



UPPSALA
UNIVERSITET



UPTEC W 18 047

Examensarbete 30 hp
November 2018

Raw Material Consumption

Ett mått på Sveriges materialanvändning
i ett mer resurseffektivt samhälle

Axel André

REFERAT

Raw Material Consumption – Ett mått på Sveriges materialanvändning i ett mer resurseffektivt samhälle

Axel André

Att kunna mäta vår materialanvändning är centralt i omställningen till ett resurseffektivare samhälle och en cirkulär ekonomi. Inom EU används Domestic Material Consumption (DMC) som indikator för materialanvändning. Den beräknas genom att addera de material som ett land utvinner, plus de material som importeras, minus de material som exporteras. Det finns kritik mot DMC då den endast tar hänsyn till vikten på import- och exportprodukter då de korsar landsgränsen. DMC inkluderar inte de uppströms material som gått åt för att producera en produkt, men som inte syns i slutprodukten (den så kallade materialryggsäcken).

Den ökade globaliseringen har för många länder lett till en förflyttning av produktion utomlands, och för att beräkna dessa länders totala materialanvändning krävs det att hänsyn tas till importerade och exporterade produkters materialryggsäck. Raw Material Consumption (RMC) är en indikator som tar hänsyn till materialryggsäcken, men den har idag ingen standardiserad beräkningsmetod. Både RMC och DMC används inom Agenda 2030 för att följa upp FN:s hållbarhetsmål 12 ”Hållbar konsumtion och produktion”, samt hållbarhetsmål 8 ”Anständiga arbetsvillkor och ekonomisk tillväxt”. Endast DMC används idag inom EU.

Syftet med projektet var att beräkna Sveriges materialanvändning med hjälp av indikatorn Raw Material Consumption (RMC), samt att identifiera styrkor och svagheter hos RMC. Eurostats RME-verktyg användes för att beräkna RMC. Enligt RMC ökade Sveriges totala materialanvändning från 198 miljoner ton råmaterialekvivalenter (RME) år 2008, till 221 miljoner ton RME år 2015, motsvarande 21,4 ton RME per capita 2008 till 22,6 ton RME per capita 2015. Resultaten jämfördes med resultat för Sveriges DMC som Statistiska Centralbyrån tagit fram. RMC och DMC gav liknande resultat för Sveriges totala materialanvändning. Detta tros bero på att materialryggsäcken för den svenska importen är ungefär lika stor som för exporten och att den största materialkategorin, icke-metalliska mineraler, utgör en liten del av vår handelsbalans och därför inte påverkas i någon större utsträckning när importerade och exporterade produkters materialryggsäck inkluderas. På materialkategorinivå är dock skillnaderna mellan RMC och DMC större.

Resultat från Eurostats RME-verktyg som tagits fram i denna studie, har jämförts med resultat som OECD och UNEP tagit fram för Sveriges RMC. De har använt en annan beräkningsmetod än den RME-verktyget tillämpar. Skillnaden i total RMC för de olika beräkningsmetoderna är mellan 11 % och 22 %. På materialkategorinivå är skillnaderna större, över 50 % för fossila bränslen exempelvis. Liknande resultat har påvisats i en studie som jämförde Österrikes RMC för år 2007 med olika beräkningsmetoder.

Både DMC och RMC kan användas som indikatorer för resurseffektivitet och cirkulär ekonomi, men vid jämförelse mellan länder är RMC teoretiskt en mer lämplig indikator. Detta eftersom många länder idag har flyttat stora delar av sin produktion utomlands, och DMC därför riskerar att ge en skev bild över resurseffektivitet och frikoppling, när materialryggsäcken inte inkluderas.

Nyckelord: *cirkulär ekonomi, DMC, indikatorer, input-output analys, materialflöden, resurseffektivitet, RMC, råmaterialekvivalenter.*

ABSTRACT

Raw Material Consumption – A measure of Swedish material use in a more resource efficient society

Axel André

Being able to measure the amount of materials used in society, is central in the transition to a resource-efficient and circular economy. Within the EU, Domestic Material Consumption (DMC) is currently used as indicator for material use. It is calculated by adding the materials that a country extracts, plus the materials imported, minus the materials being exported. There is criticism of DMC, as a measure, since it only considers the weight of imported and exported goods when they cross the country border. It does not consider the upstream materials needed to produce a product, which are not represented in the final product (the so-called material backpack). Globalisation has led to a geographical disconnection in production and consumption, and to consider net-importing countries' total material consumption, it is necessary to include traded product's material backpack. Raw Material Consumption (RMC) considers the material backpack, but is currently without a standardised calculation method. Both RMC and DMC are used in Agenda 2030 to follow up the UN Sustainability Development Goal 12 "Sustainable Consumption and Production", as well as Goal 8 "Decent Work Conditions and Economic Growth". Only DMC is used today in the EU.

The aim of this project was to calculate Sweden's material consumption, using the indicator Raw Material Consumption (RMC), as well as identifying strengths and weaknesses of RMC. For calculating RMC, Eurostat's RME-tool has been used. According to RMC, Sweden's total material usage increased from 2008 when it amounted to 198 million tonnes of raw material equivalents (RME), to 221 million tonnes RME in 2015. There has also been an increase per capita: 21,4 RME per capita in 2008 to 22,6 RME per capita in 2015. These results have been compared with the results for Sweden's DMC, calculated by SCB. RMC and DMC gave similar results for Sweden's total material consumption. This is believed to be due to the similar size of the material backpack of imports and exports. Another reason is believed to be due to Sweden's largest material category, non-metallic minerals, is a small part of our trade balance, and therefore is not affected when the material backpack is included. At the material category level, however, the differences between RMC and DMC are greater.

Results from Eurostat's RME tool, calculated in this study, have been compared with results presented by the OECD and UNEP. They have used a different calculation method for Sweden's RMC than the RME tool applies. The difference in total RMC for different calculation methods is between 11 % and 22 %. At material category level, the differences are greater, more than 50 % for fossil fuels, for example. Similar results have been presented in a study over Austria's RMC for the year 2007, using different calculation methods.

Both DMC and RMC can be used as policy-support for resource efficiency, but RMC is theoretically a more suitable indicator for comparison of countries. This is since many countries today have moved a significant share of their production abroad, and DMC therefore risks displaying a false perception of resource efficiency and decoupling, when the material backpack is not included.

Keywords: *circular economy, DMC, indicators, input-output analysis, material flows, raw materials equivalents, resource efficiency, RMC.*

FÖRORD

Denna rapport är resultatet av ett examensarbete på civilingenjörsprogrammet inom miljö och vattenteknik. Examensarbetet genomfördes på Naturvårdsverket i Stockholm under perioden augusti år 2017 till januari år 2018.Handledare för arbetet var Annica Carlsson från Hållbarhetsenheten på Naturvårdsverket och ämnesgranskare var Pernilla Tidåker från Institutionen för energi och teknik vid Sveriges lantbruksuniversitet.

Genom examensarbetet har jag fått djupdyka in i en, för mig, ny värld, med indikatorer som används för att mäta hur mycket material vi använder i samhället. Jag har lärt mig om hur man kan mäta resurseffektivitet och varför vi skulle gynnas av att ställa om från en linjär till en cirkulär ekonomi.

Jag skulle vilja rikta ett stort tack till min handledare Annica Carlsson, som gjorde det här examensarbetet möjligt och som alltid funnits tillhands under arbetets gång. Tack till Pernilla Tidåker för goda råd om rapportstruktur och rapportskrivning. Tack till Mårten Berglund på Statistiska centralbyrån för samtal och kunskap om materialflödesräkenskaper. Tack också till Edith, Niels, Maaike, Karl, Stefan, Stephan och ARM:s projektgrupp som på olika sätt hjälpt mig i arbetet. Ett stort tack också till alla på Hållbarhetsenheten på Naturvårdsverket för att ni har fått mig att känna mig som en i gänget, och för alla nyfikna frågor och uppmuntrande kommentarer. Slutligen vill jag också tacka min familj och vänner som stöttat och motiverat.

Copyright © Axel André och Institutionen för energi och teknik, Sveriges Lantbruksuniversitet.

UPTEC W 18 047, ISSN 1401-5765

Publicerad digitalt vid Institutionen för geovetenskaper, Uppsala universitet, Uppsala, 2018.

Populärvetenskaplig sammanfattning

I omställningen till ett resurseffektivare samhälle och en cirkulär ekonomi är det centralt att kunna mäta hur mycket material vi använder. Om materialanvändningen går upp eller ner. Idag används olika indikatorer för att mäta ekonomiers och länders materialanvändning. Dessa indikatorer är således viktiga verktyg för att identifiera problem, sätta upp mål och för att följa upp åtgärder som är till för att öka resurseffektiviseringen i samhället.

I och med dagens globala samhälle tillverkas många varor i ett annat land än där de slutligen används. Detta får till effekt att många länder har en miljöpåverkan i form av koldioxidutsläpp och materialanvändning även utanför landets gränser. Många produkter kräver en större mängd material för att tillverkas än vad som i slutändan syns i slutprodukten. I denna rapport benämns dessa material som produkters materialryggsäck. När länder och ekonomier sätter upp mål för resurseffektivisering är det viktigt att ta hänsyn till produkters materialryggsäck för att kunna beräkna länders totala materialanvändning, oavsett var världen denna materialanvändning sker.

Indikatorn Domestic Material Consumption (DMC), används idag som standardindikator för att beräkna materialanvändning inom Sverige och EU. Den beräknas genom att addera de material som ett land utvinnet och de material som ett land importerar, för att sedan dra ifrån de material som exporteras. En kritik som finns mot DMC är att den endast tar hänsyn till import- och exportprodukters vikt då de korsar landsgränsen. DMC inkluderar således inte import- och exportprodukters materialryggsäck. Raw Material Consumption (RMC) är en annan indikator för materialanvändning som tar hänsyn till importerade och exporterade produkters materialryggsäck. Den har dock idag ingen standardiserad beräkningsmetod.

Det finns idag ett flertal olika beräkningsmetoder för RMC, FN använder en metod och OECD arbetar med att utveckla en annan. Eurostat, EU:s statistiska organ, har också utvecklat en beräkningsmetod för RMC. Eurostats metod beräknar länders RMC genom att konvertera import- och exportprodukter från monetära eller viktenheter till enheten RME (råmaterialekvivalenter), vilket korresponderar till den totala mängden råmaterial som gått åt för att producera produkten.

Syftet med det här projektet var att beräkna Sveriges materialanvändning med hjälp av indikatorn Raw Material Consumption (RMC), samt att identifiera styrkor och svagheter hos RMC. Eurostats RME-verktyg användes för att beräkna RMC. Enligt RMC ökade Sveriges totala materialanvändning från 198 miljoner ton råmaterialekvivalenter (RME) år 2008, till 221 miljoner ton RME år 2015. Motsvarande 21,4 ton RME per capita 2008 till 22,6 ton RME per capita 2015. Resultaten har jämförts med resultat för Sveriges DMC som Statistiska Centralbyrån har beräknat. Vid jämförelse gav RMC och DMC liknande resultat för Sveriges totala materialanvändning. Detta tros bero dels på att svensk imports materialryggsäck är ungefär lika stor som svensk exports materialryggsäck, och dels på att den största materialkategorin, icke-metalliska mineraler, utgör en liten del av vår handelsbalans och därför inte påverkas i någon större utsträckning när importerade och exporterade produkters materialryggsäck inkluderas. På materialkategorinivå är dock skillnaderna mellan RMC och DMC större.

Omvandlingen från monetära- och viktenheter till RME sker med hjälp av så kallade RME-koefficienter, vilka multipliceras till varje produkt och är unika för varje produkt. Koefficienterna är inte specifika för varje EU-land, utan bygger istället på EU-genomsnittlig produktionsteknologi. Detta för med sig en viss osäkerhet till resultatet för Sveriges RMC.

Resultat för Sveriges RMC från Eurostats RME-verktyg, som tagits fram i den här studien, har jämförts med resultat för Sveriges RMC som OECD och UNEP tagit fram, vilka använt en annan beräkningsmetod än den RME-verktyget tillämpar. Skillnaden i total RMC för de olika beräkningsmetoderna var mellan 11 % och 22 %. På materialkategorinivå var skillnaderna större, över 50 % för fossila bränslen exempelvis. Liknande resultat har påvisats i en studie som jämförde Österrikes RMC för år 2007 med olika beräkningsmetoder.

Både DMC och RMC kan användas som indikatorer för resurseffektivitet och cirkulär ekonomi, men vid jämförelse mellan länder är RMC teoretiskt en mer lämplig indikator. Detta eftersom många länder idag har flyttat stora delar av sin produktion utomlands, och DMC därför riskerar att ge en skev bild över resurseffektivitet och frikoppling, när materialryggsäcken inte inkluderas. Men för att RMC ska kunna konkurrera med DMC som standardindikator måste beräkningsmetoden standardiseras. FN har valt att använda sig av både RMC och DMC inom Agenda 2030 för att följa upp FN:s hållbarhetsmål 12 ”Hållbar konsumtion och produktion”, samt hållbarhetsmål 8 ”Anständiga arbetsvillkor och ekonomisk tillväxt”.

