

Metod för att beräkna Sveriges energiavtryck

ER 2016:04

Böcker och rapporter utgivna av Statens
energimyndighet kan beställas via
www.energimyndigheten.se
Orderfax: 08-505 933 99
e-post: energimyndigheten@arkitektkopia.se

© Statens energimyndighet

ER 2016:04

ISSN 1403-1892

Förord

Energimyndigheten arbetar med omställningen till ett hållbart energisystem d.v.s. ett energisystem som är ekologiskt hållbart, tryggt och konkurrenskraftigt. Energimyndigheten verkar även för att Sverige ska nå generationsmålet, vilket lyder: *”det övergripande målet för miljöpolitiken är att till nästa generation lämna över ett samhälle där de stora miljöproblemen i Sverige är lösta, utan att orsaka ökade miljö- och hälsoproblem utanför Sveriges gränser”*. För att följa upp trender utanför Sveriges gränser behöver konsumtionsbaserade indikatorer tas fram och analyseras.

Syftet med rapporten är att beskriva olika metoder för att beräkna energiavtryck, ta fram en metod på en ny indikator av energiavtryck samt belysa generationsmålet utifrån denna beräkning.

Energimyndigheten har funnit det värdefullt att undersöka hur konsumtionsbaserad energianvändning kan beskrivas och modelleras. Klimatavtryck baseras till stor del på energistatistik, men ej uteslutande. Energiintensiteter och fossilt innehåll skiljer sig åt mellan länder och det är värdefullt att undersöka energiaspekten enskilt. Detta kan bidra till att också förbättra indikatorer för klimatavtryck. På längre sikt är myndighetens ambition att också bidra till förbättrad data, statistik, metoder och modeller för såväl energiavtryck som klimatavtryck av svensk konsumtion.

Rapporten är resultatet av ett egeninitierat projekt på Energimyndigheten. Julien Morel, handläggare på analysavdelningen, har varit utredningsledare. Linus Klackenberg, Linda Kaneryd, Peter Bennich, Paul Westin och Klaus Hammes har bidragit med synpunkter. En underlagsrapport har beställts av Anders Wadeskog på SCB-miljöekonomi.



Zofia Lublin
Avdelningschef
Analysavdelningen



Julien Morel
Utredningsledare

Innehåll

Förord	1
Sammanfattning	5
Konsumtionsperspektivet är komplementärt till produktionsperspektivet.....	5
Energiavtrycksberäkningar är beroende av internationella databaser	5
Några första slutsatser kan dras om Sveriges energiavtryck 1995-2008.....	5
Analyser av Sveriges energiavtryck kan bidra till att belysa generationsmålet	7
Summary	9
A consumption perspective is complementary to a production perspective...	9
Energy footprint calculations are dependent on international databases.....	9
Some first conclusions can be drawn about Sweden's energy footprint 1995-2008	9
Analyses of Sweden's energy footprint can help to highlight Sweden's generational goal	11
1 Introduktion	13
1.1 Konsumtion är ett komplementärt perspektiv till produktion.....	13
1.2 Definitioner	15
1.3 Generationsmålet har ett konsumtionsbaserat komponent.....	16
1.4 Syfte och avgränsningar.....	17
2 Val av metod och databas	19
2.1 Multi-regionala input-output analyser (MRIOA) är bäst lämpade	19
2.2 MRIOA är en väl beprövad metod.....	22
2.3 MRIOA kan kopplas till miljöstatistik för att beräkna avtryck.....	26
2.4 MRIOA kräver omfattande internationella databaser	28
2.5 World-Input-Output-Database (WIOD) används i denna rapport.....	31
2.6 Osäkerheter beror framförallt på indatans kvalité.....	32
2.7 Framtidens arbete är beroende av internationella och årligt uppdaterade databaser	34
3 Sveriges energiavtryck 1995–2008	37
3.1 Energianvändningen var lika stor som energiavtrycket.....	37

3.2	Energianvändningen har minskat medan energiavtrycket har ökat	38
3.3	Energiavtryckets energimix var mer fossilbaserad	40
3.4	Fossilandelen av energiavtrycket verkar inte ha minskat	42
3.5	EU hade störst påverkan	44
3.6	Kinas och Rysslands betydelse ökade.....	46
3.7	Tillverkningen utomlands ökade i betydelse.....	48
3.8	Privat konsumtion utgjorde största delen av energiavtrycket	51
3.9	En jämförelse med Sveriges klimatavtryck enligt Naturvårdsverkets beräkningar.....	51
3.10	Konsumtionsökningen har drivit Sveriges klimatavtryck.....	53
3.11	Sveriges lägre fossilandel var orsaken till högre klimatavtryck	54
Bilaga 1: Koder över energislag och sektorer		57
	WIOD:s och NACE:s sektorkoder	57
	WIOD:s och IEA:s bränslekoder.....	58
	WIOD:s och IEA:s sektorer.....	60
Bilaga 2: Jämförelser mellan olika MRIO-databaser och analyser		61
	Sveriges BNP, import och export 1990-2010 från olika databaser	61
	Sveriges energi- och klimatränskap samt beräknade energi- och klimatavtryck 1990-2012 från olika databaser.....	62

Sammanfattning

Konsumtionsperspektivet är komplementärt till produktionsperspektivet

Indikatorer för energianvändning såsom miljöpåverkan kan beskrivas utifrån två olika perspektiv: ett produktionsperspektiv och ett konsumtionsperspektiv. I ett produktionsperspektiv omfattas all energi som behövs för produktionen av varor och tjänster av aktörer som är verksamma eller bosatta i Sverige. Med ett konsumtionsperspektiv räknas all energianvändning som används för att upprätthålla Sveriges totala konsumtion av varor och tjänster (till exempel elektronik, resor, mat, hotell, banktjänster, sjukvård, försvar m.m.), oavsett i vilket land i produktionskedjan energianvändningen har skett. Dessa två perspektiv kompletterar varandra för att visa en mer mångfacetterad bild av energianvändningen i Sverige.

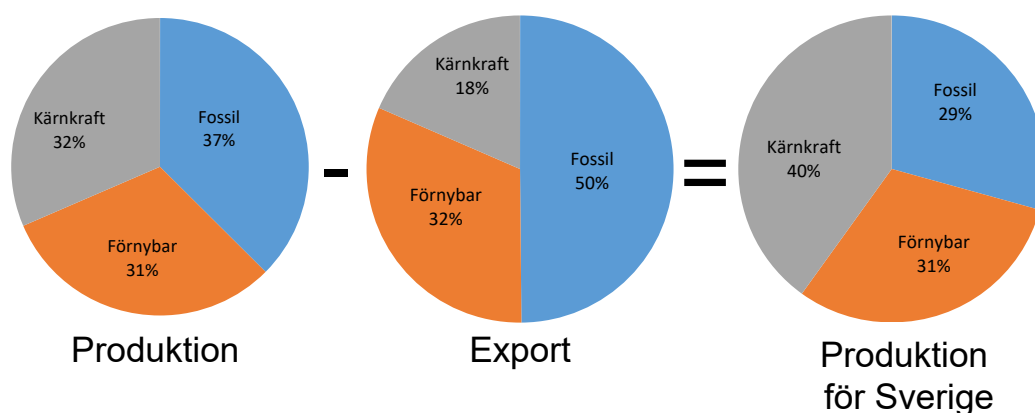
Energiavtrycksberäkningar är beroende av internationella databaser

För att fånga hela produktionskedjan av de produkter och tjänster som används av Sveriges konsumenter har vi bedömt att multi-regionala input-output analyser (MRIOA) är bäst lämpade. Dessa metoder liknar livcykelsanalyser men företas på en aggregerad nivå. För att kunna göra sådana analyser krävs dock internationella databaser över produktion, handel och energianvändning i världen. I rapporten har World-Input-Output-Database (WIOD) valts för att beräkna Sveriges energiavtryck 1995-2009. Resultatet är förknippat med stora osäkerheter och ska tolkas med försiktighet. Framtida studier är beroende på tillgången på årligt uppdaterade och kvalitetssäkrade internationella databaser, som undviker dubbelräkningar, minimerar osäkerheter och som stämmer väl överens med det speciella fallet Sverige (som är en liten ekonomi med stor andel bibränsle, stor handel med omvärlden och samtidigt en befolkning som företar många resor och turistar utomlands). Naturvårdsverkets årliga publikationer av Sveriges klimatavtryck baseras därför på en simulerad MRIOA men SCB publicerade även åt Naturvårdsverket år 2014 en indikator på Sveriges klimatavtryck 1995-2009 baserad på en fullständig MRIOA.

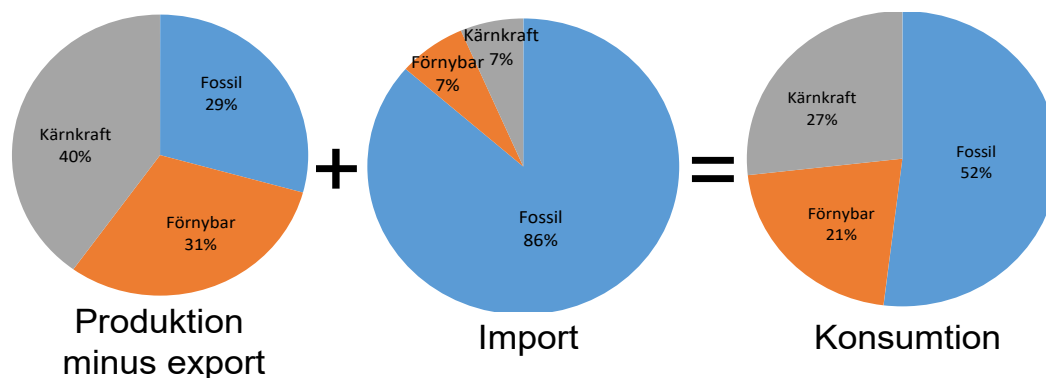
Några första slutsatser kan dras om Sveriges energiavtryck 1995-2008

Med hjälp av ovan nämnda metoder har Energimyndigheten tillsammans med SCB tagit fram en ny indikator på Sveriges energiavtryck och tillhörande energimix för perioden 1995-2009. Mellan 2008 och 2009 minskade Sveriges energiavtryck med 10 procent på grund av den s.k. finanskrisen men det är oklart om energiavtrycket efteråt har återhämtat sig vilket gör att resultatet för 2009 inte analyseras närmare. Beräkningen tyder på att:

- Sveriges energianvändning år 2008 var lika stor utifrån ett konsumtionsperspektiv såsom utifrån ett produktionsperspektiv: cirka 67 MWh per capita i termer av primär energi;
- Sveriges export av energiavtryck minskar medan motsvarande import ökar;
- Sveriges export är mer fossilintensiv än Sveriges produktion (Figur 1);
- Andel fossil i Sveriges energimix var år 2008 högre utifrån ett konsumtionsperspektiv än utifrån ett produktionsperspektiv (Figur 2);
- Sverige exporterade produkter och tjänster som i genomsnitt tillverkades med klimateffektivare teknik än övriga länder, vilket skulle tyda på att Sverige bidrar till att dessa länder kan minska sina utsläpp;
- Sveriges fossilandel verkar inte ha minskat utifrån ett konsumtionsperspektiv mellan 1995 och 2008;
- EU:s export har störst påverkan på Sveriges energiavtryck men påverkan från icke-OECD-länder, särskilt Kina och Ryssland, har ökat;
- Tillverkning är den sektor vars energiavtryck utomlands ökade mest under perioden;
- Privat konsumtion utgjorde 2008 största delen (60 procent) av Sveriges energiavtryck, och resterande utgörs av offentlig konsumtion, hushållens direkta användning och bruttoinvesteringar.



Figur 1 – Bränslemix för Sveriges produktion, export av varor och tjänster och produktion för inhemsk användning år 2008. Källa: WIOD, SCB:s och Energimyndighetens bearbetning



Figur 2 – Bränslemix från Sveriges produktion, import och konsumtion år 2008.

Källa: WIOD, SCB:s och Energimyndighetens bearbetning

Analys av Sveriges energiavtryck kan bidra till att belysa generationsmålet

Generationsmålet är det mest uttalade målet som rör energipolitiken och som har en konsumtionsbaserad komponent. Det lyder: *”det övergripande målet för miljöpolitiken är att till nästa generation lämna över ett samhälle där de stora miljöproblemen i Sverige är lösta, utan att orsaka ökade miljö- och hälsoproblem utanför Sveriges gränser”*. För att belysa generationsmålet och följa upp trender utanför Sveriges gränser har Sveriges energiavtryck kopplat till Sveriges klimatavtryck beräknats i denna rapport. Analysen visar att anledningen till att Sveriges klimatavtryck var cirka 60 procent större än Sveriges produktionsbaserade klimatpåverkan år 2008 är framförallt att Sverige importerar från länder som i genomsnitt är mer fossilintensiva. Anledningen till att Sveriges produktionsbaserade energianvändning 2008 var ungefär lika som Sveriges energiavtryck är att Sveriges relativt lägre totala energiintensitet kompenseras av att Sverige exporterade inom energiintensiva sektorer och att bytesbalansen var positiv. Analysen visar även att Sveriges klimatavtryck framförallt har ökat på grund av att konsumtionen har ökat i ekonomiska termer. Den energieffektiviseringseffekt för minskad klimatpåverkan som kan observeras har därmed i princip tagits ut på grund av denna konsumtionsökning.

Summary

A consumption perspective is complementary to a production perspective

Indicators of energy use as well as of environmental impact can be described from two different perspectives: a production and a consumption perspective. In a production perspective, the energy that is used for the production of goods and services of actors that operate or reside in Sweden is taken into account. In a consumption perspective, the energy that is needed to maintain the country's total consumption of goods and services (such as electronics, travel, food, hotel, banking, healthcare etc.) is included, regardless of the country in the production chain where the energy use has occurred. These two perspectives are complementary to each other in order to show a complex picture of the Swedish energy use.

Energy footprint calculations are dependent on international databases

In order to access to the full production chain of products and services that ultimately are used by Sweden's end users, we have judged that multi-regional input-output analyses (MRIOA) are best suited. These methods are similar to life-cycle analyses (LCA) but at an aggregated level. In order to perform such analyses, however, international databases on countries' production, trade and energy use are required. In this report, the World Input-Output Database (WIOD) was chosen in order to calculate Sweden's energy footprint 1995-2009. The result is nevertheless so far associated with a high amount of uncertainty, and should therefore be interpreted accordingly. Future work is moreover dependent on the availability of an annually updated international database that has good quality, avoids double counting, minimizes uncertainties and fits well to the particular case of Sweden (which is a small economy with a large share of biofuels in its energy mix, a large foreign trade as well as a large amount of travels abroad). The Swedish EPA's annual publications of Sweden's carbon footprint is therefore based on a simulated MRIOA but SCB also published for the Swedish EPA's account, in 2014, an indicator of Sweden's climate footprint 1995-2009 based on a complete MRIOA.

Some first conclusions can be drawn about Sweden's energy footprint 1995-2008

The Swedish Energy Agency has developed, together with SCB, a new indicator of Sweden's energy footprint and the associated energy mix for the period 1995-2009. Between 2008 and 2009 however, Sweden's energy footprint fell by 10 per cent because of the financial crisis and it is unclear whether the energy footprint has recovered afterwards, which implies that the result for 2009 is shown in the

figures but not analysed. The results from the calculations indicate that:

- Sweden's primary energy consumption in 2008 was equal from a consumption perspective and from a production perspective;
- Sweden's export of energy footprint has decreased between 1995 and 2008 while Sweden's energy footprint of imports has increased;
- Sweden's export is more intensive in fossil fuels than Sweden's production (Figure 3);
- The percentage of fossil fuels in Sweden's energy mix in 2008 was higher from a consumption perspective than from a production perspective (Figure 4);
- Sweden was exporting products and services that on average are produced by more climate-efficient technology than other countries, which could indicate that Sweden contributes to reduce emissions in these countries;
- The percentage of fossil fuels in Sweden's consumption seems not to have fallen between 1995 and 2008;
- EU has the greatest impact on Sweden's energy footprint but the impact from non-OECD countries, and particularly from China and Russia, has increased;
- Manufacturing is the sector whose energy footprint abroad increased the most during this period;
- Private consumption represented in 2008 the largest part (60 percent) of Sweden's energy footprint, the remainder consisting of public consumption, household direct use and gross investment.

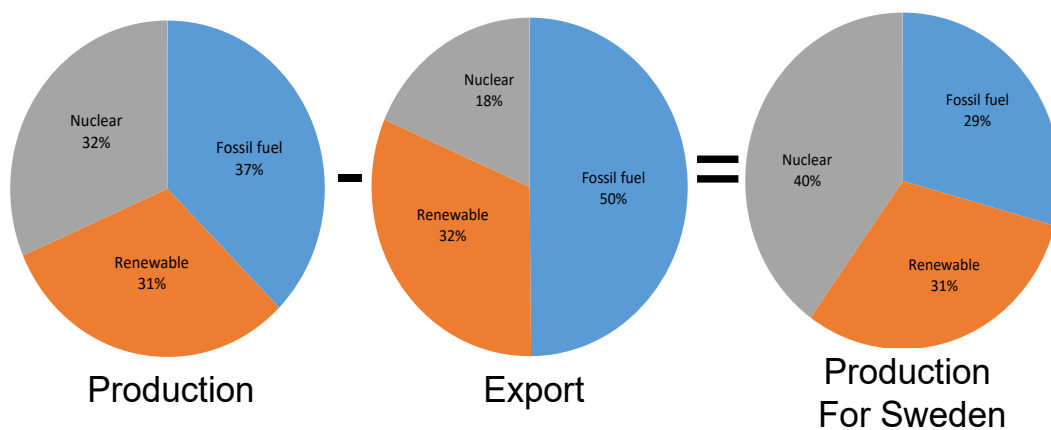


Figure 3 – Fuel mix for Sweden's production, export and production for domestic use in 2008. Source: WIOD, Statistics Sweden and Swedish Energy Agency

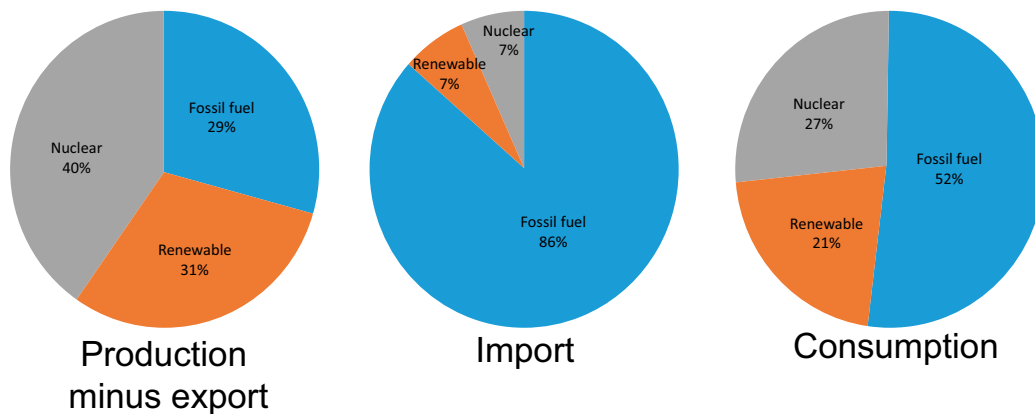


Figure 4 – Fuel mix for Sweden’s production for domestic use, import and consumption in 2008. Source: WIOD, Statistics Sweden and Swedish Energy Agency

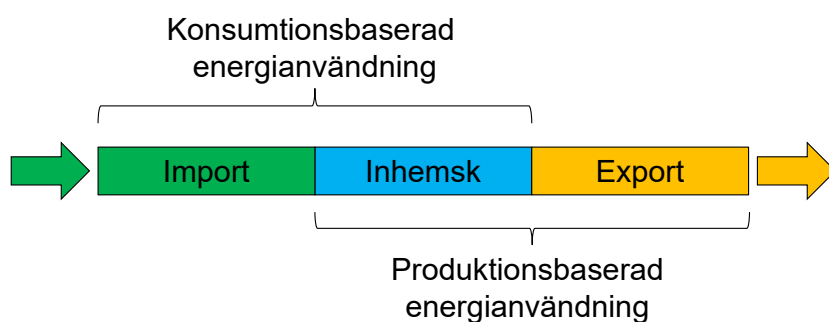
Analyses of Sweden’s energy footprint can help to highlight Sweden’s generational goal

Sweden’s generation goal is the most outspoken goal in energy policy which has a consumption-based component. It is stated as follows: “The overall goal of Swedish environmental policy is to hand over to the next generation a society in which the major environmental problems in Sweden have been solved, without increasing environmental and health problems outside Sweden’s borders”. In order to illustrate Sweden’s generation goal and to monitor trends outside of Sweden, Sweden’s energy footprint has been linked to Sweden’s carbon footprint in this report. This analysis shows that the main reason for Sweden’s carbon footprint to be about 60 percent larger than Sweden’s production-based emissions in 2008 was that Sweden was importing from countries which are on average more fossil-intensive. The main reason why Sweden’s production-based energy use in 2008 was about the same as Sweden’s energy footprint is that Sweden’s relatively lower total energy intensity was compensated by the fact that Sweden exported within energy-intensive sectors and that Sweden’s trade balance was positive. This analysis also shows that Sweden’s carbon footprint has increased mainly due to increased consumption in economic terms. The effect of energy efficiency that can be observed on Sweden’s carbon footprint has therefore in principle been levied by this increase in consumption.

1 Introduktion

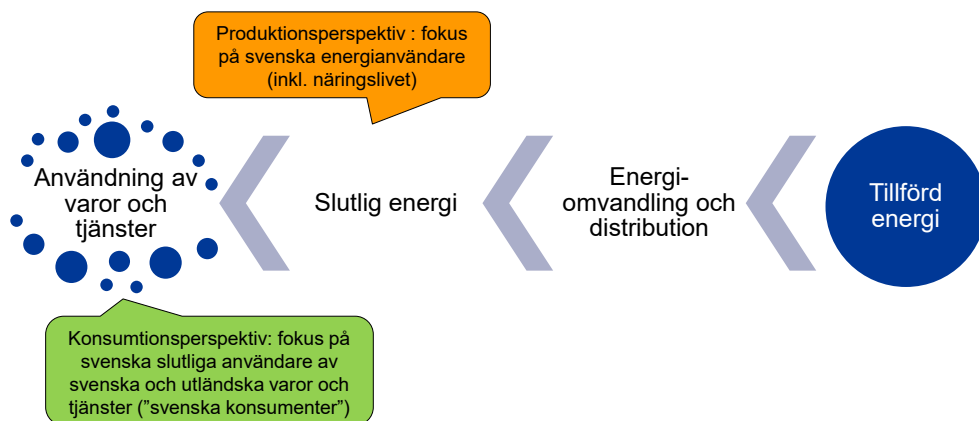
1.1 Konsumtion är ett komplementärt perspektiv till produktion

Indikatorer för energianvändning såsom miljöpåverkan kan beskrivas utifrån två olika perspektiv: ett produktionsperspektiv och ett konsumtionsperspektiv. I ett produktionsperspektiv omfattas all energi som används för produktionen av varor och tjänster av aktörer som bidrar till Sveriges BNP. Med ett konsumtionsperspektiv räknas all energi som används för att upprätthålla Sveriges totala konsumtion av varor och tjänster (till exempel elektronik, resor, mat, hotell, banktjänster, sjukvård, försvar m.m.), oavsett i vilket land energianvändningen har skett i produktionskedjan. Den huvudsakliga skillnaden mellan dessa två perspektiv är hur man räknar den indirekta energianvändningen, som är inbäddad i produkter och tjänster, som handlas mellan länder (Figur 5). Världens totala energianvändning är densamma i båda perspektiv men fördelningen av energianvändningen bland världens länder blir annorlunda.



