomsnittliga värdeandelen av insatsfaktor i för två perioder av produktionen och $\bar{v}_{jt}^L + \bar{v}_{jt}^K + \bar{v}_{jt}^X = 1$.

EU-KLEMS Growth and Productivity Accounts är ett EU-finansierat forskningsprojekt som har samlat data och beräknat total faktorproduktivitet för alla EU-länder samt USA, Japan och Australien⁶. Här nedan presenteras produktivetsutvecklingen för några av Sveriges viktigaste industribranscher, i jämförelse med USA och tio av EU:s största länder⁷. Dessa länder är också våra viktigaste handelspartners. Vi börjar med de energiintensiva

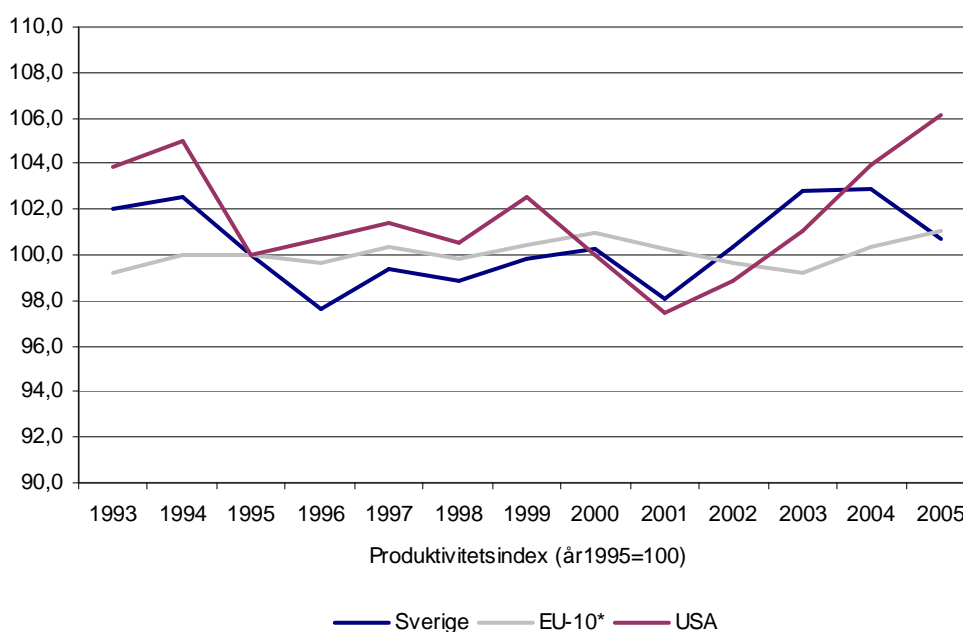
⁵ Jorgenson, Gollop och Fraumeni (1987)

⁶ <http://www.euklems.net/>

⁷ Belgien, Danmark, Finland, Frankrike, Holland, Italien, Spanien, Storbritannien, Tyskland och Österrike.

industrierna; Massa- och pappersindustrin⁸, Metallbearbetning och Kemisk industri. Figur 3-2 visar en jämförelse för massa- och pappersindustrin med våra konkurrenter i USA och Europa. Vi kan inte se någon tendens till att den svenska massa- och pappersindustrin har tappat i produktivitet under de senaste 15 åren. Den amerikanska industrin ser dock ut att ha en något mer positiv utveckling under de senaste åren. Detta kan dock bero på branschammansättningen.

Figur 3-2 Utvecklingen av total faktorproduktivitet för Massa- och pappersindustrin i jämförelse med tio EU-länder och USA för perioden 1993–2005.



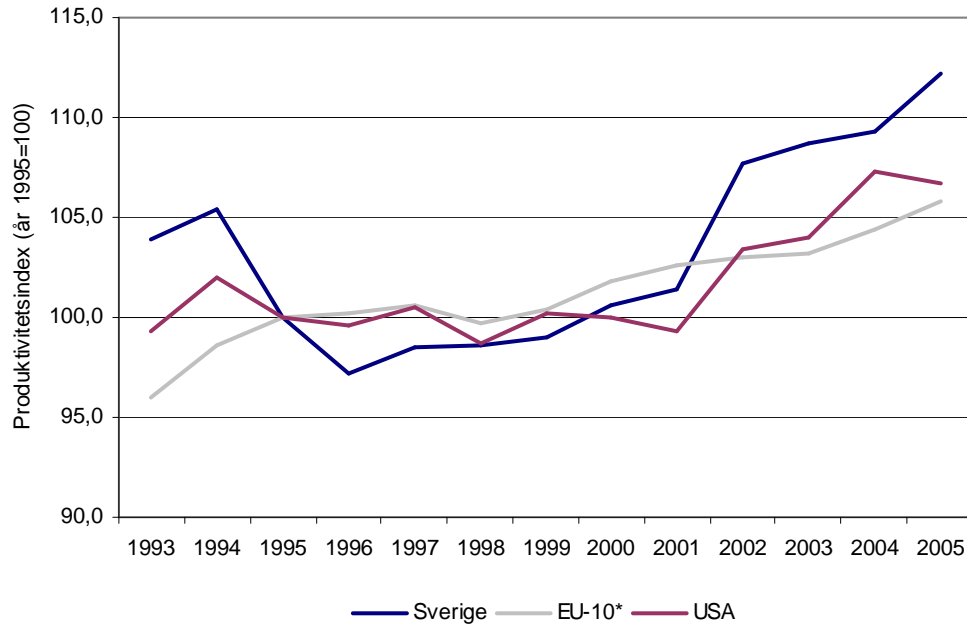
Källa: EU-KLEMS.

I den kemiska industrin⁹, där bland annat läkemedelsindustrin ingår, vilken redovisas i Figur 3-3, har Sverige haft en klart mer positiv teknisk utveckling när det gäller total faktorproduktivitet än våra konkurrenter. Detta beror till stor del på förändringen av branschammansättningen och tillväxten i läkemedelsindustrin i Sverige.

⁸ SNI 21 och 22, som även inkluderar förlagsverksamhet.

⁹ SNI 24

Figur 3-3 Utvecklingen av total faktorproduktivitet för Kemisk industri i jämförelse med 10 EU-länder och USA för perioden 1993–2005.

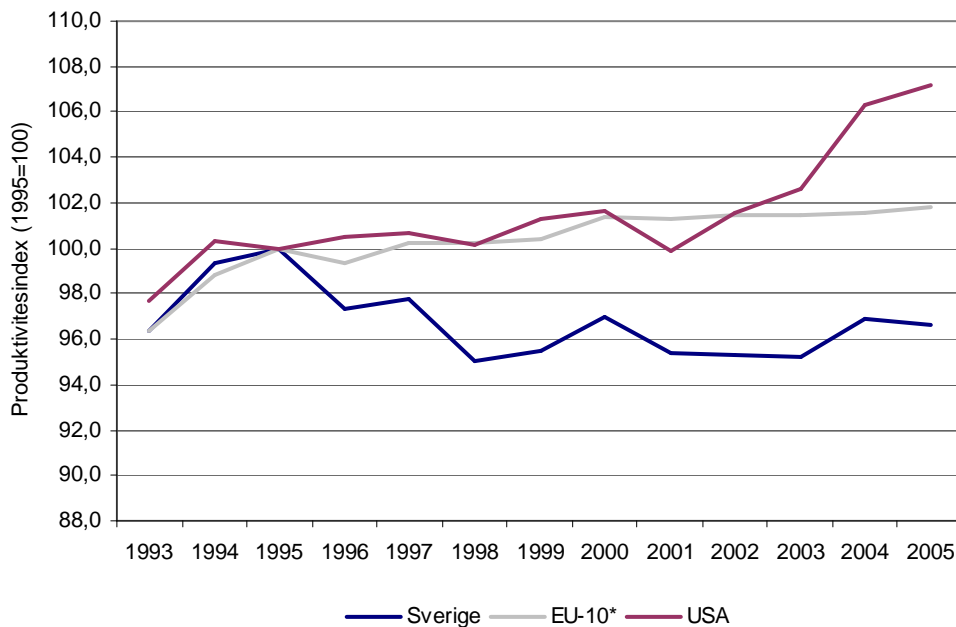


Källa: EU-KLEMS

Den tredje energiintensiva branschen är metallframställning¹⁰. Denna bransch har under perioden 1995–2005 haft en mycket sämre produktivitetutveckling än konkurrerande industrier i EU och USA. Över huvudtaget ser utvecklingen för metallindustrin ut att ha varit negativ under de senaste tio åren.

¹⁰ SNI 27 Stål- och metallverk samt SNI 28 Metallvaruindustrin

Figur 3-4 Utvecklingen av total faktorproduktivitet för Metallindustrin i jämförelse med tio EU-länder och USA för perioden 1993–2005.



Källa: EU-KLEMS

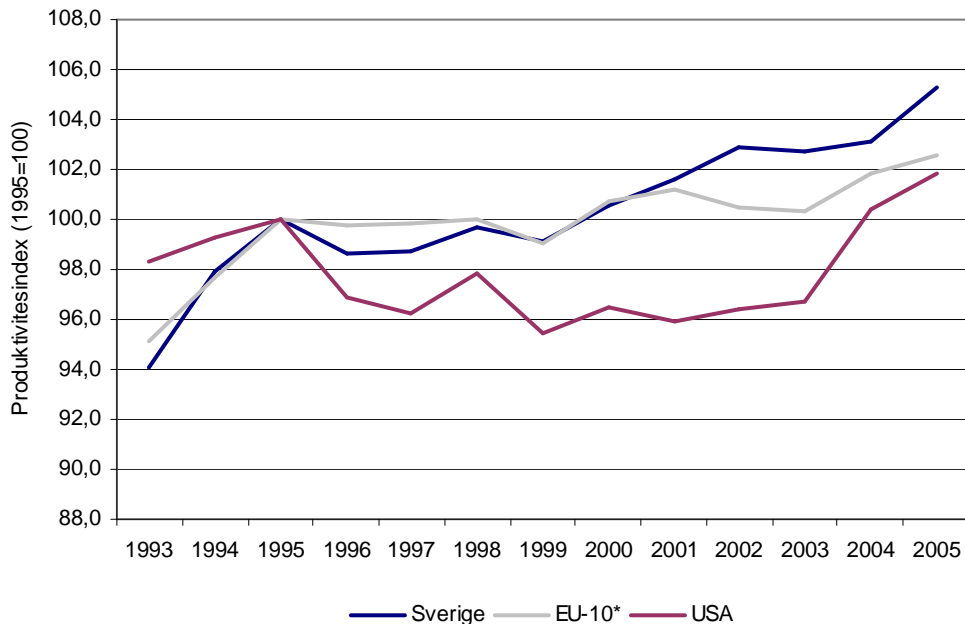
Vi övergår nu till att se på verkstadsindustrin som inte inberäknas bland den energiintensiva; maskinindustrin¹¹, elektrisk och optisk industri¹² och transportmedelsindustrin¹³. Alla delbranscher har haft en bättre produktivitetsutveckling än motsvarande industrier i våra konkurrentländer i Europa och USA.