ORDLISTA

Förkortningar

BNP	Bruttonationalprodukt
DE	Domestic Extraction / Inhemsk materialutvinning
DMC	Domestic Material Consumption / Inhemsk materialkonsumtion
DMI	Domestic Material Input
DTA	Domestic Technology Assumption / Inhemskt teknologiantagande
EEA	European Environmental Agency
EE-IOA	Environmental Expanded Input-Output Analysis / Miljöexpanderad Input-Outputanalys
EU KOM	Europeiska kommissionen
EW-MFA	Economy-Wide Material Flow Account / Materialflödesräkenskaper
IOA	Input-Output Analys
IOT	Input-Output Tabell
LCA	Livscykelanalys
LCI	Livscykelinventering
OECD	Organisationen för ekonomiskt samarbete och utveckling
RMC	Raw Material Consumption
RME	Råmaterialekvivalent
RMI	Raw Material Input
SEEA	System of Environmental-Economic Accounting / Miljöräkenskaper

Begrepp

De begrepp som förklaras nedan är så som jag har använt dem i den här rapporten.

Bortfallsjustering

Statistisk metod för att kompensera för bortfall i statistiska svarenkäter, vilka SCB använder för att samla in svensk data.

Comext

Eurostats databas för internationell handelsstatistik av produkter.

Eurostat

Eurostat är ett generaldirektorat inom Europeiska kommissionen med uppgift att sammanställa och redovisa officiell statistik för Europeiska unionen och dess medlemsstater.

Extra-EU

Handel mellan ett EU-land och ett icke EU-land.

Intra-EU

Handel mellan EU-länder.

Kombinerade Nomenklaturen (KN)

KN-koder används av samtliga EU-länder i deras utrikeshandelsstatistik, och varje sifferkombination motsvarar en specifik produktgrupp. År 2017 fanns cirka 9500 produktgrupper.

Makronivå

Landnivå eller för flera länder.

Materialanvändning

Den totala mängden biomassa, metaller, icke-metalliska mineraler och fossilbränslen som en region, land eller ekonomi använder på ett år.

Materialryggsäck

Produkters uppströms materialanvändning i produktionskedjan, som inte syns i slutprodukten.

Nationalräkenskaperna

Kontosystem som sammanfattar och beskriver vårt lands ekonomiska aktiviteter och utveckling. I nationalräkenskaperna beräknas bland annat bruttonationalprodukt.

Resursproduktivitet

Mängden material som går åt per ekonomisk nytta.

Re-export

Produkter som importeras, och som sedan exporteras igen, utan att någon vidare förädling har skett där i mellan.

Råmaterialekvivalent (RME)

Råmaterialekvivalent (RME) refererar till den totala mängden av olika råmaterial som en produkt behöver för att produceras. En produkts RME representerar den totala mängden material som utvanns längs hela produktionskedjan för att producera den produkten, oavsett var i världen som de råvarorna utvanns.

Satelliträkenskap

Satelliträkenskaper är ett statistiskt kontosystem som är kopplat till nationalräkenskaperna och som gör det möjligt att fokusera på ett visst område i samband med nationalräkenskaperna. Exempel på är satellitkonton är miljö och turism.

Innehållsförteckning

1. INLEDNING	10
1.1. Från linjär till cirkulär ekonomi	10
1.2. Argument för en cirkulär ekonomi	11
1.2.1. Säkra tillgången på råvaror	11
1.2.2. Bekämpa klimatförändringar	11
1.2.3. Minskad miljöförstöring	12
1.2.4. Hållbar tillväxt	12
1.3. Frikopplingen nödvändig för hållbar tillväxt	13
1.4. Indikatorer för materialanvändning, resurseffektivitet och för omställningen till en cirkulär ekonomi	14
2. SYFTE OCH FRÅGESTÄLLNINGAR	16
3. TEORI FÖR INDIKATORER INOM MATERIALFLÖDEN	17
3.1. Materialflödesräkenskaper - en förutsättning för materialflödesindikatorer	17
3.2. Tillförlitlighet hos materialflödesindikatorerna	17
3.3. Domestic Material Consumption	18
3.4. Raw Material Consumption	18
3.5. Eurostats RME-verktyg för beräkning av RMC	20
3.5.1. Dataunderlag till RME-verktyget	21
4. METOD	22
4.1. Beräkning av Sveriges RMC, handelsbalans, förädlingsgrad i varuimport- och export och resursproduktivitet.	22
4.2. Externa kontakter för utvärdering av RME-verktyget och RME-koefficienterna	22
4.3. Jämförelse av Sveriges RMC beräknat med olika beräkningsmetoder	23
5. RESULTAT	24
5.1. Sveriges materialanvändning enligt RMC, jämfört med DMC	24
5.2. Sveriges handelsbalans enligt EW-MFA och i enheten RME	26
5.3. Råmaterial, halvfabrikat och färdig produkt i svensk import och export	28
5.4. Skillnader i RMC beroende på beräkningsmetod	29
5.5. Skillnad i resursproduktivitet och frikopplingen beroende på indikator	30
6. DISKUSSION	32
6.1. Skillnader i materialanvändning mätt med RMC jämfört med DMC	32
6.2. Möjliga felkällor i beräkningarna av RMC med Eurostats RME-verktyg	32
6.3. Är RMC en lämplig indikator för att följa förändring i materialanvändning och resurseffektivitet?	33
7. SLUTSATS	36
8. REFERENSER	37
8.1. Tryckta och internetreferenser, samt datakällor	37
8.2. Personliga referenser	42
Appendix A: Input-output analys för beräkning av RMC	43

Appendix B: RME-modell för beräkning av EU:s totala RMC, importerade produkters materialryggsäck, samt beräkning av RME-koefficienter.	46
Appendix C: Ytterligare resultat från RME-verktyget för Sverige	49
Appendix D: Felkällor och hantering av dessa i beräkningarna av Sveriges RMC med Eurostats RME-verktyg	50

1. INLEDNING

Miljöpåverkan kan ofta härledas till utvinningen eller återföringen av material. Det som vi en gång tar in i samhället från naturen kommer någon gång att komma tillbaka till naturen, exempelvis som avfall eller diffusa utsläpp. Ett sätt att minska miljöpåverkan är därför att använda de material vi utvinnet på ett mer effektivt sätt, genom att öka återanvändning och nyttjandegrad.

År 2050 kan vi enligt FN vara 9,6 miljarder människor på jorden (FN, 2017b). Detta skulle kräva motsvarande tre jordklotets resurser om vi inte förändrar våra levnadsvanor jämfört med idag. FN arbetar mot ett resurseffektivare samhälle genom Agenda 2030 mål 12 ”Hållbar konsumtion och produktion”, vilket också har delmålet 12.2 ”att år 2030 skall vi ha uppnått en hållbar förvaltning och ett effektivt nyttjande av naturresurser”. Också EU arbetar mot ett mer resurseffektivare samhälle och ekonomi, bland annat genom ett paket om cirkulär ekonomi som EU-kommissionen presenterade i december 2015.

Att kunna mäta vår materialanvändning är centralt i omställningen till ett resurseffektivare samhälle och en cirkulär ekonomi. Detta för att kunna övervaka om materialanvändningen ökar eller minskar, samt om vi använder de material vi bryter på ett mer effektivt sätt. Olika indikatorer används idag för att mäta materialanvändning och är således viktiga för att identifiera problem, sätta upp mål och för att följa utvecklingen mot ökad resurseffektivitet. Vilken indikator som används påverkar vilka mål och policyer som på ett bra och enkelt sätt går att följa och sätta upp, och kommer i förlängningen ha stor betydelse för företag, regioner och länder.

1.1. Från linjär till cirkulär ekonomi

En cirkulär ekonomi är definierad enligt Ellen MacArthur Foundation (EMAF) som att i sig själv vara återskapande och vars mål är att behålla produkters, komponenters och materials nytta och värde så långt som möjligt (EMAF, 2017). Detta skiljer sig från en linjär ekonomi som bygger på att material utvinns, bearbetas, konsumeras och slängs.

Efter inledningen av den ekonomiska krisen år 2008 antog EU-kommissionen år 2010 en strategi som kommer att vara vägledande för EU:s arbete fram till år 2020. Strategin ska ge riktlinjer för hur EU:s ekonomi byggs upp och samtidigt minska risken för framtida ekonomiska och sociala kriser. I strategin inkluderas även mål för klimat och miljö. Ledorden i den så kallade Europa 2020-strategin är en smart, hållbar och inkluderande tillväxt (EC, 2010).

Europa 2020-strategin byggs upp av ett flertal flaggskeppsinitiativ som är vägledande i de beslut och policyer som EU sätter upp fram till år 2020, och som i förlängningen också ska hjälpa oss att nå visioner satta för år 2050. Ett av flaggskeppen är ”Ett resurseffektivt Europa” som syftar till att skapa en resurseffektiv och utsläppsnål ekonomi (EC, 2011a). Handlingsplanen för flaggskeppet är ”Färdplanen för ett resurseffektivt Europa” som bland annat uttrycker behovet av att sätta upp mätbara mål för resurseffektivitet och framtagandet av indikatorer som verktyg för att mäta resurseffektivitet. Som en del i arbetet mot ett resurseffektivt Europa år 2020 presenterade EU-kommissionen i december 2015 ett paket om cirkulär ekonomi (EC, 2015).

EU-kommissionen arbetade under 2017 med att utveckla ett ramverk med indikatorer för att följa upp övergången mot en cirkulär ekonomi, ”Monitoring Framework for the Circular

Economy”. Ramverket var tänkt att utgå från redan tillgängliga data inom EU och kompletterar EU:s Scoreboard för resurseffektivitet och Scoreboard för råmaterial (EC, 2017) och presenterades i januari 2018 (Eurostat, 2018).

1.2. Argument för en cirkulär ekonomi

Enligt EU-kommissionens handlingsplan mot en mer cirkulär ekonomi kommer övergången från linjär till cirkulär ekonomi vara en viktig del i EU:s arbete mot att utveckla en hållbar, koldioxidsnål, resurseffektiv och konkurrenskraftig ekonomi (EC, 2015). Resurseffektivitet definieras av EU-kommissionen som att vi använder jordens ändliga resurser på ett hållbart sätt och med minsta möjliga miljöpåverkan. Resurseffektivitet leder till att vi kan generera mer från mindre (EC, 2011b).

1.2.1. Säkra tillgången på råvaror

Naturresurser utgör fundamentet både i den europeiska och globala ekonomin och är förutsättningen för en god livskvalité. Det senaste århundradet har efterfrågan på material som metaller, bränslen, vatten, mineraler, etc. ökat lavinartat i världen. Mängden material som utvinns från naturen och som används i världen har dubblats sedan 1980 och den uppskattas ha ökat 10 gånger sedan år 1900 (OECD, 2015). Världens befolkning beräknas att öka med 30 % till drygt 9 miljarder människor år 2050. Fler människor totalt och att fler av dessa människor blir rikare kommer göra att efterfrågan på råvaror ökar ytterligare och om vi fortsätter på den redan inslagna banan utan åtgärder kommer många råvaror att vara bristvara i framtiden (EU, 2011a). Den totala årliga materialanvändningen har ökat i Sverige från år 2000 till 2012 med nästan 13 %. År 2012 uppgick materialanvändningen i Sverige till 22 ton material per person, vilket motsvarar 60 kg per person och dygn, (SCB, 2015).

Inom EU är 11 miljoner jobb direkt beroende av tillgången på råvaror (EU, 2016a) vilket gör EU:s ekonomi känslig för stora prisändringar på råvaror. Från att priset på råvaror stadigt gått ned under 1900-talet ökade plötsligt priset på 90-talet. Mellan åren 2000 och 2010 ökade priset för alla material, där mineraler och metaller ökade i högst takt (i genomsnitt 12 % per år), undantaget år 2008 då den ekonomiska krisen bröt ut (OECD, 2015). De högre priserna gör att återanvändning av material har blivit mer intressant ur en ekonomisk synvinkel, då den relativa kostnaden för att använda återvunna material minskar.

Marknaden kan ibland ha svårt att på kort tid svara mot en ökad efterfrågan på vissa material. Ett exempel är metallmalmer. Tiden mellan en potentiell gruva hittas, till att den börjar utvinnas, kan vara flera år. Detta i sin tur leder till att när behovet av en viss metall i världen ökar, skjuter priset i höjden då marknaden inte klarar av att möta efterfrågan på kort tid (EU, 2016a). En mer resurseffektiv ekonomi leder till att vi blir mindre beroende av inhemsk utvinning av material och import från andra länder (EC, 2011), och således kan dyra produktionskostnader undvikas när priset på material går upp eller ner.

1.2.2. Bekämpa klimatförändringar

En mer cirkulär ekonomi förbättrar också förutsättningarna för att vi ska klara målet om att begränsa den globala medeluppvärmningen till 1,5 grader. EU har satt som mål att minska sina växthusgasutsläpp med 80 – 95 % till år 2050 jämfört med 1990 års nivåer. I Sverige har vi etappmålet inom miljö kvalitetsmålet ”Begränsad klimatpåverkan”, som säger att år 2020 ska Sveriges utsläpp vara 40 % lägre jämfört med 1990 års nivåer. För att nå dessa mål krävs det både att vi fasar ut fossila bränslen och börjar använda våra resurser på ett mer effektivt sätt. I utvecklingsländer är 55 - 65 % av de totala växthusgasutsläppen relaterade till utvinning, transport och bearbetning av råvaror (OECD, 2012). En resurseffektivare ekonomi

minskar utsläppen av växthusgaser genom att minska mängden energi som krävs för att extrahera, transportera och processa material.