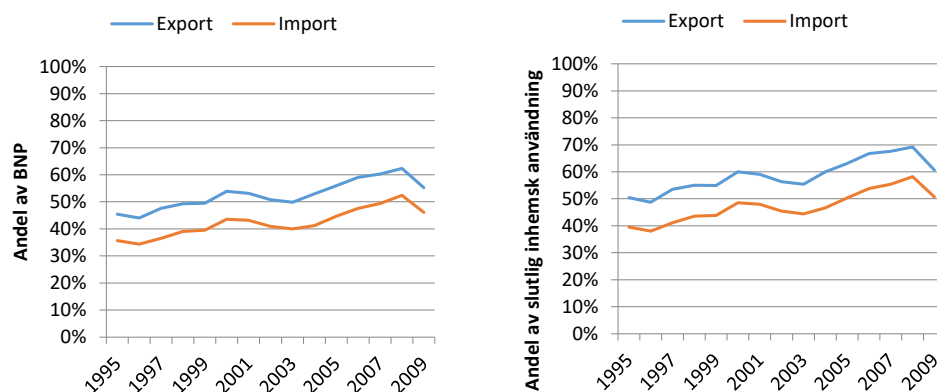
Figur 5 – Förenklad representation av ett produktions- och ett konsumtionsperspektiv på energianvändningen

Genom att analysera energianvändningen utifrån ett konsumtionsperspektiv tolkar man de svenska och utländska energisystemen som mellansteg/medel för att tillfredsställa den slutliga konsumentens behov av varor och tjänster (se Figur 6).



Figur 6 – Ett produktionsperspektiv fokuserar på Sveriges slutliga energianvändning medan ett konsumtionsperspektiv fokuserar på energiavtrycket av Sveriges inhemska efterfrågan av varor och tjänster oavsett vilket energisystem i världen som har behövts för att tillverka dessa produkter

Mängden produkter som handlas mellan länderna har trefaldigats mellan 1990 och 2012 och världshandeln har ökat snabbare än världsekonomin under denna period¹. Världens produktionskedjor har blivit mer och mer komplexa och sammankopplade med tiden². I och med att Sverige är en liten och öppen ekonomi och att Sveriges handel med andra länder (Figur 7) såsom internationella resor³ och turism utomlands⁴ har ökat under de senaste decennierna är miljöpåverkan förknippad med dessa transaktioner viktiga att följa för Sverige. I teorin ska import och export i ekonomiska termer balanseras på sikt. I praktiken har ändå import och export olika strukturer och intensiteter vilket gör att import och export inte alltid balanseras i termer av till exempel energi och klimatpåverkan⁵.



Figur 7 - Sveriges export och import av varor och tjänster med omvärlden mellan 1995 och 2009, som andel av Sveriges BNP och av den totala användningen. Källa: WIOD

¹ https://www.wto.org/english/news_e/pres13_e/pr688_e.htm

² <http://www.etsg.org/ETSG2015/Papers/336.pdf>

³ Åkerman (2012) - Climate impact of international travel by Swedish residents

⁴ <http://www.tillvaxtverket.se/download/18.6920f7eb1468bb1c9b03409a/1443039916036/%C3%85rsbokslut2013.pdf>

⁵ http://www.scb.se/statistik/mi/mi1202/2004a01/mi1202_2004a01_br_mift0408.pdf

1.2 Definitioner

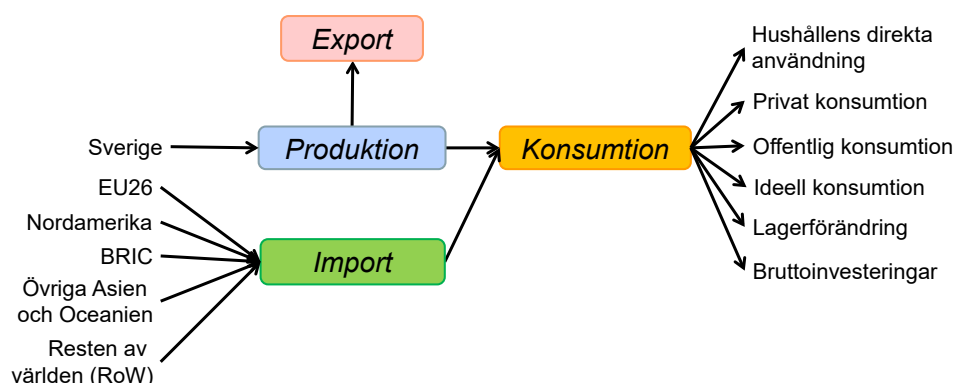
Vissa förenklade begrepp har använts i denna rapport för att kunna kommunicera resultatet på ett begripligt sätt⁶:

- *Produktion* beskriver varor och tjänster som används av aktörer som är ekonomiskt verksamma i Sverige och bidrar till Sveriges BNP, inklusive internationell transport och hushållens direkta energianvändning⁷. *Sverige* står därför i rapporten som en synonym till *Sveriges ekonomi*.
- *Konsumtion* står för *slutlig inhemsk användning/efterfrågan* och innefattar all produktion som behövs för att upprätthålla Sveriges konsumtion. Den består av sex olika komponenter (Figur 8):
 - *Hushållens direkta användning* består av hushållens utgifter för direkt energianvändning av drivmedel, el och fjärrvärme.
 - *Privat konsumtion* består av hushållens utgifter som går åt varor och tjänster som används för att tillgodose hushållens behov, t.ex. livsmedel, boende, transporttjänster, kläder och skor.
 - *Offentlig konsumtion* innehåller konsumtionsutgifter som staten och kommuner försörjer till medborgaren, exempelvis sjukvård, försvar och andra offentliga tjänster. Denna kategori tolkas i denna rapport som *hushållens användning av offentliga tjänster*.
 - *Ideell konsumtion* är kopplad till utgifter från hushållens icke-vinst-drivande organisationer (HIO) såsom välgörenhetsorganisationer, politiska partier och idrottsrörelser.
 - *Lagerförändringar* mäts som värdet av uppbyggnad av lager, minus värdet av uttag ur lager samt värdet av eventuella återkommande lagerförluster.
 - *Bruttoinvesteringar* är inhemska producenters anskaffning, minus avyttring av fasta tillgångar under en given period (plus vissa tillägg). Exempel på fasta tillgångar är byggnader, fordon och annan utrustning, maskiner och även växter och boskap. De tolkas i denna rapport som ett konsumtionsområde även om de skulle behövas räknas netto och fördelas över tiden.
- *Import* står för import av utrikes produktion, d.v.s. import av produkter som går till Sveriges konsumtion, antingen direkt som färdig produkt eller indirekt som insats i produktionskedjan utomlands.

⁶ Definitionerna bearbetades utifrån <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Klimat-och-luft/Klimat/utslappen-av-vaxthusgaser/Konsumtionsbaserade-utslapp-av-vaxthusgaser>

⁷ I nationalräkenskaperna och energiräkenskaperna, som används i denna rapport, beskrivs produktionsperspektivet utifrån ett residensperspektiv. Produktionsperspektivet kan även beskrivas utifrån ett territoriellt perspektiv i den officiella energistatistiken, d.v.s. att all energi som används i Sverige som territorium räknas in.

- *Export* står för den del av Sveriges produktion som inte går till inhemsk konsumtion^{8,9}.
- Energianvändning står här för direkt användning av primär energi. Det innefattar alla energislag som behövs för att producera varor och tjänster samt för hushållens direkta användning¹⁰. Energin kan användas för att tillverka antingen insatsvaror eller slutprodukter.
- Energiavtryck används i rapporten som en synonym till konsumtionsbaserad energianvändning.
- Produkter står som en förkortning av varor och tjänster.



Figur 8 – Förenklad beskrivning av de olika begrepp som används i denna rapport

1.3 Generationsmålet har ett konsumtionsbaserat komponent

I likhet med den europeiska energistrategin bygger den svenska energistrategin på tre grundpelare: ekologisk hållbarhet, försörjningstrygghet och konkurrenskraft (Figur 9)¹¹. Ekologisk hållbarhet brukar dessutom beskrivas i Sverige utifrån miljömålssystemet som består av ett generationsmål, sexton miljökvalitetsmål samt tjugofyra etappmål¹².

Nästan alla dessa mål har ett produktionsperspektiv som utgångspunkt och fokuserar i energisammanhang på energisystemet i Sverige. Generationsmålet har

⁸ Metodologin skiljer åt vad som exporteras som insatsvara i andra länder (som bestäms av andra länders import av svensk produktion och som redovisas i tillförselsdelen av en MRIO-tabell, Figur 16) och vad som exporteras och slutanvänds utomlands (och därmed inte tillhör svensk/inhemsk användning men ingår i den totala slutliga totala användningen i Sveriges nationalräkenskaper).

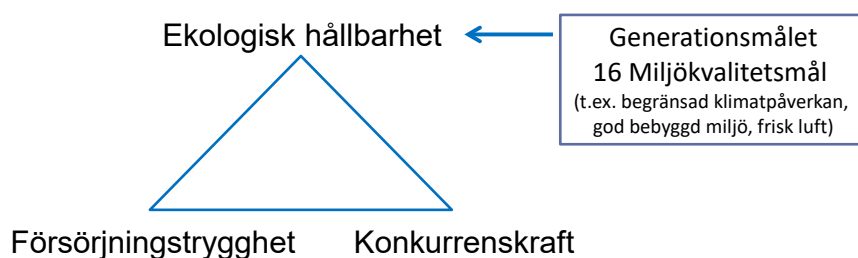
⁹ Export skulle kunna ha beräknats som en komponent av den totala slutliga användningen i en MRIO-analys. Skillnaden i resultatet mellan dessa två räknesätt bedöms ändå liten.

¹⁰ El och värme räknas därmed utifrån de bakomliggande primära energienergiressurser som används i energiförsörjningen såsom kol, biomassa eller vindkraft. För ytterligare detaljer, se kapitel 2.5.

¹¹ Regeringen (2009) – En sammanhållen energi- och klimatpolitik. Prop. 2008/09:162 och 163

¹² <http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Sveriges-miljomal/Miljomalssystemet/>

däremot även en konsumtionsbaserad komponent och lyder: ”*det övergripande målet för miljöpolitiken är att till nästa generation lämna över ett samhälle där de stora miljöproblemen i Sverige är lösta, utan att orsaka ökade miljö- och hälsoproblem utanför Sveriges gränser*”. Av miljömålspropositionen framgår också att ”*miljöpolitiken ska inriktas mot att konsumtionsmönstren av varor och tjänster orsakar så små miljö- och hälsoproblem som möjligt*”¹³.



Figur 9 - De tre grundpelarna som EU:s och Sveriges energipolitik vilar på, samt det svenska miljömålssystemet som en förklaring av hållbarhetspelaren

Eftersom Sveriges energianvändning berör de flesta miljömålen är det viktigt att analysera energianvändningens betydelse för att nå generationsmålet. Den produktionsbaserade energianvändningen påverkar särskilt åtta miljömål: Begränsad klimatpåverkan, Frisk luft, Bara naturlig försurning, God bebyggd miljö, Giftfri miljö, Levande sjöar och vattendrag, Levande skogar, Storslagen fjällmiljö¹⁴. Utifrån ett konsumtionsperspektiv kan en liknande slutsats dras.

I denna rapport har energianvändningens betydelse för miljömålen begränsats till att enbart omfatta klimat som miljömål. Detta beror på att energianvändningen har en tydligare koppling till klimatpåverkan än till andra miljömål (energianvändningen utgör två tredjedelar av klimatpåverkan på global nivå), att klimatfrågan är en internationell fråga, att det finns en efterfrågan på data som förklarar Sveriges klimatavtryck med hjälp av resonemang kring energieffektivisering och andel förnybar energi¹⁵ samt att SCB redan har tagit fram data om Sveriges klimatavtryck med samma metodologi som den som valts för denna rapport, vilket gör det möjligt att jämföra Sveriges energiavtryck och klimatavtryck.

1.4 Syfte och avgränsningar

Syftet med rapporten är att beskriva olika metoder för att beräkna energiavtryck, ta fram en metod för en ny indikator för energiavtryck samt belysa generationsmålet¹⁶ utifrån denna beräkning, med särskilt fokus på klimatavtryck.

¹³ Regeringen (2009) – Svenska miljömål - för ett effektivare miljöarbete. Prop. 2009/10:155

¹⁴ Energimyndigheten (2011) - Energimyndighetens roll i miljömålssystemet

¹⁵ <https://www.naturvardsverket.se/Avpublicerat/Seminarium-om-konsumtionens-vaxthusgasutslapp/>

¹⁶ En beskrivning generationsmålet och hur konsumtionsperspektivet har kommit in i målsättningen finns i Naturvårdsverket (2010) – Den svenska konsumtionens globala miljöpåverkan (Bilaga 3)

På längre sikt är effektmålet för Energimyndigheten att bidra till väl underbyggda metoder, modeller, statistik och databaser för att kunna beräkna och bedöma konsumtionsbaserad energianvändning och dess koppling till klimatavtryck med mera.

Rapporten är främst en metodrapport och behandlar därför inte styrmedelsfrågor eller alternativa målformuleringar inom vare sig energi- eller klimatpolitik. Ej heller tas frågor som "läckage" på grund av outsourcing eller offshoring¹⁷ upp i rapporten.

I *kapitel 2* beskrivs olika metoder som kan användas för att beräkna Sveriges energiavtryck samt varför en energiexpanderad multiregional input-output analys (MRIOA) med World-Input-Output-Database (WIOD) används i denna rapport.

Resultatet från SCB:s MRIOA beskrivs i *kapitel 3*.

I *kapitel 4* analyseras vilka faktorer som kan förklara utvecklingen av Sveriges klimatavtryck. Detta omfattar befolkning, konsumtion, handel, produktionens och konsumtionens struktur, energiintensitet och energins växthusgasintensitet.

¹⁷ Svagt läckage/outsourcing förnippas med en högre energianvändning utomlands för att upprätthålla den svenska konsumtionen. Starkt läckage/offshoring förnippas med verksamheter som flyttar till länder med generösare energi- och miljöregler

2 Val av metod och databas

2.1 Multi-regionala input-output analyser (MRIOA) är bäst lämpade

Energianvändning kan mätas utifrån ett produktions- eller ett konsumtionsperspektiv. Det finns dessutom tre olika sätt att beräkna sådana indikatorer (Figur 10):

- Top-down-indikatorer drar nytta av heltäckande undersökningar på en aggregerad nivå.
- Bottom-up-undersökningar mäter endast den direkta delen av energianvändningen.
- Hybridindikatorer tas fram utifrån top-down-indikatorer kopplat till ekonomisk information från representativa paneller.

Det finns åtminstone fyra olika kategorier av top-down energiindikatorer:

- Energibalanser, som Energimyndighetens¹⁸ eller IEA:s energibalans¹⁹, utgår från ett territoriellt perspektiv och beskriver all energi som tillförs och används inom landet (inklusive direkt import och export av bränsle och el).
- Energiräkenskaper, som SCB:s energiräkenskaper²⁰ och internationella energiräkenskapsdatabaser (kapitel 2.2) utgår från energibalanser och bearbetar dem för att utgå från ett residentsperspektiv, d.v.s. med fokus på ekonomiska aktörer som är verksamma eller bosatta i Sverige.
- Energiavtrycksberäkningar (kapitel 2.2 och 2.3) beskriver energianvändningen som behövs för att försörja Sveriges konsumtion utifrån en input-output analys:
 - Sveriges energiavtryck och klimatavtryck beräknades vid olika tillfällen utifrån en single-region input-output analys (SRIOA)^{21, 22, 23}. Metoden har visat sig ha mycket felaktiga antaganden då alla länder i världen antas ha samma produktionssystem som Sverige²⁴.

¹⁸ <http://www.energimyndigheten.se/Statistik/Energibalans/>

¹⁹ <http://www.iea.org/sankey/#?c=Sweden&s=Balance>

²⁰ <http://www.scb.se/MI1301/>

²¹ SCB (2006) – Energy use and CO₂-emissions for consumed products and services

²² Naturvårdsverket (2010) – Den svenska konsumtionens globala miljöpåverkan

²³ Berglund (2011) – Green growth? A consumption perspective on Swedish environmental impact trends using input-output-analysis

²⁴ Naturvårdsverket (2010) – Methods to assess global environmental impacts from Swedish consumption

- Naturvårdsverket använder en simulerad multiregional input-output analys (MRIOA) för att årligen ta fram växthusgasutsläpp från Sveriges konsumtion sedan 1993²⁵.
- Naturvårdsverket har i samarbete med SCB tagit fram en indikator för Sveriges klimatavtryck 1995-2009²⁶ baserad på en MRIOA med hjälp av World input-output database (WIOD). Som underlag till denna rapport gjorde SCB en analys av Sveriges energiavtryck baserat på samma metod. Resultatet redovisas i kapitel 3 samt i en promemoria²⁷.
- Det pågår forskning kring beskrivningar av Sveriges marginella klimatpåverkan eller ”Technology-adjusted carbon emissions accounting” (TCBA)²⁸. Indikatorn för Sveriges marginella klimatpåverkan beräknas därför genom att summera Sveriges klimatavtryck (beräknat utifrån en input-output analys) och skillnaden mellan Sveriges exportutsläpp och de utsläpp som skulle ha producerats istället med världens genomsnittliga utsläppsintensitet. På så sätt kan man dra bort de teoretiska utsläpp som skulle ha undvikits på grund av att Sverige exporterar relativt klimateffektiva produkter och tjänster än vad som annars skulle kunna ha producerats med världens genomsnittliga utsläppsintensitet (s.k. nega-utsläpp)²⁹.

Exempel på bottom-up indikatorer är enkäter och hushållsmätningar av representativa paneler³⁰, som Energimyndighetens hushållsundersökning³¹ eller Trafikanalys resvaneundersökning³². Dessa utgår från detaljerade enkäter och mätningar och kan visa specifika beteendemönster i hushållens direkta energianvändning i bostäder och för transport.

²⁵ <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser--utslapp-av-svensk-konsumtion/>

²⁶ http://www.scb.se/Statistik/_Publikationer/MI1301_1995I09_BR_MI71BR1402.pdf

²⁷ SCB (2015) - Metodrapport: Framtagning av konsumtionsbaserad energianvändning från WIOD

²⁸ <http://www.nature.com/nclimate/journal/vaop/ncurrent/full/nclimate2555.html>

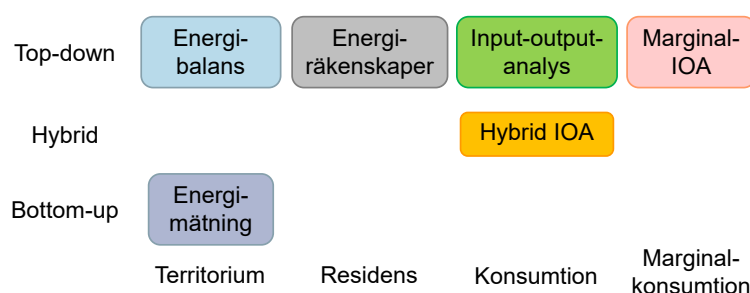
²⁹ Denna indikator syftar till att uppfylla tre krav: 1. Summan av alla länders nationella utsläpp måste vara lika med de totala globala utsläppen, annars finns inget som garanterar att man faktiskt uppnår de globala klimatmålen även om varje enskilt land uppfyller sina åtaganden. 2. Ansvaret bör fördelas i förhållande till vad olika länders invånare faktiskt kan påverka: det gäller nivå och sammansättning på den egna konsumtionen och det egna landets energisystem och produktionsteknologier. 3. Metoden bör inte skapa kontraproduktiva incitament: om ett land vidtar åtgärder som minskar de totala globala utsläppen ska detta inte leda till större nationella utsläpp.

³⁰ Representativa paneler utgörs av tillräckligt många hushåll som sammanlagt har ungefär samma fördelning som befolkningens när det gäller kön, ålder, medborgarskap, boendegeografi, utbildning, arbetsförhållanden, hushållssituation m.m.

³¹ https://www.energimyndigheten.se/Global/Statistik/F%C3%B6rb%C3%A4ttrad_energistatistik/Festis/Final_report.pdf

³² <http://www.trafa.se/statistik/resvanor/>

Hybridindikatorer, som Carlsson-Kanyamas³³, länsstyrelsernas³⁴ och SCB:s³⁵, visar energi- och klimatavtrycket som förknippas med hushållens inköp. På regional och kommunal nivå inom Sverige brukar SEI:s verktyg för energianalys användas (REAP³⁶). Dessa modeller baseras på energi- och miljöutvidgade input-output analyser och kopplar dessa till undersökningar om hushållsutgifter samt olika antaganden för regionaliseringen och fördelningen av resultatet. Dessa analyser kan visa vilka faktorer som främst påverkar energiavtrycket på mikronivån, t.ex. inkomstnivå, användning av tid³⁷ och livsstil³⁸. Även kön³⁹, människors välbefinnande⁴⁰ och människors beteende⁴¹ påverkar utfallet.



Figur 10 – Energiindikatorer kan klassificeras enligt fyra perspektiv (med fokus på territorium, residens, konsumtion och marginell konsumtion) och två redovisningsprinciper (top-down/bottom-up)

För att ta fram en indikator på energiavtryck har vi i denna rapport valt att ta fram en makroindikator baserad på en multiregional input-output analys (MRIOA). Metoden för denna komplexa analys beskrivs i kapitel 2.2. Styrkorna med metoden är att den tar hänsyn till hela produktionskedjan för varor och tjänster, är konsistent och kan tas fram årligen. Studier visar därmed att input-output (IO) analyser, och särskilt MRIO-analyser, är bäst lämpade för att säkerställa att hela konsumtionens livcykel beaktas i konsistenta kalkyler⁴².

³³ Carlsson-Kanyama et al. 2002 och 2005; FOI 2007 och 2010

³⁴ Se till exempel Göteborgs klimatavtryck och mål, Västra Götalands klimatavtryck och mål, Dalarnas klimatavtryck och mål, Lunds fotavtryck, Västmanlands fotavtryck, Stockholms och Norrbottens fotavtryck, norra Sveriges fotavtryck, Huddinges fotavtryck

³⁵ <http://www.scb.se/mil301>

³⁶ <http://www.sei-international.org/reap>

³⁷ Nässen et al (2010) – The effect of work hours on energy use – A micro-analysis of time and income effects

³⁸ Carlsson-Kanyama et al. (2002) - Household metabolism in the five cities

³⁹ Carlsson-Kanyama och Råty (2008) - Kvinnor, män och energi: makt, produktion och användning

⁴⁰ Naturvårdsverket (2011) – Klimatomställningen och det goda livet

⁴¹ Kommissionen (2014) – influences on consumer behaviour - policy implications beyond nudging

⁴² Tukker och Dietzbacher (2013) - Global multiregional input-output frameworks: an introduction and outlook; Tukker et al. (2009) - Towards a global multi-regional environmentally-extended input-output database; Brolison et al. (2010) – Methods to assess global environmental impacts from Swedish consumption.