¹¹ SNI 29 Maskinindustrin

¹² SNI 30 Industri för kontorsmaskiner och datorer, SNI 31 Annan elektroindustri, SNI 32 Teleproduktindustrin och SNI 33 Industrin för precisions- medicinska och optiska instrument.

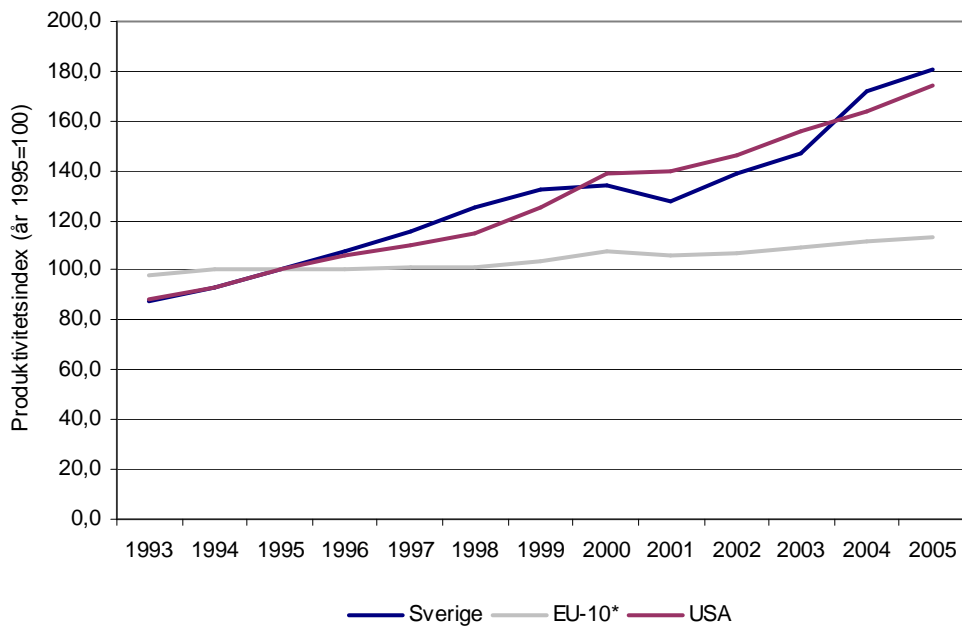
¹³ SNI 34 Industrin för motorfordon och SNI 35 Annan transportmedelindustri.

Figur 3-5 Utvecklingen av total faktorproduktivitet för Maskinindustri i jämförelse med tio EU-länder och USA för perioden 1993–2005.



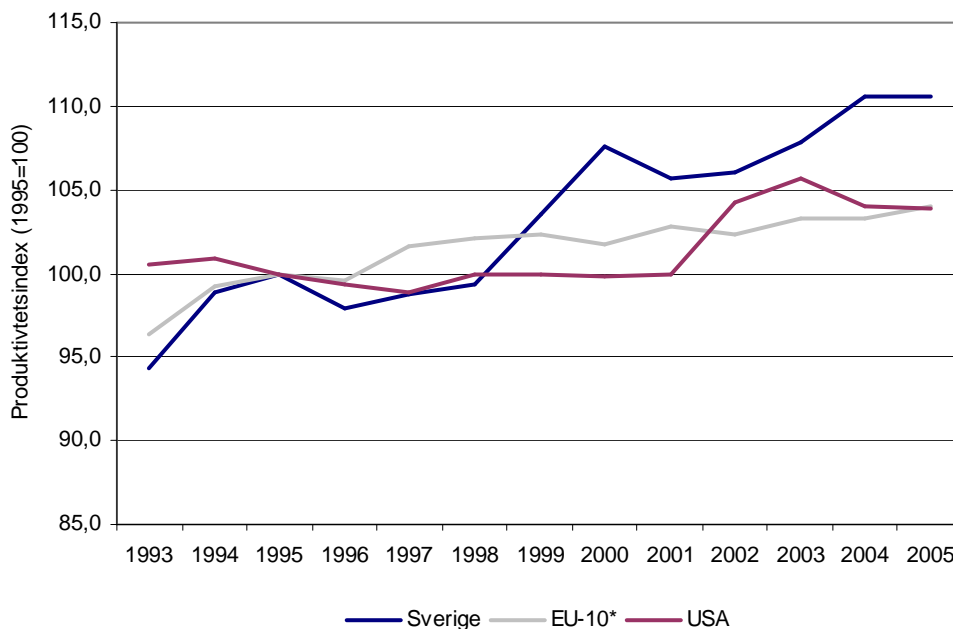
Källa: EU-KLEMS

Figur 3-6 Utvecklingen av total faktorproduktivitet för Elektro- och optiskindustri i jämförelse med tio EU-länder och USA för perioden 1993–2005.



Källa: EU-KLEMS

Figur 3-7 Utvecklingen av total faktorproduktivitet för Transportmedelsindustri i jämförelse med tio EU-länder och USA för perioden 1993–2005.



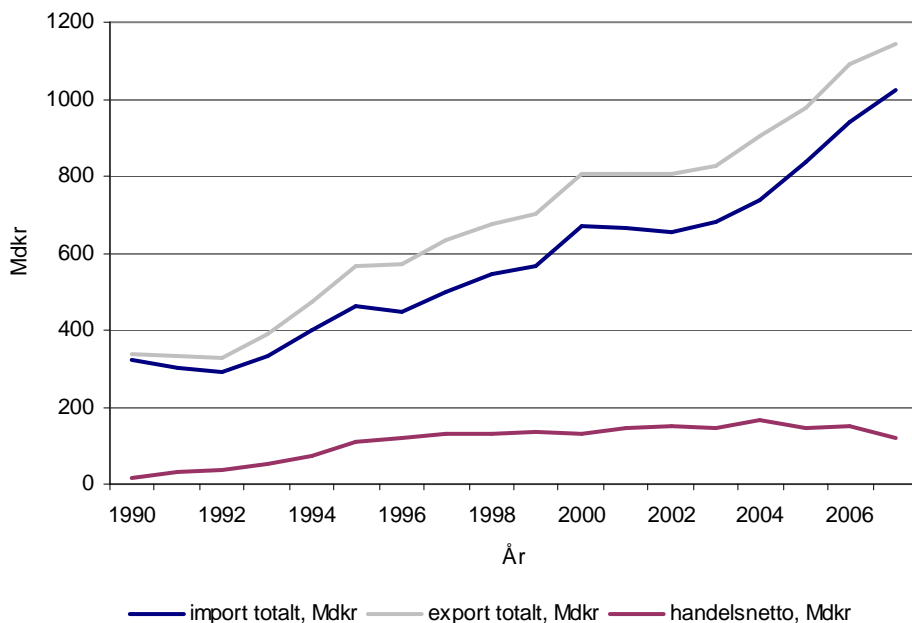
Källa EU-KLEMS

Sammanfattningsvis kan vi konstatera att produktivitetens utveckling vad gäller arbetsproduktiviteten har haft en positiv trend för tillverkningsindustrin totalt. Men det är främst den delen av industrin som inte är så energiberöende som har haft den mest positiva utvecklingen. Den energiintensiva industrin, då främst stålindustrin och massa- och pappersindustrins utveckling av arbetsproduktiviteten ligger långt under tillverkningsindustrins genomsnitt. I en internationell jämförelse utmärker sig metallindustrin mest negativt vad gäller utveckling av den totala faktorproduktiviteten. Av de övriga energiintensiva industrierna har utvecklingen för massa- och pappersindustrin i stor sett legat på samma nivå som våra konkurrentländer, medan kemisk industri har gått klart bättre. Det kan dock förklaras av utvecklingen för delbranschen läkemedel. Däremot har verkstadsindustrin, som inte räknas till de energiintensiva branscherna, haft en klart mer positiv utveckling av faktorproduktiviteten än våra konkurrentländer.

3.3 Utveckling av den svenska utrikeshandeln

Vårt handelsöverskott har haft en positiv utveckling under de senaste decennierna. Vi kan dock ana ett trendbrott för de senaste åren. Men som vi kan se i Figur 3-8 är nettoexporten fortfarande stabilt hög.

Figur 3-8 Export, import och handelsöverskott för perioden 1990–2007.



Källa: SCB

I Tabell 3-2 kan vi för det första se att den totala nettoexporten är oförändrad mellan åren. Det innebär att i fasta priser har nettoexporten minskat. Det beror nästan uteslutande av import av energivaror och det stigande oljepriset. Men även elektrovaror och datorer har haft en markant nedgång. Vi kan också slå fast att de energitunga branscherna som skogsråvaror och järn och metall har ökat. Det är dessa branscher tillsammans med maskiner, transportmedel och läkemedel som har det största bidraget till vårt handelsnetto. Läkemedel har haft den procentuellt största ökningen.

Tabell 3-2 Den svenska nettoexporten totalt i miljoner kronor

Varuområde	1996	2007
Skogsvaror	71,7	95,6
Mineralvaror	15,0	22,3
Järn och stål	13,8	27,6
Kemivaror	-0,5	8,4
Läkemedel	10,5	31,1
Energivaror	-22,6	-51,1
Verkstadsvaror	88,9	108,0
Maskiner	34,5	73,3
Elektrovaror, datorer	16,8	-9,2
Vägfordon	31,2	43,0
Nettoexport totalt	120,5	120,5

Källa: SCB

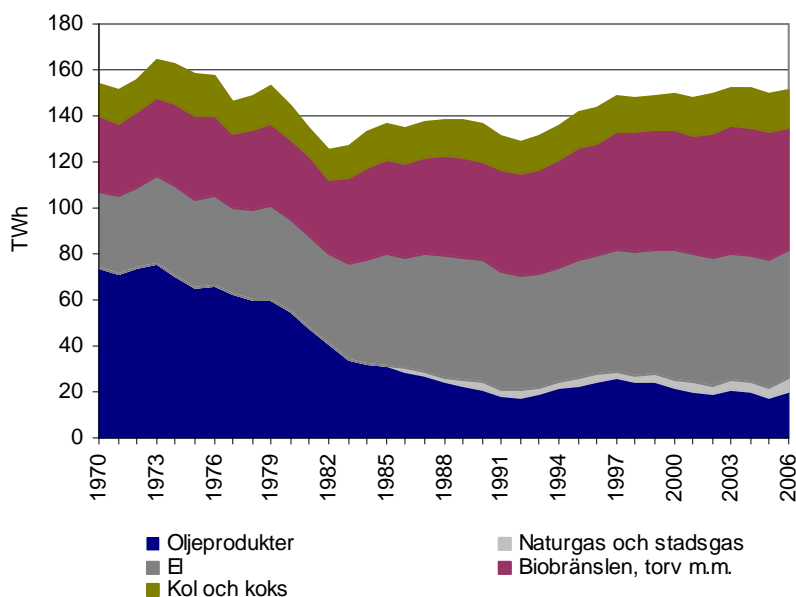
Sammanfattningsvis kan vi se att den energiintensiva industrin fortfarande är mycket betydelsefull för vår nettoexport, men att verkstads- och läkemedelsindustrins har ökat i betydelse.