1.2.3. Minskad miljöförstöring

Olika material har olika stor miljöpåverkan beroende på hur de extraheras från naturen, hur de processas inom produktionen och hur de i slutändan används och slängs. Metaller från gruvor har ofta stor miljöpåverkan som kan härledas till både ingrepp på gruvplatsen och i produktionsprocessen, då den kräver mycket energi och vatten. Olje- och gasproduktion har också en stor miljöpåverkan från föroreningar som släpps ut vid utvinningen och från transporten. Vid förbränning av fossila bränslen bildas koldioxid som släpps ut i atmosfären, och leder till global uppvärmning. Biomassaproduktion som skogs- och jordbruk och fiske kan leda till jorderosion, samt förlust av biodiversitet och ekosystemtjänster (OECD, 2015).

2015 presenterade Millenium Ecosystem Assessment (MA, 2015) en rapport över status och trender för ekosystem i världen. Den slog fast att 60 % av jordens ekosystemtjänster är hotade. Avfall, föroreningar och direkt eller indirekt påverkan på habitat vid brytning och produktion av material har lett till att många ekosystemtjänster som vi tagit för givna idag är hotade. Luftföroreningar från industriproduktion försvårar ekosystems möjligheter att reglerera luftkvalité och giftigt avfall ackumuleras i naturen och utgör en risk för både människors och djurs hälsa. Avverkning av träd för att ge plats åt åkermark och städer minskar jordens naturliga möjlighet att agera kolsänka (OECD, 2015). Om vi fortsätter på den inslagna banan, utan att göra några skyddande åtgärder, så kommer prislappen för förlust av ekosystemtjänster och biodiversitet att nå 14 biljoner euro år 2050 enligt EU-finansierad forskning (EMAF, 2015).

Idag är 53 % av Europas ytvattenmagasin inte av god kvalité enligt EU:s ramdirektiv för vatten och år 2007 påverkades 17 % av EU:s befolkning av vattenbrist. Enligt European Environmental Agency (EEA, 2015) hotar dagens uttagshastighet av färskvatten framtida generationers färskvattensreserver inom EU.

Årligen förstörs fem till tio miljoner hektar odlingsbar jord världen över (Chahal, 2002) till följd av bland annat jorderosion och försaltning. Därtill påverkas 25 % av Europas landyta av erosion (EEA, 2015) vilket också har negativa effekter på jordbruket. Förutom förlusterna av land, habitat och arter så uppgår de ekonomiska (direkta och indirekta) kostnaderna av markförstörelse i EU till 38 miljarder Euro årligen (Ellen MacArthur Foundation, 2015).

1.2.4. Hållbar tillväxt

I Europa 2020-strategin är ett av ledorden hållbar tillväxt. Med detta menas att Europa ska bygga upp en ekonomi som är resurseffektiv, hållbar och konkurrenskraftig. Vi skall vara i framkant för grön innovation och teknologi, och på så sätt skapa nya affärsmöjligheter och jobb (EC, 2010).

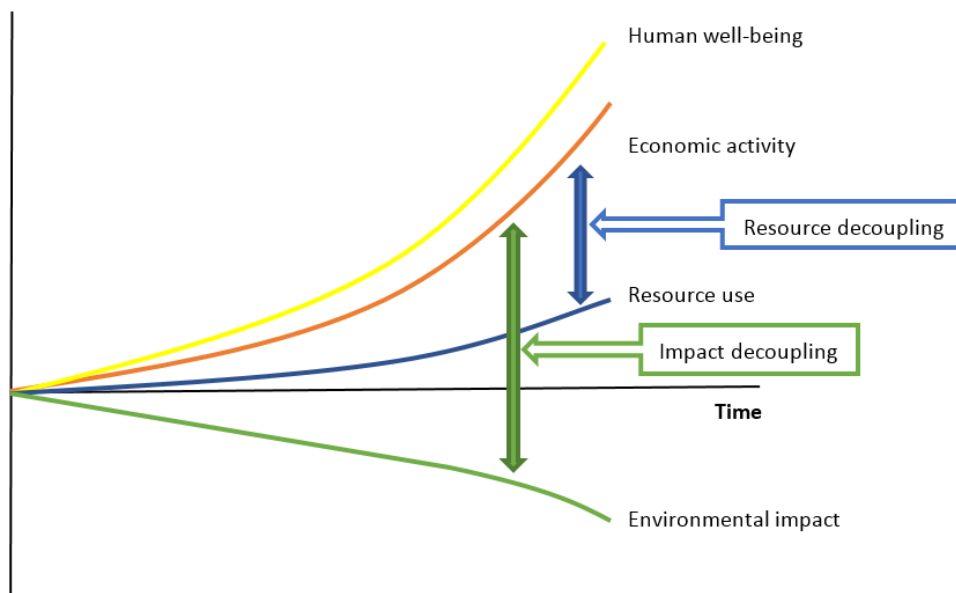
EMAF presenterade i juli 2015 en rapport om de potentiella ekonomiska vinsterna med en övergång till en cirkulär ekonomi för Europa. I sin bedömning utgick de från tre mänskliga behov: mat, boende och rörlighet, vilka tillsammans står för 80 % av Europas resursanvändning. EMAF slår fast att själva övergången inkluderar stora kostnader för Europa, men att de ekonomiska vinsterna på sikt är potentiellt stora. Genom den tekniska revolutionen och minskad resursanvändning skulle en övergång ge en vinst på potentiellt 1.8 biljoner euro år 2030, jämfört med dagens ekonomiska system för de europeiska länderna.

Detta skulle motsvara en potentiell ökning av bruttonationalprodukten (BNP) med 7 % jämfört med dagens scenarier (EMAF, 2015).

1.3. Frikopplingen nödvändig för hållbar tillväxt

I diskussionen om hållbar utveckling, eller hållbar tillväxt, är det många som menar att frikopplingen ("decoupling") är en förutsättning för att vi ska nå just detta. Frikopplingen syftar till att vi bryter sambandet mellan tillväxt och uttaget av energi och material. Historiskt sett har sambandet mellan välfärd och ett ökat uttag av råvaror varit i stort sett linjär. Under antagandet att världens resurser är oändliga har vår överkonsumtion lett till konsekvenser som klimatförändringar och förlust av viktiga ekosystem (Wijkman & Rockström, 2011).

FN:s miljöpanel UNEP (2011) menar att det finns två nyckelbegrepp inom frikopplingen som måste tas i beaktning om den skall kopplas till hållbar utveckling (Figur 1). Den ena är att råvaruuttaget minskar, "resource decoupling", och den andra är att miljöpåverkan från råvaruutvinning och alla andra aktiviteter kopplade till ekonomin minskar "impact decoupling".



Figur 1. Två aspekter av frikopplingen. Figur bygger på UNEP (2011).

Ytterligare en aspekt är om frikopplingen är absolut eller relativ. Med relativ frikoppling ökar fortfarande råvaruuttaget, om än i mindre takt än tillväxten. Med en absolut frikoppling ökar tillväxten medan uttaget av råvaror minskar (OECD, 2015).

En viktig beståndsdel i en cirkulär ekonomi är just frikopplingen mellan resurser och miljöpåverkan från ekonomiska aktiviteter och därför är det viktigt att kunna följa materialflöden mellan naturen och ekonomier (EASAC, 2016).

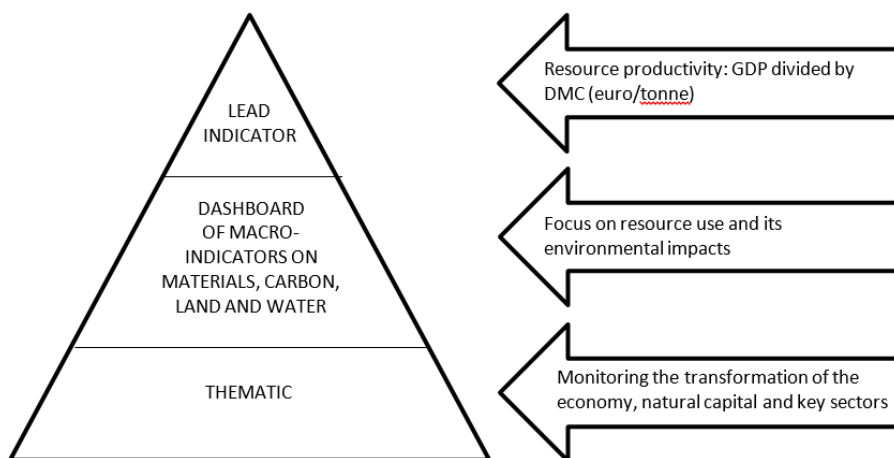
Att frikopplingen redan existerar inom delar av EU visar rapporten "More from less" som EEA (2016) tagit fram. Från år 2000 till 2014 har den gemensamma resursanvändningen för alla EU-länder minskat med totalt 12 %, från 15,5 till 13,1 ton material per person och år.

Samtidigt ökade enligt EEA (2016) EU:s BNP med 18 %, vilket indikerar att en absolut frikoppling har skett i EU. Detta gäller dock inte för alla länder, exempelvis Sverige där materialanvändningen istället fortsätter att öka under 2000-talet (SCB, 2015).

1.4. Indikatorer för materialanvändning, resurseffektivitet och för omställningen till en cirkulär ekonomi

För att följa utvecklingen för resurseffektivitet och en cirkulär ekonomi krävs det enligt EU:s ”Färdplan mot ett resurseffektivt Europa” robusta och lättförstådda indikatorer (EC, 2011b). I en linjär ekonomi där material utvinns, bearbetas, konsumeras och slutligen slängs, används idag redan indikatorer för att mäta hur ekonomin utvecklas. Den mest kända är BNP, vilken redovisar värdet på den samlade produktionen i ett land under en tidsperiod, exempelvis per år eller per kvartal (SCB, 2018). Indikatorer är nödvändiga verktyg för att bedöma hur ekonomier presterar och för jämförelse ekonomier emellan. Indikatorer används idag som underlag för viktiga beslut inom både privat och offentlig sektor (EASAC, 2016).

EU:s färdplan för ett resurseffektivt Europa kompletteras av ”Scoreboarden för resurseffektivitet” (Figur 2) (EC, 2017). Scoreboarden uppdateras vartannat år och använder resursproduktivitet som huvudindikator (EC, 2011b). Resursproduktivitet mäter hur effektivt ekonomin använder material för att producera produkter och tjänster. Indikatorn beräknas genom att dividera BNP med den totala materialanvändningen i ett land, för samma år, och har enheten euro per ton material (EU, 2016a).



Figur 2. Scoreboard för resurseffektivitet. Figur bygger på EU (2011).

I tillägg till resursproduktivitet finns ett antal olika ”instrumentbrädeindikatorer” i scoreboardn, vilka också är på makronivå. Dessa används för att bedöma miljöpåverkan för landanvändning, vatten, kol och material. Det finns även ett antal ”tematiska indikatorer”, vilka används för att följa upp viktiga mål i omställningen till en cirkulär ekonomi som finns presenterade i färdplanen (EU, 2016a).

Ett annat ramverk med indikatorer om används inom EU är ”Scoreboarden för råmaterial”. Den uppdateras också vartannat år, och är tänkt att följa utveckling och säkra tillgången på råmaterial inom EU:s ekonomi, men används också för att följa omställningen till en cirkulär ekonomi (EU, 2016c).

Indikatorer används även inom Agenda 2030 för att följa upp FN:s hållbarhetsmål. Delmål 12.2 ”att år 2030 skall vi ha uppnått en hållbar förvaltning och ett effektivt nyttjande av naturresurser” följs upp med hjälp av indikatorn ”Material Footprint” (MF), eller ”Raw Material Consumption” (RMC) som den också kallas (FN, 2016). Denna indikator mäter ett lands sammanlagda materialanvändning, oavsett var i världen de materialen har utvunnits. Delmål 12.2 följs även upp av indikatorn ”Domestic Material Consumption” (DMC). Denna indikator mäter också ett lands totala materialanvändning, men har en begränsning i att den endast mäter den fysiska vikten på en produkt då den importeras eller exporteras till eller från ett land. Den tar alltså inte hänsyn till de material som gått åt för att producera produkten och som inte syns i slutprodukten, produktens så kallade materialryggsäck.

Indikatorn resursproduktivitet följer upp hållbarhetsmål 8 ”Anständiga arbetsvillkor och ekonomisk tillväxt”. Resursproduktivitet beräknas inom hållbarhetsmål 8 på två olika sätt: genom att dividera BNP med RMC och genom att dividera BNP med DMC (FN, 2016). Inom EU:s ”Scoreboard för resurseffektivitet” beräknas resursproduktivitet som BNP dividerat med DMC.

2. SYFTE OCH FRÅGESTÄLLNINGAR

Syftet med det här projektet var att beräkna Sveriges materialanvändning med hjälp av indikatorn Raw Material Consumption (RMC), samt att identifiera styrkor och svagheter hos RMC för att mäta materialanvändning, resurseffektivitet och för att följa omställningen till en cirkulär ekonomi.

För att uppfylla syftet har följande frågeställningar använts:

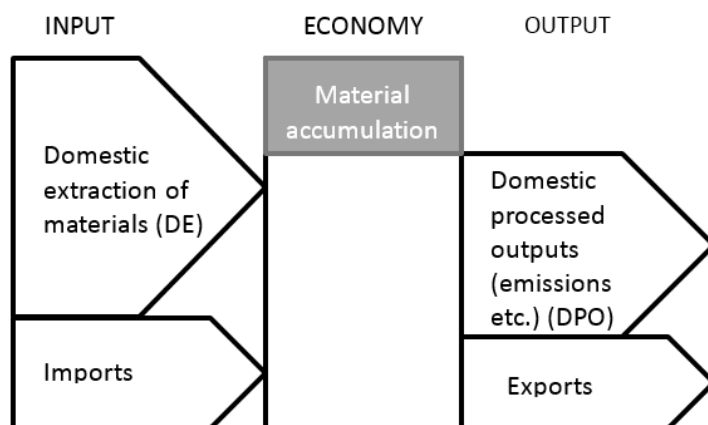
1. Hur stor är Sveriges materialanvändning om RMC används istället för DMC, som är den indikator som används i Sverige idag?
2. Hur påverkas RMC beroende på vilken beräkningsmetod som används?
3. Är RMC en lämplig indikator för att mäta materialanvändning, resurseffektivitet och för att följa omställningen till en cirkulär ekonomi?