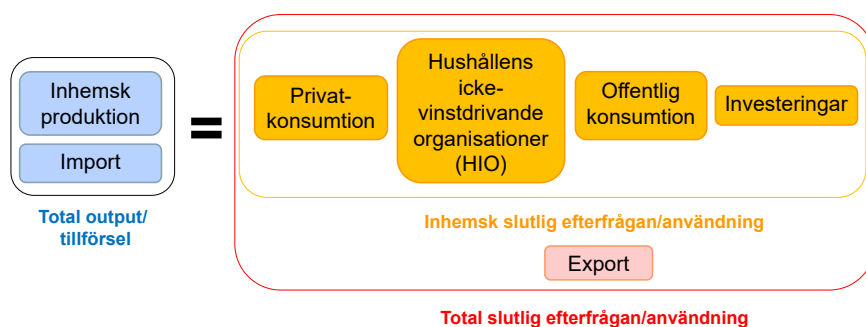
Dock har metoden sina nackdelar, till exempel slås sektorer ihop på en mycket aggregerad nivå vilket gör att samtliga produkter som tillverkas inom en bransch antas produceras med samma energiprofil. Detta har en viss betydelse för beräkning av energianvändningen och koldioxidutsläpp (t.ex. när de exporterade produkterna inte är av samma kvalitet som de inhemskt använda) men kan vara än mer problematiskt för beräkning av andra klimatutsläpp än koldioxid, eftersom dessa i ännu större utsträckning beror på vilken produktionsteknik som används.

2.2 MRIOA är en väl beprövad metod

Miljöutvidgade multiregionala input-output analyser (MRIOA) tar sitt ursprung i både nationalräkenskaper, handelsstatistik och energiräkenskaper. Nedan beskrivs hur input-output tabeller (IOT) ser ut och hur en input-output-analys (IOA) fungerar för att sedan utveckla resonemanget med hjälp av multiregional data.

2.2.1 Input-output tabeller

Input-output-tabeller presenterar en ekonomis totala output av produkter och ekonomins totala slutliga användning av dessa produkter (Figur 11) i form av produktionsvärden⁴³. Input-output tabeller utvecklades på ett grovt sätt i ekonomiska tabeller 1758 av Quesnay⁴⁴, ingick i den neoklassiska ekonomiska teorin sedan Walras 1832⁴⁵, utvecklades i detalj av Leontief fr.o.m. 1930-talet⁴⁶, kopplades samman med nationalräkenskaperna i konsistenta matriser av Sir Richard Stone fr.o.m. 1950-talet⁴⁷ och standardiseras av FN:s System of National Accounts sedan 1968⁴⁸.



Figur 11 - Förklaring av de olika kategorierna som ingår i en input-output-modell

⁴³ Det är även möjligt att ta fram IOT i termer av tid eller fysiska floder av material, energi och avfall men de ekonomiska tabellerna är absolut vanligast. Stahmer (2000) – The magical triangle of I-O tables

⁴⁴ Quesnay (1758) – Tableau économique

⁴⁵ Walras (1832) – De la nature de la richesse et de l'origine de la valeur

⁴⁶ Leontief (1936) – Quantitative input and output relations in the economic systems of the United States; Leontief (1937) – Interrelation of prices, output, savings and investment; Leontief (1941) – The Structure of American economy 1919–1929

⁴⁷ Stone, Utting och Durbin (1950) – The use of sampling methods in national income statistics and social accounting; Stone och Croft-Murray (1959) – Social accounting and economic models

⁴⁸ <http://unstats.un.org/unsd/EconStatKB/Attachment541.aspx>

En IO-tabell presenterar både branschernas insatsvaror till andra branscher (varje branschs ”produktionsrecept”, också kallad för ”make-matrisen”) samt den slutliga användningen av dessa branschers output (Figur 12). För varje sektor ska det totala värdet av input vara lika mycket som sektorens totala output. Det förutsätter att de insatsvaror som används vid framställning av en produkt är kopplade till industrins produktionsvärde genom en linjär och fast produktionsfunktion, åtminstone på kort sikt. Under detta antagande blir förhållandet mellan input och output ett tekniskt förhållande, d.v.s. att varje cell i en input-output representerar en teknik för produktionen⁴⁹.

		Slutlig användning											
		Intermediär användning					Inhemsk användning					Utländsk användning	
		Bransch/ produkt 1	2	3	4	5	Privat konsumtion	HIO	Offentlig konsumtion	Investe- ringar	Lager- förändring	Export	Total output
Intermediär användning	Bransch/ produkt1	Svensk insats (rad) till svensk intermediär användning (kolumn)					Inhemsk användning av slutlig produktion					Export av slutlig produktion	Total output
	2												
	3												
	4												
	5												
	Förädlings- värde	Totalt intermediär användning											
	Import	Import av insatser för intermediär användning					Import av produkter för slutlig användning						
	Totalt	Total output											

Figur 12 – Single-region input-output (SRIO) tabell

Input-output-tabeller innehåller omfattande information och brukar därmed inte publiceras varje år. Eurostat kräver sedan 2002 att medlemsländer redovisar tillförsel- och -användningstabeller varje år och input-output tabeller varje femte år⁵⁰. SCB har publicerat input-output tabeller ungefär vart femte år ungefär sedan 1964⁵¹.

2.2.2 Input-output analyser

Input-output-analyser (IOA) utvecklades fr.o.m. 1930-talet av Wassily Leontief och Sir Richard Stone som båda fick ”Nobelpriset i ekonomi”⁵² 1973 och 1984 för sina insatser. Följande förklaring är en förenklad sammanfattning av metoden som beskrivs i FN:s Handbook of input-output table compilation and analysis⁵³ och i Eurostats Manual of supply, use and input-output tables⁵⁴.

⁴⁹ <http://unstats.un.org/unsd/EconStatKB/Attachment541.aspx>

⁵⁰ <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/5902113/KS-RA-07-013-EN.PDF/b0b3d71e-3930-4442-94be-70b36cea9b39?version=1.0>

⁵¹ http://www.scb.se/Statistik/NR/NR0103/_dokument/NR0103_BS_2010_ar.pdf

⁵² Sveriges Riksbanks pris i ekonomisk vetenskap till Alfred Nobels minne

⁵³ <http://unstats.un.org/unsd/EconStatKB/Attachment541.aspx>

⁵⁴ <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/5902113/KS-RA-07-013-EN.PDF/b0b3d71e-3930-4442-94be-70b36cea9b39?version=1.0>

IOA utgår från input-output-tabellens fundament att tillförsel ska vara lika med användning. I en sluten ekonomi (d.v.s. en ekonomi som inte har någon import/export med omvärlden) ser ekvationen som följande:

Total tillförsel (X) = slutlig efterfrågan (Y) + intermediär användning (T)⁵⁵, eller:

$$X = Y + T \quad (1)$$

Intermediär användning kan dessutom uttryckas som en funktion av den totala tillförseln:

$$T = AX \quad (2)$$

Ekvation (2) går endast att användas i basiska priser (priser före skatt) eftersom skatter inte behöver någon insatsvara. Den ursprungliga ekvationen (1) kan därmed skrivas om på följande sätt:

$$X = AX + Y \quad (3)$$

Matrisen A är landets ”produktionsreceptet” d.v.s. att AX visar all input som behövs för att producera X . A visar även de olika sammankopplingarna mellan de olika sektorerna i en ekonomi. Ett vanligare sätt att skriva ekvationen (3) är som följande:

$$X = (1 - A)^{-1} Y \quad (4)$$

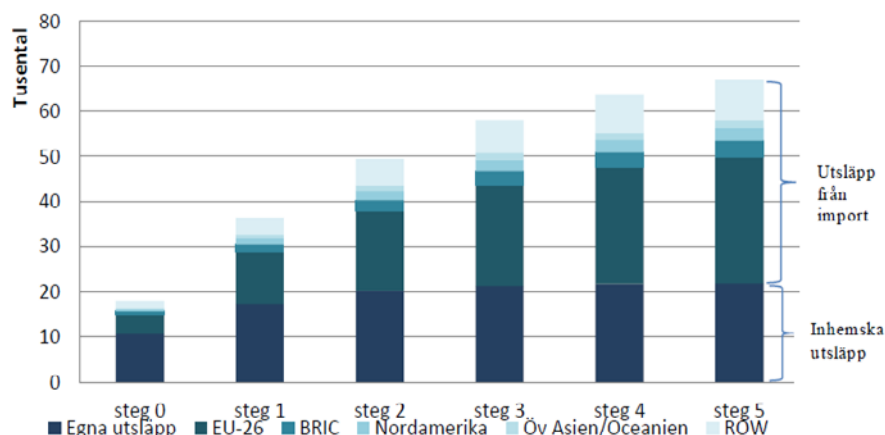
Input-output analyser som baseras på denna ekvation kan visa hur input-behovet X varierar för att tillgodose en viss efterfrågan. $(1 - A)^{-1} Y$ kallas för ”Leontief-invers” och förkortas ibland med ett L .

Ett sätt att tolka denna ekvation är att använda följande matematiska approximation:

$$(1 - A)^{-1} \approx 1 + A + A^2 + A^3 + A^4 + \dots \quad (5)$$

Leontief-inversmatrisen kan därför komma åt summan av efterfrågans insatser (AY), insatsers insatser (A^2Y), insatsers insatsers insatser (A^3Y), insatsers insatsers insatsers insatser (A^4Y) och så vidare (se ett exempel på koldioxid i Figur 13). Leontief-inversen är därför en elegant operator för att komma åt hela uppströmsprocessen. Denna ström är i princip en oändlig produktionskedja som liknar livcykelsanalyser men på en mycket mer aggregerad nivå, d.v.s. per sektor istället för per produkt.

⁵⁵ Bruttonationalprodukten (BNP), som är den mest använda aggregaten i nationalräkenskaperna, beräknas antingen som den totala slutliga efterfrågan minus import (”at purchasers’ price”) eller som den totala outputen minus den intermediära konsumtionen (”at basic prices” plus skatter minus subventioner på produkter).



Figur 13 - De fem första teoretiska stegen för att beräkna utsläpp av växthusgaser, i miljoner ton koldioxidekvivalent. Källa: SCB (2014) - Koldioxidutsläpp från svensk slutlig konsumtion 1995–2009

2.2.3 Interregionala och multiregionala input-output analyser

Uppströmseffekten är inte en effekt som begränsas till Sveriges produktion utan den sträcker sig över hela världen. Därför har input-output analyser utvecklats till att även omfatta handel med omvärlden. I en öppen ekonomi ser ekvationen (1) ut som följande:

$$X = (1 - A)^{-1} (Y_{inh} + Y_{imp}) \quad (6)$$

Med Y_{inh} avses den del av Y vars slutproduktion sker i Sverige och Y_{imp} den del av Y vars slutproduktion sker utomlands. Vad som ingår i X och A beskrivs nedan:

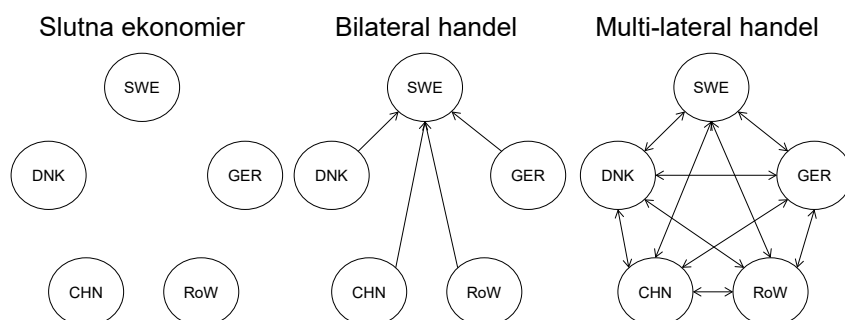
- I en single-region input-output (SRIO)-analys antas att importens produktionsrecept är samma som Sveriges d.v.s. att världen har samma teknologi som Sverige. Detta kallas för "som-om"-antagandet eller "domestic technology assumption". I praktiken antas därför $A = A_{imp}$.
- Multiregionala input-output (MRIO)-analyser baseras på MRIO-tabeller som utvecklades fr.o.m. 1950-talet av Isard⁵⁶. Ett exempel på MRIO-tabell finns i Figur 14. MRIO-analyser kan göras för två olika typer av modeller av MRIO-tabeller:
 - Interregionala input-output analyser baserade på en bilateral handelsmodell: Sverige antas handla produkter med varje utländskt land separat. Tabellen omfattar därför varje lands produktionsrecept och Sveriges import av färdiga produkter (i blått och grönt i Figur 14) men tabellen omfattar däremot inte omvärldens byteshandel med omvärlden (i orange och gult i Figur 14).
 - Globala input-output analyser baserade på en multilateral handelsmodell: Hela tabellen A är fylld med alla länders produktionsrecept, varje lands byteshandel med varandra, Sveriges import av slutliga produkter och andra länders import av slutliga produkter från varandra (Figur 14).

⁵⁶ Isard (1951) - Interregional and regional input-output analysis: a model of a space economy

		Intermediär användning					Slutlig användning					Total
		Sverige	Land A	Land B	...	Övriga länder (RoW)	Sverige	Land A	Land B	...	Övriga länder (RoW)	
Intermediär användning	Sverige	Intermediär användning av inhemsk produktion	Intermediär användning i land ↑ (A) av export från ← (Sverige)				Slutlig användning av inhemsk produktion	Slutlig användning i land ↑ (A) av export från ← (Sverige)				Total output från land ←
	Land A	Intermediär användning i land ↑ (Sverige) av export från ← (A)					Slutlig användning i land ↑ (Sverige) av export från ← (A)					
	Land B											
	...											
	Övriga länder (RoW)											
	Förädlingsvärde	Total intermediär användning i land ↑										
Totalt		Total output från land ↑										

Figur 14 – Multiregional input-output tabell (varje cell omfattar i praktik fler branscher)

De tre olika modellerna som förklaras ovan beskrivs på ett schematiskt sätt i Figur 15.



Figur 15 – Schema av tre olika handelsmodeller för Sverige (SWE = Sverige; DNK = Danmark; GER = Tyskland, CHN = Kina, RoW = Rest of the world). Källa: Lenzen et al (2004) – CO2 multipliers in multi-region input-output models, Energimyndighetens bearbetning

2.3 MRIOA kan kopplas till miljöstatistik för att beräkna avtryck

En utvidgad MRIOA kan göras för alla ingående variabler som kan kopplas till produktionen i en bransch. En förutsättning för att beräkna dessa effekter är att dessa i så kallade satelliträkenskapstabeller har samma sektorsindelning och ram som IO-tabeller. Traditionellt har utvidgade IOT framför allt handlat om ekonomiska variabler som förädlingsvärde, skatter och sysselsättning. Under senare år har det allt mer handlat om olika sociala variabler som antal anställda, turism, kultur, utbildning, kapital, FUD och välfärdssystemet samt miljömässiga information som naturvärden, utsläpp, resursanvändning, markanvändning, kemikalieanvändning, vattenanvändning, avfall, ekosystemtjänster och biologisk

mångfald^{57, 58, 59}. Ett exempel på strukturen för en multi-regional input-output tabell (MRIOT) utvidgad med energiräkenskaper finns i Figur 16.

		Intermediär användning					Slutlig användning					Utländsk användning	
		Bransch/ produkt 1	2	3	4	5	Privat konsumtion	HIO	Offentlig konsumtion	Investe- ringar	Lager- förändring	Export	Total output
Intermediär användning	Bransch/ produkt1	Svensk insats (rad) till svensk intermediär användning (kolumn)					Inhemsk användning av slutlig produktion					Export av slutlig produktion	Total output
	2												
	3												
	4												
	5												
Förädlings- värde		Totalt intermediär användning											
Import		Import av insatser för intermediär användning					Import av produkter för slutlig användning						
Totalt		Total output											

		Bransch 1	2	3	4	5	Privat konsumtion
Bränsle- användning	Kol	Svensk bränsleanvändning					Hushållens direkta bränsle- användning
	Olja						
	Gas						
	Kärnkraft						
	Vattenkraft						
	Övrig förnybar						
	El						
	Värme						
Förluster							

Figur 16 – Energiutvidgad multiregional input-output tabell (varje cell omfattar i praktik flera branscher)

Informationen om hela konsumtionens uppströmsenergi kan därmed beräknas genom att för varje land multiplicera varje branschs produktionsvärde i uppströmskedjan med respektive energiprofil (bränsleanvändning per produktionsvärde). För att kunna göra denna kalkyl antas ett linjärt förhållande TJ/M\$ för varje bränsle för varje branschs produktionsvolym. Hushållens direkta energianvändning, som inte kommer ifrån produktionsprocessen, ska dessutom läggas till. Den slutliga ekvationen ser ut som följande:

⁵⁷ <http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/Brochure.pdf> <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/5902113/KS-RA-07-013-EN.PDF/b0b3d71e-3930-4442-94be-70b36cea9b39?version=1.0>

⁵⁸ https://www.ioa.org/conferences/18th/papers/files/36_20100614091_Hoekstra-EE-IOoverview-final.pdf

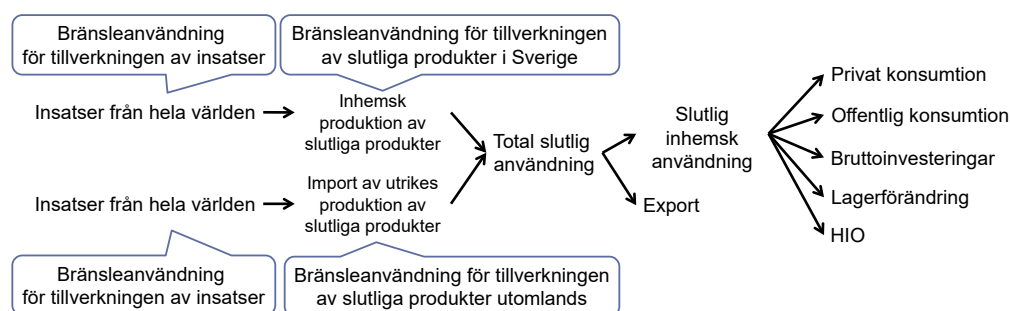
⁵⁹ Före 1995 fokuserades miljöutvidgade IOT på energi (varav den första av Bullard och Herendeen (1963) - The energy cost of goods and services) medan hälften av de miljöutvidgade IOA som har genomförts 2005-2009 handlade om klimat. Tukken och Dietzenbacher (2013) - Global multiregional input-output frameworks: an introduction and outlook

$$E = \varepsilon (1 - A)^{-1} Y + E_{\text{hushåll}} \quad (7)$$

$$\text{med } \varepsilon = E X^{-1} \quad (8)$$

där E är energiprofilen d.v.s. energianvändningen per energislag i varje lands bransch, X^{-1} är den inverterade matrisen av varje lands branschs produktionsvärde, ε är energiintensiteten för varje energislag i varje lands bransch i TJ/\$ och $E_{\text{hushåll}}$ är hushållens direkta energianvändning. $\varepsilon (1 - A)^{-1}$ kallas också för energi-multiplikatorn.

Som förklarat i kapitel 2.2.3 görs i praktik en distinktion i MRIO-tabeller mellan den del av konsumtion Y som kommer ifrån färdiga produkter vars sista produktionssteg har skett i Sverige (Y_{inh}) och den del där det sista produktionssteget skett utomlands (Y_{imp}). En förenklad beskrivning av de bakomliggande kalkylerna i en energiutvidgad MRIOA finns i Figur 17.



Figur 17 – Förenklad beskrivning av de bakomliggande kalkylerna i en energiutvidgad MRIOA

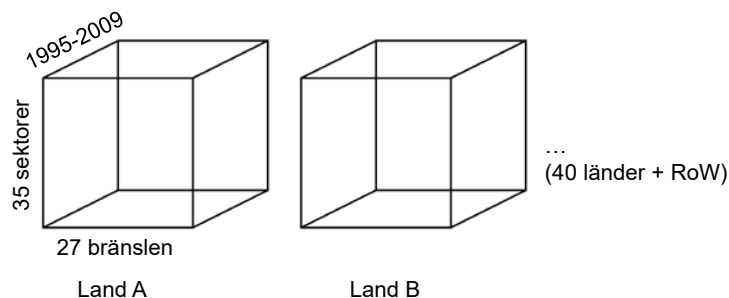
2.4 MRIOA kräver omfattande internationella databaser

För att kunna ta fram en indikator på energiavtryck utifrån en MRIOA krävs tillgång till en tillförlitlig internationell energiutvidgad MRIOT. De nationella organisationer som tar fram och rapporterar input-output-tabeller och energiräkenskaper⁶⁰ brukar följa rekommendationer från Handbook on Input Output Table Compilation and Analysis⁶¹ och SEEA-Energy⁶², båda utvecklade av FN. Olika internationella rapporteringar av energiräkenskaper, nationalräkenskaper och internationell handel sker dessutom, till exempel genom FN, OECD, IEA, Eurostat, IMF och WTO. Ingen internationell organisation rapporterar dock årligen internationella energiutvidgade MRIOT. Flera internationella projekt har därför arbetat för att redovisa EE MRIOT inom enorma (Figur 18) hyfsat konsistenta databaser. Dessa projekt gör dock olika metodologiska val (se Figur 19) och har olika omfattningar och uppdateringsfrekvenser (Tabell 1).

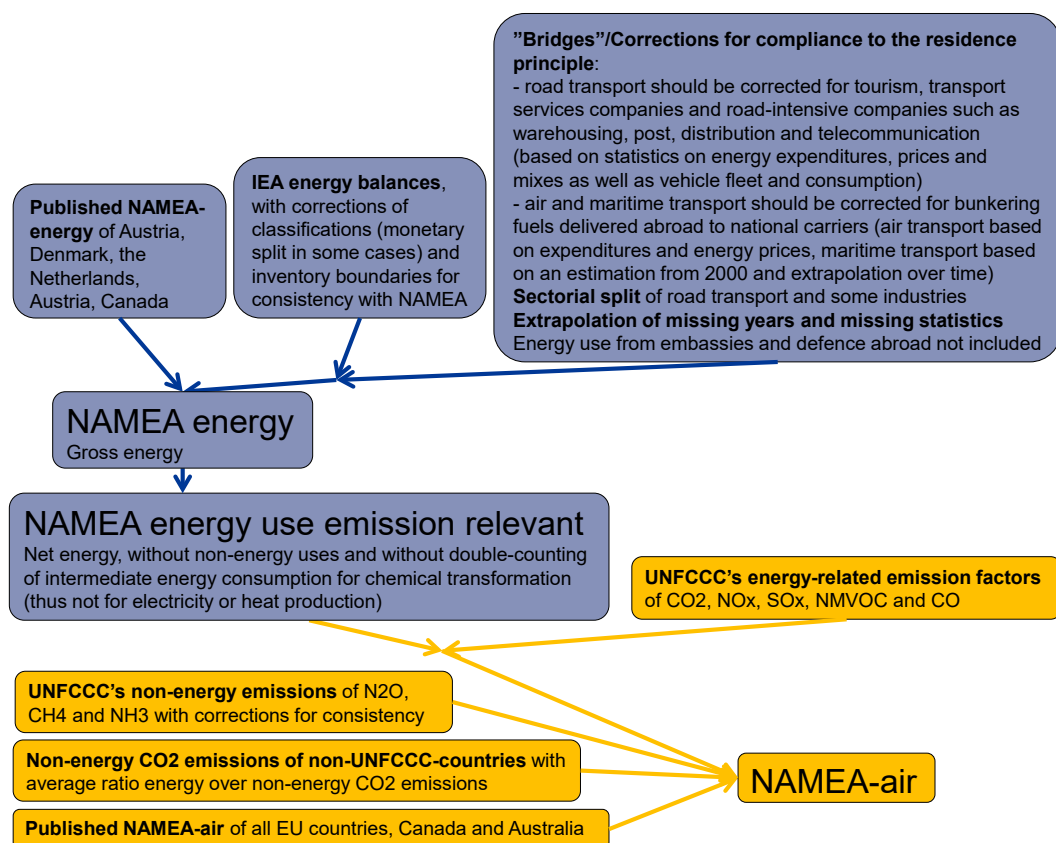
⁶⁰ http://unstats.un.org/unsd/methods/inter-natlinks/sd_natstat.asp

⁶¹ http://unstats.un.org/unsd/publication/SeriesF/SeriesF_74E.pdf

⁶² <http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seeae/chapterList.asp>



Figur 18 – Struktur på WIOD:s energiutvidgade multiregionala input-output-databas



Figur 19 – En representation av metoden för att ta fram energianvändning och växthusgasutsläpp i miljöräkenskapsdatabasen WIOD. Källa: Timmer (2012) – The World Input-Output Database (WIOD): Contents, Sources and Methods; Genty (2012) – Final database of environmental satellite accounts: technical report on their compilation. Energimyndighetens bearbetning

Tabell 1– Beskrivning av de främsta internationella environmentally-extended global multi-regional input-output (EE GMRIO)-databaserna. Färgerna från grönt till orange är ett försök att utvärdera tabellernas användbarhet - Grönt: "bra"; Gul: "medel"; Orange: "problematisks". Källa: Tukken och Dietzenbacher (2013) - Global multiregional input-output frameworks: an introduction and outlook. Energimyndighetens bearbetning.