3.4 Energi

Under år 2006 ökade energianvändningen i industrin med 3,4 TWh jämfört med 2005, till 157 TWh, vilket motsvarar cirka 39 procent av landets slutliga energianvändning.¹⁴ Fördelningen av industrins energianvändning kan vi se i Figur 3-9. Den slutliga energianvändningen utgjordes av 27 procent fossil energi, 34 procent biobränslen, och 35 procent el, återstoden bestod av fjärrvärme. Oljeanvändningen inom industrin har minskat kraftigt sedan 1970, genom energieffektivisering och övergång till elenergi och biobränslen. Utvecklingen inleddes i samband med oljekriserna under 1970-talet, då både näringslivet och samhället i stort påbörjade ett intensivt arbete med att minska oljeberoendet. År 1970 utgjorde oljeanvändningen 48 procent av industrins totala energianvändning. I dag är andelen nere på 13 procent. Samtidigt har elanvändningens andel ökat från 21 procent till 48 procent. Det främsta skälet är att kostnaden för olja har stigit mer än för alternativa bränslen.

¹⁴ *Energiläget (2007)*

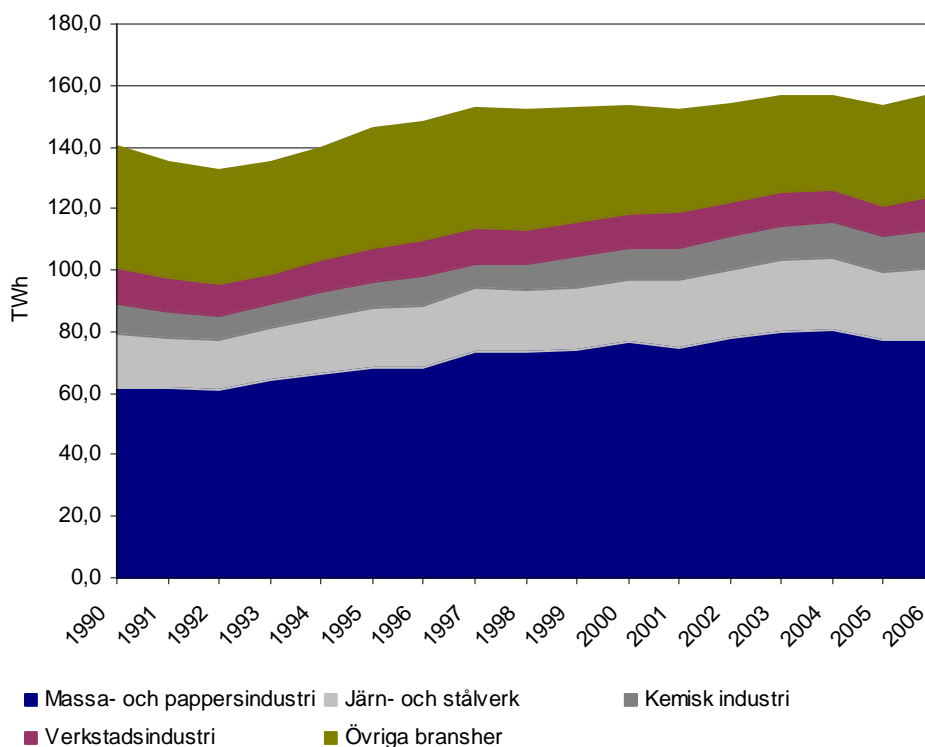
Figur 3-9 Slutlig användning inom industrisektorn, 1970–2006



Källa: Energiläget 2007, Energiverket.

I Sverige svarar ett fåtal branscher för merparten av industrins energianvändning, se Figur 3-10. Massa- och pappersindustrin har den klart största energianvändningen med nästan hälften av industrins totala energiförbrukning. Elen används framförallt vid malningsprocesser av ved till massa, medan returlutar, som är en biprodukt vid massaframställningen, används som bränsle i sodapannorna vid sulfatmassefabrikerna. Järn- och stålverken står för 15 procent av industrins energianvändning. I denna bransch används framförallt kol och koks som reduktionsmedel i masugnar och el till smältprocesser i ljusbågsugnar i skrotbaserade smältprocesser. Den kemiska industrin använder 8 procent av industrins energianvändning. Det är främst el till elektrolys. Dessa industrier räknas som de energiintensiva industrierna och står sammanlagt för tre fjärdedelar av industrins totala energianvändning. Verkstadsindustrin, som inte är en energiintensiv bransch, står för drygt 7 procent av industrins totala energianvändning på grund av sin storlek.

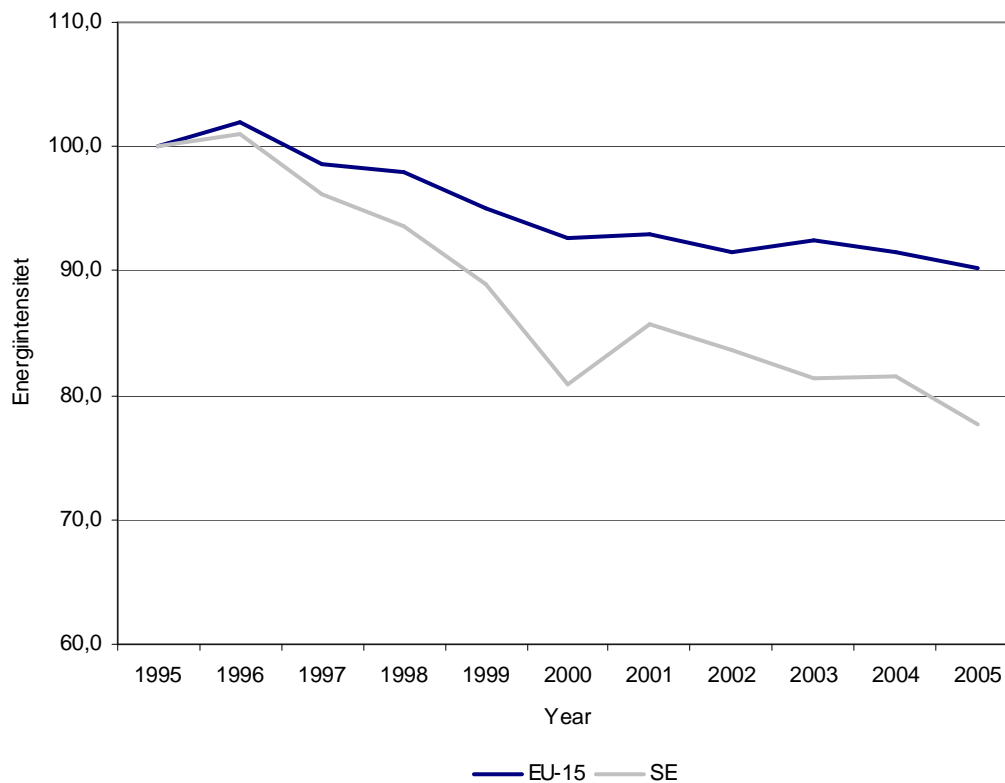
Figur 3-10 Industrins energianvändning per bransch, 1970–2006



Källa: Energiläget 2007, Energiverket.

I en jämförelse med EU:s ursprungliga medlemmar (EU-15) har den svenska industrin haft en mycket bättre utveckling av energiintensiteten per producerad enhet vilket vi kan se i Figur 3-11. Förklaringen ligger främst i förändringen av branschstrukturen inom industrin.

Figur 3-11 Utveckling av energiintensitet för Sverige och EU-15 för perioden 1995–2005. Index 1995=100.



Källa: EEA, Eurostat

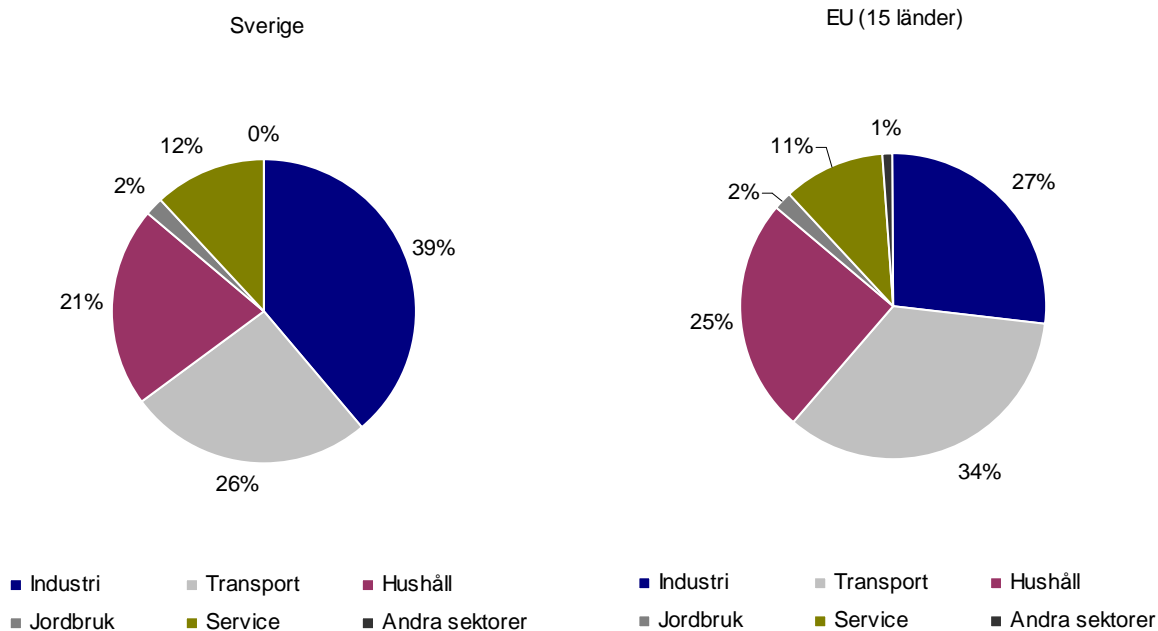
3.5 Utsläpp av koldioxid och växthusgaser

Kärnkraften och vattenkraften dominerar den svenska energiproduktionen. Även om dessa inte byggdes av klimatskäl har det bidragit till att den svenska tillverkningsindustrins utsläpp av koldioxid idag är på ungefär samma nivå som 1913, medan förädlingsvärdet i fasta priser har blivit cirka tolv gånger större.¹⁵

I en internationell jämförelse, däremot är utsläppens andel från tillverkningsindustrin procentuellt mycket högre än EU:s genomsnitt. Tillverkningsindustrin står för cirka 39 procent av Sveriges utsläpp av växthusgaser, medan motsvarande siffra för EU:s 15 ursprungsländer är 29 procent, se Figur 3-12.