3. TEORI FÖR INDIKATORER INOM MATERIALFLÖDEN

3.1. *Materialflödesräkenskaper - en förutsättning för materialflödesindikatorer*

Materialflödesräkenskaperna (Economy-Wide Material Flow Accounts, EW-MFA) är ett statistiskt ramverk som beskriver materialflöden mellan ekonomin och naturen i ett land, samt med utländska ekonomier (Figur 3). Materialflöden inom EW-MFA anges i enheten 1000 ton per år och inkluderar alla material i fast, flytande och gasform, med undantag för bulkflöden av vatten och luft. Materialflöden inom ekonomin redovisas inte (Eurostat, 2017a).

EW-MFA är en undergrupp till miljöräkenskaper vilket är ett system av statistiska ramverk som sammankopplar ekonomi- och miljöstatistik, vilket gör det möjligt att analysera samband mellan just ekonomin och miljön (SCB, 2015). Miljöräkenskaperna är en satelliträkenskap till nationalräkenskaperna vilka beskriver Sveriges ekonomiska aktiviteter och utveckling, exempelvis genom beräkning av BNP (SCB, 2017a).



Figur 3. Flödet av material i EW-MFA mellan den nationella ekonomin, naturen och utländska ekonomier. Figur bygger på Eurostat (2017b).

Sedan år 2011 är miljöräkenskaper lagstadgade av EU och medlemsländerna måste årligen rapportera in statistik inom miljöräkenskaper, däribland statistik från just EW-MFA. I Sverige är det Statistiska Centralbyrån (SCB) som tar fram data för miljöräkenskaper samt EW-MFA, och rapporterar in till EU. År 2012 blev miljöräkenskaper internationell standard av FN och kallas för System of Environmental-Economic Accounting (SCB, 2015).

EW-MFA kan användas för att mäta om vår användning av material blir mer effektiv (SCB, 2015) samt för att skapa framgångsrika policyer för resurseffektivitet (OECD, 2015). Det finns flera indikatorer för att mäta materialanvändning och resurseffektivitet som är baserade på EW-MFA (SCB, 2016b).

3.2. *Tillförlitlighet hos materialflödesindikatorerna*

Enligt SCB:s kvalitetsdeklaration (SCB, 2017e) går det inte att göra ett samlat mått på tillförlitlighet för materialflödesindikatorer på grund av den stora mängden datakällor som används och de modellkompletteringar som görs. Olika statistikkällor har olika

insamlingsmetoder och dess osäkerhetskällor finns dokumenterade i respektive statistikkälla. Ett urval av de statistikkällor som används ges i Figur 4. Materialflödesindikatorerna ger mycket aggregerade mått, och är tänkta att ge en övergripande bild av den mängd material som används i ett lands ekonomi i ton per år.

3.3. Domestic Material Consumption

Indikatorn DMC ingår i EW-MFA och beräknas genom att addera materialflöden som den inhemska ekonomin utvinnet, med de materialflöden som importerats, och därefter subtraheras de materialflöden som exporteras till andra länder (Schoer, m.fl., 2012). Material som utvinns inom den egna ekonomin redovisas som råmaterial. Produkter som importerats och exporteras redovisas i den vikt de har när de korsar landsgränser. Dessa produkter kan vara i olika steg i produktionskedjan: råmaterial, halvfabrikat eller färdig produkt (Eisenmenger, m. fl., 2016).

$$DMC = \text{inhemsk utvinning} + \text{import} - \text{export} \quad (1)$$

I Sverige är DMC standardindikator för att mäta materialanvändning och det är SCB som beräknar Sveriges DMC (SCB, 2016b). DMC används inom FN:s hållbarhetsmål 8 och 12 (FN, 2016). DMC finns även med i EU-kommissionens ”Scoreboard för resurseffektivitet”. Indikatorn innehåller dock två asymmetrier som har lett till att DMC har kritiserats som mått för materialanvändning (Eurostat, 2016b).

1. Produkter inom inhemsk utvinning redovisas i råmaterial, medan import- och exportprodukter redovisas i den vikt de har då de korsar landsgränsen, utan hänsyn till förädlingsgrad (råmaterial, halvfabrikat eller färdig produkt) (Eurostat, 2016b).
2. Beståndsdelarna i import och export kan variera: antingen råmaterial, halvfabrikat eller färdiga produkter. Generellt sett består färdiga produkter av en mindre mängd material än vad som från början utvanns för att producera dem. Produkter som är råmaterial däremot, som inte genomgått någon förädling, består generellt sett av lika mycket material som utvanns från början för att producera dem (Eurostat, 2016b).

Asymmetrierna har lett till att Eurostat undersöker möjligheterna att använda andra indikatorer för materialanvändning. Materialflöden inom import och export kan räknas om till flöden av råmaterialekvivalenter (RME) (Eurostat, 2016b). Vikten på import- och exportprodukter omvandlas då till den totala mängd RME som utvanns för att producera produkten från början (EIO, 2017). RMC är en sådan indikator och kan på sikt komma att inkluderas i EW-MFA, som ett komplement till DMC, och för att följa utvecklingen mot ett mer resurseffektivt Europa och en cirkulär ekonomi (Eurostat, 2016b).

3.4. Raw Material Consumption

Globaliseringen har inneburit att många länder har flyttat sin produktion, med tillhörande miljöpåverkan som utsläpp och materialanvändning, utomlands. Detta har lett till ett behov att kunna beräkna den totala miljöpåverkan ett land tar i anspråk, både nationellt som utomlands. RMC tar hänsyn till den totala materialanvändningen en produkt tar i anspråk, oavsett om den produkten har importerats eller producerats inhemskt. Detta sker genom att omvandla import- och exportprodukter till dess korresponderande RME (Eisenmenger, m. fl., 2016). På så sätt inkluderas ”gömda materialflöden” vilket är de material som gått åt för att producera en

produkt, men som inte finns med i slutprodukten. I den här rapporten definieras detta som produkters ”materialryggsäck”. Eurostat (2016b) definierar en produkts RME enligt följande:

“The RME of a product indicates how much extraction of material was necessary over the whole production chain for manufacturing that specific product, irrespective of whether those raw materials were extracted domestically or in the rest of the world.”

$$RMC = \text{inhemsk utvinning} + \text{import i RME} - \text{export i RME} \quad (2)$$

RMC kallas ibland för MF enligt Eisenmenger, m.fl. (2016), som är kopplat till begreppet ekologiskt fotavtryck, vilket är ett sätt att beskriva en individs miljöpåverkan oavsett var i världen den äger rum. Ekologiskt fotavtryck är definierat som hur mycket produktiv mark och havsyta en individ, region eller land, tar i anspråk genom sin konsumtion (NE, 2017)

Det finns idag två olika tillvägagångssätt att beräkna RMC för en ekonomi (Eisenmenger, m. fl., 2016):

1. Livscykelanalys (LCA)
2. Miljöexpanderad input-output analys (EE-IOA)

Tillvägagångssättet LCA konstruerar materialkoefficienter för att beräkna uppströms materialbehov för en produkt. Dessa koefficienter tas fram genom att följa produktionskedjor och finns sammanställda i databaser med livscykelinventering (Eisenmenger, m. fl., 2016).

Det andra tillvägagångssättet EE-IOA bygger på input-outputtabellen (IO-tabellen), vilket är en matris som beskriver flödet av produkter mellan olika ekonomiska sektorer inom en ekonomi (Eurostat, 2016b). IO-tabellen är del av nationalräkenskaperna och används för att beräkna BNP. IO-tabellen har tidigare använts i miljösammanhang för beräkning av uppströms kol- och växthusgasutsläpp, vatten- och landbehov, samt nu under senare år för materialflöden (Eisenmenger, m. fl., 2016).

Att beräkna uppströms materialanvändning med EE-IOA för import är en utmaning eftersom det kräver kunskap om hela produktionskedjan och materialåtgång i varje produktionsled, även utanför ekonomins landsgränser. Det finns tre olika metoder att beräkna RMC baserat på EE-IOA för en ekonomi, och de har alla olika sätt att handskas med denna utmaning (Eisenmenger, m. fl., 2016). De tre olika metoderna är:

1. Single Region Input Output (SRIO)
2. Hybrid LCA-IO
3. Multi Regional Input Output (MRIO)

SRIO använder sig av en enda IO-tabell (den importerande ekonomins) som tas från nationalräkenskaperna och utvidgas med data för inhemsk materialutvinning. IO-analys genom Leontiefs invers¹ tillämpas för att beräkna den totala mängden råmaterial som ekonomin använder för ett specifikt år. IO-analys i det här fallet bygger på ett underliggande antagande: att produktionsteknologin i de länder man importerar produkter ifrån, kan likställas med landets egen produktionsteknologi. Vanligtvis kallas detta för inhemskt teknologiantagande (Domestic Technology Assumption, DTA) (Eisenmenger, m. fl., 2016).

¹ För beskrivning av Leontiefs invers, se Appendix A.

Hybrid LCA-IO är en metod för att förbättra SRIO-metoden och är en kombination av IO-analys och LCA-koefficienter för vissa importprodukter. LCA-koefficienter används för de importprodukter där DTA inte anses vara ett gott antagande, och därmed förbättra uppskattningen av dessa importprodukters materialryggsäck. De importprodukter som kompletteras med LCA-information kan vara de som inte tillverkas i den egna ekonomin, eller de produkter som skiljer mycket i produktionsteknologi mellan det egna landet och det land man importerar ifrån (Eisenmenger, m. fl., 2016).

Den tredje metoden, MRIO, sammanställer flera nationers och/eller regioners IO-tabeller till en sammanlagd IO-tabell för hela den globala ekonomin. Antalet ekonomier som inkluderas varierar mellan olika MRIO modeller och ofta ingår en ”resten av världen” aggregerad kategori. Genom att använda IO-analys kan man sedan dela upp alla utvunna material till den ekonomi där de slutligen används (Eisenmenger, m. fl., 2016).

3.5. Eurostats RME-verktyg för beräkning av RMC

RME-verktyget är framtaget av Eurostat för att enskilda medlemsstater på ett relativt enkelt sätt ska kunna beräkna sitt nationella RMC. Verktyget använder sig av RME-koefficienter för att beräkna import- och exportprodukters materialryggsäck och beräkningsmetoden benämns som en anpassad koefficient-metod av Eurostat (2016a). Koefficienterna är framtagna från Eurostats RME-modell som togs fram för att beräkna ett totalt RMC för hela EU. RME-modellen ser hela EU som en ekonomi, och tillämpar en hybrid LCA-IO metod (Eurostat, 2016a). För mer information om RME-modellen, se appendix A och appendix B.

Verktyget är Excelbaserat och indelat i tre steg:

1. Manuell inmatning av data från comext², nationalräkenskaperna, samt för energiprodukter. Även data från EW-MFA, kvoter för återvinningsgraden i metallproduktion och andel fossila bränslen för elproduktion, samt referensuppgifter för BNP som Eurostat sammanställt matas in.
2. Automatisk interpolation för de år som saknar indata och sammanställning av nationella import- och exportmatriser på formen 182 produktgrupper gånger 51 råmaterial. Dessa matriser multipliceras med RME-koefficienterna för att beräkna uppströms materialanvändning, och samtidigt omvandla produktflöden från enheten euro eller ton till RME.
3. För att beräkna RMC summerar verktyget inhemsk utvinning (som tas direkt från EW-MFA) med importmatrisen, som omvandlats till enheten RME, och subtraherar bort exportmatrisen, som också omvandlats till enheten RME.

Eftersom RME-modellen ser hela EU som en gemensam ekonomi är RME-koefficienterna baserade på EU:s genomsnittliga produktionsteknologi. Importkoefficienten och exportkoefficienten kan vara olika för en produkt. Detta är för att ta hänsyn till om den genomsnittliga produktionsteknologin inom EU skiljer sig mycket från det icke-EU land som en produkt importeras ifrån (Eurostat, 2016a).

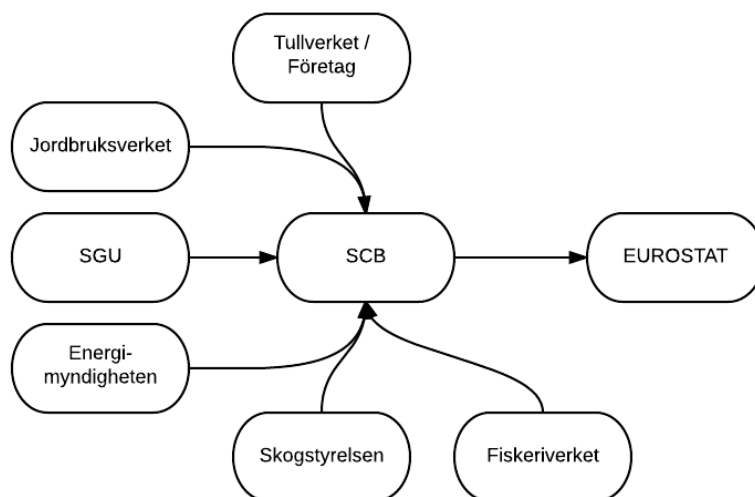
² Förklaring av comext-data finns i kapitel 4.2 Dataunderlag till beräkning av RMC.