	Antal sektorer	Antal länder	Antal bränsle-kategorier	Tillgängliga år	Uppdatering	Kort beskrivning av metoden (enligt tillgänglig information)	Referenser
AIOT (Asian International Input-Output Table)	56 (1975), 78 (1985-1995), 76 (2000, 2005)	8 i Asien 1970-1975, 10 efteråt	Ø	1970, 1975, 1980, 1985, 1990, 1995, 2000, 2005	Uppdatering varje femte år av IDE-JETRO	Baserad på nationella IOT och handelsstatistik. Harmonisering med enkäter, manuell balansering.	www.ide.go.jp/English/Research/Topics/Eco/Io
Eora (aboriginskt språk)	Från 26 till 515 sektorer beroende på land	187	9 (samt fotavtryck, luft, vatten, GHG)	1990-2010	Årlig uppdatering av Sydneys universitet med 2-års eftersläpning	Baserad på nationella SUT/IOT, FN:s aggregat, handelsstatistik från FN Comtrade och Service, IMF:s växelkurs och IEA:s energibalanser. Automatiserad komplettering, balansering och aggregering med osäkerhetsbedömningar och restriktioner.	worldmrio.com
EXIOBase (EXternality and Input-Output dataBASE) ¹	129 sektorer (CREEA), 200 (DESIRE)	43 + RoW (CREEA), 48 + RoW (DESIRE)	60 (samt klimat, vatten, mark, material)	2000 (EXIOPOL), 2007 (CREEA), 1995-2014 (DESIRE)	TNO, NTNU, SERI, Leidens och Wiens universitet, finansieringsberoende av EU FP6-7	Baserad på nationella SUT/IOT med tillägg av FN Comtrade. Automatiserad balansering och aggregering.	www.exiobase.eu , www.feem-project.net/exiopol , www.fp7desire.eu
GRAM (Global Resource Accounting Model)	48 sektorer	53	2 (kol och olja, naturgas)	2000, 2004	Finansieringsberoende av GWS och SERI	Baserad på harmoniserade OECD:s ICIO och handelsstatistik med tillägg av nationella aggregat. Balansering och aggregering.	seri.at/en/projects/completed-projects/gram
GTAP (Global Trade Analysis Project)	57 sektorer	66 (1990) upp till 140 (2011)	7 (samt GHG, mark)	1990, 1992, 1995, 1997, 2001, 2004, 2007, 2011 (dock inte jämförbara)	3-4 års mellanrum med 4 års eftersläpning, Purdue universitet, bygger på frivilliga bidrag	Baserad på inlämnade IOT, handelsstatistik från FN Comtrade och Service, Världsbankens växelkurser och IEA:s energibalanser. Balansering, harmonisering och aggregering genom frivilliga bidrag med projektets rekommendationer.	www.gtap.agecon.purdue.edu
ICIO (Inter-Country Input-Output)	34 sektorer	61 +RoW	27 kommer att publiceras (GHG är redan publicerad)	1995, 2000, 2005, 2008-2011	Årlig uppdatering av OECD-WTO	Baserad på harmoniserade nationella input-output-tabeller, OECD:s handelsstatistik och IEA:s energistatistik.	http://www.oecd.org/sti/ind/input-outputtables.htm
WIOD (World Input-Output database)	35 sektorer (plus hushåll)	40 (EU27, 13 övriga) + RoW	27 (samt GHG, vatten, luft, mark, material, avfall)	1995-2007 och uppskattning 2008-2009	Groningens universitet, finansieringsberoende av EU FP7	Baserad på nationella SUT med tillägg av handelsstatistik från FN Comtrade, FN Service, Eurostat och OECD, nationella NAMEA eller IEA:s energibalanser. Harmonisering, balansering och aggregering	www.wiod.org

¹ EXIOPOL (EXternality and Input-Output tools for POLicy analysis, 2007-2011), CREEA (Compiling and Refining Environmental and Economic Accounts, 2011-2014) och DESIRE (Developing a System of Indicators for Resource Efficient Europe, 2012-2016)

2.5 World-Input-Output-Database (WIOD) används i denna rapport

WIOD-databasen har valts i denna rapport av flera anledningar:

- data är enkelt tillgängligt i Excel-format
- metodologin förklaras på ett tydligt sätt i en omfattande dokumentation⁶³ (se Figur 19 för en sammanfattning av metoden)
- fokus ligger på kvalitén och jämförbarheten på data mellan länderna vilket är viktigt för att kunna göra energiutvidgade MRIO-analyser utifrån en beprövad och konsistent statistik databas
- tillräcklig detaljeringsgrad finns tillgänglig (d.v.s. tillräckligt med bränslen, sektorer, länder och användningskategorier)
- WIOD täcker 40 länder som tillsammans utgör 85 procent av världens BNP och fokuserar framförallt på OECD/Europa som är Sveriges största handelspartner
- ett syfte med rapporten var även att koppla Sveriges energiavtryck till Sveriges klimatavtryck som tidigare har beräknats av SCB med hjälp av samma metodologi och samma databas⁶⁴

WIOD-projektet publicerar däremot inte mikrodatan som statistiken bygger på och statistik finns bara t.o.m. 2009 då WIOD var ett tillfälligt EU-projekt.

I WIOD:s tabell ”Energy use” visas alla bränslen som används i olika sektorer. För att undvika dubbelräkningar tas de bränslen som används i kemiska omvandlingsprocesser och därigenom övergår till en annan typ av bränsle bort (t.ex. stenkolk omvandlas till koks i koksverk och råolja omvandlas till petroleumprodukter i raffinaderier). Resultatet, när dubbelräkningarna tagits bort, visas i tabellen ”Emission-relevant energy use”.

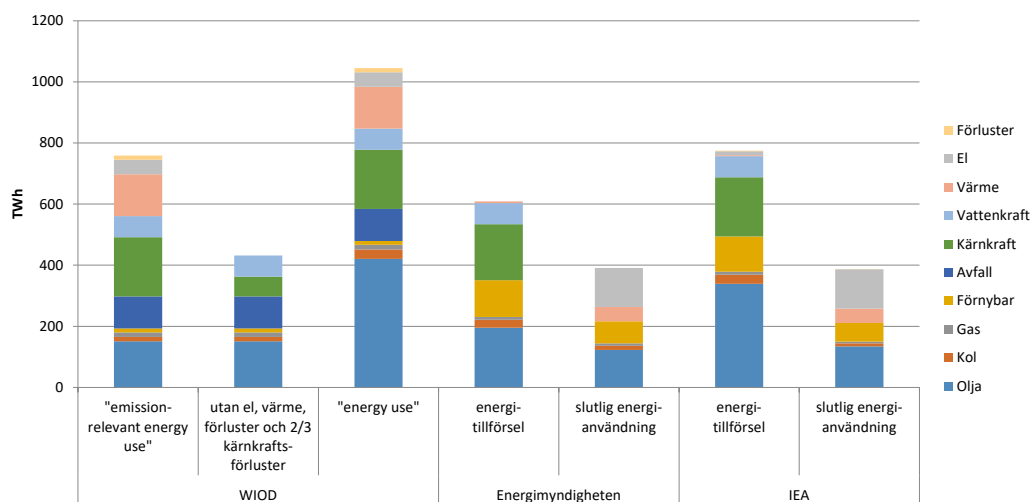
Ett problem som uppstår är att i ”emission-relevant use”-databasen återstår på ena sidan el, värme och förluster och på andra sidan de bränslen som behövs för att tillverka el och värme (t.ex. stenkolk, kärnkraft och vattenkraft). Det här problemet har lösts i miljöräkenskaperna (och därmed i SCB:s indikator på Sveriges klimatavtryck 1995-2009⁶⁵, baserad på WIOD) genom att sätta emissionsfaktorer för el, värme och förluster till noll. För att ta fram tabeller över Sveriges energiavtryck har därför samtliga energislag i MRIO-analysen bevarats, men ingen hänsyn har tagits till el, värme och förluster i redovisningen av resultatet. Det gör att WIOD:s ”emission-relevant use” förutom el, värme, förluster och två tredjedelar kärnkraft för Sverige ligger nära resultatet från IEA:s energitillförsel för Sverige (Figur 20). Skillnaderna skulle kunna bestå dels i att energiräkenskaper fokuserar på ett residentsperspektiv (d.v.s. att all energianvändning från aktörer som är verksamma eller bosatta i Sverige ingår) medan IEA har ett

⁶³ http://www.wiod.org/publications/source_docs/Environmental_Sources.pdf

⁶⁴ http://www.scb.se/Statistik/_Publikationer/MI1301_1995I09_BR_MI71BR1402.pdf

⁶⁵ http://www.scb.se/Statistik/_Publikationer/MI1301_1995I09_BR_MI71BR1402.pdf

territoriellt perspektiv (d.v.s. att all energianvändning inom Sveriges geografiska gränser ingår), och dels i att internationella transporter (svenska företags användning av sjöfartbränsle och flygbränsle) ingår i WIOD medan bunkring av olja redovisas separat i IEA:s statistik. Det skulle även kunna förklara varför resultatet från WIOD:s ”emission-relevant use” är något lägre än IEA:s energitillförsel inklusive bunkring.



Figur 20 – Energianvändning i Sverige år 2008. Källor: WIOD - energiräkenskaper; Energimyndigheten - årliga energibalanser; IEA - Energy balances of OECD countries 2011

2.6 Osäkerheter beror framförallt på indatans kvalitet

MRIO-analyser utgör ett relativt nytt forskningsområde men det finns ändå vissa forskningsresultat som har analyserat resultatets osäkerheter. Eftersom MRIO-analyser utgör standardiserade metoder⁶⁶ beror slutresultatets tillförlitlighet framförallt på kvaliteten på grunddatan (nationalräkenskaper, handelsstatistik, energiräkenskaper) samt metodologins noggrannhet för att kunna ta fram konsistenta internationella databaser.

Det finns olika inriktningar för att ta fram internationella input-output databaser utifrån nationella räkenskaper, handelsstatistik och IEA:s energibalanser (kapitel 2.4). Det finns därför en diskrepans på cirka 20 procent mellan de olika modeller när det gäller Sveriges BNP och cirka 60 procent när det gäller Sveriges export och import. BNP, import och export från GTAP, EXIOPOL och WIOD brukar dessutom ligga nära varandra och lägre än data från Eora (bilaga 2). Detta kan bero på att dessa databaser står närmare ländernas respektive input-

⁶⁶ Den enda skillnaden handlar om hur exportens avtryck beräknas. Eftersom den svenska exporten som går till insatsprodukter i andra länder är endogeniserad i den multiregionala modellen (d.v.s. att den ingår i insatsmatrisen) drar den med sig extra produktion och energianvändning i Sverige. Detta innebär att den svenska ekonomis energianvändning i en MRIO-analys skulle vara några promille högre än vad som redovisas. Källa: SCB (2015) - Framtagning av konsumtionsbaserad energianvändning från WIOD

output tabeller medan Eora fokuserar på världens osäkerheter vilket missgynnar Sveriges resultat. Skillnader på cirka 60 procent finns även i termer av Sveriges produktionsbaserade såväl som konsumtionsbaserade energianvändning och klimatutsläpp (bilaga 2) vilket beror på metodologiska olikheter (kapitel 2.4) och dubbelräkningar (kapitel 2.5). En annan orsak kan vara att Sverige är både relativt litet (och bearbetas därmed med mindre noggrannhet än andra länder eller prioriteras mindre i den automatiserade osäkerhetsoptimeringen) och speciellt (med tanke på den höga andelen biobränslen och kärnkraftsel i energianvändningen samt en hög andel av ekonomin som kopplas till världshandeln). En sista orsak är att MRIOA har olika sätt att lösa Rotterdam-effekten, som uppstår utav att ett land A:s export till land B brukar redovisas annorlunda i importlandets och exportlandets handelsstatistik. Detta löses till exempel i WIOD genom att enbart använda importstatistik⁶⁷.

Aggregeringsnivån påverkar också resultatet på ett signifikant sätt, till exempel när exportdelen av en viss bransch tillverkas med en annan tillverkningsmetod än den delen som går till inhemsk användning⁶⁸. Att redovisa ekonomin med åtminstone 40 sektorer brukar bedömas som nödvändigt för att undvika riskabla aggregeringsproblem⁶⁹. Detta har en viss betydelse för beräkning av energianvändningen men kan vara ännu mer problematiskt för beräkning av andra klimatutsläpp än koldioxid eftersom de i ännu större utsträckning beror på vilken produktionsteknik som används.

Känslighetsanalyser (Monte-Carlo-analyser) på Sveriges energiavtryck har gjorts för tre olika databaser: Eora, WIOD och Exiobase⁷⁰. De visar att resultatet för Sverige är robust, d.v.s. att den varierar med mindre än 10 procent när indata varierar inom olika intervaller. Nederländerna bedömde dessutom att osäkerheterna från sin MRIOA från GTAP kan anses ”ligga på en acceptabel nivå”⁷¹ och Storbritannien ansåg att osäkerheterna från sin MRIOA från Eora var ”robust och tillförlitlig”⁷². I Storbritannien rapporteras därför regelbundet klimatavtrycket tillsammans med de territoriella klimatutsläppen till parlamentet⁷³. Wales och Skottland rapporterar också sina respektive klimatavtryck till sina respektive parlament⁷⁴.

⁶⁷ Hoekstra et al (2013) – Environmental footprints: A methodological and empirical overview from the perspective of official statistics

⁶⁸ Steen-Olsen et al. (2014) – Effects of sector aggregation on CO2 multipliers in multiregional input-output analyses

⁶⁹ Su och Ang (2009) – Input-output analysis of CO2 emissions embodied in trade, the effects of spatial aggregation

⁷⁰ <http://worldmrio.com/confidence>

⁷¹ https://www.iiioa.org/conferences/18th/papers/files/88_20100511091_Paper_Wilting_Sdnefinal.pdf

⁷² Department for Environment, Food and Rural Affairs (2008) – Uncertainty analysis of the UK-MRIO model

⁷³ <https://www.theccc.org.uk/wp-content/uploads/2013/04/CF-C-Summary-Rep-web1.pdf>

⁷⁴ <http://www.publications.parliament.uk/pa/cm201012/cmselect/cmenergy/writev/consumpt/consumption.pdf>

2.7 Framtidens arbete är beroende av internationella och årligt uppdaterade databaser

WIOD var ett europeiskt projekt som är nu avslutat och det är därför inte tänkt att indikatorn kommer att uppdateras framöver, även om databasen skulle kunna uppdateras vid vissa tillfällen. Naturvårdsverket publicerar därför årlig klimatstatistik baserad på en förenklad simulerad MRIOA⁷⁵. PRINCE-projektet⁷⁶ (Policy-Relevant Indicators for Consumption and Environment) har dessutom initierats av SCB och Naturvårdsverket. PRINCE är ett treårigt forskningsprojekt som samlar sju europeiska organisationer för att skapa en tillförlitlig och automatiserad metodik för att beräkna miljöpåverkan från Sveriges konsumtion, i form av resursuttag, utsläpp till luft, vattenavtryck, påverkan på biologisk mångfald, ekologiskt avtryck, markanvändning och energianvändning. Syftet är att ta fram ett ramverk där det är möjligt att följa konsumtionsbaserad miljöstatistik för Sverige med hjälp av kvalitetssäkrad statistik. Inriktningen på projektet är att beräkna alla dessa effekter med en liknande metod.

Eftersom resultatspridningen för Sverige kan vara stor mellan olika databaser (cf. bilaga 2) är det viktigt att säkerställa att den valda MRIOT stämmer väl för det särskilda fallet Sverige, nämligen när det gäller Sveriges handelsstatistik, andel biobränsle samt internationella resor. En möjlig lösning skulle vara att ersätta Sveriges data i MRIO-databasen med SCB:s data för att få bättre kontroll på Sveriges siffror. Sådana indikatorer kallas för single-country national accounts consistent footprint ("SNAC-footprint")⁷⁷.

En optimal uppföljning av konsumtionsbaserad miljöpåverkan med MRIO-analyser skulle kräva att internationella organisationer såsom OECD, FN eller WTO skulle skapa och årligen uppdatera internationella kvalitetssäkrade EE MRIO-tabeller. En del arbete pågår inom OECD för att ta fram konsumtionsbaserad energi- och miljöinformation med hjälp av ICIO-databasen⁷⁸ men arbetet har ännu inte nått fram när det gäller energiavtrycksberäkningar. WIOD- eller DESIRE-databaser skulle kunna vara intressanta att använda om Kommissionen beslutar att årligen uppdatera databasen eftersom dessa databaser är statistiskt säkerställda, bearbetningsmetoden är väl beskriven och fokus ligger på OECD som är Sveriges främsta handelspartner. Eora är även en möjlig lösning eftersom den, till skillnad från andra internationella databaser, uppdateras på årsbasis och fokuserar på att minska osäkerheterna i resultatet. Storbritannien använder t.ex. Eora i sin regelbundna rapportering till parlamentet⁷⁹. Bearbetningen av data görs dock på ett automati-

⁷⁵ <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser-konsumtionsbaserade-utslapp-Sverige-och-andra-lander/>

⁷⁶ <http://www.sei-international.org/projects?priid=2146>

⁷⁷ Hoekstra et al (2013) – Environmental footprints: A methodological and empirical overview from the perspective of official statistics

⁷⁸ <http://www.oecd.org/sti/ind/carbondioxideemissionsembodiedininternationaltrade.htm>

⁷⁹ <https://www.theccc.org.uk/wp-content/uploads/2013/04/CF-C-Summary-Rep-web1.pdf> och https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/414180/Consumption_emissions_Mar15_Final.pdf

serat sätt med syfte på att minimera osäkerheterna, vilket orsakar problem. Till exempel kan transporttjänster redovisas olika mellan länder, dubbelräkningar mellan länder behandlas inte och optimeringskalkyler kan missgynna länder som Sverige som är både ett litet land och med stor handel med omvärlden⁸⁰.

Ett tillägg till nuvarande metod skulle kunna göras när det gäller elsystemet. Elsystemet är sammankopplat och el handlas på en gemensam marknad för hela Norden samt mellan Norden och angränsande länder. Det innebär att elen som används i ett land bara delvis har producerats inom landet och resten har importerats från utlandet. I WIOD används ett produktionsperspektiv för elen genom att elen förenklat antas ha producerats i det land där elen används. Det finns inget entydigt sätt att säga exakt var en viss mängd använd el har producerats. I Europa redovisar RE-DISS⁸¹ årligen medlemsstaternas nationella ”konsumtionsbaserade” elmix genom att ta hänsyn till handel med ursprungsgarantier och antaganden för att fördela residualmixen. På detta sätt visas den elmix som landets företag och hushåll har betalt för. Denna indikator kan tolkas som ett konsumtionsperspektiv på elen och den skulle därför kunna användas framöver för att beräkna den konsumtionsbaserade elmixen av europeiska länder.

Data över Sveriges energiavtryck skulle kunna användas framöver för en uppföljning av resultatet per konsumtionskategori (COICOP) och kopplas till mikrostatistik för att följa upp resultatet per hushållstyp (till exempel med en fördelning per kön, ålder, medborgarskap, boendegeografi, utbildning, arbetsförhållanden, hushållssituation)^{82,83}. Data skulle även kunna användas som underlag för att sätta mål, bygga enkla scenarier och mäta effekten av olika åtgärder⁸⁴.

⁸⁰ <http://worldmrio.com/EoraConfidence.pdf>

⁸¹ http://www.reliable-disclosure.org/upload/161-RE-DISS_2014_Residual_Mix_Results_2015-05-15_corrected2.pdf

⁸² http://www.scb.se/statistik/mi/mi1202/2004a01/mi1202_2004a01_br_mift0408.pdf

⁸³ <http://www.sei-international.org/projects?prid=1621>

⁸⁴ <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-6653-6.pdf?pid=14404>

<http://www.carboncap.eu/index.php/about/carbon-cap>

<http://www.gws-os.com/de/index.php/energy-and-climate/models/model-details/ginfors-e.html>

http://www.oneplaneteconomynetwork.org/resources/programme-documents/WP7_OPEN-EU_Scenario_Quantification_Report_Cover.pdf

https://www.theccc.org.uk/wp-content/uploads/2013/04/Leeds_Report_Consumption_Emission_Scenarios_2013-06.pdf

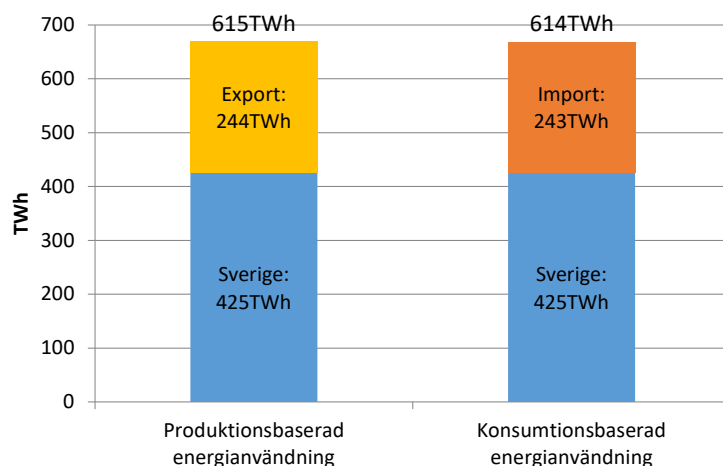
3 Sveriges energiavtryck 1995–2008

Utifrån ovan redovisade metod har Energimyndigheten tagit fram en första indikator på energiavtryck för Sverige. Se tidigare kapitel för diskussion om metod och osäkerheter.