¹⁵ Brännlund (2007)

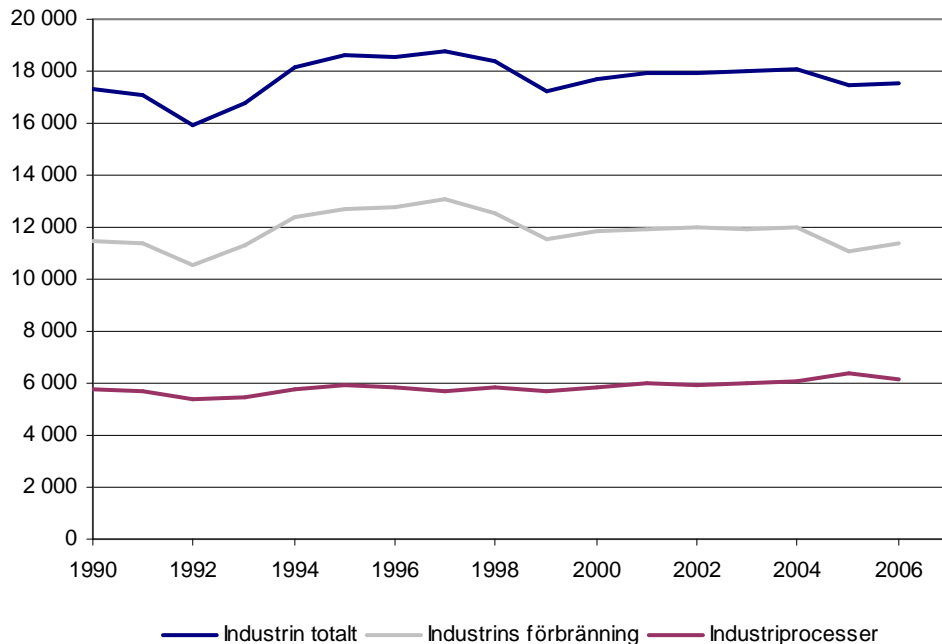
Figur 3-12 Sektorsvis fördelning av växthusgasutsläpp i Sverige och EU-15. år 2006.



Källa: Eurostat

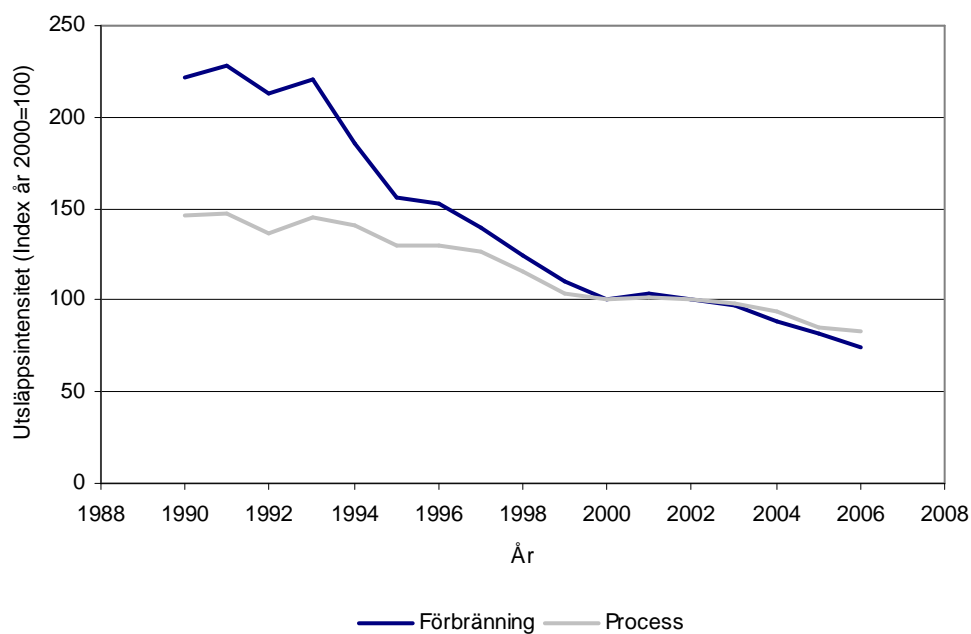
Utvecklingen av industrins utsläpp av växthusgaser sedan 1990, som vi kan se i, har också varit oförändrad de senaste femton åren. Det gäller både för industrins utsläpp vid förbränning som för processutsläpp. Men under samma period har industriproduktionen fördubblats i fasta priser, vilket har medfört att utsläppsintensiteten under samma period har halverats, se Figur 3-14.. Detta beror främst på kategorin förbränning vars utsläpp totalt i stort sätt ligger på samma nivå som 1990, medan processutsläppen har ökat med sex procent från 5,8 miljoner till 6,2 miljoner ton CO₂-ekvivalenter mellan åren 1990–2007.

Figur 3-13 Industrins utsläpp av växthusgaser fördelade på process och förbränning för perioden 1990–2007



Källa: Naturvårdverket, 2008

Figur 3-14 Utsläppsintensiteten av växthusgaser fördelade på process och förbränning för perioden 1990–2006



Källa: Naturvårdverket, 2008

II Tabell 3-3 och Tabell 3-4 redovisar vi utvecklingen av växthusgasutsläpp inom industrin sedan år 1990 med avseende på de olika industrisektorerna. Förbränningsutsläppen ökade kraftigt under 1990-talet för att nå en topp år 1997 med 12 407 miljoner ton koldioxidekvivalenter. Därefter har utsläppen minskat för att år 2006 vara nere på 11 350 miljoner ton. Massa- och pappersindustrin och Livsmedelsindustrin stod för nästan hela denna nedgång. Den främsta orsaken var att Massa- och pappersindustrin övergick från olja till biobränsle i eldningen av sodapannor. Andra branscher såsom Järn- och stålindustrin och Kemisk industri har däremot ökat sina förbränningsutsläpp av växthusgaser. Vad gäller processutsläppen från industrin kan vi inte se motsvarande minskning. Detta är naturligt, eftersom det är svårare att substituera bort en processinsats än ett bränsle. Det är främst Cementindustrin inom branschen Mineralprodukter som står för en ökning av processutsläpp. Gruppen flou-rerade växthusgaser har i redovisningen inte införts i någon bransch, men dessa kommer främst ifrån framställning av aluminium, skumplast och som läckage av kylmedel. Den främsta grunden till ökningen av denna post är att gasen HCF har ersatt tidigare ozonned-brytande gaser i kylanläggningar.

Tabell 3-3 Utvecklingen Industrins av förbränningsutsläpp av växthusgaser 1990–2006

1000-ton koldioxidekvivalenter							
År	Industrins förbränning totalt	Järn och stål	Metall	Kemi	Massa och papper	Livsmedel	Övrigt (1)
1990	11 497	1 072	145	1 202	2 329	968	5 780
1991	11 366	995	135	1 194	2 587	969	5 486
1992	10 532	1 052	138	1 163	2 245	868	5 065
1993	11 278	1 089	130	1 098	2 802	925	5 234
1994	12 407	1 109	121	1 301	3 552	947	5 376
1995	12 698	1 146	113	1 358	3 493	960	5 628
1996	12 752	1 197	106	1 444	3 286	962	5 757
1997	13 081	1 159	115	1 515	3 578	1 004	5 710
1998	12 548	1 194	125	1 558	3 088	968	5 614
1999	11 553	1 184	165	1 242	2 556	939	5 467
2000	11 872	1 270	119	1 399	2 715	823	5 546
2001	11 937	1 209	106	1 513	2 641	709	5 760
2002	11 968	1 276	111	1 669	2 594	772	5 547
2003	11 958	1 288	93	1 583	2 651	857	5 486
2004	12 000	1 295	93	1 721	2 539	782	5 569
2005	11 067	1 200	91	1 612	2 264	622	5 279
2006	11 350	1 235	94	1 646	2 216	650	5 509

Källa: Naturvårdsverket

Tabell 3-4 Utvecklingen Industrins processutsläpp av växthusgaser 1990–2006

1000 ton koldioxidekvivalenter						
År	Industri- processer totalt	Metall- Produktion	Mineral- produkter	Kemi- industri	Fluorerade växthusgaser	Övrig pro- duktion
1990	5 792	2 813	1 919	901	87	72
1991	5 687	2 834	1 739	945	93	76
1992	5 383	2 666	1 650	896	95	76
1993	5 455	2 727	1 671	874	105	78
1994	5 752	2 919	1 756	850	150	77
1995	5 906	2 840	1 968	785	236	77
1996	5 816	2 808	1 878	758	295	77
1997	5 719	2 702	1 746	749	440	82
1998	5 858	2 685	1 802	829	461	81
1999	5 662	2 529	1 750	741	561	81
2000	5 846	2 453	1 987	702	613	91
2001	6 009	2 672	2 031	540	676	90
2002	5 920	2 608	2 000	508	715	89
2003	6 030	2 750	1 939	494	753	94
2004	6 094	2 690	1 998	499	815	92
2005	6 410	2 856	2 120	502	840	92
2006	6 151	2 409	2 275	515	859	93

Källa: Naturvårdsverket

3.6 Sammanfattning

Vi kan konstatera att den svenska energiintensiva råvarubaserade basindustrin minskar i betydelse vad gäller produktion, sysselsättning och export. I en internationell jämförelse har Sverige en större andel energiintensiv industri än konkurrentländerna. Detta innebär att svensk tillverkningsindustri också står för en större andel av de svenska utsläppen av växthusgaser.

Industrins produktivitet utveckling i en internationell jämförelse ger en splittrad bild av den tekniska utvecklingen. Av de energiintensiva näringarna har kemiindustrin haft en klart positiv utveckling. Detta beror mest på branschens sammansättning, där läkemedelsindustrin, som inte tillhör de energiintensiva branscherna, har ökat sin andel av branschen. Inom massa- och pappersindustrin, ser vi, i likhet med våra konkurrentländer, ingen tydlig produktivitet utveckling under perioden 1993–2005. Däremot verkar metallindustrin tappa i konkurrenskraft i en internationell jämförelse. Verkstadsindustrin, där maskin- elektro- och fordonsindustrin ingår, har däremot en mycket positiv produktivitet utveckling i jämförelse med övriga EU-länder och USA.