I RME-verktyget multipliceras importprodukter från ett annat EU-land (intra-EU import) med exportkoefficienten, vilken representerar EU:s genomsnittliga produktionsteknologi. Produkter som importeras från ett icke EU-land (extra-EU import) multipliceras med importkoefficienten. Alla exportprodukter multipliceras med exportkoefficienten (Eurostat, 2016a).

RME-verktyget justerar för två landspecifika skillnader i produktionsteknologi mellan EU-länder, vilka har stor påverkan för materialanvändningen. Dessa är: återvinningsgrad för metallproduktion och energimix vid elproduktion. Detta görs genom att export av metallprodukter och energiprodukter korrigeras med landspecifika uppgifter i verktyg (Eurostat, 2016a).

3.5.1. Dataunderlag till RME-verktyget

Data till RME-verktyget finns sammanställt och kan laddas ner från Eurostats hemsida. Sveriges data rapporterades in till Eurostat av SCB och består av data från EW-MFA, nationalräkenskaperna, utrikeshandelsstatistiken, uppgifter för återvinningsgrad av metaller, samt årliga energibalanser. Enligt Europaparlamentets och rådets förordning (EU) nr 691/2011 måste alla medlemsstater årligen rapportera in statistik för EW-MFA till EU. Dataunderlaget till EW-MFA är sammanställningar från olika statistiska undersökningar. Enligt SCB (2016b) är det främst statistik över industrins varuproduktion, lantbruksstatistik, skogsbruksstatistik, statistik från Sveriges geologiska undersökning (SGU) samt utrikeshandelsstatistik (Figur 4). Data för utrikeshandel med produkter kallas i verktyget för comext-data. Comext är Eurostats databas för internationell handelsstatistik (Eurostat, 2017d). Comext-data är aggregerad på 182 olika produktgrupper och redovisas i miljoner euro och i 1000 ton. Data från nationalräkenskaperna för svensk import och export är uppdelad på 64 produktgrupper. Data från nationalräkenskaperna har enheten miljoner euro. Sveriges energibalans tas fram av Energimyndigheten och har enheten tusen ton oljeekvivalenter.



Figur 4. Källor till data som används i RME-verktyget.

4. METOD

4.1. *Beräkning av Sveriges RMC, handelsbalans, förädlingsgrad i varuimport- och export och resursproduktivitet.*

I det här arbetet beräknades Sveriges RMC med hjälp av Eurostats RME-verktyg, 2016 års version. Verktyget hämtades från Eurostats hemsida tillsammans med handbok, modelldokumentation och indata (Eurostat, 2017e). Sveriges RMC beräknades för åren 2008 till 2015, då det var för de åren som data fanns tillgängligt. Comext-data för Sverige fanns inte tillgängligt att hämta hem från Eurostats hemsida, utan erhöles istället efter mailkontakt (17/10/03 och 17/11/01) med Maaïke Bouwmeester vid Eurostat.

Resultat för DMC för tidsperioden 2008 till 2015 togs direkt från EW-MFA, som fanns med som indata till verktyget och som SCB beräknat för Sverige. För att beräkna RMC och DMC per capita hämtades befolkningsdata för tidsperioden 2008 till 2015 från SCB (2017b).

RMC som togs fram i den här studien med hjälp av Eurostats RME-verktyg, jämfördes med resultat för Sveriges RMC som Giljum, m. fl. (2017) och UNEP (2017) tagit fram. De har båda, till skillnad från Eurostats verktyg, använt en MRIO-baserad beräkningsmetod för att beräkna RMC. Resultat för Sveriges totala RMC jämfördes för åren mellan 2008 och 2015. Dock var det endast år 2010 som det fanns resultat för alla beräkningsmetoder, och därför jämfördes endast RMC uppdelat per materialkategori för detta år.

För att jämföra hur Sveriges resursproduktivitet varierar med DMC eller RMC som bas, hämtades data för Sveriges BNP åren 1993 till 2015 från SCB (2017b) och räknades sedan om till 1993 års fasta priser för att dra bort inflationens påverkan på tillväxten. Valutaomvandling mellan kronor och euro gjordes med kursen 9,86 kr per euro. För Sveriges RMC användes resultaten från Eurostats RME-verktyg.

Sveriges handelsbalans beräknades som import minus export i både enheten ton och i enheten ton RME. Enligt Giljum m. fl. (2017) benämns handelsbalansen i ton som "Physical Trade Balance, (PTB)" och handelsbalansen i ton RMC som "Raw Material Trade Balance, (RTB)". Import och export i enheten ton, som användes för att beräkna Sveriges PTB, togs direkt från EW-MFA. Import och export i enheten ton RME togs fram genom RME-verktyget, och användes för att beräkna Sveriges RTB.

Data för år 2010 över svensk varuimport och varuexport, i enheten 1000 ton, erhöles den 31/10 2017 av Mårten Berglund vid SCB efter muntlig förfrågan. Export- och importstatistiken var uppdelad enligt den kombinerade nomenklaturen (KN) på 8-siffrig nivå. Från Eurostats hemsida hämtades en "kod-nyckel", vilken innehöll information mellan produkters KN-kod och dess förädlingsgrad (råmaterial, halvfabrikat eller färdig produkt). Med hjälp av kod-nyckeln kunde varje import- och exportprodukt tilldelas en förädlingsgrad. Därmed kunde andelen råmaterial, halvfabrikat och färdiga produkter inom svensk import och export för år 2010 bestämmas. Då data som användes till beräkningarna inte var bortfallsjusterade bör resultaten ses som preliminära och inte exakta resultat.

4.2. *Externa kontakter för utvärdering av RME-verktyget och RME-koefficienterna*

För att utvärdera andra länders erfarenheter av RME-verktyget kontaktades Office for National Statistics i Storbritannien och Statistics Netherlands i Holland. Det är endast ett fåtal

EU-länder som testat verktyget, varav Holland och Storbritannien är två av dessas länder. Endast Statistics Netherlands hade dock möjlighet att dela med sig av erfarenheter. Detta skedde genom Skypeintervju (13/10 och 10/11 2017) och löpande mailkonversation under projektet med Niels Schoenaker vid Statistics Netherlands.

I ett försök att utvärdera hur väl RME-koefficienterna speglar svensk produktionsteknologi kontaktades två svenska branschorganisationer. Ett möte hölls 1/10 2017 med Karin Östman från Jernkontoret och Ingrid Haglind från Skogsindustrierna. Jernkontoret, som är den svenska stålindustrins branschorganisation delade med sig av information om skillnader mellan svensk metallproduktion och genomsnittlig produktionsteknologi bland andra EU-länder. Skogsindustrierna, som är branschorganisation för massa-, pappers- och den trämekaniska industrin i Sverige delade med sig av information om svensk pappersmassaframställning jämfört med andra EU-länder.

4.3. Jämförelse av Sveriges RMC beräknat med olika beräkningsmetoder

Som en del i OECD:s strategi för grön tillväxt, utforskar OECD möjligheterna att använda deras ”inter-country input-outputdatabas (ICIO) för att beräkna materialflödesindikatorer (Giljum m. fl., 2015). På uppdrag av OECD har Giljum m. fl. (2017) beräknat RMC för ett stort antal olika länder genom beräkningsmetoden MRIO med tre olika globala materialflödesdatabaser: ICIO, Eora och Exiobase. Resultat finns för åren 1995, 2000, 2005, 2010. Sveriges RMC finns endast publicerat för åren 1995 och 2010, men efter förfrågan (2017/11/21 och 2017/11/30) skickade författarna Stefan Giljum och Stefan Lutter RMC beräknat även för åren 2000 och 2005.

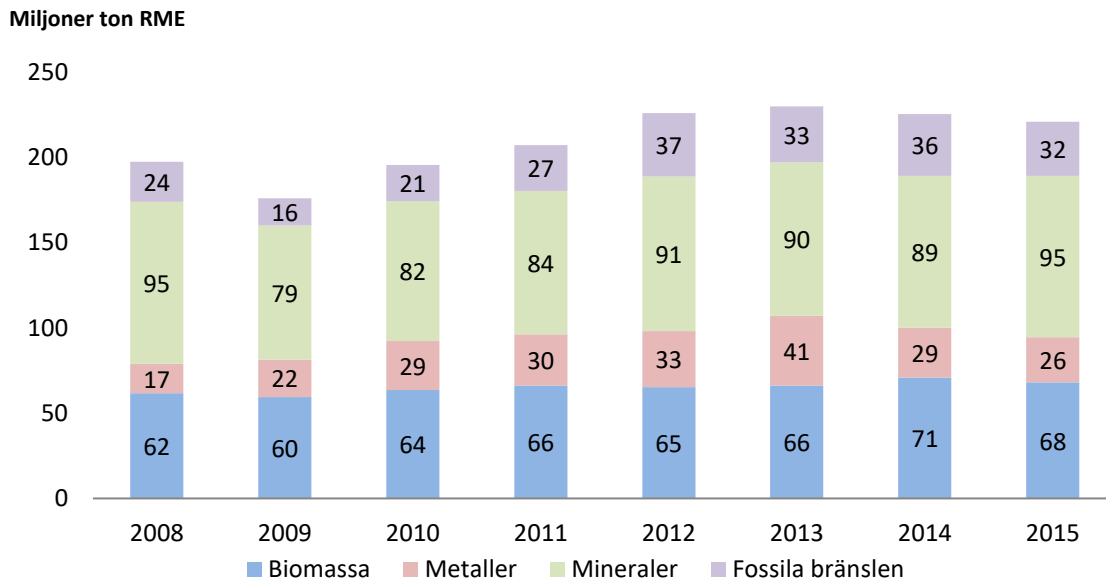
ICIO är OECD:s egen databas som innehåller data från nationalräkenskaperna från över 200 länder (Giljum m. fl., 2017). Databasen Eora utvecklades av Lenzen, m. fl. (2013) för Sydney universitet och data från 189 länder, samt en ”resten av världen kategori”. Exiobase utvecklades inom ett antal europeiska forskningsprojekt och inriktar sig mest mot EU-länder och deras viktigaste handelspartners. Totalt inkluderar Exiobase 49 olika regioner och länder (Giljum m. fl., 2017)

FN:s miljöpanel (UNEP) har publicerat RMC för ett stort antal länder, däribland Sverige, för åren 1970 till 2010 med metoden MRIO. De har också använt databasen Eora. Deras resultat hämtades från UNEP:s hemsida (UNEP, 2017). UNEP använder begreppet MF istället för RMC.

5. RESULTAT

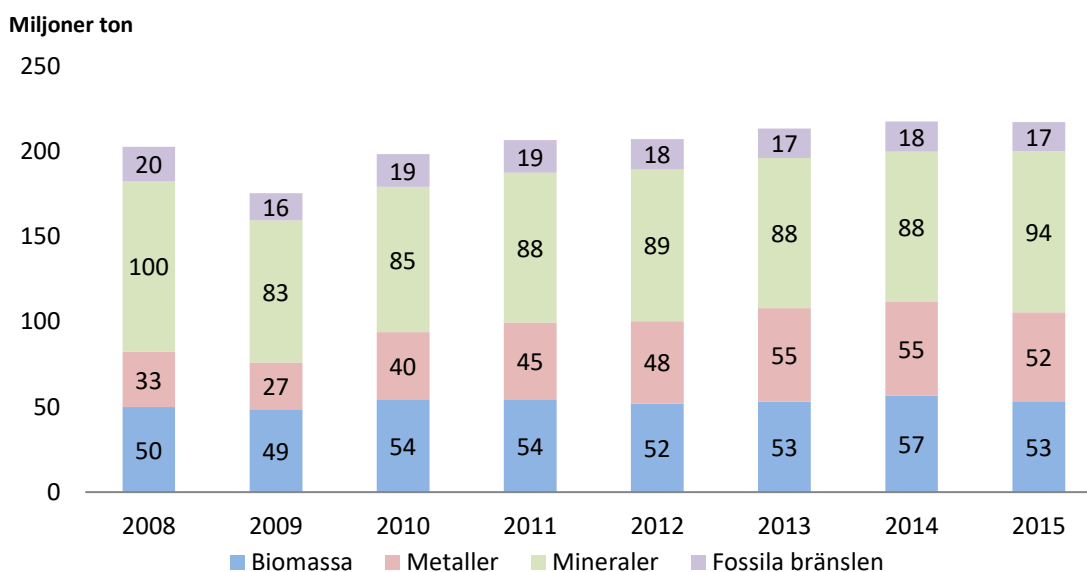
5.1. Sveriges materialanvändning enligt RMC, jämfört med DMC

Den totala materialanvändningen i Sverige varierar från år till år. Över tid har den enligt RMC ökat från år 2008 då den uppgick till 198 miljoner ton RME, till år 2015 då materialanvändningen uppgick till 221 miljoner ton RME. (Figur 5). Den största andelen av RMC utgörs av icke-metalliska mineraler (Figur 5), vilket framför allt är produktgrupperna sand och grus.