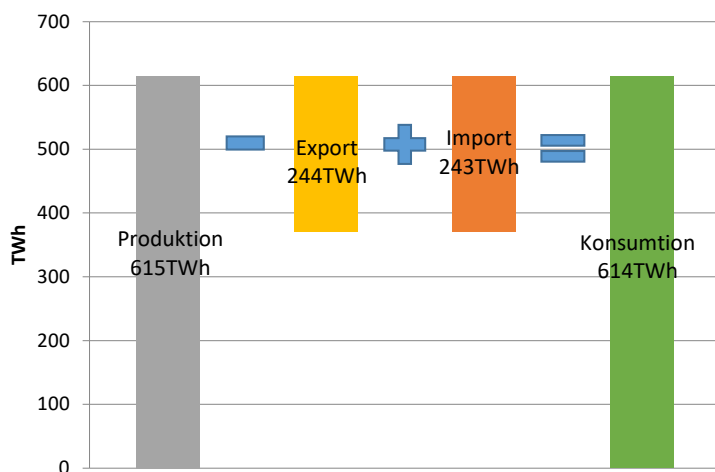
3.1 Energianvändningen var lika stor som energiavtrycket

Mellan 2008 och 2009 minskade Sveriges energiavtryck med 10 procent (kapitel 3.2) på grund av finanskrisen men det är oklart om energiavtrycket efteråt kan ha återhämtat sig till 2008 års nivå, vilket gör att resultatet för 2009 visas i figurer men inte analyseras i texten.

Sveriges produktionsbaserade energianvändning av primär energi var 615 TWh eller 67 MWh per person 2008. Sveriges konsumtionsbaserade energianvändning, eller Sveriges energiavtryck, var då ungefär lika stor som Sveriges produktionsbaserade energianvändning. Detta beror på att nettoimporten av energiavtryck var noll d.v.s. att Sverige importerade lika mycket indirekt energi (243 TWh) som exporterades (244 TWh). Detta illustreras i Figur 21 och Figur 22. En del av förklaringen ligger även i att Sverige hade en stor andel kärnkraft i sin produktionsbaserade energianvändning vilket gör att en större del förluster fanns med i export än i import.



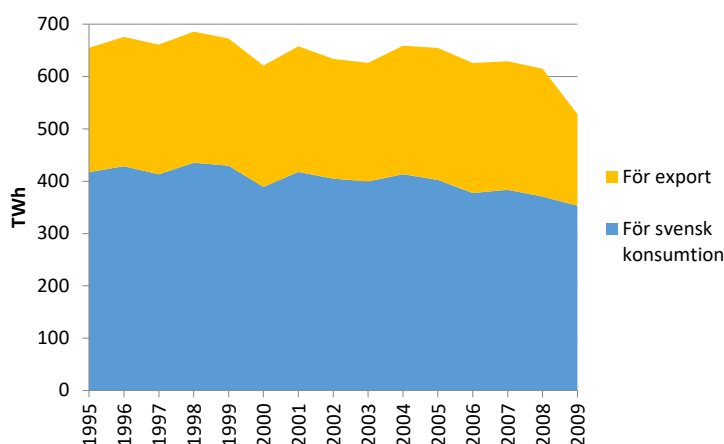
Figur 21 - Energianvändningen i Sverige år 2008 utifrån ett produktions- och ett konsumtionsperspektiv. Avser primärenergianvändning. Källa: WIOD, SCB:s och Energimyndighetens bearbetning



Figur 22 – Nedbrytning av Sveriges energiavtryck år 2008. Källa: WIOD, SCB:s och Energimyndighetens bearbetning

3.2 Energianvändningen har minskat medan energiavtrycket har ökat

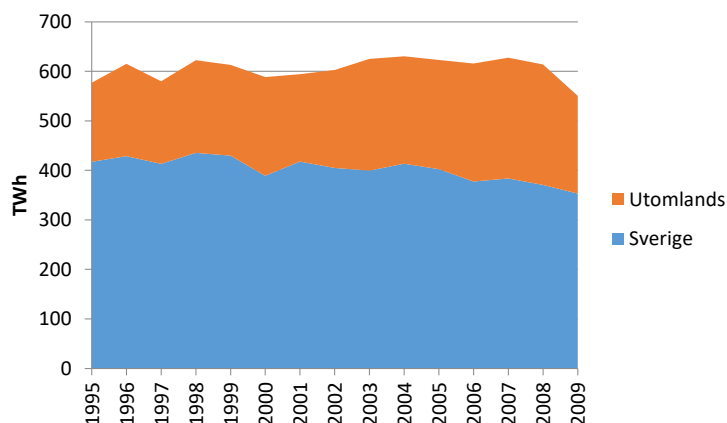
Andelen energi från Sveriges produktion som gick till export utgjorde 36 procent 1995 och minskade till 30 procent 2008. Totalt har den produktionsbaserade energianvändningen minskat med 6 procent mellan 1995 och 2008 (Figur 23).



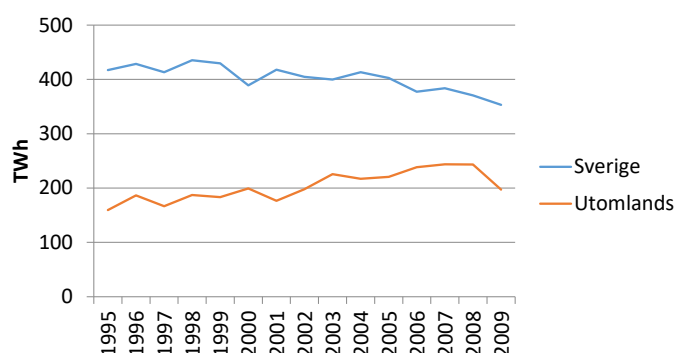
Figur 23 – Produktionsbaserad energianvändning uppdelad mellan export och inhemsk konsumtion, mellan 1995 och 2009. Källa: WIOD, SCB:s och Energimyndighetens bearbetning

Sett över tid har Sveriges energiavtryck ökat med 6 procent mellan 1995 och 2008 och detta beror på att den utländska delen har ökat med 52 procent under denna period medan den inhemska delen har minskat med 11 procent (Figur 24 och Figur 25). Detta är förenligt med andra internationella studier som visar att de rikare ländernas energiavtryck i högre grad kommer från import⁸⁵. År 2008 stod den utländska delen för 40 procent av Sveriges energiavtryck kontra 28 procent 1995.

⁸⁵ Jun Lan et al. (2016) – A structural decomposition analysis of global energy footprints Gasim (2015) - The embodied energy in trade: What role does specialization play?

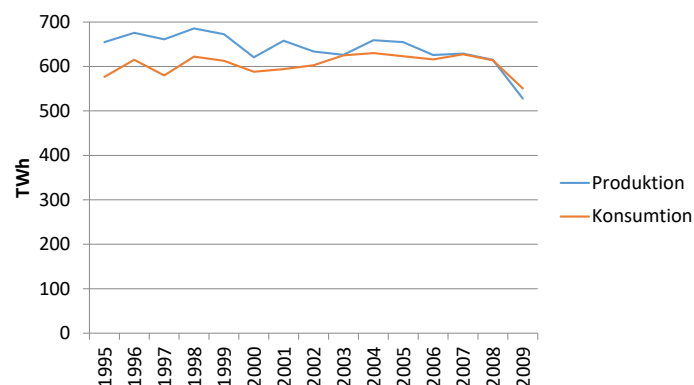


Figur 24 – Utveckling av Sveriges energiavtryck, mellan 1995 och 2009, från Sveriges och utländsk produktion. Källa: WIOD, SCB:s bearbetning

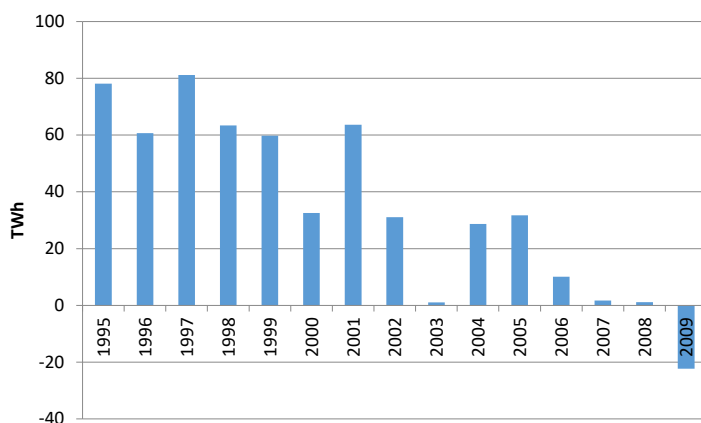


Figur 25 – Utveckling av den del av Sveriges energiavtryck som kommer från produkter som tillverkas i Sverige respektive utomlands. Källa: WIOD, SCB:s och Energimyndighetens bearbetning

Sveriges produktionsbaserade energianvändning har minskat med 6 procent mellan 1995 och 2008 medan Sveriges energiavtryck istället har ökat med 6 procent under samma period (Figur 26). Detta innebär att Sveriges nettoexport av energi inbäddad i varor och tjänster har minskat mellan 1995 och 2008 till att bli ungefär noll 2007 och 2008 (Figur 27).



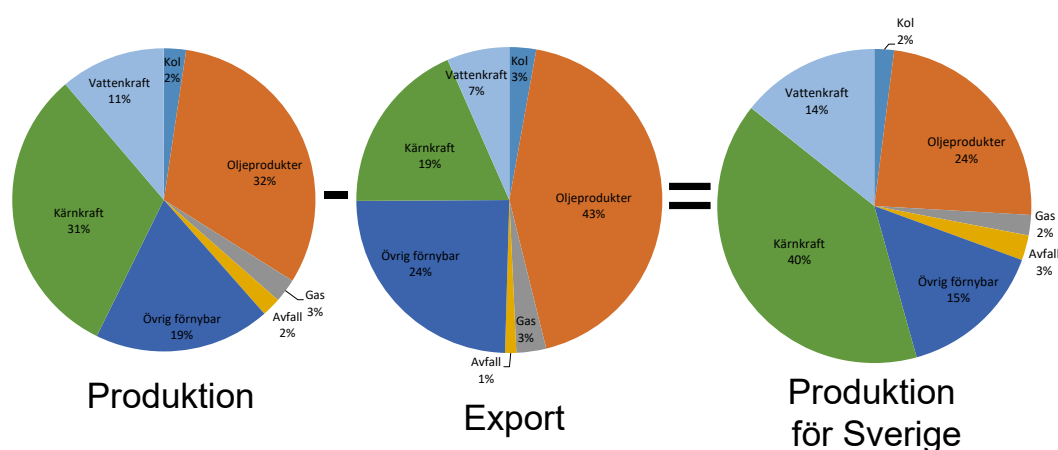
Figur 26 – Produktionsbaserad och konsumtionsbaserad energianvändning mellan 1995 och 2009. Avser primärenergianvändning. Källa: WIOD och SCB, SCB:s och Energimyndighetens bearbetning



Figur 27 – Sveriges nettoexport (export minus import) av energi inbäddad i produkter mellan 1995 och 2009. Källa: WIOD, SCB:s och Energimyndighetens bearbetning

3.3 Energiavtryckets energimix var mer fossilbaserad

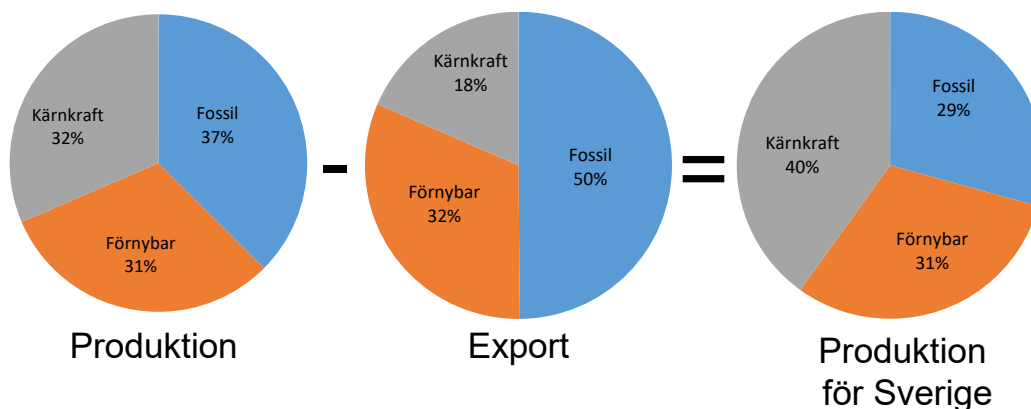
Den produktionsbaserade bränslemixen utgjordes år 2008 av lite mer än en tredjedel fossil energi och lite mindre än en tredjedel vardera av förnybar energi respektive kärnkraft. Sverige exporterade dessutom en del av denna energi genom att sälja produkter och tjänster utomlands (export). Den del av Sveriges produktion som gick till export var mer intensiv i biobränslen och oljeprodukter än Sveriges totala produktion. Den del av Sveriges produktion som inte exporterades och som användes av Sveriges konsumenter hade en bränslemix som utgjordes av cirka 40 procent kärnkraft, 31 procent förnybar energi och 29 procent fossil energi⁸⁶ (Figur 28, Figur 29). Sverige exporterar produkter och tjänster som i genomsnitt har tillverkats med klimateffektivare teknik än övriga länder, vilket skulle tyda på att Sverige bidrar till att dessa länder kan minska sina utsläpp⁸⁷.



Figur 28 – Bränslemix för Sveriges produktion, export av varor och tjänster och produktion för inhemsk användning år 2008. Källa: WIOD, SCB:s och Energimyndighetens bearbetning

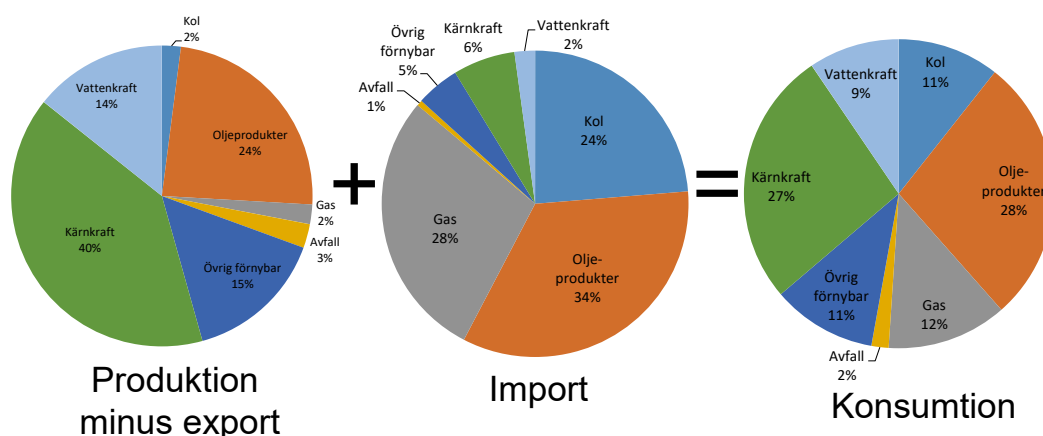
⁸⁶ Mängden förnybar energi beräknas i denna rapport som summan av vattenkraft, övrig förnybart samt 50 procent av avfallet. Mängden fossil energi beräknas som summan av kol, gas, olja samt 50 procent av avfallet.

⁸⁷ Se också <http://www.nature.com/nclimate/journal/vaop/ncurrent/full/nclimate2555.html>

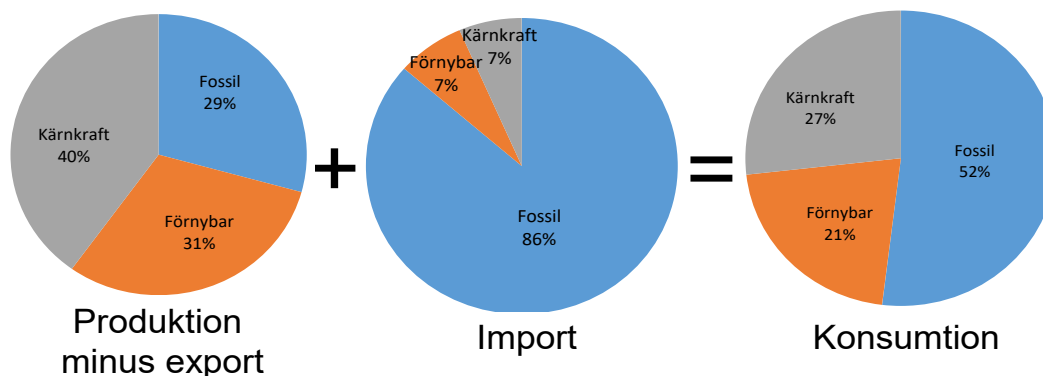


Figur 29 – Bränslemix för Sveriges produktion, export av varor och tjänster och produktion för inhemsk användning år 2008. Källa: WIOD, SCB:s och Energimyndighetens bearbetning

Även om den produktionsbaserade bränslemixen som behövs för att tillverka produkter och tjänster som används av Sveriges konsumenter var diversifierad var utlandets bränslemix mycket fossilintensiv. Detta gör till exempel att andelen kol ökar från 2 procent i ett produktionsperspektiv till 11 procent i ett konsumtionsperspektiv 2008 och att andelen gas ökar från 3 procent till 12 procent (Figur 30, Figur 31).

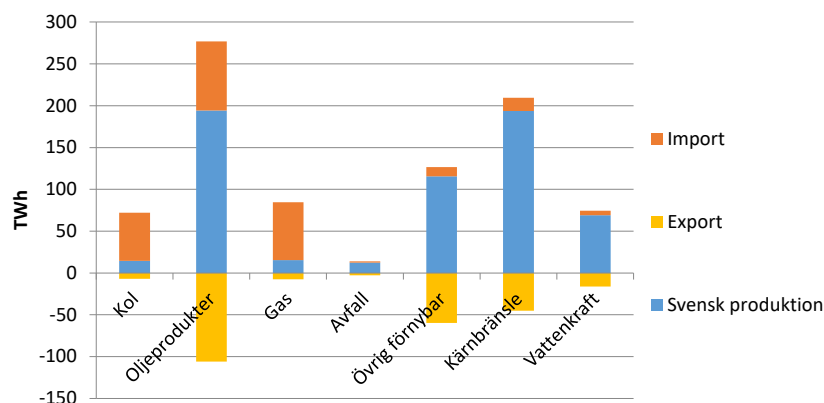


Figur 30 – Bränslemix från Sveriges produktion, import och konsumtion år 2008. Källa: WIOD, SCB:s och Energimyndighetens bearbetning



Figur 31 – Bränslemix från Sveriges produktion, import och konsumtion år 2008. Källa: WIOD, SCB:s och Energimyndighetens bearbetning

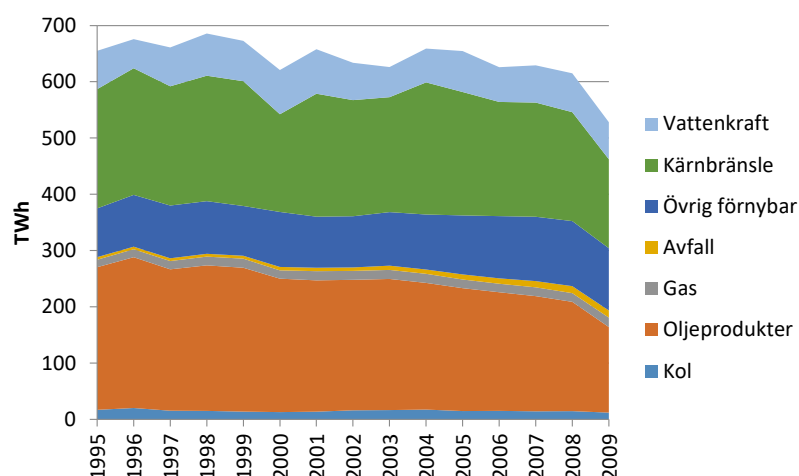
Sverige var, genom sin handel med varor och tjänster med omvärlden, nettoexportör av 51 TWh förnybar energi (vattenkraft, avfall och övrig förnybar) och 29 TWh kärnbränsle samt nettoimportör av 133 TWh fossila bränslen (Figur 32).



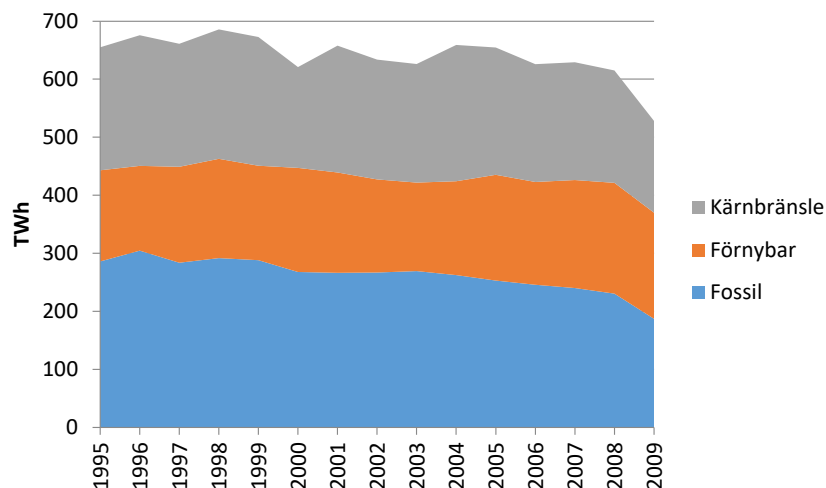
Figur 32 – Energianvändning från Sveriges produktion, import och export per bränsle år 2008. Källa: WIOD, SCB:s och Energimyndighetens bearbetning

3.4 Fossilandelen av energiattrycket verkar inte ha minskat

Sett över tiden har andelarna kol, oljeprodukter och kärnkraft minskat från ett produktionsperspektiv medan andelarna gas, biobränsle, avfall och vattenkraft har ökat (Figur 33). Detta gör att andelen fossila bränslen har minskat från 44 procent 1995 till 37 procent 2008 till förmån för förnybar energi vars andel har ökat från 24 procent till 35 procent under samma period (Figur 34).