Utvecklingen av tillverkningsindustrins utsläpp av växthusgaser, beror på flera faktorer. De viktigaste faktorerna är, teknisk utveckling, substitution av energislag och andra växthusgasalstrande råvaror, och kanske främst strukturutvecklingen inom tillverkningsindustrin. Vad gäller den tekniska utvecklingen av industrin, ser det ut som om den delen av industrin som har störst utsläpp av växthusgaser också har den sämsta produktivitet utvecklingen, både i en internationell jämförelse och i jämförelse med andra industribranscher.

scher. När det gäller utsläppen vid förbränning, har stora framsteg gjorts, främst inom massa- och pappersindustrin, som har ersatt olja med biobränsle. Den främsta faktorn för utvecklingen av växthusgasutsläppen är dock på lång sikt industrins sammansättning. En minskning av basindustrin ger direkta effekter på utsläppen av växthusgaser, medan en tillväxt av verkstadsindustrin inte påverkar utsläppen i samma omfattning.

4 DEA- och Malmquistanalys

4.1 Beskrivning av DEA- och Mamquistanalysen

För att analysera produktiviteten och energieffektiviteten i den svenska industrin använder vi oss av så kallad *Data Envelopment Analysis* (DEA). Det är en linjärprogrammeringsmetod som skattar en front av de arbetsställen som är de mest effektiva, och beräknar sedan avståndet till fronten för de övriga arbetsställena. Vi gör detta för en tidsserie, och kan därmed beräkna förändringen över tid. Det produktivetsindex som vi då använder oss av, är ett så kallat Malmquistindex. Malmquistindex kan delas upp i flera komponenter, först förändringen av fronten (teknisk förändring) och förändringen av avståndet till fronten (effektivitetsförändring).

Vi kan också säga arbetsställen på fronten använder **bästa möjliga** eller **bästa tillgängliga** teknik (Best Available Technology, BAT). Dessa begrepp är flitigt använda inom miljöreglering¹⁶.

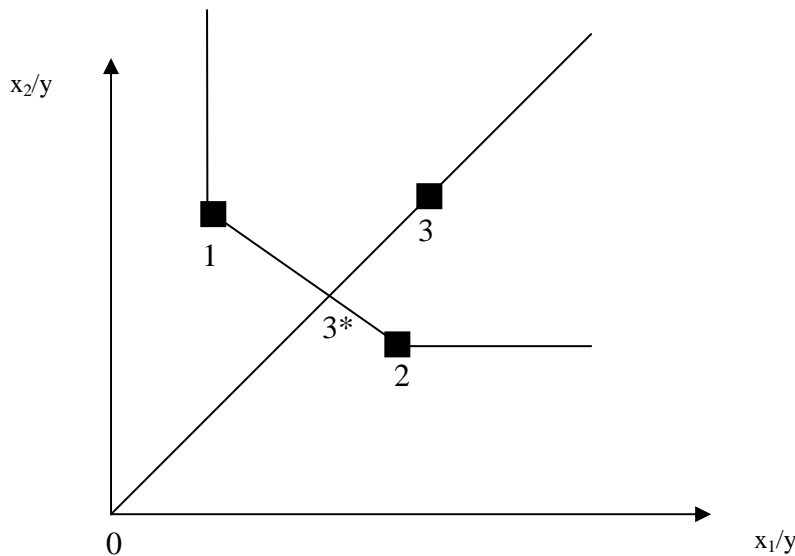
Nedan följer en översiktlig beskrivning av metoden. En formell matematisk beskrivning av DEA-analysen återfinns i Bilaga 1.

I Figur 4-1 åskådliggör vi hur DEA-metoden fungerar. Vi antar att vi har tre arbetsställen, som producerar en vara y med insatsvarorna x_1 och x_2 , varav arbetsställe 1 och 2 är effektiva och utgör fronten. Arbetsställe 3 är däremot utanför fronten och skulle kunna producera vara y med mindre mängd av insatsvarorna x_1 och x_2 . Arbetsställe 3 är därmed tekniskt ineffektiv.

Ett mått på den tekniska effektiviteten (TE) erhålls genom att ta kvoten mellan avståndet från origo till skärningspunkten mellan linjen (0,3*) och fronten, och från origo till observationen (0, 3). Alla arbetsställen på fronten är effektiva och får värdet 1, och ineffektiva arbetsställen får ett värde mellan 0 och 1.

¹⁶ Till exempel, Miljöbalken Kap 2

Figur 4-1 DEA och teknisk effektivitet.



Effektivitetsmättet är den naturliga byggstenen i mått av produktivitet och produktivitetsförändring. Vi åskådliggör detta i ett enkelt fall med en vara y och en insatsfaktor x och två tidpunkter, t och $t+1$. Produktiviteten period t kan då skrivas som hur mycket av insatsfaktor x som behövs för att producera y (y^t/x^t). Produktivitetsförändringen kan då skrivas som

$$TFP = \frac{y^{t+1}/x^{t+1}}{y^t/x^t} \quad (4.1)$$

Detta kan kombineras med effektivitetsmättet, för att få ett kombinerat mått på hur arbetsstället har flyttats gentemot fronten mellan två tidsperioder, men också på fronten förflyttning mellan tidpunkterna. Vi försöker åskådliggöra det i Figur 4-2.

Vårt observerade arbetsställe producerade y^t med $x^t=b$ insatsvaror period t . Ett effektivt arbetsställe skulle kunna producera y^t med insats d . Motsvarande för period $t+1$ är den producerade mängden y^{t+1} med $x^{t+1}=c$, medan ett arbetsställe bara behöver e mängd insats. Kvoten $0b/0d$ och $0c/0e$ blir då förändringen av effektiviteten (EC) mellan perioderna t och $t+1$

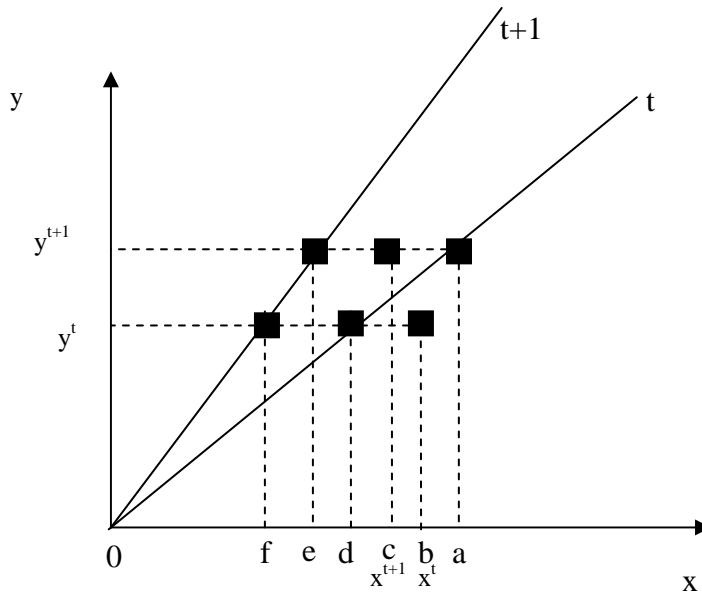
Förändringen av fronten mellan de två tidsperioderna betecknar den tekniska utvecklingen (TC). Det är det geometriska genomsnittet av avståndet mellan fronterna t och $t+1$. Det vill säga

$$TC = \sqrt{\frac{0e/0a}{0f/0d}} \quad (4.2)$$

Den totala faktorproduktivitetsförändringen, vår Malmquistindex (MI) kan då tolkas som en kombination av förändringen av effektiviteten (EC) och den tekniska förändringen av fronten (TC).

$$MI = EC * TC \quad (4.3)$$

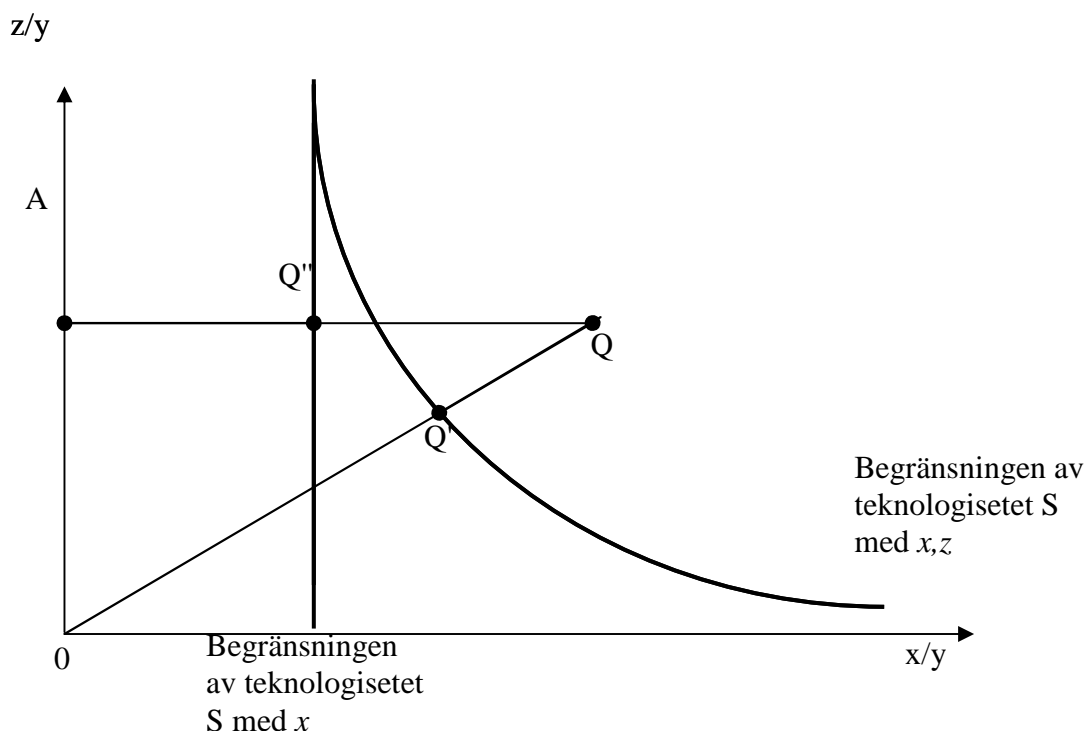
Figur 4-2 Grafisk beskrivning av Malmquistindex



Malmquistindex kan också delas upp i olika insatsfaktorer, under vissa funktionsmässiga antaganden; att det råder konstant skalavkastning och separabilitet i insatsfaktorerna, det vill säga att en ökning av en insatsfaktor inte påverkar någon annan insatsfaktor. I vår empiriska undersökning leder detta antagande till att vi inte kan kombinera koldioxidutsläpp och energiförbrukning i samma funktion, eftersom att en ökad användning av till exempel olja ger ett ökat utsläpp av koldioxid. I Figur 4-3 illustreras idén bakom dekomponeringen. Arbetsställe Q producerar y med hjälp av normala insatsfaktorer x och samtidigt släpper arbetsstället ut z enheter koldioxid. Det är egalt om miljöfaktorn betraktas som en insatsvara eller ett producerad oönskad vara (på engelska ofta kallad "bad"). I effektiviteten med både x och z i betraktning blir som ovan $\partial Q / \partial Q'$. Effektiviteten utan att ta hänsyn till miljöfaktorn sker bara i en dimension, blir $\partial Q / \partial Q''$. I praktiken dekomponerar vi den totala effektivitetsförändringen av EC i en mot en front med bara normala insatsfaktorer (EC_0) och en mot en front med mot bara miljöfaktorn (EEC). På samma sätt kan vi dekomponera flyttningen av fronten i flyttningen av fronten med normala insatsfaktorer (TC_0) och flyttningen av miljöfronten (ETC). Vårt Malmquistindex får då följande uttryck

$$MI = EC_0 * EEC * TC_0 * ETC \quad (4.4)$$

Figur 4-3 Insatsdistansfunktionen med och utan utsläpp av föroreningar.