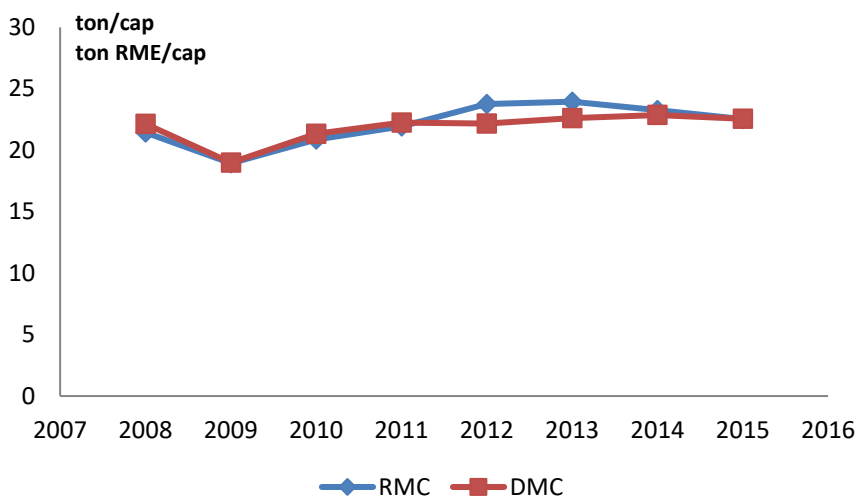
Figur 5. Sveriges materialanvändning med RMC för åren 2008 till 2015 beräknat i den här studien utifrån Eurostat (2017e, 2017f).

Liknande som för RMC varierar materialanvändningen från år till år med DMC. Enligt DMC har den totala materialanvändningen i Sverige ökat från 203 miljoner ton år 2008, till 216 miljoner ton år 2015 (Figur 6).



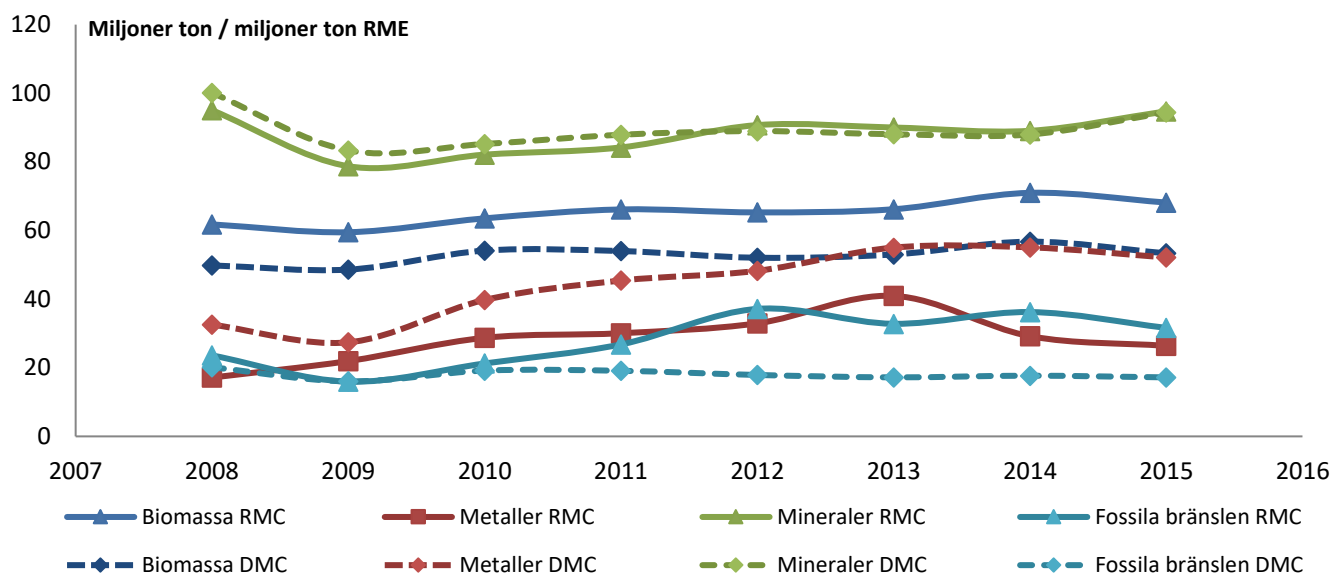
Figur 6. Sveriges materialanvändning med DMC för åren 2008 till 2015 baserat på Eurostat (2017e, 2017f).

En jämförelse mellan DMC och RMC per capita för Sverige, åren 2008 till 2015, (Figur 7) visar att materialanvändningen är ungefär lika stor, oavsett vilken indikator man använder.



Figur 7. Jämförelse mellan DMC och RMC för Sverige åren 2008 till 2015 beräknat i den här studien utifrån Eurostat (2017e, 2017f) och SCB (2017b).

Sveriges totala materialanvändning skiljer lite mellan DMC och RMC, men skillnader kan påvisas per materialkategori (Figur 8). Sverige konsumerar mest icke-metalliska mineraler, följt av biomassa, metaller och fossila bränslen.

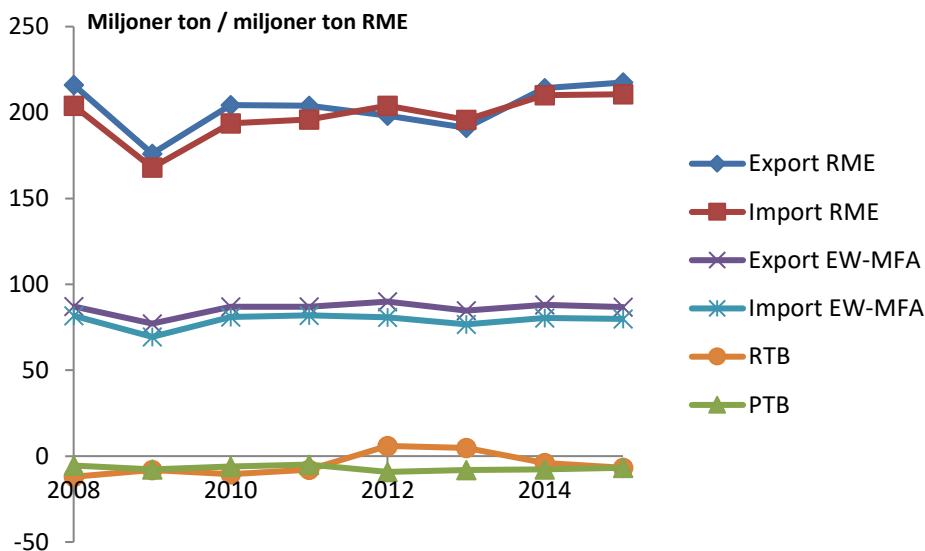


Figur 8. Jämförelse mellan Sveriges DMC och RMC per materialkategori åren 2008 till 2015 beräknat i den här studien utifrån Eurostat (2017e, 2017f).

Metaller är den enda materialkategori där RMC är lägre än DMC (Figur 8). Vi har en stor metallexport i Sverige, produktgrupperna koppar och järnmalm står tillsammans för mer än 30 % av Sveriges totala export (Appendix C, Tabell C1). Resultatet tyder också på att de metallprodukter som vi exporterar har en stor materialrygsäck. Med RMC som indikator läggs materialrygsäcken på landet som importerar en produkt, till skillnad från DMC där materialrygsäcken läggs på landet som exporterar produkten.

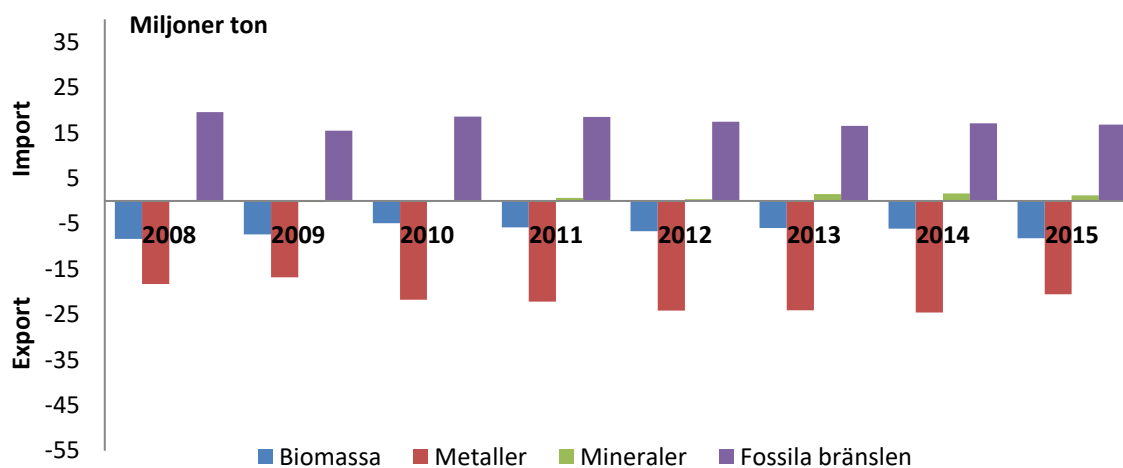
5.2. Sveriges handelsbalans enligt EW-MFA och i enheten RME

Sverige är ett netto-exporterande land (Figur 9) enligt både RMC och DMC. Ett undantag är åren 2012 och 2013 där RTB är positiv och visar på nettoimport. Flödena av både import- och exportprodukter är betydligt större då materialrygsäcken medräknas.



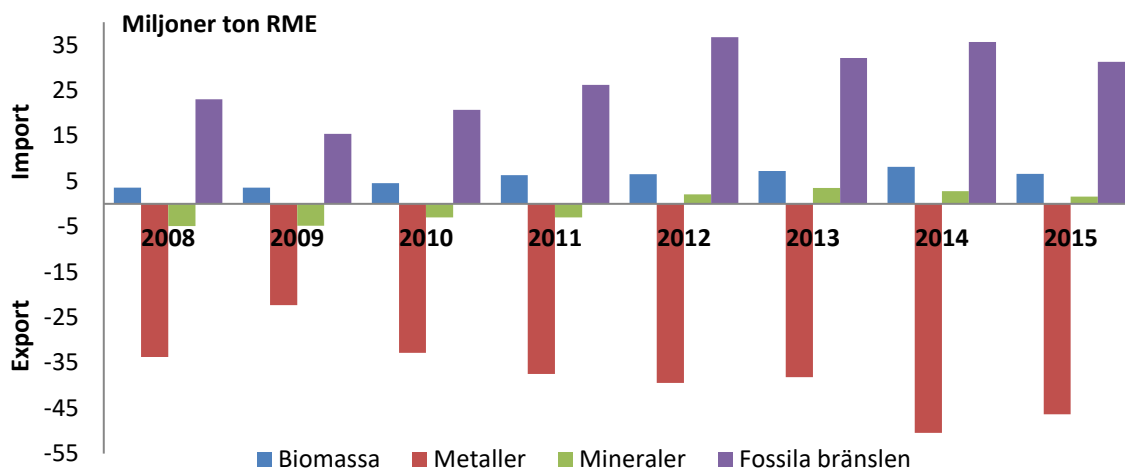
Figur 9. Sveriges export, import och handelsbalans enligt EW-MFA och i RME mellan åren 2008 och 2015 beräknat i den här studien utifrån Eurostat (2017e, 2017f).

En fördjupad analys av Sveriges handelsbalans, uppdelad per materialkategori, ses i Figur 10 och Figur 10 och enligt både PTB och RTB är Sverige nettoimportör av fossila bränslen och nettoexportör av metaller.



Figur 10. Sveriges handelsbalans år 2008 till år 2015 enligt EW-MFA (PTB), uppdelad per materialkategori, beräknat i den här studien utifrån Eurostat (2017e, 2017f).

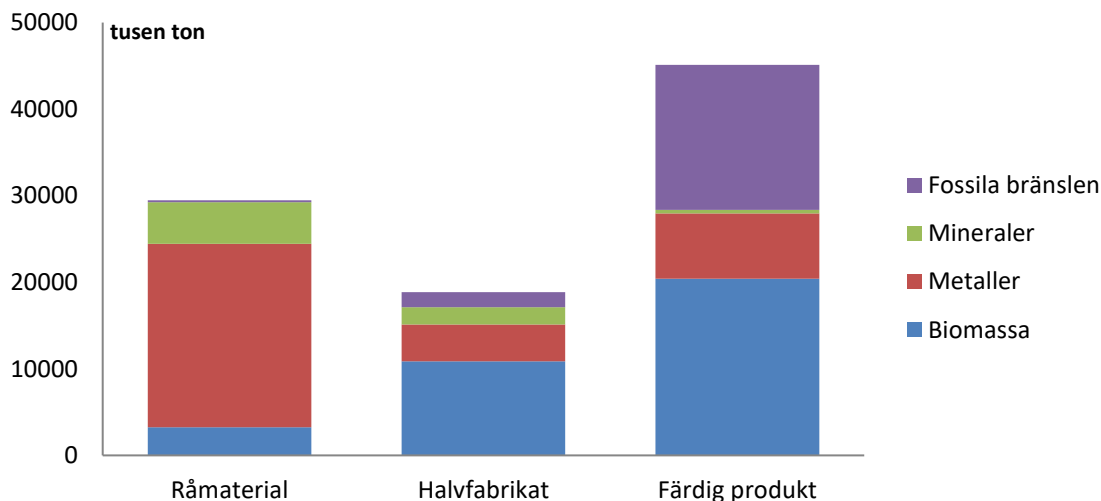
Materialkategorin biomassa utmärker sig då Sverige går från att vara nettoexportör av biomassa med PTB (Figur 10) till att vara nettoimportör med RTB (Figur 11). Sveriges handelsbalans av mineraler ligger nära noll för både PTB och RTB.



Figur 11. Sveriges handelsbalans år 2008 till år 2015 i RME (RTB), uppdelad per materialkategori, beräknat i den här studien utifrån Eurostat (2017e, 2017f).