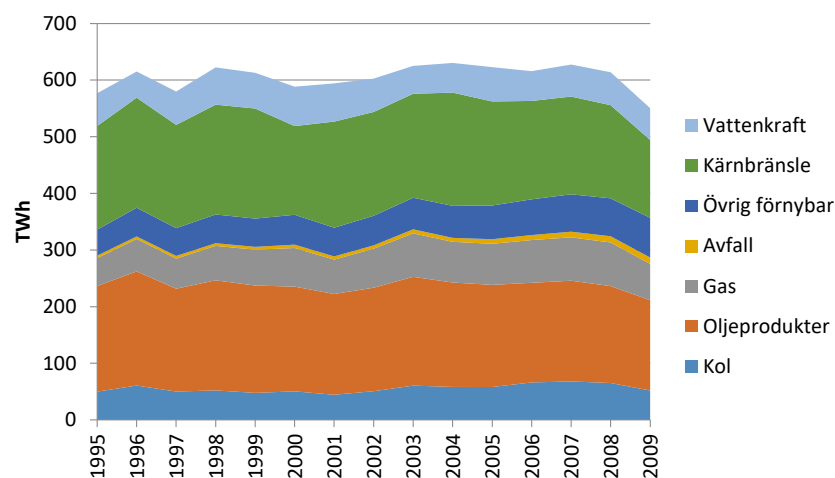


Figur 33 – Utveckling av den produktionsbaserade energianvändningen mellan 1995 och 2009 per bränsle. Källa: WIOD, SCB:s och Energimyndighetens bearbetning

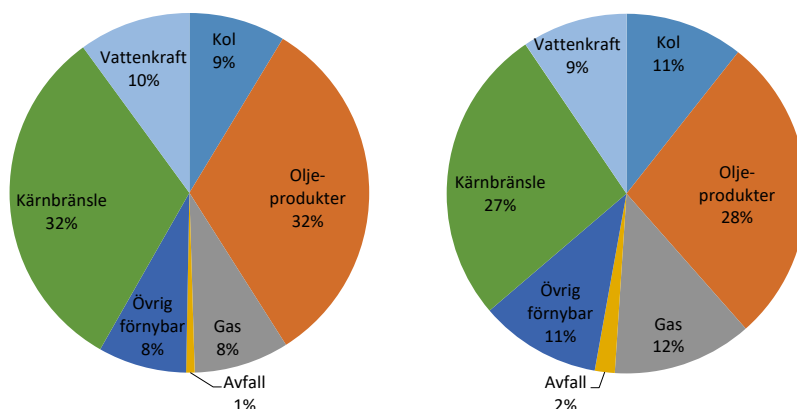


Figur 34 - Utveckling av den produktionsbaserade energianvändningen mellan 1995 och 2009 per bränsletyp. Källa: WIOD, SCB:s och Energimyndighetens bearbetning

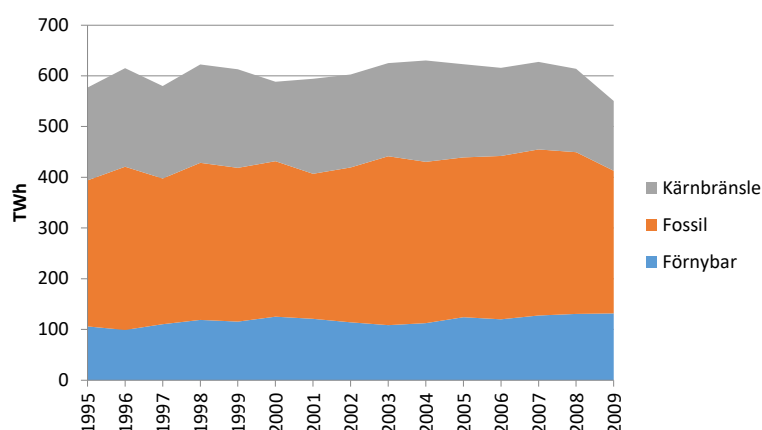
Sett utifrån ett konsumtionsperspektiv har energimixen inte ändrats så mycket: andelarna gas, kol och övrig förnybar har ökat medan andelarna olja, kärnbränsle och vattenkraft har minskat (Figur 35 och Figur 36). Detta gör att andelen kärnkraft har minskat till förmån för fossil energi och förnybar energi (Figur 37 och Figur 38).



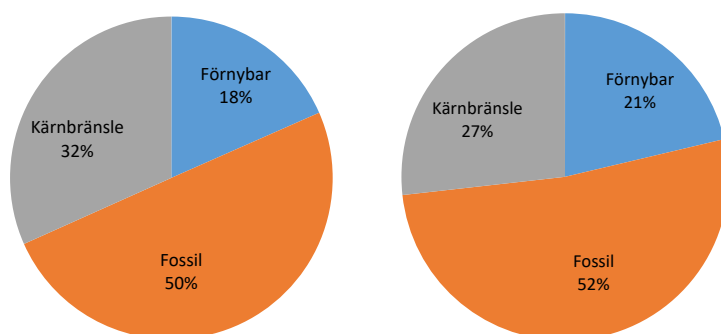
Figur 35 – Utveckling av Sveriges energiavtryck mellan 1995 och 2009 per bränsle. Källa: WIOD, SCB:s och Energimyndighetens bearbetning



Figur 36 – Sveriges energiavtryck år 1995 (577 TWh) och 2008 (614 TWh) per bränsle. Källa: WIOD, SCB:s bearbetning



Figur 37 – Sveriges energiavtryck per bränsletyp mellan 1995 och 2009. Källa: WIOD, SCB:s bearbetning

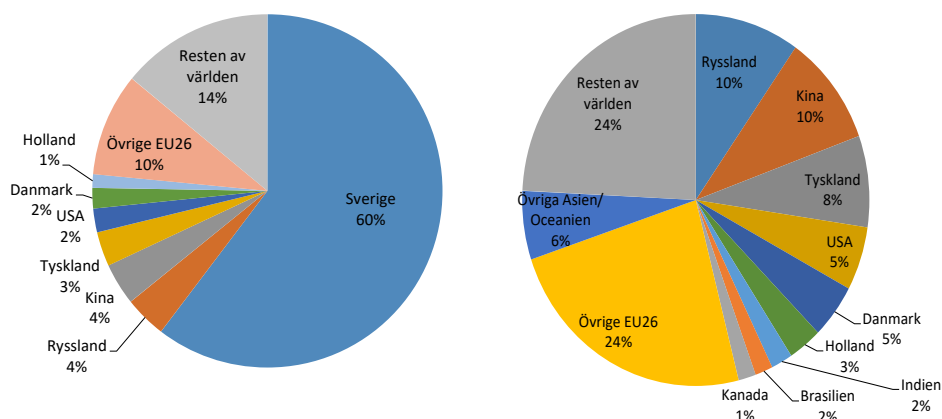


Figur 38 – Sveriges energiavtryck per bränsletyp åren 1995 och 2008. Källa: WIOD, SCB:s bearbetning

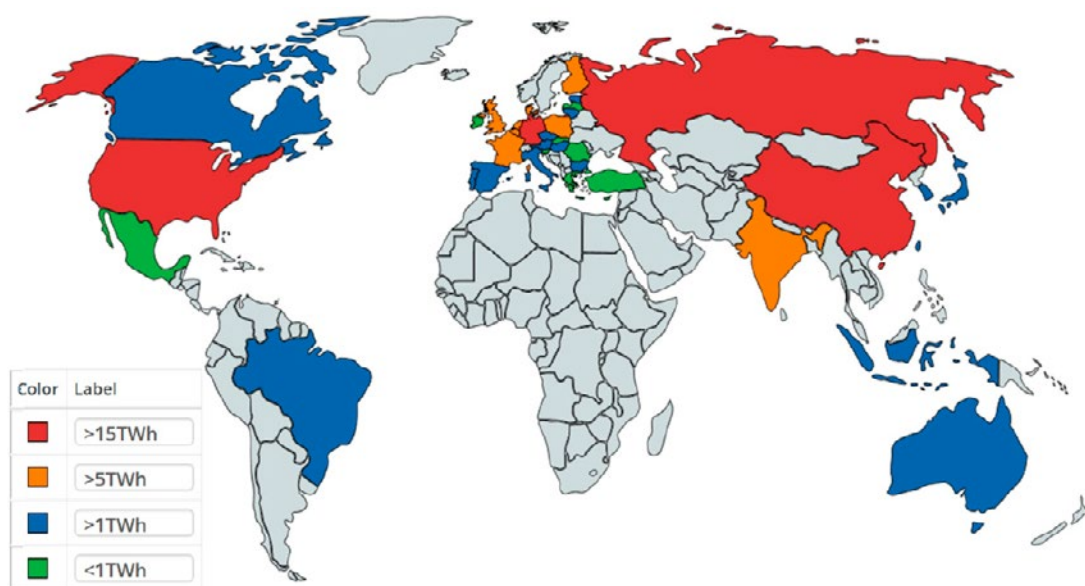
3.5 EU hade störst påverkan

Sveriges energiavtryck kommer antingen från Sveriges eller utländsk produktion. Figur 39 och Figur 40 visar i vilken region avtrycket år 2008 har sitt ursprung. Den största delen kom från Sveriges produktion (60 procent). De största import-

länderna var Ryssland (4 procent av den slutliga användningen), Kina (4 procent) och Tyskland (3 procent)⁸⁸.



Figur 39 – Sveriges energiavtryck (till vänster) samt import av energi inbäddad i produkter och tjänster (till höger) år 2008 per ursprungsland eller ursprungsregion. Observera att detaljnivån är högre i importfiguren till höger. Källa: WIOD, SCB:s och Energimyndighetens bearbetning

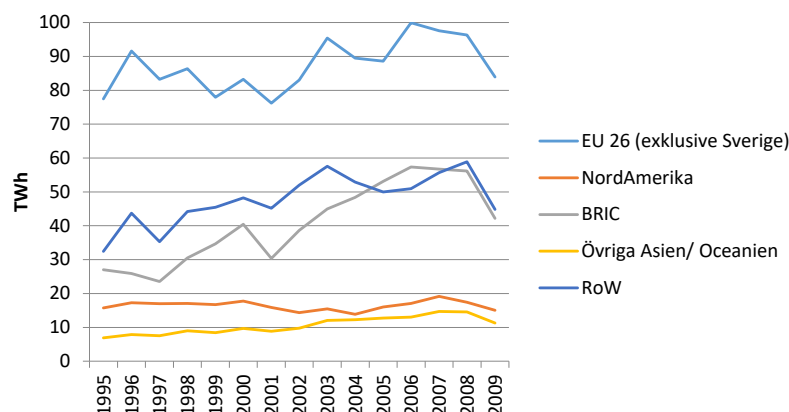


Figur 40 – Import av energi inbäddad i konsumtionen per ursprungsland (exklusive "övriga världen") år 2008. Källa: WIOD, SCB:s och Energimyndighetens bearbetning. Bilden har tagits fram med hjälp av <http://mapchart.net/world.html>

Även om EU26 och Nordamerika tillsammans stod för nästan hälften av energianvändningen inbäddad i importerade produkter och tjänster 2008 (40 respektive 8 procent) har deras betydelse för Sveriges energiavtryck minskat över tiden till förmån för utvecklingsländer (Figur 41). 75 procent av ökningen mellan 1995

⁸⁸ Observera att även om Norge är en viktig handelspartner för Sverige ingår Norges andel av Sveriges energiavtryck i resten av världens eftersom Norge inte redovisas som enskilt land i WIOD

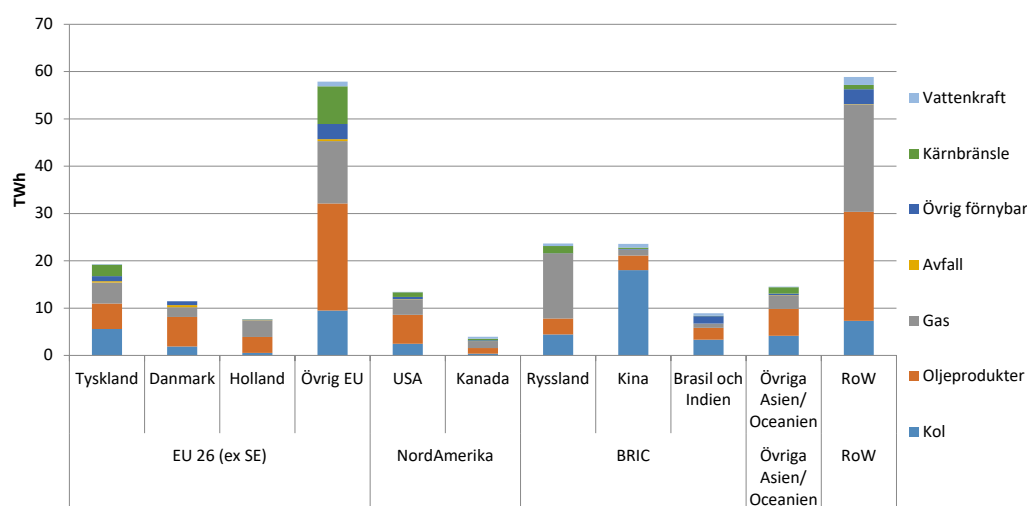
och 2008 av Sveriges energiavtryck från import av varor och tjänster har täckts av länder utanför EU och Nordamerika. Kina och Ryssland står ensamma för 28 procent av importökningen.



Figur 41 – Import av inbäddad energi per ursprungsregion mellan 1995 och 2009.
Källa: WIOD, SCB:s och Energimyndighetens bearbetning

3.6 Kinas och Rysslands betydelse ökade

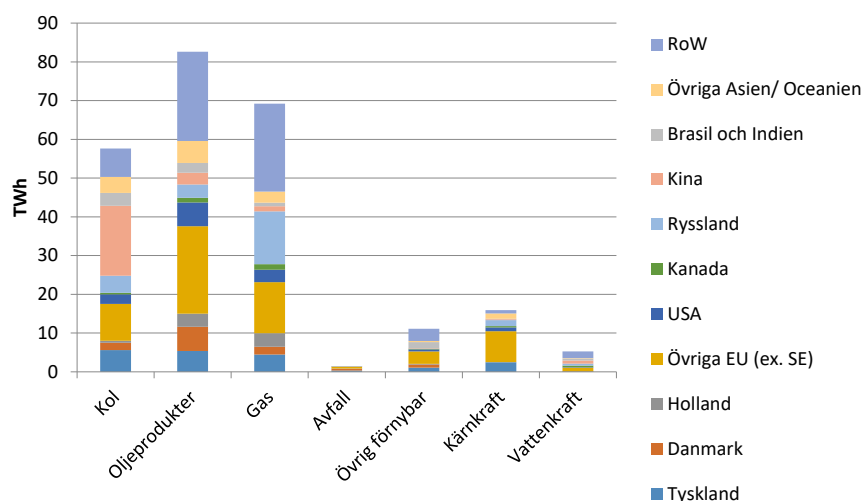
Olika länder har olika bränslemix för att tillverka de produkter som i slutändan används i Sverige. Figur 42 visar i detalj dessa bränslemixer per importland år 2008. Kina var det land som hade störst andel kol i sin exportmix till Sverige, Ryssland den största andelen gas och Danmark den största andelen olja. När det gäller kärnkraft och förnybar energi var det EU-länder som hade störst andel av dessa bränslen i sin export till Sverige.



Figur 42 – Utländsk andel av Sveriges energiavtryck per land och per bränsle år 2008.
Källa: WIOD, SCB:s och Energimyndighetens bearbetning

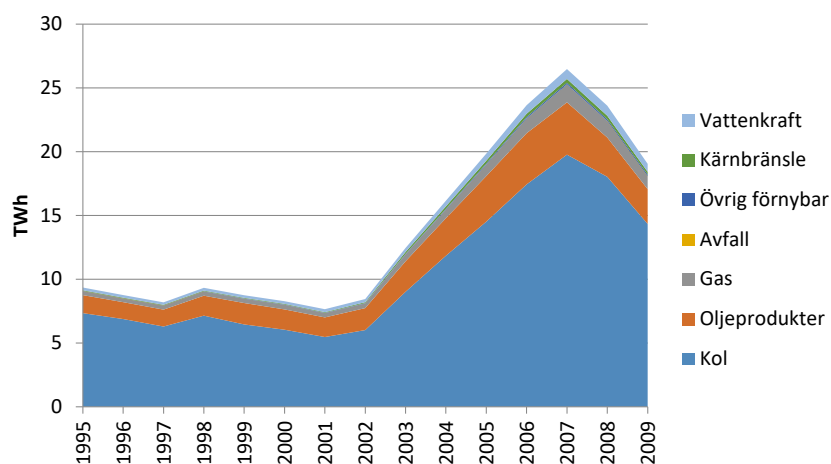
Figur 43 visar samma uppdelning som Figur 42 fast per bränsle och land istället

för per land och per bränsle. Man kan konstatera att 31 procent av kolet år 2008 kom från Kina, att 20 procent av gasen kom från Ryssland och 19 procent från EU26 samt att två tredjedelar av kärnbränslet kom från EU26. För övriga energislag är ursprungsländerna mer jämnt fördelade mellan olika regioner.

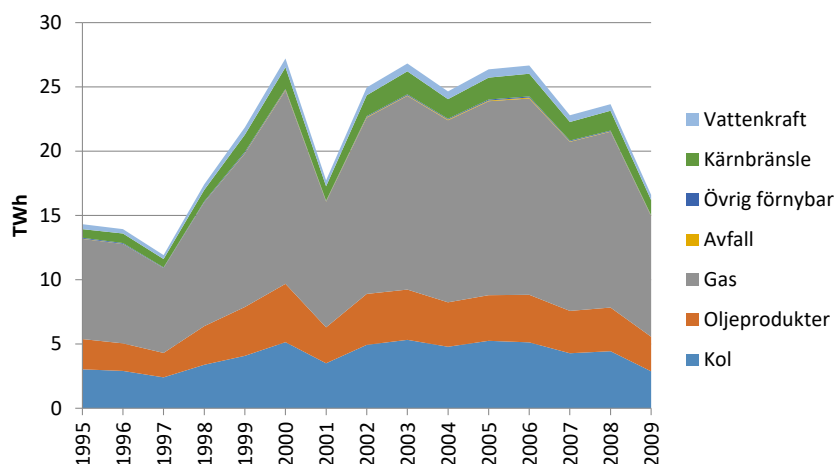


Figur 43 – Sveriges import av indirekt energi per bränsle från olika länder år 2008. Källa: WIOD, SCB:s och Energimyndighetens bearbetning

Import av energi inbäddad i produkter och tjänster har ökat från samtliga regioner. Kapitel 3.3 visar att enbart Kina och Ryssland stod för 28 procent av importökningen av indirekt energi mellan 1995 och 2008. Kinas bränslemix utgjordes nästan uteslutande av fossila bränslen (och framförallt kol) och Sveriges indirekta energiimport från Kina har ökat stadigt mellan 2002 och 2007 men har minskat under finanskrisen (Figur 44). Rysslands bränslemix bestod också till stor del av fossila bränslen (framförallt gas) och Sveriges indirekta energiimport från Ryssland har ökat med 9 TWh mellan 1997 och 2002 för att ligga ganska stabilt efteråt, förutom under krisåret 2009 (Figur 45).



Figur 44 – Import av indirekt energi från Kina mellan 1995 och 2009. Källa: WIOD, SCB:s och Energimyndighetens bearbetning

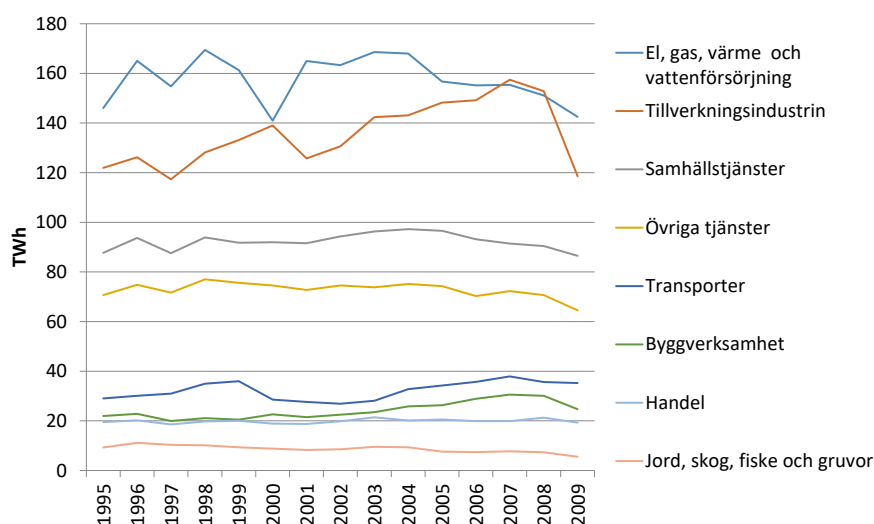


Figur 45 – Import av indirekt energi från Ryssland mellan 1995 och 2009. Källa: WIOD, SCB:s och Energimyndighetens bearbetning

3.7 Tillverkningen utomlands ökade i betydelse

En beskrivning av de olika sektorer som redovisas i rapporten finns i bilaga 1. WIOD:s bransch kategorier (NACE – till exempel tillverkningsindustri, jordbruk, handel) har använts här men kategoriseringen skulle även kunna ha översatts till konsumtionskategorier (COICOP – till exempel elektronik, livsmedel, handelstjänster)⁸⁹.

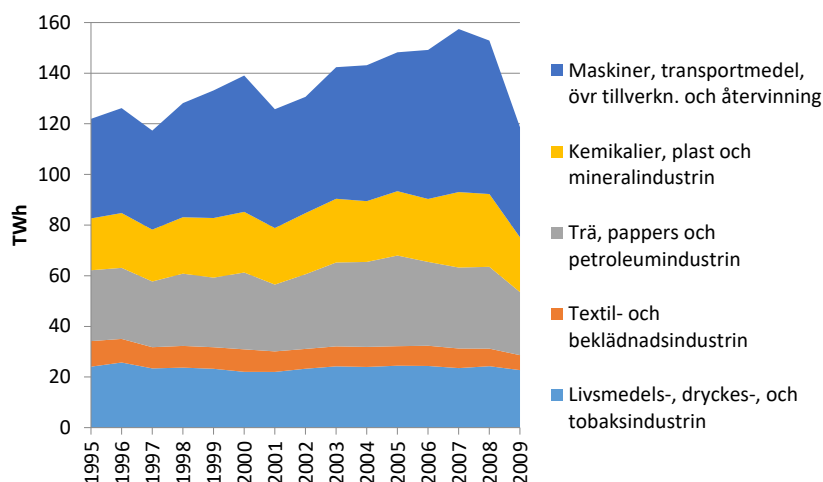
Det är energiförsörjning och tillverkningsindustri som gav upphov till den största delen av Sveriges energiavtryck 2008. Mellan 1995 och 2008 har tillverkningen stått för den största delen av ökningen. Det är samtidigt den sektor som har påverkats mest av finanskrisen 2009 (Figur 46).



Figur 46 – Sveriges energiavtryck uppdelad per sektor mellan 1995 och 2009, exklusive hushållens direkta energianvändning. Källa: WIOD, SCB:s och Energimyndighetens bearbetning

⁸⁹ http://www.scb.se/statistik/mi/mi1202/2004a01/mi1202_2004a01_br_mift0408.pdf

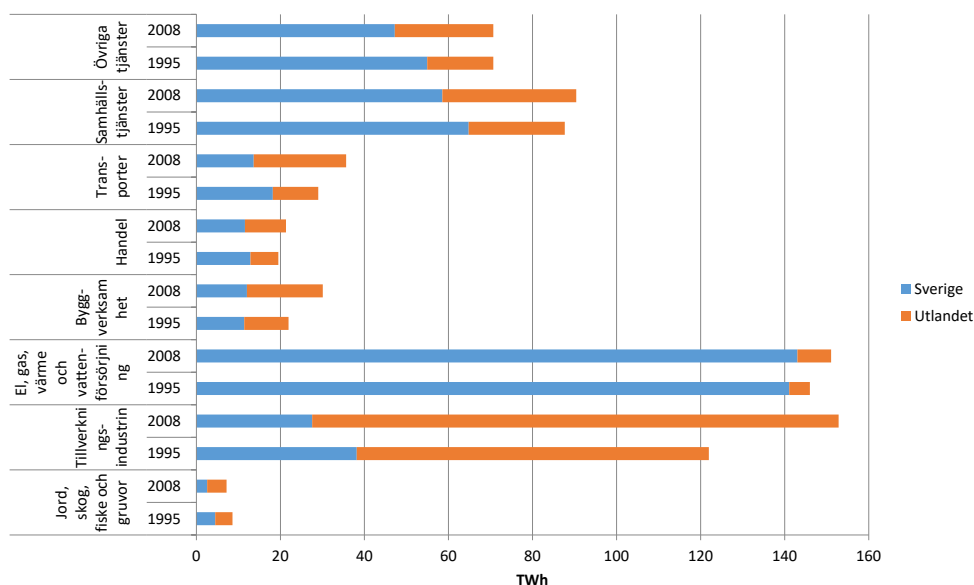
Inom tillverkningsindustrin var det energianvändningen till maskiner, transportmedel, övrig tillverkning och återvinning m.m. som dominerade 2008 och som också har ökat mest mellan 1995 och 2008 (Figur 47).