Anm: x representerar normala insatsfaktorer, z representerar utsläpp av föroreningar.

4.2 Resultat

I detta avsnitt redovisar vi resultaten av effektivitetsutvecklingen inom de största branscherna i den svenska tillverkningsindustrin på mikronivå. Branscherna som vi undersöker är de energiintensiva branscherna Massa- och pappersindustrin (SNI 211), Metallverk och gjuterier (SNI 27) samt Kemi (SNI 24). Tre delbranscher inom verkstadsindustrin; Maskin- (SNI 29), Teleprodukt- (SNI 32) och Motorfordonindustrin (SNI 34) ingår också i vår undersökning. Detta för att undersöka om energiintensiva basindustrin har en annan produktivitetsutveckling än verkstadsindustrin.

Analysen är genomförd på SCB:s energi- och företagsstatistik för åren 2000 och 2006. Analysen omfattar alla arbetsställen i SCB:s population. Båda dessa år kan betraktas som högkonjunkturår vilket ger resultaten bättre tillförlitlighet. Arbetsställen som inte redovisar någon sysselsatt, förbrukning av energi, eller har inget eller ett negativt beräknat kapital har uteslutits.

Vi gör två olika analyser. I den första analysen använder vi kapital¹⁷, sysselsättning och energi som insatsfaktorer. Sysselsatta mäts i antal årsarbeten och energi i kWh. I den andra analysen är kapital, sysselsättning och utsläpp av koldioxid. Koldioxidutsläppen beräknas med hjälp av utsläppskoefficienter¹⁸ för varje bränsleslag. Vi antar att bibränslen är koldi-

¹⁷ Kapital är mätt som summan av nettoinvesteringarna utifrån ett det bokförda kapitalvärdet vid startåret. (Se Karpaty och Sayeed, 2007)

¹⁸ Naturvårdsverket, Sveriges rapportering till FN:s klimatkonvention, 2007

oxidneutrala. Analys 1 redovisas i Tabell 4-1 och Tabell 4-2. medan miljöeffektivitetsmåtten i Tabell 4-2 är ett resultat av analys 2.

Resultatet skiljer sig från resultaten i förra avsnittet på grund av tre orsaker: För det första är detta en mikroanalys, för det andra används helt olika analysmetoder och för det tredje används här en finare branschindelning.

I Tabell 4-1 redovisas effektiviteten för tillverkningsindustrins största branscher. Statistiken visar en stor omsättning av antal företag, i till exempel teleproduktindustrin har antal arbetsställen minskat med 22 procent. Det är också den branschen som visar den klart bästa effektivitetsutvecklingen, mätt som det genomsnittliga avståndet till respektive års front. Metallverken och fordonsindustrin har haft den sämsta utvecklingen. Maskinindustrin har också en låg effektivitet, men det kan förklaras av att branschen är mycket heterogen.

Tabell 4-1 Teknisk effektivitet (TE) inom de största branscherna för åren 2000 och 2006.

	Teknisk effektivitet		Teknisk effektivitet	
	2000		2006	
	Antal	Teknisk	Antal	Teknisk
	arbetsställen	effektivitet	arbetsställen	effektivitet
Massa- och pappersindustri	75	0.67	64	0.69
Kemisk industri	80	0.5	74	0.49
Metallverk och gjuteriindustri	160	0.39	164	0.23
Maskinindustrin	1036	0.26	869	0.23
Teleproduktindustrin	129	0.28	74	0.43
Fordonsindustrin	259	0.35	235	0.24

Källa: Egna beräkningar

Till skillnad från Tabell 4-1, som analyserade ett år i taget, det vill säga med en given front, redovisar vi i Tabell 4-2 förändringen av produktiviteten mellan två år. Det vill säga att vi också tar frontens förflyttning med i beräkningen. Resultatet i tabellen härrör från två beräkningar. Kolumnerna Produktivitetsutveckling, Effektivitetsutveckling och Teknisk utveckling, har beräknats med insatsfaktorerna kapital, sysselsättning och energi, medan kolumnerna Miljöeffektivitetsutveckling och Teknisk miljöutveckling har beräknats med insatsfaktorerna kapital, sysselsättning och koldioxid. I denna beräkning har vi dekomponerat produktivitetsutvecklingen i fyra komponenter, enligt formel (4.4). Produktivitetsutvecklingen (MI) består följaktligen av effektivitetsförändringen i traditionella insatsfaktorer (EC), teknisk utveckling i traditionella insatsfaktorer (TC), effektivitetsförändringen i miljöriktningen (EEC) och den tekniska förändringen i miljöriktningen (ETC). Att antal arbetsställen i denna undersökning är lägre än i förra tabellen beror på att här ingår endast de arbetsställen som finns i statistiken för båda observationsåren.

Om vi ser på massa- och pappersindustrin, så är det den bransch som haft den lägsta produktivitetsutvecklingen. Den tekniska utvecklingen har varit miljöneutral, minskningen av koldioxidutsläppen har proportionellt varit lika stor som minskningen för de övriga insatsfaktorerna.

Vad gäller den kemiska industrins produktivitetsutveckling, har den varit annorlunda jämfört med massa- och pappersindustrin. Produktivitetsutvecklingen beror framför allt på att

fronten har förflyttat sig, medan arbetsställets genomsnittliga avstånd till fronten är oförändrad. I miljöriktningen är tendensen tvådelad. Frontförflyttningen har skett i en miljöpositiv riktning, emedan förändringen av effektiviteten har gått motsatt riktning. Förändringarna är dock relativt små.

Den tekniska utvecklingen hos branschen metallframställning och gjuterier har varit stor. Den klart största utvecklingen i de undersökta branscherna, men förändringen av effektiviteten har gått i motsatt riktning. Det vill säga, att ett fåtal företag har investerat i ny teknik, emedan de övriga har halkat efter. Däremot uppvisar miljöindexet en helt annan bild. Den tekniska utvecklingen har gett större besparingar på de traditionella insatsfaktorerna än på utsläppen av koldioxid. Däremot går effektiviteten i miljöriktningen. Det kan tolkas som, eftersom när investeringarna flyttade fronten från miljöriktningen, så kommer de företag som inte följt fronten ha ett relativt lägre utsläpp koldioxid än de företag som är på fronten jämfört med basåret.

Vad gäller verkstadsindustrins branscher; maskin-, teleprodukt- och fordonsindustrin, har produktivitetens utvecklingen generellt varit i nivå med basindustrin, undantaget metallbearbetning och gjuterier. För maskin- och fordonsindustrin består produktivitetens utvecklingen främst av ny teknik och förflyttning av fronten, men det motsatta gäller för teleproduktindustrin. Förändringarna i miljöriktningen är marginella hos alla de undersökta branscherna inom verkstadsindustrin.

Tabell 4-2 Den årliga produktivitetens utvecklingen i procent inom de största branscherna mellan åren 2000 och 2006.

	Antal arbets- ställen	Produk- tivitetsut- veckling	Effektivitets- utveckling	Teknisk utveckling	Miljöeffek- tivitets- utveckling	Teknisk miljö-utveck- ling
Massa- och pappersindustri	58	5,7	1,0	4,7	0	0,2
Kemisk industri	54	8,4	0,3	8,1	-1,9	2,0
Metallverk och gjuteri industri	130	15,4	-9,6	27,7	6,5	-6,1
Maskinindustrin	672	6,3	1,5	4,7	1,9	-1,5
Teleprodukt- industrin	55	8,9	11,9	-2,6	1,4	0,9
Motorfordon	190	7,4	-8,2	16,9	-0,1	0,1

Källa: Egna beräkningar

I Tabell 4-3 har vi brutit ner förändringen på arbetsställenivå. I genomsnitt har 90 procent av alla arbetsställen haft en produktivitetsförbättring. Genomgående har produktivitetsförbättringen uppstått genom införande av ny teknik. Det är teleproduktindustrin som urskiljer sig från mönstret. Där har bara drygt hälften av arbetsställen haft produktivitetens utveckling som grundar sig på teknisk utveckling. Förbättringen har, i den branschen, främst kommit från effektivitetsförbättringar.

Det mest intressanta i tabellen är fördelningen av arbetsställen med positiv respektive negativ miljöutveckling. Inom massa- och pappersindustrin, har runt hälften av arbetsställen rört sig i en miljömässig positiv riktning, både vad gäller effektivitets- som teknisk ut-

veckling. Inom kemisk industri ser vi att för två tredjedelar av arbetsställena den tekniska utvecklingen har gett proportionellt lägre utsläpp av koldioxid, effektivitetsförändringen har gått åt motsatt håll för 60 procent av arbetsställena. Utvecklingen för metallverk och gjuterier har gått i helt motsatt riktning. Där har det för 85 procent av arbetsställena den tekniska utvecklingen varit kapital- och arbetsbesparande, medan utsläppen av koldioxid inte har minskat samma omfattning. Det motsatta gäller för effektivitetsförbättringarna.

Inom verkstadsindustrins branscher såg vi i föregående tabell att produktivitet utvecklingen på branschaggregatet i stort sett var miljöneutral. På arbetsställenivå ser vi dock en klart positiv trend av ny miljöbesparande teknisk utveckling för teleproduktindustrin, medan maskinindustrins tekniska utveckling har gett ett mindre bidrag till utsläppsreduktion än till besparingar av andra insatsfaktorer. Fordonsindustrins tekniska utveckling har i stort sätt varit miljöneutral.

Tabell 4-3 Produktivitet utvecklingen inom de största branscherna mellan åren 2000 och 2006.