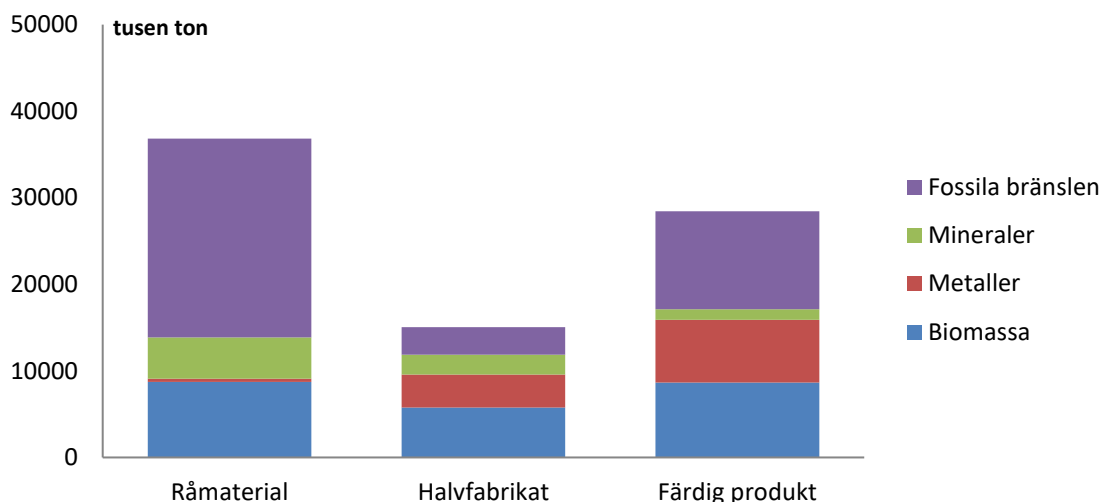
5.3. Råmaterial, halvfabrikat och färdig produkt i svensk import och export

Sveriges export av metall sker främst i form av råmaterial (Figur 12), vilket till stor del utgörs av export av järnmalm (Appendix C, Tabell C1). Exporten av biomassa och fossila bränslen sker främst som färdiga produkter.



Figur 12. Fördelning av råmaterial, halvfabrikat och färdig produkt per materialkategori för Sveriges export år 2010 beräknat i den här studien utifrån Eurostat (2013) och SCB (2017d). Då data som användes till beräkningarna inte var bortfallsjusterade bör resultaten ses som preliminära.

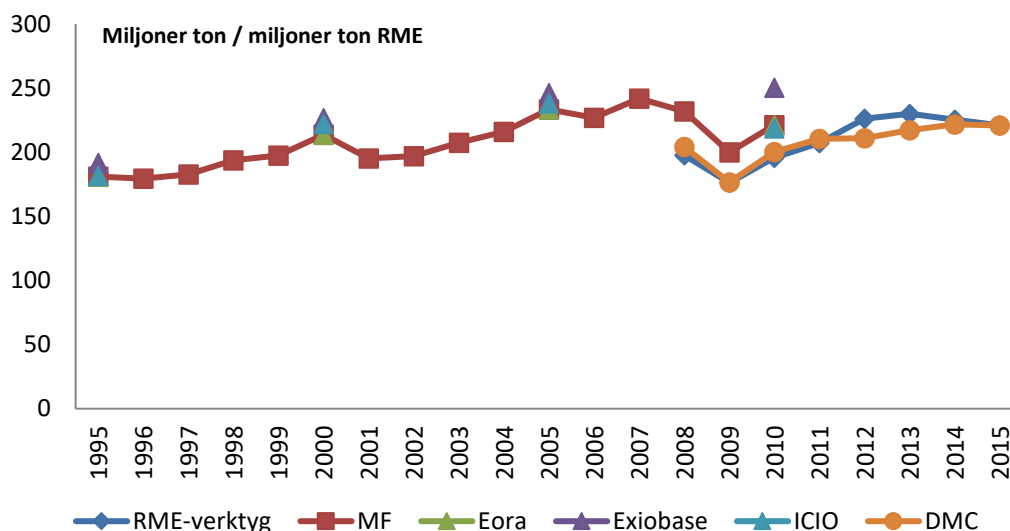
Importen av fossila bränslen består till största del av råmaterial och vi importerar lite råmaterial av metaller (Figur 13). Import av biomassa sker i ungefär lika stor omfattning av råmaterial, halvfabrikat och färdig produkt.



Figur 13. Fördelning av råmaterial, halvfabrikat och färdig produkt per materialkategori för Sveriges import år 2010 beräknat i den här studien utifrån Eurostat (2013) och SCB (2017c). Då data som användes till beräkningarna inte var bortfallsjusterade bör resultaten ses som preliminära.

5.4. Skillnader i RMC beroende på beräkningsmetod

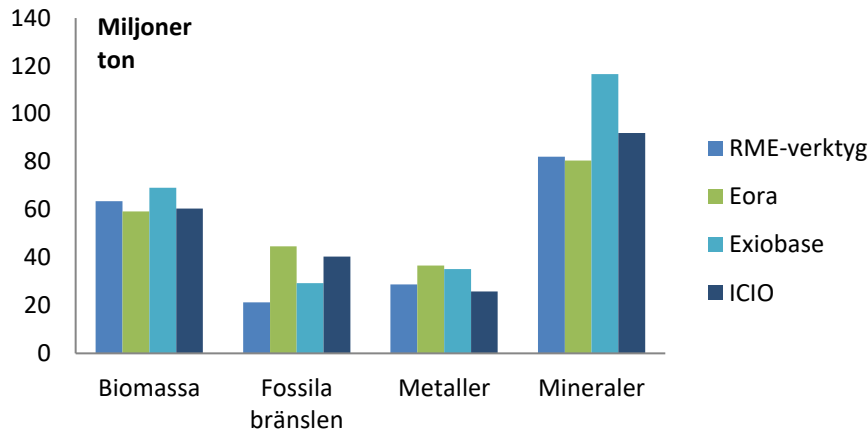
Olika beräkningsmetoder för RMC visar olika resultat för Sveriges materialanvändning. För åren 2008 till 2010, ger EU:s RME-verktyg ett lägre värde på RMC (Figur 14) än UNEP (2017) beräkningar av MF. OECD:s beräkningar som gjorts av Giljum m. fl. (2017) för RMC med databaserna Eora, Exiobase och ICIO, visar för åren 1995, 2000, 2005 och 2010 antingen liknande värde som MF, eller större. För jämförelse har även DMC tagits med i (Figur 14).



Figur 14. Sveriges DMC, RMC och MF beräknat med olika beräkningsmetoder åren 1995 till 2015 beräknat i den här studien utifrån Giljum m. fl. (2017), UNEP (2017) och Eurostat (2017e, 2017f).

För år 2010 jämfördes resultaten från Eurostats RME-verktyg med Giljum m. fl. (2017) beräkningar av RMC per materialkategori. Sveriges användning av biomassa och metaller är relativt lika för alla beräkningsmetoder (Figur 15 och Tabell 1). Fossila bränslen skiljer sig

mycket mellan de olika beräkningsmetoderna. För användningen av mineraler ger Exiobase ett betydligt större utslag än med de andra metoderna.



Figur 15. Sveriges RMC per materialkategori beräknat med RME-verktyget och med databaserna Eora, Exiobase och ICIO för år 2010, beräknat i den här studien utifrån Giljum, m. fl. (2017), Eurostat (2017e, 2017f).

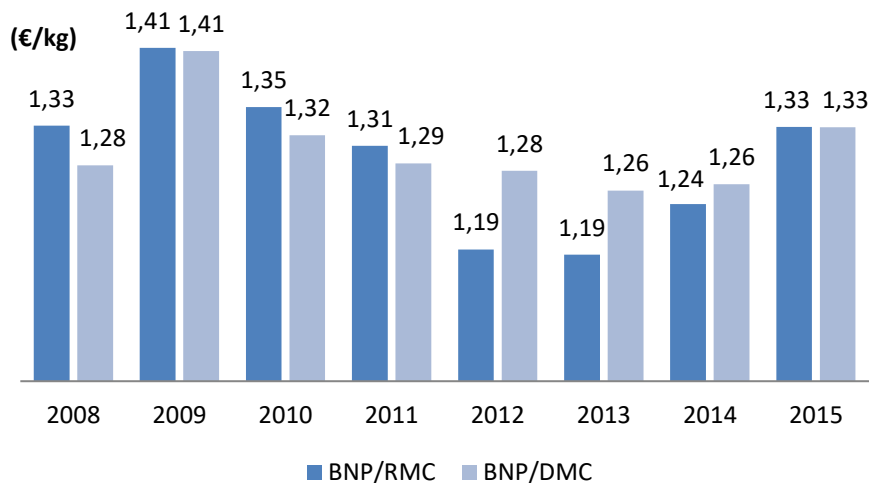
Skillnaden i total RMC varierar mellan 11 % och 22 % för de olika beräkningsmetoderna, uppdelat per materialkategori är variationen större. För fossila bränslen skiljer det så mycket som 52 % mellan Eora och Eurostats RME-verktyg (Tabell 1).

Tabell 1. Procentuell skillnad i RMC år 2010 mellan beräkningsmetoderna Eurostats RME-verktyg och OECD:s beräkningar, beräknat i den här studien utifrån Giljum, m. fl. (2017) och Eurostat (2017e, 2017f).

RME-verktyg	Total %	Biomassa %	Fossila bränslen %	Metaller %	Mineraler %
Eora	12	-7	52	22	-2
Exiobase	22	8	28	18	30
ICIO	11	-5	47	-11	11

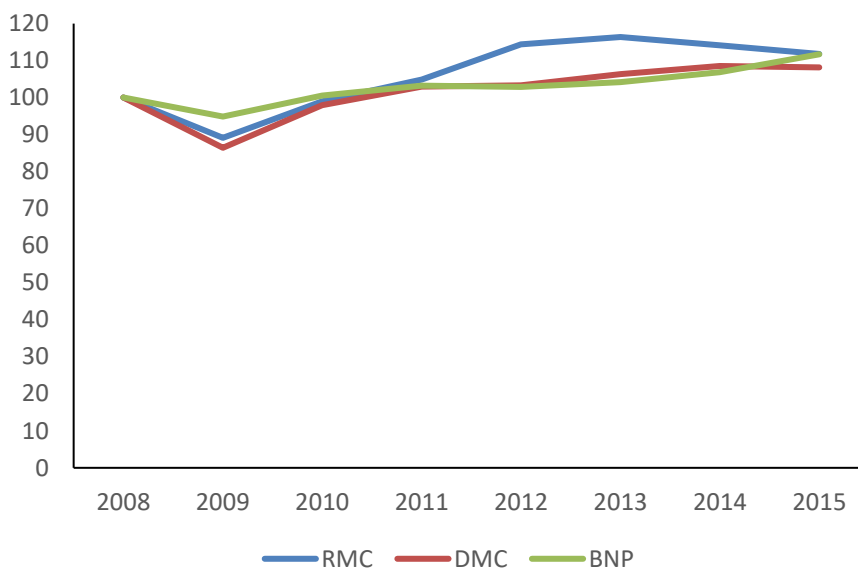
5.5. Skillnad i resursproduktivitet och frikopplingen beroende på indikator

Sveriges resursproduktivitet under den studerade perioden (Figur 16) var som störst år 2009. Skillnaden i resursproduktivitet beräknat med DMC och RMC var relativt liten för de flesta åren mellan 2008 och 2015.



Figur 16. Sveriges resursproduktivitet för åren 2008 till 2015 beräknat med både DMC och RMC. BNP är i 1993 års fasta priser. Beräknat i den här studien utifrån SCB (2017b) och Eurostat (2017e, 2017f).

Frikopplingen innebär att man bryter sambandet mellan resursuttag och ekonomisk tillväxt, alltså att BNP fortsätter att öka medan materialanvändningen antingen ökar i en lägre takt eller helst minskar. För Sverige är det svårt att visa på att detta skall ha skett mellan åren 2008 och 2015 (Figur 17).



Figur 17. Utveckling för RMC, DMC och BNP för Sverige från år 2008 till år 2015, index är 100 = år 2008. Beräknat i den här studien utifrån Eurostat (2017e, 2017f).

6. DISKUSSION

6.1. Skillnader i materialanvändning mätt med RMC jämfört med DMC

Den inhemska utvinningen inom DMC och RMC, enligt Eurostats RME-verktyg, beräknas på lika sätt (ekvation 1 och 2). Skillnaden mellan indikatorerna ligger i hur handelsbalansen beräknas, i ton (PTB), respektive i ton RME (RTB). Figur 9 visar att export- och importflöden ökade väsentligt då de räknades om i RME (materialryggsäcken inkluderades), men handelsbalanserna RTB och PTB förblev relativt lika varandra. Detta gör att även RMC och DMC är lika varandra för den undersökta tidsperioden 2008 till 2015. Detta beror på att de produkter vi exporterar och importerar beräknas ha totalt sett, ungefär lika stor materialryggsäck, och skillnaderna tar därför ut varandra. För metaller ökar exportflödet med RMC som mått, medan för biomassa, som vi enligt DMC är nettoexporterande av, blir vi nettoimporterande av enligt RMC.

På en uppdelning per materialkategori syns tydligare skillnader mellan RMC, enligt Eurostats RME-verktyg, och DMC (

Figur 8). Vår användning av metaller minskar och vi går som tidigare nämnt från att vara nettoexporterande av biomassa till att bli nettoimporterande, när RMC används. Den materialkategorin som ger störst utslag på Sveriges totala materialanvändning, mineraler (framför allt sand och grus), utgör en liten del av vår handelsbalans. Därför påverkas den materialkategorin relativt lite om materialryggsäcken inkluderas eller inte i import- och export. Detta är ytterligare en anledning till att den totala skillnaden mellan RMC och DMC är så pass liten.