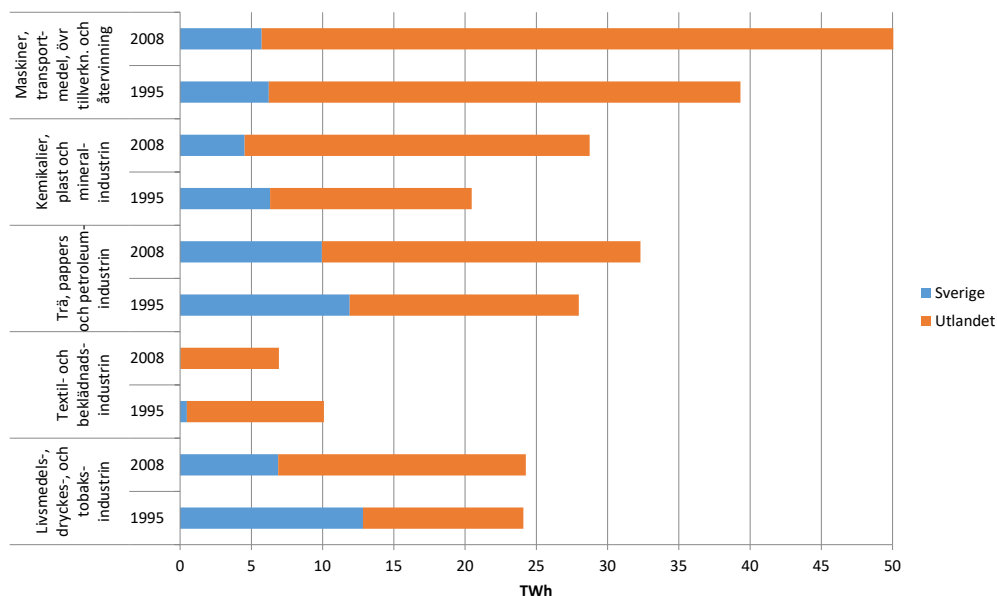
Figur 47 – Sveriges energiavtryck från tillverkningsindustrin uppdelad per undersektor mellan 1995 och 2009. Källa: WIOD, SCB:s och Energimyndighetens bearbetning

Tillverkningsindustrin är dessutom den sektor som hade störst andel utländsk produktion: 82 procent 2008 (Figur 48). Andelen utländsk produktion var särskilt stor inom textilindustrin och maskintillverkning följt av livsmedelsindustrin och kemikalieindustrin (Figur 49).

Den utländska delen av Sveriges energiavtryck har ökat mellan 1995 och 2008 i samtliga sektorer (Figur 48). Störst förändring har skett inom tillverkningsindustrin, transporttjänster och jordbruket.

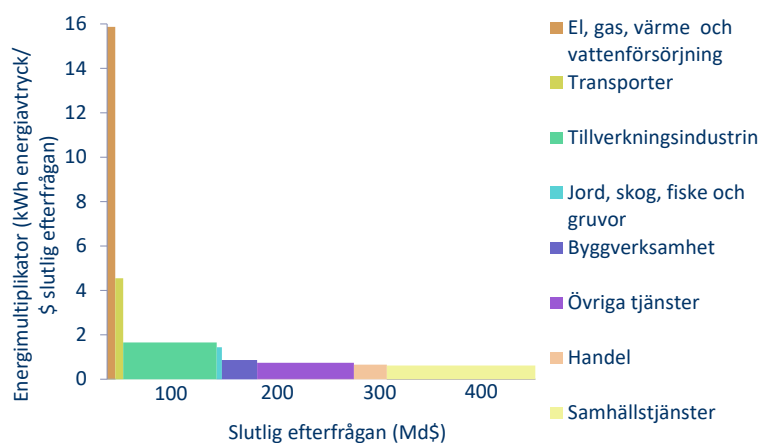


Figur 48 – Sveriges energiavtryck per sektor, uppdelad mellan den del av produktionen som sker i Sverige och den som sker i utlandet, åren 1995 och 2008. Källa: WIOD, SCB:s och Energimyndighetens bearbetning



Figur 49 – Sveriges energiavtryck från tillverkningsindustrin per delsektor, uppdelad mellan den del av produktionen som sker i Sverige och den som sker i utlandet, åren 1995 och 2008. Källa: WIOD, SCB:s och Energimyndighetens bearbetning

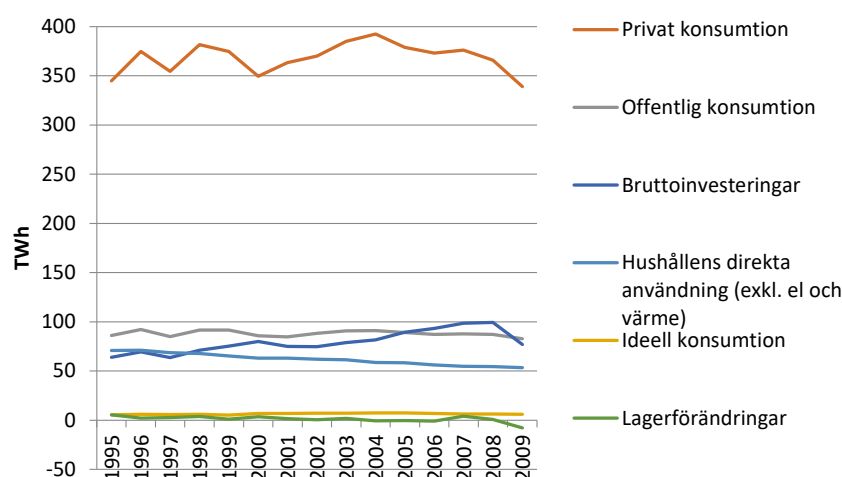
Både efterfrågan på produkter och energiintensiteten för dessa produkter spelar roll för att räkna ut energiavtrycket. Energisektorn var den mest energiintensiva sektorn 2008 medan handel är den minst energiintensiva. Samhällstjänster var den mest efterfrågade sektorn medan jordbruk var den minst efterfrågade. Totalt var det tillverkningsindustrin och energisektorn som spelade mest roll för Sveriges energiavtryck (Figur 50).



Figur 50 – Energimultiplikatorn (Sveriges energiavtryck dividerad med Sveriges slutliga efterfrågan) samt Sveriges slutliga efterfrågan, per sektor 2008. Arealer mäter Sveriges energiavtryck 2008. Källa: WIOD, SCB:s och Energimyndighetens bearbetning

3.8 Privat konsumtion utgjorde största delen av energiavtrycket

Sveriges energiavtryck 2008 förklarades framförallt med privatpersoners inköp av varor och tjänster (60 procent, Figur 51). Bruttoinvesteringar stod för 16 procent av energianvändningen, den offentliga konsumtionen för 14 procent och hushållens direkta användning (exkl. el och värme vilka ingår i energitillförselssektorn) för 9 procent. Sett över tiden är det bruttoinvesteringarna som har ökat mest (+36 TWh eller +55 procent mellan 1995 och 2008) medan hushållens användning har minskat (-16 TWh eller -23 procent).



Figur 51 – Sveriges energiavtryck för de olika komponenterna av den slutliga användningen mellan 1995 och 2009. Källa: WIOD, SCB:s och Energimyndighetens bearbetning

3.9 En jämförelse med Sveriges klimatavtryck enligt Naturvårdsverkets beräkningar

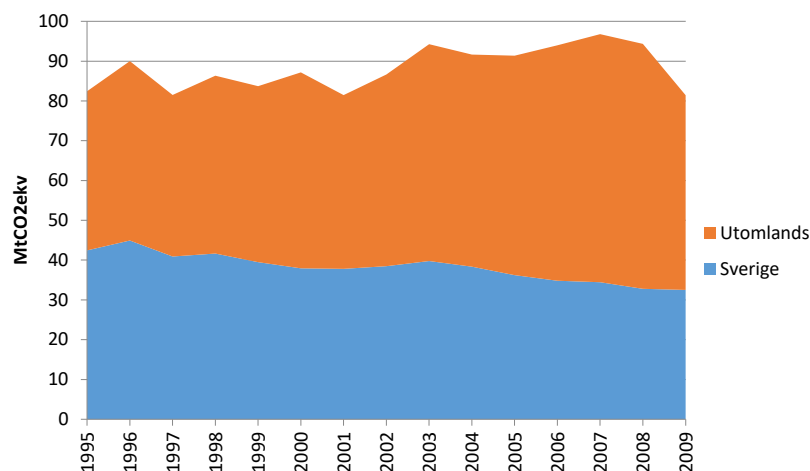
I detta kapitel presenteras Naturvårdsverkets resultat om Sveriges klimatavtryck. Detta resultat kopplas sedan med Energimyndighetens analys av Sveriges energiavtryck för att kunna belysa miljömålet Begränsad klimatpåverkan. Anledningen till att endast klimatpåverkan analyseras bland alla miljömål är att klimatpåverkan har en tydlig internationell dimension och försämras särskilt utifrån ett konsumtionsperspektiv jämfört med utifrån ett produktionsperspektiv. Dessutom finns det data från Naturvårdsverket⁹⁰ som baseras på samma metod som den som används i kapitel 3.

År 2008 var växthusgasutsläppen i Sverige 94,3 miljoner ton koldioxidekvivalenter eller 10,2 ton per person utifrån ett konsumtionsperspektiv, medan de var 60,2 miljoner ton eller 6,5 ton per person utifrån ett produktionsperspektiv⁹¹. Medan de produktionsbaserade utsläppen av växthusgaser har minskat med 5 procent i Sverige från 1995

⁹⁰ SCB (2014) - Koldioxidutsläpp från svensk slutlig konsumtion 1995–2009

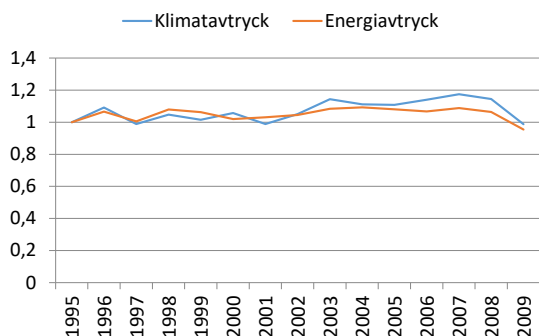
⁹¹ I SCB:s rapport visas inte de produktionsbaserade utsläppen men de beräknas av Energimyndigheten utifrån SCB:s data om konsumtionsbaserad klimatpåverkan och WIOD-databasen om produktionsbaserad klimatpåverkan, se kapitel 2.2 för metoden.

till 2008 har utsläppen som orsakas av Sveriges konsumtion istället ökat med 14 procent under samma period (Figur 52)⁹². Detta ligger i linje med nationella analyser som visar att Sveriges klimatavtryck är större än Sveriges produktionsbaserade klimatpåverkan samt har historiskt ökat (cf. kapitel 2.1).



Figur 52 - Utveckling av Sveriges klimatavtryck, mellan 1995 och 2009, uppdelat på utsläpp från Sveriges och utländsk produktion. Källa: SCB (2014) - Koldioxidutsläpp från svensk slutlig användning 1995-2009

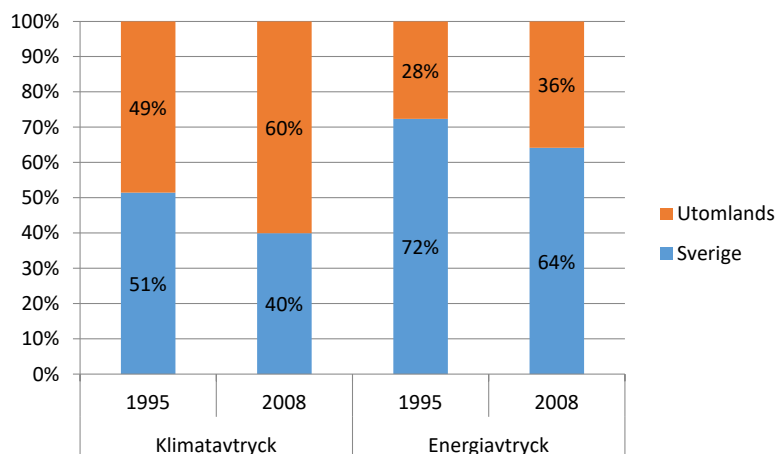
Av Figur 53 framgår också att Sveriges klimatavtryck har ökat mer än Sveriges energiavtryck mellan 1995 och 2008. Detta antyder att det inte har skett någon frikoppling, varken absolut eller relativ, mellan växthusgasutsläpp och energianvändning sett ur ett konsumtionsperspektiv.



Figur 53 – Sveriges klimatavtryck och energiavtryck mellan 1995 och 2009. Indexerade värden med 1995 som basår. Källa: WIOD, SCB:s och Energimyndighetens bearbetning

I Figur 54 kan man se hur stor andel av växthusgasutsläppen och energianvändningen som skedde utomlands 1995 och 2008 samt hur stor del som är inhemska. Där framgår att medan 36 procent av Sveriges energiavtryck 2008 skedde utomlands var motsvarande andel för växthusgasutsläppen 60 procent. Dessutom hade båda dessa andelar ökat mellan 1995 och 2008.

⁹² SCB (2014). Koldioxidutsläpp från svensk slutlig konsumtion 1995–2009



Figur 54 – Inhemsk och utländsk andel av Sveriges klimatavtryck och energiavtryck åren 1995 och 2008. Källa: WIOD, SCB:s och Energimyndighetens bearbetning

3.10 Konsumtionsökningen har drivit Sveriges klimatavtryck

För att undersöka de bakomliggande anledningarna till nivån och utvecklingen av Sveriges klimatavtryck presenteras nedan en s.k. LMDI-dekompositionsanalys av IPAT-ekvationen. En IPAT-ekvation handlar om att kvantifiera orsakerna till en viss miljöpåverkan (Impact) med tanke på befolkning (Population), konsumtionsnivå (Affluence) och ekonomins miljöeffektivitet (Technology). Det förutsätter att all miljöpåverkan orsakas av energianvändningen, vilket är en approximation eftersom mellan 70 och 80 procent av klimatpåverkan kommer från energianvändningen. IPAT-ekvationen kallas ibland för Kaya-ekvationen och lyder:

$$\text{Växthusgasutsläpp (MntonCO2ekv.)} = \frac{\text{Växthusgasutsläpp (MntonCO2ekv.)}}{\text{Energi användning (TWh)}} \times \frac{\text{Energi användning (TWh)}}{\text{Konsumtion (Mn\$)}} \times \frac{\text{Konsumtion (Mn\$)}}{\text{Befolkning}} \times \text{Befolkning}$$

$$\text{Växthusgasutsläpp} = \text{Emissionsfaktor} \times \text{Energiintensitet} \times \text{Konsumtionsnivå} \times \text{Befolkning}$$

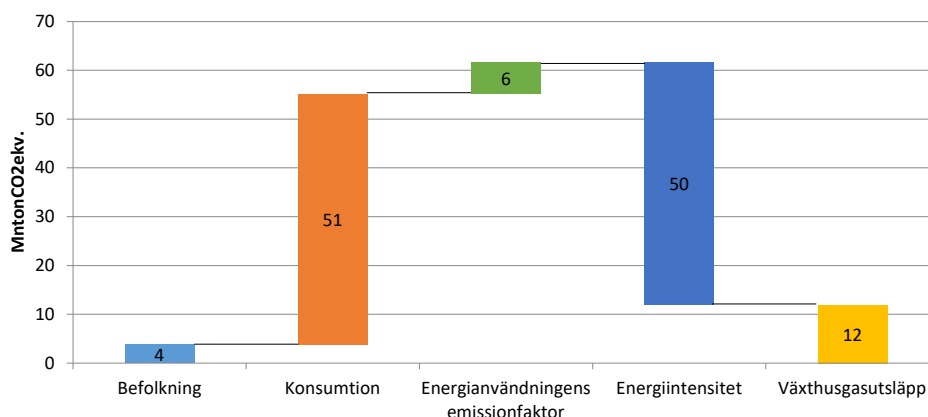
År 2008 var Sveriges klimatavtryck 94,3 miljoner ton koldioxidekvivalenter (+14 % mellan 1995 och 2008) vilket förklarades av att:

- emissionsfaktorn var 154 kgCO₂ekv./MWh (+8 %),
- energiintensiteten var 1,7 kWh/\$ (-43 %),
- konsumtionsnivån var 39 000 \$/pers./år (+79 %),
- befolkningen var 9,22 miljoner invånare (+4 %).

En LMDI-dekompositionsanalys handlar om att uppskatta varje faktors bidrag till resultatet⁹³. Mellan 1995 och 2008 har Sveriges klimatavtryck ökat med 11,9 mil-

⁹³ https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/IEA_EnergyEfficiencyIndicators_EssentialsforPolicyMaking.pdf

joner ton trots att konsumtionen har blivit mycket mer energieffektiv⁹⁴. Detta beror framförallt på att konsumtionsnivån har ökat men även på grund av att konsumtionen har blivit lite mer fossilintensiv (och därmed lite mer växthusgasintensiv) och att befolkningen har ökat (Figur 55).



Figur 55 – Utvecklingen av Sveriges klimatavtryck mellan 1995 och 2008 (i gult) samt uppdelningen bland fyra olika faktorer. Varje stapel motsvarar den isolerade påverkan av varje faktor, givet att alla andra faktorer hålls konstant. Källa: WIOD, SCB:s och Energimyndighetens bearbetning

3.11 Sveriges lägre fossilandel var orsaken till högre klimatavtryck

För att analysera de viktigaste komponenter som förklarar skillnaden mellan den konsumtionsbaserade och den produktionsbaserade klimatpåverkan har en LMDI-dekompositionsanalys använts. Även här som i IPAT-ekvationen i kapitel 2.3 antas att all klimatpåverkan kommer från energianvändningen⁹⁵. Tre effekter har analyserats:

- Bytesbalanseffekten visar effekten av skillnaden mellan import och export (i termer av produktionsvärde): ju större nettoimport, desto större bytesbalanseffekt
- Specialiseringseffekt, uppdelad på energi respektive klimat, visar effekten av hur energi- respektive utsläppsintensiteten⁹⁶ skiljer sig mellan det som exporteras och det som konsumeras i Sverige respektive i resten av

⁹⁴ I en liknande analys har Nässén fördelat energieffektivitetseffekten mellan en specialiseringseffekt och en teknisk effektiviseringseffekt med hjälp av mikrodata. Han visar att specialiseringseffekten utgör cirka en tredjedel av energieffektiviseringseffekten. Detta pekar på att konsumtionen har baserats på allt mindre energiintensiva produkter under tiden. Källa: Nässén (2014) – Determinants of greenhouse gas emissions from Swedish private consumption: Time-series and cross-sectional analyses

⁹⁵ LMDI står för Logarithmic Mean Divisia Index. Metoden beskrivs i Gasim (2015) - The embodied energy in trade: What role does specialization play?

⁹⁶ Energiintensiteten avser hur kvoten mellan energiåtgången för och det ekonomiska värdet av konsumtionen, medan utsläppsintensiteten avser kvoten mellan växthusgasutsläppen och energiåtgången.

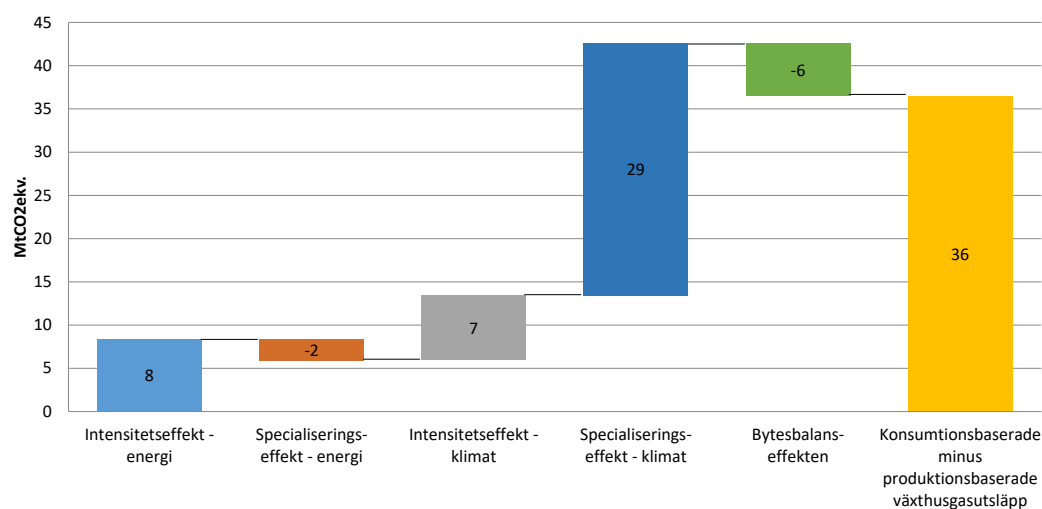
världen: ju mer specialiserat Sverige är i nettoimport av energi- respektive utsläppsintensiva produkter, desto större specialiseringseffekt

- Intensitetseffekt, också uppdelad på energi respektive klimat, visar effekten av produktionstekniken: ju större skillnaden i energi- respektive utsläppsintensitet mellan Sverige och omvärlden, desto större intensitetseffekt

Figur 56 visar denna kvantifiering. Den främsta orsaken till att Sverige hade en positiv specialiseringseffekt är att utsläppsintensiteten för de produkter som Sverige exporterade var mycket lägre än de produkter som Sverige konsumerade, medan resten av världen tvärtom hade en något högre utsläppsintensitet i sin export till Sverige jämfört med konsumtionen. Detta kan tolkas som en direkt konsekvens av att Sverige hade en mindre andel fossil energi i sin produktionsbaserade energimix än omvärlden.

Övriga effekter som förklarar resultatet är att:

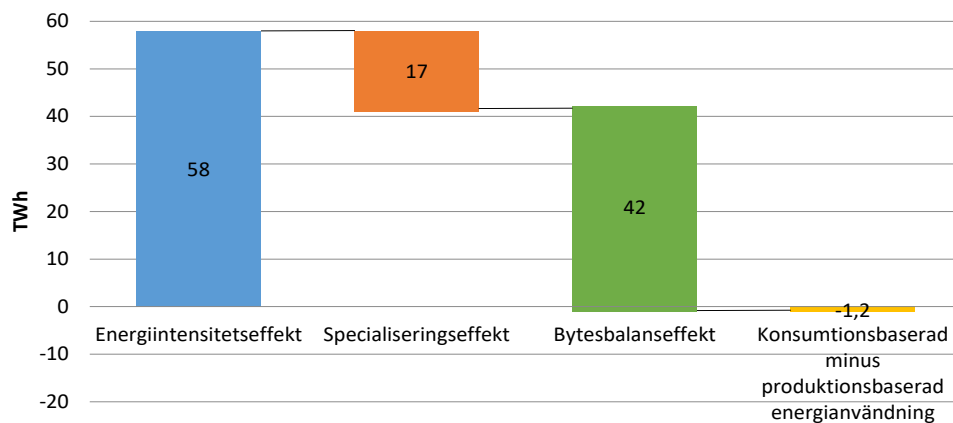
- Sveriges nettoimport i termer av ekonomiskt värde var negativ (bytesbalanseffekten är lite positiv)
- Sverige nettoexporterade produkter inom energiintensiva sektorer (specialiseringseffekt-energi är lite negativ)
- Sverige hade både mer energieffektiv och utsläppseffektiv konsumtion än omvärlden (intensitetseffekten-energi och intensitetseffekten-klimat är lite positiva).