Bransch	Riktning på förändringen	Produktivitet utveckling	Effektivitets utveckling	Teknisk utveckling	Miljöeffektivitets utveckling	Teknisk miljö utveckling
Massa- och pappers- industri	-	10.3%	41.4%	1.7%	41.4%	41.4%
Kemisk industri	=	0.0%	5.2%	0.0%	10.3%	5.2%
	+	89.7%	53.4%	98.3%	48.3%	53.4%
	-	11.1%	16.7%	7.4%	57.4%	20.4%
	=	0.0%	1.9%	0.0%	16.7%	13.0%
	+	88.9%	81.5%	92.6%	25.9%	66.7%
Metallverk och gjuterier- industri	-	3.8%	72.3%	0.0%	18.5%	85.4%
	=	0.0%	3.1%	0.0%	9.2%	6.2%
	+	96.2%	24.6%	100.0%	72.3%	8.5%
Maskin-industrin	-	12.1%	56.7%	0.0%	11.9%	68.6%
	=	0.4%	1.6%	0.0%	28.1%	23.8%
	+	87.5%	41.7%	100.0%	60.0%	7.6%
Teleprodukt- industrin	-	10.9%	10.9%	45.5%	29.1%	16.4%
	=	0.0%	1.8%	1.8%	18.2%	12.7%
	+	89.1%	87.3%	52.7%	52.7%	70.9%
Motor- fordon	-	11.1%	93.7%	0.0%	4.2%	0.0%
	=	0.5%	1.1%	0.0%	92.6%	76.8%
	+	88.4%	5.3%	100.0%	3.2%	23.2%

Källa: Egna beräkningar

4.3 Sammanfattning

I detta kapitel har vi med hjälp av en DEA-metod undersökt effektiviteten bland arbetsställenivå för de största branscherna inom tillverkningsindustrin. Resultatet i undersökningen visar att generellt har den energiintensiva basindustrin, då främst massa- och pappersindustrin en högre effektivitet än verkstadsindustrin. Det kan dock delvis bero på att verkstadsindustrins branscher är mer heterogena. Branschen metallverk och gjuterier har haft den bästa produktivitet utvecklingen av de undersökta branscherna. Den genomsnittliga utvecklingen i miljöhänseende är däremot splittrad. För metallverk och gjuterier kan vi fastställa att investeringarna i tekniska utvecklingen inte har prioriterat miljödimensionen. I de övriga branscherna är den tekniska utvecklingen i stort sätt miljöneutral.

På arbetsställenivå ser vi blandade mönster mellan olika branscher när det gäller utvecklingen av miljöeffektivitet och teknisk miljöutveckling. I de flesta branscher verkar det finnas ett omvänt förhållande mellan hur stor andel som ökat sin miljöeffektivitet respektive sin tekniska miljöutveckling. I Metallverk och gjuteriindustri samt Maskinindustrin har en större andel ökat sin miljöeffektivitet än sin tekniska miljöutveckling. Inom den kemiska industrin är förhållandet det omvända. Inom massa- och pappersindustrin och teleproduktindustrin har en hög andel av arbetsställena ökat både sin miljöeffektivitet och sin miljötekniska utveckling.

Det varierande mönstret avspeglar troligen skillnader mellan de olika branscherna när det gäller att öka sin miljöproduktivitet. Inom vissa branscher verkar möjligheterna vara större att öka sin effektivitet i relation till BAT, medan det i vissa branscher endast verkar vara möjligt att öka sin miljöproduktivitet genom investeringar som påverkar fronten. Till exempel verkar den kemiska industrin vara ett exempel på en bransch som tillhör den senare kategorin. Inom metallverk- och gjuteri verkar utrymmet vara större för effektivitetshöjande investeringar, vilket också avspeglas i resultaten i Tabell 4-2 där miljöeffektiviteten bidrar i högre grad till produktiviteten i denna bransch än vad den tekniska utvecklingen gör.

5 Avslutande diskussion

I denna rapport redovisar vi resultaten av det regeringsuppdrag ITPS haft som syftar till att analysera om produktivitetens utvecklingen i för Sveriges ekonomi centrala branscher ser ut om hänsyn tas till miljöpåverkan. Analysen syftar också till att utreda om svenska företag är effektiva i resursanvändningen i förhållande till **bästa tillgängliga teknik**, och om det finns delar av näringslivet där styrmedel skulle kunna öka effektiviteten.

Vår rapport är uppdelad på en deskriptiv och en analytisk del. I den deskriptiva delen ger vi en beskrivning av den svenska industrins utveckling med avseende på handel, produktivitet, energi och utsläpp av koldioxid. Vi konstaterar där att den energiintensiva råvarubaserade svenska basindustrin minskar i betydelse vad gäller produktion, sysselsättning och export. Men i en internationell jämförelse har Sverige fortfarande en proportionellt större andel energiintensiv industri än våra konkurrentländer. Energiförbrukningen per producerad enhet inom tillverkningsindustrin, har i jämförelse med EU:s 15 ursprungsländer sjunkit klart mer sedan år 1995. Detta beror till stor del på en snabbare strukturomvandlingstakt i Sverige än i EU som helhet. Den svenska tillverkningsindustrin står för en större andel av de svenska utsläppen av växthusgaser. Utsläppen av växthusgaser har i stort sätt varit konstant sedan 1990, men produktionen har under samma period fördubblats mätt i fasta priser. Metallindustrin och den kemiska industrin har haft störst ökning av utsläpp av växthusgas vid förbränning.

I vår analys av industrins produktivitetens utveckling i en internationell jämförelse, kan vi se att de branscherna som har haft den bästa produktivitetens utvecklingen är kemisk industri och verkstadsindustrin, medan metallindustrin har haft en klart sämre produktivitetens utveckling än våra konkurrentländer. Massa- och pappersindustrins utveckling ligger i nivå med våra konkurrentländer.

I den andra delen av vår undersökning analyseras produktivets- och effektivitetens utvecklingen på mikronivå, med hjälp av så kallad DEA- och Malmquistanalys. På arbetsställenivå kan vi konstatera att effektiviteten hos många arbetsställen är låg och att genomsnittseffektiviteten sjönk eller låg still för de flesta av de undersökta branscherna. Det är i stort sett bara teleproduktindustrin som har en klar positiv effektivitetsförbättring. Miljöbalken och IPPC-direktivet fastslår, att all miljöfarlig verksamhet skall bedrivas med bästa möjliga teknik. Skulle detta följas ordagrant, borde alla arbetsställen vara effektiva, det vill säga ligga på produktionsfronten. Nu finns det dock ett förbehåll, om att införandet av den bästa tekniken skall vara ekonomisk försvarbart. Utvecklingen verkar nu gå i motsatt riktning än lagens andemening.

Miljöutvecklingen vad det gäller effektivitet och teknisk utveckling har ett blandat mönster. I de flesta branscher verkar det finnas ett omvänt förhållande mellan hur stor andel som ökat sin miljöeffektivitet respektive sin tekniska miljöutveckling. Det varierande mönstret avspeglar troligen skillnader mellan de olika branscherna när det gäller att öka sin miljöproduktivitet. Inom vissa branscher verkar möjligheterna vara större att öka sin effektivitet i relation till BAT, medan det i vissa branscher endast verkar vara möjligt att öka sin miljöproduktivitet genom investeringar som påverkar fronten.

Tillverkningsindustrin har omfattande undantag från koldioxidskatt, energiskatt på bränsle och el. Den totala energiskattebördan är faktiskt lägre idag än den energiskatt som industrin betalade år 1990 före introduktionen av koldioxidskatt. Detta kan förklara att vi inte

kan se en mer tydlig miljöinriktad utveckling av teknik och effektivitet inom den svenska tillverkningsindustrin.

Vi kan i vår analys inte slå fast att produktivitsutvecklingen inom industrin har i någon större omfattning bidragit till större eko-effektivitet.

Bilaga 1 Teoretisk genomgång av DEA- och Malmquistmodellerna

Antag att vi har observationer av k ($k = 1, \dots, K$) arbetsställen, som använder N ordinära insatsfaktorer representerade av en vektor $x \in \mathfrak{R}^N$ och J miljöpåverkande insatsfaktorer, $z \in \mathfrak{R}^J$ för att producera $y \in \mathfrak{R}^M$. Matrisen med ordinära insatsfaktorer $N \times K$, X , matrisen med oönskade miljöpåverkande faktorer $J \times K$, Z , och $M \times K$ produktionsmatrisen, Y , representerar data för alla K arbetsställen. Om vi följer Banker et. al. (1984), kan dessa observationer användas för att definiera produktionssettet S , karaktäriserad av ett konvext skal:

$$S = \{(y, x, z) : x \text{ och } z \text{ kan producera } y\}. \quad (1)$$

Fronten med de arbetsställen som använder sig av den mest effektiva teknologin definieras av ytan S .

Ett arbetsställe som använder N normala och J miljöpåverkande faktorer för att producera M produkter, kan insatsdistansfunktionen enligt Shephard (1953, 1970) och Färe och Priot (1995), definieras som:

$$D(y, x, z) = \max_{\theta} \left\{ \theta : y, \frac{(x, z)}{\theta} \right\} \in S, \theta \in \mathfrak{R}_+ \quad (2)$$

Med andra ord, värdet av insatsdistansfunktionen mäter maximala värdet som insatsvektorn kan deflateras av en faktor θ , givet produktionsvektorn. Den mäter den minsta proportionella reduktionen för att få insatsvektorn till fronten för en given produktionsvektor. Ett värde större än ett för insatsvektorn medför att den observerade vektorn är ineffektiv. Om vektorn får värdet ett innebär det att arbetsstället är tekniskt effektivt och tillhör fronten.

Om vi följer Farrell (1957) kan vi definiera teknisk effektivitet som:

$$TE(y, x, z) = \frac{1}{D(y, x, z)} \quad (3)$$

Distansfunktionen kan $D(y, x, z)$ kan beräknas för varje arbetsställe, genom att lösa ett linjärprogrammeringsproblem. För att beräkna insatssparande effektivitetsmättet (TE) för varje arbetsställe k , givet produktionen, måste följande linjärprogrammeringsproblem lösas för arbetsställe k :

$$\begin{aligned}
 TE_k &= \min \theta \\
 \text{s.t.} \\
 -y_k + \lambda Y &\geq 0 \\
 \theta x_k - X\lambda &\geq 0 \\
 \theta z_k - Z\lambda &\geq 0 \\
 \lambda &\geq 0, \theta \leq 1 \\
 y_k \in Y, x_k \in X, z_k \in Z
 \end{aligned} \tag{4}$$

Där λ är en $N \times 1$ vektor av konstanter och θ en konstant som mäter effektiviteten för arbetsställe k .