Figur 56 – Sveriges konsumtionsbaserade minus produktionsbaserade växthusgasutsläpp år 2008 (i gult) samt uppdelningen av denna klimatpåverkan bland fem olika faktorer. Varje stapel motsvarar den isolerade påverkan av varje faktor, givet att alla andra faktorer hålls konstant. Källa: WIOD, SCB:s och Energimyndighetens bearbetning

En detaljerad uppdelning av Sveriges energiavtryck 2008 visas dessutom i Figur 57. Denna figur visar att, även om Sverige exporterade mer produkter i termer av ekonomiskt värde än vad som importerades (*bytesbalanseffekten*) och nettoexporterade energiintensiva produkter (*specialiseringseffekt*), var Sveriges

energintensitet mindre än omvärldens (*intensitetseffekt*). De två första effekterna var under år 2008 lika stora som den tredje effekten vilket innebär att energin inbäddad i bytesbalansen nästan var noll.



Figur 57 – Konsumtionsbaserad minus produktionsbaserad energianvändning år 2008 (i gult) samt uppdelningen av denna klimatpåverkan bland tre olika faktorer. Varje stapel motsvarar den isolerade påverkan av varje faktor, givet att alla andra faktorer hålls konstant. Källa: WIOD, SCB:s och Energimyndighetens bearbetning

Bilaga 1: Koder över energislag och sektorer

WIOD:s och NACE:s sektorkoder

WIOD:s ekonomiska databas bygger på den äldre NACE 1.1 vilket motsvarar svensk näringsgrensindelning SNI2002. I denna rapport har andra branschgrupperingar använts. En skillnad mellan denna uppdelning och SCB:s rapport från 2014 (Koldioxidutsläpp från svensk slutlig konsumtion 1995-2009) är att ”övriga tjänster” delas in i ”samhällstjänster” och ”övriga tjänster”. Omfattningen av dessa grupperingar beskrivs i tabellen nedan.

Tabell 2 – Branschcodes i WIOD och branschgrupperingar som används i denna rapport

Branscher tillgängliga i WIOD		Branschgrupperingar som används i denna rapport	
NACE 1.1	Beskrivning	NACE 1.1	Beskrivning
A-B	Jord- och skogsbruk samt fiske	A-C	Jord, skog, fiske och gruvor
C	Utvinning av mineraler	A-C	Jord, skog, fiske och gruvor
15-37	Tillverkningsindustrin	15-37	Tillverkningsindustrin
15-16	Livsmedels, dryckes- och tobaksindustrin	15-16	Varav Livsmedels-, drycks- och tobaksindustrin
17-18	Textil och beklädnadsindustrin	17-19	Varav Textil och beklädnadsindustrin
19	Tillverkning av läder och lädervaror	17-19	Varav Textil och beklädnadsindustrin
20	Trävarutillverkning	20-23	Varav Trä, pappers- och petroleumindustrin
21-22	Massa, papper, förlagsverksamhet och grafisk produktion	20-23	Varav Trä, pappers- och petroleumindustrin
23	Stenkolsprodukter, raffin. Petroleumprodukter och kärnbränsle	20-23	Varav Trä, pappers- och petroleumindustrin
24	Kemikalier och kemiska produkter	24-28	Varav Kemikalier, plast och mineralindustrin
25	Gummi- och plastvaror	24-28	Varav Kemikalier, plast och mineralindustrin
26	Icke-metalliska mineraliska produkter	24-28	Varav Kemikalier, plast och mineralindustrin
27-28	Metallframställning och metallvarutillverkning	24-28	Varav Kemikalier, plast och mineralindustrin
29	Tillverkning av maskiner	29-37	Varav Maskiner, transportmedel, övr. tillverkning och återvinning
30-33	Tillverkning av el- och optikprodukter	29-37	Varav Maskiner, transportmedel, övr. tillverkning och återvinning
34-35	Tillverkning av transportmedel	29-37	Varav Maskiner, transportmedel, övr. tillverkning och återvinning
36-37	Övrig tillverkning, återvinning	29-37	Varav Maskiner, transportmedel, övr. tillverkning och återvinning
E	El-, gas och vattenförsörjning	E	El-, gas och vattenförsörjning
F	Byggverksamhet	F	Byggverksamhet
50	Motorhandel	50-52	Handel

Branscher tillgängliga i WIOD		Branschgrupperingar som används i denna rapport	
51	Parti- och agenturhandel	50-52	Handel
52	Detaljhandel	50-52	Handel
H	Hotell- och restaurangverksamhet	H, 64, 70, J, P	Övriga tjänster
60	Landtransport	60-63	Transport
61	Sjötransport	60-63	Transport
62	Lufttransport	60-63	Transport
63	Stödtjänster till transport, resebyråverksamhet	60-63	Transport
64	Post- och telekommunikation	H, 64, 70, J, P	Övriga tjänster
J	Finansiell verksamhet	H, 64, 70, J, P	Övriga tjänster
70	Fastighetsverksamhet	H, 64, 70, J, P	Övriga tjänster
71-74	Uthyrning av fordon och maskiner, andra företagstjänster	H, 64, 70, J, P	Övriga tjänster
L	Offentlig förvaltning, försvar, obligatorisk socialförsäkring	L-O	Samhällstjänster
M	Utbildning	L-O	Samhällstjänster
N	Hälso- och sjukvård, sociala tjänster	L-O	Samhällstjänster
O	Andra samhällsliga och personliga tjänster	L-O	Samhällstjänster
P	Hushållens verksamhet som arbetsgivare	H, 64, 70, J, P	Övriga tjänster

WIOD:s och IEA:s bränslekoder

WIOD:s energiräkenskapsdatabas baseras på IEA:s 61 energislag som aggregeras till 26 energislag. Detta görs för att WIOD:s projekt enklare skulle kunna bearbeta data. I denna rapport används 10 aggregerade kategorier. Se tabellen nedan.

Tabell 3 – Beskrivning av de olika energislag som ingår i IEA samt grupperingar som görs i WIOD och i denna rapport

Koder som används i denna rapport	WIOD-kod	IEA-kod	Beskrivning
Kol	Coal		
	HCoal	Antcoal + Bitcoal + Cokcoal + Patfuel + Subcoal	Hard coal and derivatives
	BCoal	Bkb + Caoltar + Lignite + Peat	Lignite and derivatives
	Coke	Gascoke + Ovencoke	Coke
Oljeprodukter	Crude & Feedstocks		
	Crude	Crudeoil + NGL + Refeeds + Additive + Noncrude	Crude oil, NGL and feedstocks
	Petroleum products		
	Diesel	Gasdies (för vägtransport)	Diesel oil for road transport
	Gasoline	Motorgas	Motor gasoline
	Jetfuel	Avgas + Jetgas + Jetkero	Jet fuel (kerosene and gasoline)
	LFO	Gasdies	Light fuel oil
	HFO	Resfuel	Heavy fuel oil
	Naphta	Naphta	Naphta
	Othpetro	Bitumen + Ethane + LPG + Lubric + Ononspec + Othkero + Parwax + Petcoke + Refingas + Whitesp	Other petroleum products
Gas	Gases		
	Natgas	Natgas	Natural gas
	Othgas	Blfurgs + Cokeovgs + Gaswkgs + Mangas + Oxystgs	Derived gas
Avfall	Renewables & wastes		
	Waste	Indwaste + Munwasten + Munwaster	Industrial and municipal waste
Övrig förnybar	Biogasol	Biogasol + Obioliq	Biogasoline also including hydrated ethanol
	Biodiesel	Biodiesel	Biodiesel
	Biogas	Gbiomass	Biogas
	Othrenew	Charcoal + renewns + Sbiomass	Other combustible renewables
	Electricity & Heat		
	Geotherm	Geotherm	Geothermal
	Solar	Solarpv + Solarth	Solar
	Wind	Wind	Wind power
	Othsourc	Boiler + Chemheat + Heatpump + Other + Tide	Other sources
El	Electr	Electr	Electricity
Värme	Heatprod	Heat + Heatns	Heat
Kärnkraft/ kärnbränsle	Nuclear	Nuclear	Nuclear
Vattenkraft	Hydro	Hydro	Hydroelectric
Förluster	Losses		
	Loss	Distloss	Distribution losses

WIOD:s och IEA:s sektorer

IEA:s indelning av energislag per sektorer kan implementeras i WIOD:s modell genom följande tabell.

Tabell 4 – Sektorer som används i WIOD:s nationalräkenskaper och IEA samt ingår i respektive sektor i WIOD

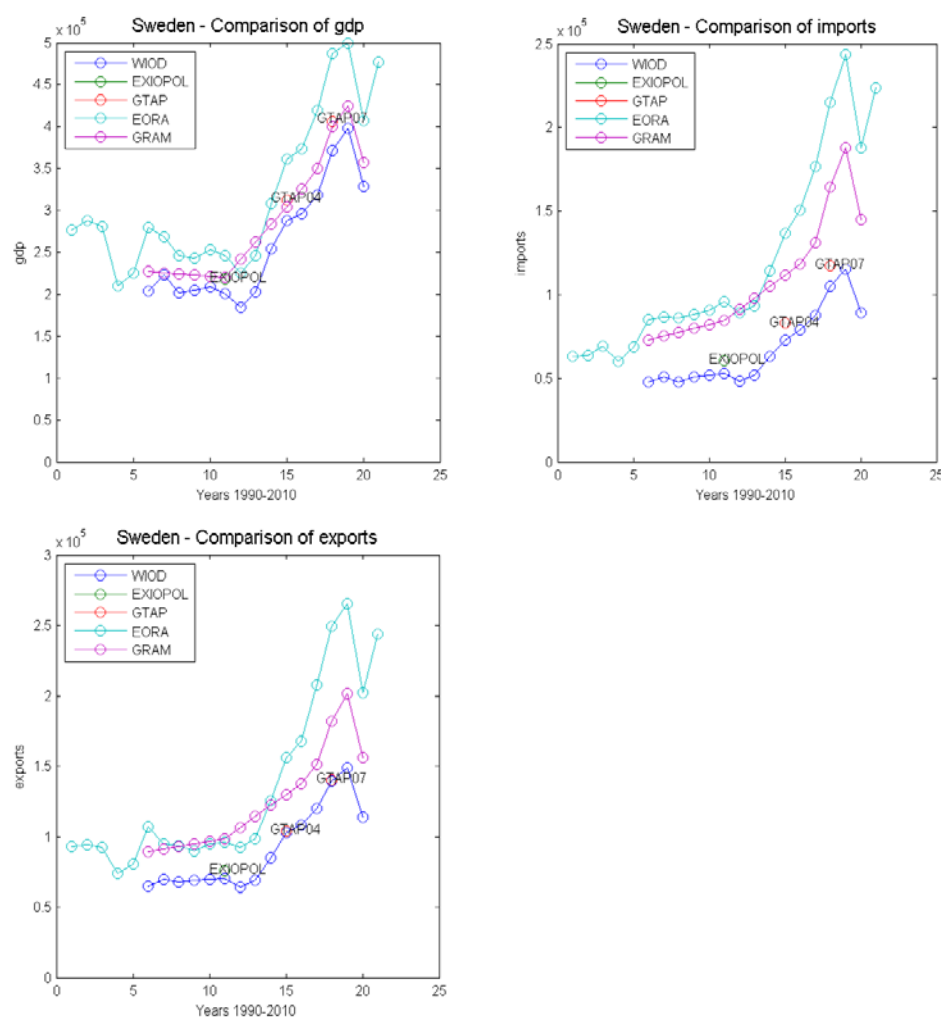
IEA-sektorer	Motsvarande NACE-sektorer	Motsvarande WIOD-sektorer
Agricult	01, 02	A, B
Fishing	05	A, B
Mines, oilgasex	10, 11	C
Mining	13, 14	C
Foodpro	15, 16	15, 16
Woodpro	20	20
Paperpro	21, 22	21, 22
Bkb, Coalliq, GTL, Nuc, Patfuel, Refiner, Cokeovs	23	23
Chemical, petchem	24	24
Nonmet	26	26
Blastfur, Cokeovs, Ironstl, Nonferr	27	27, 28
Transeq	34,35	34, 35
Charcoal, Gaswks, LNG, Powerplt, Pumpst, Mainchp, Mainelec, Mainelec, Mainheat, blendgas, Boiler, Ele, Heat	40	E
Construc	45	F
Rail, pipeline	60	60
Domesnav, Marbunk*	61	61
Domesair, Avbunk*	62	62
Biogas	90	O
Resident	Households	HH

* Baserat på ett residensperspektiv

Bilaga 2: Jämförelser mellan olika MRIO-databaser och analyser

Sveriges BNP, import och export 1990-2010 från olika databaser

Det finns olika inriktningar för att ta fram internationella input-output databaser utifrån nationella räkenskaper, handelsstatistik och IEA:s energibalanser (kapitel 2.4). Det finns därför en diskrepans på cirka 20 procent mellan de olika modeller när det gäller Sveriges BNP och cirka 60 procent när det gäller Sveriges export och import (Figur 58). BNP, import och export från GTAP, EXIOPOL och WIOD brukar dessutom vara nära varandra och mindre än data från Eora. Detta kan bero på att dessa databaser står närmare ländernas respektive input-output tabeller medan Eora fokuserar på världens osäkerheter vilket missgynnar Sveriges resultat.

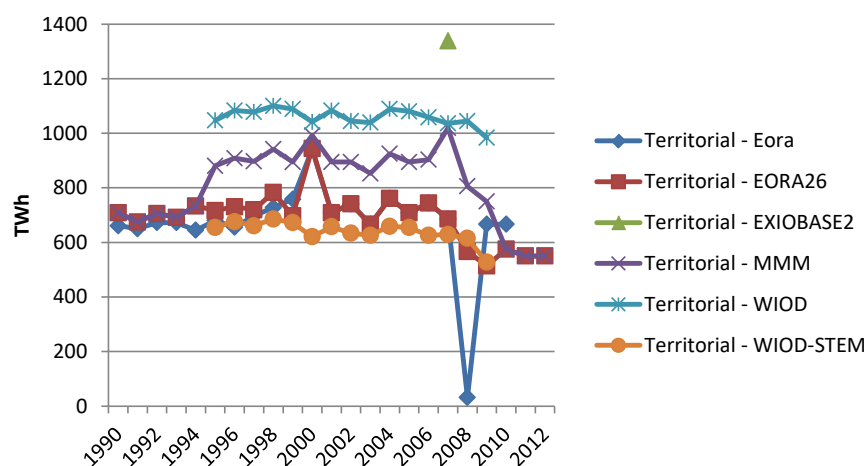


Figur 58 – Jämförelser i BNP, import och export från fem olika MRIO-databaser.

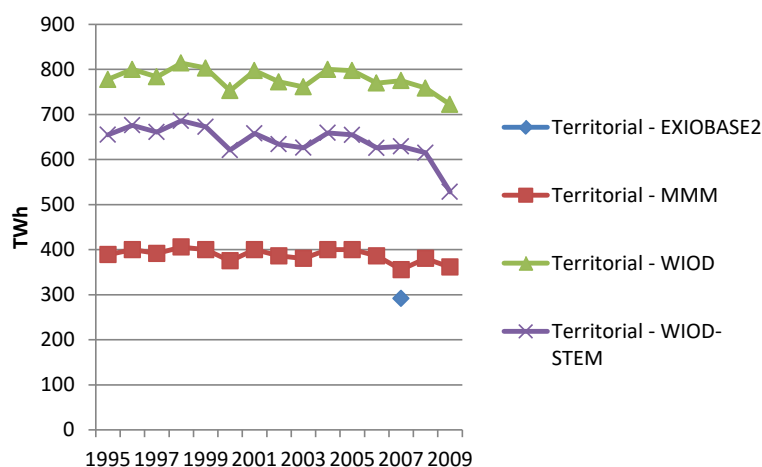
Källa: <http://worldmrio.com/comparison> [januari 2016]

Sveriges energi- och klimatränskapar samt beräknade energi- och klimatavtryck 1990-2012 från olika databaser

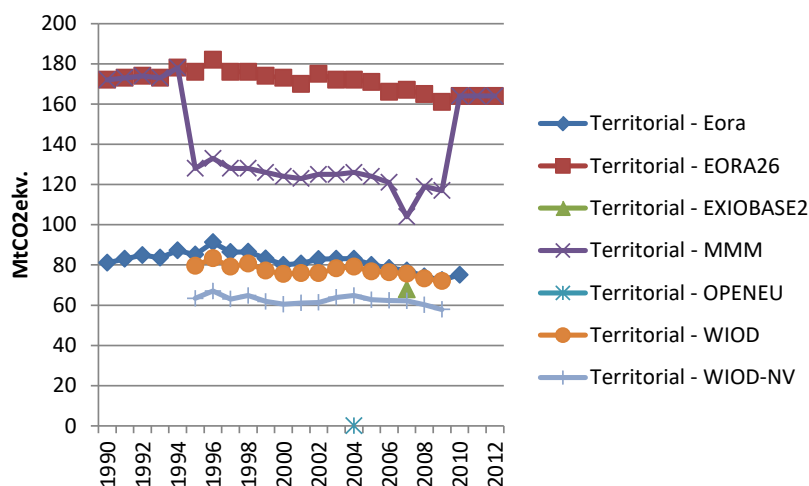
Skillnader på cirka 60 procent finns mellan olika internationella databaser i termer av Sveriges produktionsbaserade såväl som konsumtionsbaserade energianvändning och klimatutsläpp (cf. figurer nedan) vilket beror på metodologiska olikheter (kapitel 2.4) och dubbelräkningar (kapitel 2.5). En annan orsak kan vara att Sverige är både relativt litet (och bearbetas därmed med mindre noggrannhet än andra länder eller prioriteras mindre i den automatiserade osäkerhetsoptimeringen) och speciellt (med tanke på den höga andelen biobränslen och kärnkraftsel i energianvändningen samt en hög andel av ekonomin som kopplas till världshandeln). En sista orsak är att olika MRIOA har olika sätt att lösa Rotterdam-effekten, som uppstår utav att ett land A:s export till land B brukar redovisas annorlunda i importlandets och exportlandets handelsstatistik.



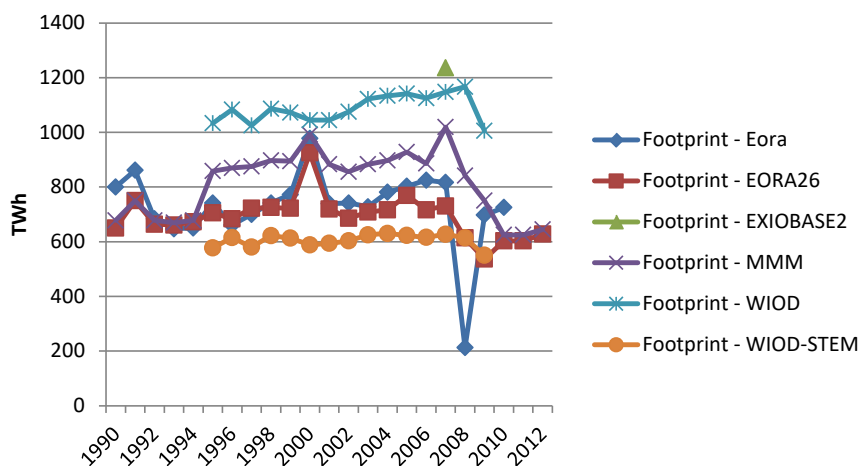
Figur 59 – Sveriges produktionsbaserade energianvändning ("energy use") från olika källor. Källa: <http://www.environmentalfootprints.org> [januari 2016]



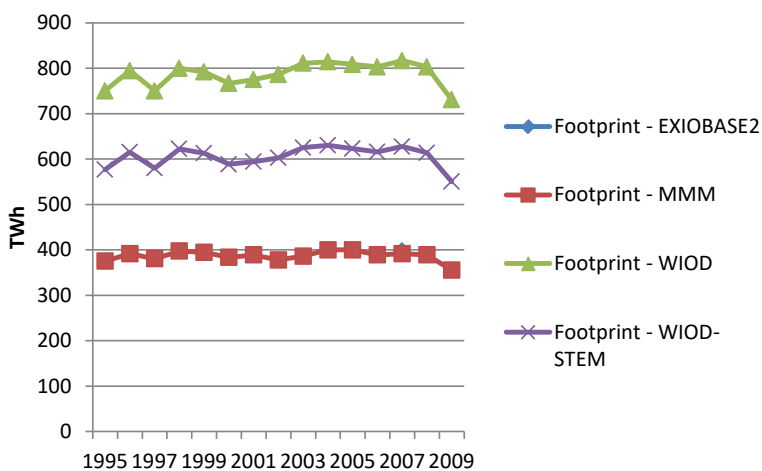
Figur 60 – Sveriges produktionsbaserade energianvändning ("emission-relevant energy") från olika källor. Källa: <http://www.environmentalfootprints.org> [januari 2016]



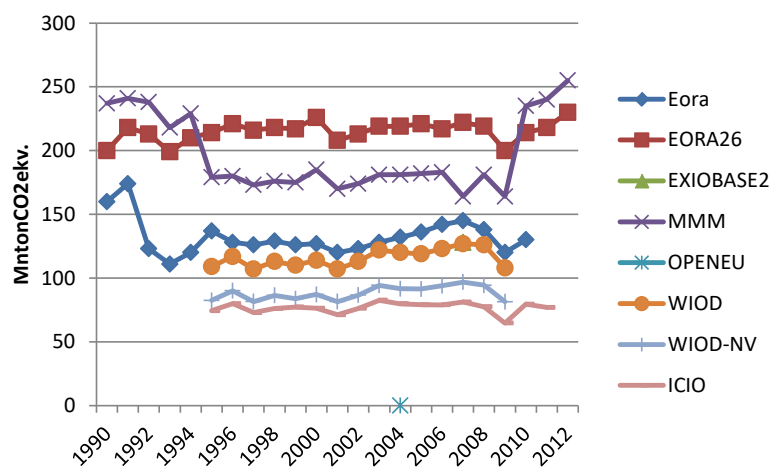
Figur 61 – Sveriges produktionsbaserade klimatutsläpp ("GHG emissions") från olika källor. Källa: <http://www.environmentalfootprints.org> [januari 2016]



Figur 62 – Sveriges energiavtryck ("energy use") från olika källor. Källa: <http://www.environmentalfootprints.org> [januari 2016]



Figur 63 – Sveriges energiavtryck ("emission-relevant energy") från olika källor. Källa: <http://www.environmentalfootprints.org> [januari 2016]



Figur 64 – Sveriges klimatavtryck ("GHG emissions") från olika källor.

Källa: <http://www.environmentalfootprints.org> och <http://www.oecd.org/sti/ind/carbondioxideemissionsembodiedininternationaltrade.htm> [januari 2016]

Ett hållbart energisystem gynnar samhället

Energimyndigheten arbetar för ett hållbart energisystem, som förenar ekologisk hållbarhet, konkurrenskraft och försörjningstrygghet.

Vi utvecklar och förmedlar kunskap om effektivare energianvändning och andra energifrågor till hushåll, företag och myndigheter.

Förnybara energikällor får utvecklingsstöd, liksom smarta elnät och framtidens fordon och bränslen. Svenskt näringsliv får möjligheter till tillväxt genom att förverkliga sina innovationer och nya affärsidéer.

Vi deltar i internationella samarbeten för att nå klimatmålen, och hanterar olika styrmedel som elcertifikatsystemet och handeln med utsläppsrätter. Vi tar dessutom fram nationella analyser och prognoser, samt Sveriges officiella statistik på energiområdet.

Alla rapporter från Energimyndigheten finns tillgängliga på myndighetens webbplats www.energimyndigheten.se.



Energimyndigheten, Box 310, 631 04 Eskilstuna
Telefon 016-544 20 00, Fax 016-544 20 99
E-post registrator@energimyndigheten.se
www.energimyndigheten.se