Distansfunktionen kan beräknas med och utan att ta utsläppen i beräkningarna. Om $x \in \mathfrak{R}^N$ kommer inte distansmättet inbegripa de utsläpp som medföljer vid produktion av y . Om $x \in \mathfrak{R}^{N+J}$, är också utsläppen inkluderade i produktionsfunktionen. Dessa två distansfunktioner kan illustreras i Figur 4.1 Antag att arbetsställe, Q , använder sig av n normala insatsfaktorer (som kapital och arbetskraft) och j miljömässigt skadliga insatsfaktorer (som utsläpp av en förorening). Distansfunktionen söker den största möjliga proportionella minskningen av insatsfaktorerna som är möjlig för att producera dess ursprungliga mängd. I detta exempel för arbetsställe Q , får TE_q , vilket är det inverterade värdet på distansfunktionen d , värdet $Q'0/Q0$. Om vi inte tar hänsyn till utsläppen får TE_q värdet $Q''0/Q0$. I båda fallen ligger värdena mellan noll och ett.

Med hjälp av ett så kallat Malmquistindex, kan vi också se på arbetsställets utveckling över tid. Om vi följer Färe et al. (1992), kan vi definiera Malmquist produktivitetsindex för de normala insatsfaktorerna (x_i) och utsläppen (z_i), som ett geometriskt genomsnitt av två separata fronter för år t och s :

$$M_i(x^t, z^t, y^t, x^s, z^s, y^s) = \left[\frac{D_i^t(x_i^s, z_i^s, y_i^s) D_i^s(x_i^s, z_i^s, y_i^s)}{D_i^t(x_i^t, z_i^t, y_i^t) D_i^s(x_i^t, z_i^t, y_i^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \tag{5}$$

Detta index kan dekomponeras i två delar:

$$M_i(x^t, z^t, y^t, x^s, z^s, y^s) = \frac{D_i^s(x_i^s, z_i^s, y_i^s)}{D_i^t(x_i^t, z_i^t, y_i^t)} \sqrt{\frac{D_i^t(x_i^s, z_i^s, y_i^s) D_i^t(x_i^t, z_i^t, y_i^t)}{D_i^s(x_i^s, z_i^s, y_i^s) D_i^s(x_i^t, z_i^t, y_i^t)}} \tag{6}$$

Där den första delen EC är arbetsställets förändring av effektiviteten, det vill säga deras avstånd till fronten mellan två tidpunkter.

$$EC_i = \frac{D_i^s(x_i^s, z_i^s, y_i^s)}{D_i^t(x_i^t, z_i^t, y_i^t)} \tag{7}$$

Den andra delen av uttrycket, inom rottecknet, TC , mäter frontens förflyttning mellan två tidpunkter.

$$TC_i = \left[\frac{D_i^t(x_i^s, z_i^s, y_i^s) D_i^t(x_i^t, z_i^t, y_i^t)}{D_i^s(x_i^s, z_i^s, y_i^s) D_i^s(x_i^t, z_i^t, y_i^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

Om vi antar konstant skalavkastning och full separabilitet kan vi definiera följande miljöindex, som kvoten mellan distansfunktionen med och utan utsläpp:

$$E_i^t(x^t, z^t, y^t) = \frac{D_i^t(x^t, y^t)}{D_i^t(x^t, z^t, y^t)} \quad (9)$$

Med ovanstående miljöindex kan vi isolera det miljörelaterade bidraget till produktivitetsförändringar, genom att skriva om formeln som

$$D_i^t(x^t, z^t, y^t) = \frac{D_i^t(x^t, y^t)}{E_i^t(x^t, z^t, y^t)} \quad (10)$$

och sätter vi in uttrycket i (6) kan vi dekomponera effektivitetsförändringen med en miljökomponent

$$EC_i = \frac{D_i^s(x_i^s, z_i^s, y_i^s)}{D_i^t(x_i^t, y_i^t)} \frac{E_i^t(x_i^s, z_i^s, y_i^s)}{E_i^{t+1}(x_i^t, z_i^t, y_i^t)} \quad (11)$$

Vi kan också, med hjälp av ett miljöindex som mäter förändringen i teknologin mellan två tidpunkter dekomponera förändringen av fronten i miljöriktningen. Vi definierar detta miljöindex som

$$PE_i^t(x^s, z^s, y^s) = \frac{D_i^t(x^s, z^s, y^s)}{D_i^t(x^s, y^s)} \quad (12)$$

Och då får vi följande uttryck av förändringen av fronten (TC) i (8)

$$TC_i = \left[\left(\frac{D_i^t(x_i^s, z_i^s, y_i^s) D_i^t(x_i^t, z_i^t, y_i^t)}{D_i^s(x_i^s, z_i^s, y_i^s) D_i^s(x_i^t, z_i^t, y_i^t)} \right) \left(\frac{PE_i^s(x_i^t, z_i^t, y_i^t) PE_i^s(x_i^s, z_i^s, y_i^s)}{PE_i^t(x_i^t, z_i^t, y_i^t) PE_i^t(x_i^s, z_i^s, y_i^s)} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (13)$$

Om vi slutligen sammanför uttrycket för förändringen av effektiviteten EC (11) och förändringen av fronten TC (13), får vi ett uttryck för ett Malmquist produktivtetsindex uttryckt med distansfunktioner dekomponerad i en miljöriktning och en riktning av normala insatsfaktorer

$$M_i(x^t, z^t, y^t, x^s, z^s, y^s) = \left(\frac{D_i^s(x_i^s, z_i^s, y_i^s)}{D_i^t(x_i^t, z_i^t, y_i^t)} \right) \left(\frac{D_i^t(x_i^t, y_i^t)}{D_i^s(x_i^s, z_i^s, y_i^s)} \frac{D_i^s(x_i^s, y_i^s)}{D_i^t(x_i^t, z_i^t, y_i^t)} \right) \sqrt{\left(\frac{D_i^t(x_i^s, y_i^s) D_i^t(x_i^t, y_i^t)}{D_i^s(x_i^s, y_i^s) D_i^s(x_i^t, y_i^t)} \right) \left(\frac{D_i^s(x_i^s, y_i^s) D_i^s(x_i^t, z_i^t, y_i^t) D_i^s(x_i^t, y_i^t) D_i^t(x_i^s, z_i^s, y_i^s)}{D_i^s(x_i^t, z_i^t, y_i^t) D_i^t(x_i^t, y_i^t) D_i^s(x_i^t, z_i^t, y_i^t) D_i^t(x_i^s, y_i^s)} \right)} \quad (14)$$

Den första parentesen mäter den traditionella effektivitetsförändringen (EC_0), den andra termen mäter förändringen av miljöindexet (EEC). Innanför rottecknet har vi först det traditionella uttrycket för teknisk förändring (TC_0) i de normala insatsfaktorerna, medan i den andra parentesen är uttrycket för förändringen av miljöindexet (ETC). Den tekniska förändringen mäts som ett geometriskt genomsnitt av förändringen av fronterna år t och s .

$$M_i(x^t, z^t, y^t, x^s, z^s, y^s) = EC_0 * EEC * TC_0 * ETC \quad (15)$$

Referenser

- Banker R. D., Charnes A., och Cooper W. W. (1984), "Some models for estimating technical change and scale inefficiency in data envelopment analysis, *Management Science*, 30 (9), 1078-1092.
- Brännlund R. (2007). "Miljöpolitik utan kostnad? En kritisk granskning av Porterhypotesen" Rapport till Expertgruppen för miljöstudier, 2007:2.
- EEA <http://www.eea.europa.eu/>
- EU-KLEMS <http://www.euklems.net/>
- Eurostat, <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/>
- Farrell M. J. (1957), The measurement of productive efficiency. *Journal of Royal Statistic Society, Series A* 120(III), 253-281.
- Skatteverket (2007) Skatter i Sverige Skattestatistisk årsbok 2007.
- Färe R., Grosskopf S., Lindgren B. och Roos P. (1992), Productivity change in Swedish Pharmacies 1980-189. *Journal of Productivity Analysis* Vol. 3, 85-101.
- Färe R. och Primot D. (1995), *Multi-output production and duality: Theory and Applications*. Norwell, MA, Kuwert Academic Publisher.
- IPPC, (1996). *European Integrated Pollution Prevention Control Directive 96/61/EC* EU-kommissionen, Bryssel 1996.
- ITPS (2008). "Statligt stöd till näringslivet 2007, S2008:004, ITPS, Östersund.
- Jorgenson D. W., Gollop F. M. och Fraumeni B. M., (1987) *Productivity an U.S. economic growth* , Harvard Economic Studies, Cambridge, MA.
- Larsson J. och Telle K. (2008). "Consequences of the IPPC's BAT requirements for abatement costs and emissions", *Environmental Resource and Economics*, Vol. 41(4), 563-578.
- Karpetay P. och Saieed Y. (2007). "Realkapital på företagsnivå." Memo, ITPS.
- Naturvårdsverket,(2008). http://www.naturvardsverket.se/upload/05_klimat_i_forandring/statistik/ghg_industri.xls
- Naturvårdsverket och Energimyndigheten (2006), *Ekonomiska styrmedel i miljöpolitiken*. ER 2006:34.
- Nilsson C. (1999). " A Unilateral Versus a Multilateral Carbon Dioxide Tax – A Numerical Analysis with the European Model GEM-E3," Working paper p. 66, Konjunkturinstitutet, Stockholm.
- Shephard R. W. (1953), *Cost and production functions*, Princeton, Princeton University Press.
- Shephard R. W. (1970), *Theory of cost and production functions*, Princeton, Princeton University Press.
- Skatteverket (2007) Skatter i Sverige Skattestatistisk årsbok 2007.

SOU 2002:114, Gemensamt genomförande: Avtal för bättre miljö, 2002

Statens energimyndighet. (2008). "Energiläget 2007", ET 2007:49, Uppsala.

Statens energimyndighet. (2008). "Elcertifikatsystemet 2008", ET 2008:7, Eskilstuna.

ITPS, Institutet för tillväxtpolitiska studier, är en statlig myndighet med uppdrag att bidra med kunskapsunderlag för tillväxtpolitiken.

ITPS har definierat fyra tillväxtpolitiska utmaningar för Sverige:

- Globalisering och internationalisering
- Regional tillväxt
- Näringslivets dynamik
- Teknisk utveckling

Verksamhet och arbetsuppgifter är fördelade inom tre avdelningar och tre kunskapsområden:

- Avdelningen för tillväxtanalys och statistik beskriver och analyserar tillväxten och dess drivkrafter i Sverige.
- Avdelningen för utvärdering redovisar resultatet av den politik som genomförs.
- Avdelningen för omvärldsanalys bevakar och analyserar händelser i omvärlden som kan komma att få betydelse i Sverige.

Uppdragsgivare är regeringen. I uppdraget ingår att sprida kunskapen till nationella, regionala och lokala tillväxtpolitiska aktörer.

ITPS har sitt huvudkontor i Östersund och verksamhet i Stockholm, Peking, Tokyo, New Delhi, Los Angeles/San Francisco, Washington och Bryssel.