6.2. Möjliga felkällor i beräkningarna av RMC med Eurostats RME-verktyg

RME-koefficienterna som användes i verktyget för att beräkna importerade och exporterade produkters materialryggsäck bygger på EU-genomsnittlig produktionsteknologi och det är svårt att veta hur representativ dessa är för svenska förhållanden. I ett försök att ta reda på om svensk produktionsteknologi är mer materialintensiv än EU-genomsnitt kontaktades branschorganisationerna Jernkontoret och Skogsindustrierna. Järnmalm utgjorde, mätt i enheten RME, år 2015 25 % av Sveriges totala export och timmer utgjorde 4 % av den totala exporten år 2015 (tabell 4, Appendix C). Enligt Östman pers. (2017) exporterar vi i Sverige mycket avancerade stålprodukter i jämförelse med många andra EU-länder. Det leder till fler produktionssteg och således mer uppströms material och större åtgång av energi. Enligt Haglind pers. (2017) skiljer sig pappersmassatillverkningen i Sverige och Finland mycket i jämförelse med resterande EU-länder. Svensk pappersmassa produceras av timmer (nyfiber), medan det är vanligare med returfiber i EU. Det skulle då tänkas att för både pappersmassa och stålprodukter är svensk produktionsteknologi mer resursintensiv än EU-genomsnittet, och att RME-koefficienterna för dessa produkter undervärderar materialryggsäcken för svensk produktion av dessa produkter. Detta är dock inte verifierat, men är ett exempel på att det finns möjliga landspecifika skillnader som inte täcks in i Eurostats RME-verktyg.

En annan möjlig felkälla är att RME-verktygen inte tar hänsyn till så kallad re-export (produkter som importerar in i ett land, och som sedan exporteras vid ett senare tillfälle utan att någon förädling har skett). Då produkter kan ha olika RME-koefficienter när de importerar och när den exporteras, leder detta till en obalans. Enligt Schoenaker pers. (2017) består 40 % av Nederländernas import av så kallad re-export. De valde därför att subtrahera bort denna del av importen i verktyget för att undvika problem med att samma produkter multipliceras med

olika RME-koefficienter då de först importeras och sedan exporteras. Enligt SCB:s kundtjänst (Bergman pers., 2017) finns ingen statistik för andelen av svensk import som är re-export, så graden av felkälla som detta bidrar med för beräkning av Sveriges RMC har inte kunnat fastställas.

En felkälla som är relativt enkel att åtgärda, är att komplettera de data från nationalräkenskaperna som idag saknas för Sverige i verktyget. Verktyget gör en automatisk interpolation med nästkommande eller tidigare års data för de år som saknar indata, och hur stor påverkan som detta har på slutresultatet kan testas enligt Schoer pers. (2017) genom att komplettera verktyget med data som saknas, och sedan undersöka hur resultatet ändras. Tyvärr har det inte inom projektets ramar varit möjligt att ta fram data och testa detta.

Det har inom projektets ramar inte heller varit möjligt att göra en fullständig känslighetsanalys av RME-koefficienterna som användes i RME-verktyget. Mer om felkällor och metoder som RME-verktyget tillämpar för att minska påverkan från dessa felkällor finns i Appendix D.

6.3. Är RMC en lämplig indikator för att följa förändring i materialanvändning och resurseffektivitet?

Olika beräkningsmetoder för Sveriges RMC visar olika resultat. RMC beräknat genom MRIO visar högre värden än vad RME-verktygets anpassade koefficient-metod (vilken är baserad på RME-modellens hybrid LCA-IO beräkningsmetod). I Appendix D: **Felkällor och hantering av dessa i beräkningarna av Sveriges RMC med Eurostats RME-verktyg**

De felkällor och metoder som tillämpas idag för att minska påverkan från dessa felkällor som presenteras i Tabell D1 är slutsatser som kommit fram under arbetet med RME-verktyget. Felkällorna och metoderna har identifierats efter att ha arbetat i det Excelbaserade RME-verktyget, läst RME-verktygets handbok och modelldokumentation som finns om RME-modellen (Eurostat, 2016). De är även ett resultat från mailkontakten med Niels Schoenaker vid Statistics Netherlands (löpande kontakt under hösten 2017), samt från mailkontakt med Karl Schoer (2017/12/21) som utvecklat RME-modellen och RME-verktyget för Eurostat. De förslag på metoder för att minska påverkan från felkällor som anges i kolumn tre i Tabell D1 är författarens egna rekommendationer som skulle kunna ge mer tillförlitliga resultat.

Tabell jämförs RME-verktyget mot Giljum, m. fl. (2017) beräkningar genom MRIO med databaserna ICIO, Exiobase och Eora för år 2010. Skillnaden i total RMC mellan dessa beräkningar ligger mellan 11 % och 22 %. På materialkategorinivå är skillnaderna betydligt större, över 50 % för fossila bränslen exempelvis.

Dessa resultat kan jämföras med Eisenmenger, m. fl. (2016) resultat, som jämförde sex olika beräkningsmetoder för Österrikes RMC år 2007. I likhet med denna studie varierade resultaten mycket mellan beräkningsmetoderna och vilka databaser som användes (21 till 29,9 ton/per capita). I likhet med resultat från denna studie var Österrikes RMC beräknat med MRIO större än med hybrid LCA-IO. Eisenmenger, m. fl. (2016) menar att då globala dataset över materialflöden endast funnits tillgängliga under en relativt kort tid, är kunskapen begränsad om varför resultaten för RMC skiljer så mycket. Eisenmenger, m. fl. (2016) pekar dock på två troliga, betydande, orsaker för skillnader. Den första att beräkningsmetoderna IO-LCA och MRIO i grunden är olika. Den andra att databaserna som används som indata ser olika ut beroende på antal länder samt produktgrupper som inkluderas varierar.

Då det inte går att sätta ett samlat mått på tillförlitligheten hos materialflödesindikatorer (SCB, 2017e), samt att olika beräkningsmetoder ger så pass spridda resultat, bör RMC användas som ett aggregerat mått för att ge en övergripande bild om materialanvändningen i en ekonomi går upp eller ner över tid. Liksom de flesta indikatorer bör både RMC och DMC användas för att titta på trender. Eftersom det inte går att sätta ett samlat mått på tillförlitligheten hos materialflödesindikatorerna, är det också svårt att väga osäkerheterna hos DMC mot osäkerheterna hos RMC.

RMC och DMC kan båda användas som indikatorer inom policyers för materialanvändning och resurseffektivisering, beroende på syftet. DMC kan användas för att titta på en enskild ekonomis utveckling över tid och har ett starkare territorialt fokus. DMC har idag en standardiserad beräkningsmetod och kräver mindre indata, och är på så vis enklare att beräkna för enskilda länder (den kräver endast kunskap om den egna ekonomins IO-tabell och inte andra länders). RMC är ett mer lämpligt mått att använda vid jämförelse mellan länder. RMC tar hänsyn till alla material som gått åt för att tillverka en produkt, och adderar de materialen till den ekonomi där produkten slutligen används, oavsett var den tillverkades från början. Därmed uppnås en mer rättvis jämförelse av länders materialanvändning. Med RMC som mått undviks även risken att en falsk resurseffektivitet och frikoppling visas för länder som flyttat stora delar av sin industri, med tillhörande uppströms materialanvändning, utomlands. Det krävs dock, troligtvis, en standardiserad beräkningsmetod för RMC, för att indikatorn ska kunna konkurrera med DMC som standardmått för materialanvändning.

FN:s Internationella Resurspanel (UNEP, 2016) menar att med RMC som indikator, går det inte att generalisera att det finns en nivå av ökad välfärd och välstånd där användandet av material stabiliseras. Mätt med DMC har många höginkomstländer i Europa och Nordamerika frikopplat sin materialanvändning från ekonomisk tillväxt, men i och med dagens globala produktionskedjor, fortsätter dessa länder att ha en väldigt hög användning av material då produkters materialryggsäck inkluderas. Inom de närmaste 10-20 åren förväntas många utvecklingsländer att ändra sina levnadsstandarder till följd av ekonomisk tillväxt, vilket kommer att leda till att mängden material som globalt konsumeras väsentligt ökar. För att minska framtida miljöpåverkan från produktion och konsumtion är det därför viktigt att höginkomstländer väsentligt minskar deras RMC per capita.

Att använda resursproduktivitet som huvudindikator i omställningen till en cirkulär ekonomi skulle kunna vara ett sätt att försöka ta med miljöpåverkan, tillsammans med tillväxt, i bedömningen av hur väl en ekonomi presterar. Även om materialflödesindikatorerna inte tar hänsyn till miljöpåverkan från brytningen och användningen av material, så kan de ses som en proxy för annan miljöpåverkan. Om uttaget av råvaror från naturen ökar, ökar också utsläpp av växthusgaser och föroreningar. Ökad materialanvändning leder också till att vi kommer behöva hitta nya källor till råvaror, vilket leder till konflikt om mark. Vi ser det redan idag då gruvor konkurrerar med storslagen natur eller då stadsbebyggelse konkurrerar med värdefull odlingsmark.

Både DMC och RMC används för att följa upp FN:s hållbarhetsmål 8 och 12. EU-kommissionens ”Monitoring Framework for the Circular Economy” som presenterades i januari 2017 (Eurostat, 2018) består av olika indikatorer och RMC ingår inte. Ramverket innehåller en variant på DMC som beskriver andelen återvunna material i relation till total materialanvändning inom en ekonomi. Den totala materialanvändningen är då beräknad som DMC. Indikatorn kallas ”Circular Material Use” (CMU). Att använda CMU kan vara ett sätt

att ta hänsyn till att varken RMC eller DMC mäter hur effektivt vi använder material genom återanvändning och återvinning.

En stor del av Sveriges RMC utgörs av mineraler (43 % år 2015), vilken i sin tur består till stor del av produktgruppen "sand och grus". Detta indikerar att byggnationen av hus och vägar starkt påverkar vår totala materialanvändning. Då både vägar och hus har långa livstider byggs dessa material in för en lång tid. De kan alltså inte cirkuleras och göras tillgängliga för ekonomin förrän många år senare. Detta kommer att leda till att vi troligtvis har en hög utvinning av mineraler, och därmed även ett högt RMC, i framtiden även om vi går mot en mer cirkulär ekonomi.

7. SLUTSATS

Enligt RMC har Sveriges totala materialanvändning ökat från 198 miljoner ton RME år 2008, till 221 miljoner ton RME år 2015. Skillnaden i total materialanvändning skiljer sig endast lite mellan indikatorerna DMC och RMC (beräknat med Eurostats RME-verktyg). På materialkategorinivå är skillnaden mellan indikatorerna större. RME-verktyget gör det möjligt att med relativt enkla medel beräkna enskilda EU-länders RMC. Verktyget beräknar importerade och exporterade produkters materialryggsäck med hjälp av RME-koefficienter, som bygger på genomsnittlig produktionsteknologi inom EU, och hur väl dessa koefficienter reflekterar svenska förhållanden är svårt att säga.

Olika beräkningsmetoder samt databaser för beräkning av Sveriges RMC ger varierande resultat. Beräkningsmetoden MRIO ger en högre materialanvändning än vad RME-verktygets anpassade koefficient-metod (som bygger på RME-modellens LCA-IO beräkningsmetod) ger. RMC beräknat genom MRIO är även större än Sveriges DMC. Liknande resultat har påvisats i andra studier, exempelvis för Österrikes RMC år 2007 (Eisenmenger, m.fl., 2016).

Flera internationella organ som FN, OECD och EU arbetar med att ta fram en standardiserad beräkningsmetod för RMC, vilket är viktigt för att använda RMC i större skala. Både DMC och RMC kan användas som indikator för materialanvändning, men vid jämförelse mellan länder är RMC teoretiskt en mer lämplig indikator då många länder idag har flyttat sin produktion utomlands, och DMC riskerar att visa en falsk uppfattning om resurseffektivitet och frikoppling eftersom materialryggsäcken inte inkluderas.

Både RMC och DMC kan användas som indikator inom en cirkulär ekonomi, men ingen av indikatorerna följer upp miljöpåverkan från materialextraktion eller användning. De mäter inte heller hur effektivt vi använder material genom återanvändning och återvinning. RMC och DMC behöver därför kompletteras med andra indikatorer som specifikt tar hänsyn till detta. Idag används DMC som bas för att beräkna resursproduktivitet inom EU. För att jämföra utvecklingen av resursproduktivitet i olika länder, borde RMC vara mer lämplig som bas då den tar hänsyn till produkters materialryggsäck. Beräkningsmetoden för RMC behöver dock standardiseras.

8. REFERENSER

8.1. Tryckta och internetreferenser, samt datakällor

Chahal, G. S & Gosal, S. S, 2002. *Principles and procedures of plant breeding: biotechnological and conventional approaches*. Alpha Science International Ltd, Pangbourne, England

EASAC, 2016. *Indicators for a circular economy*. European Academies Science Advisory Council. ISBN 978-3-8047-3680-1.

EIO, 2017. *Raw material equivalent*. Eco-Innovation Observatory. Källa: http://www.eco-innovation.eu/index.php?option=com_glossary&letter=R&id=46&Itemid=126 [Hämtad: 2017-10-12]

Eisenmenger, N., Wiedenhofer, D., Schaffertzik, A., Giljum S., Bruckner M., Schandl H., Wiedmann T. O., Lenzen M., Tukker A., Koning A., 2016. Consumption-based material flow indicators – Comparing six ways of calculating the Austrian raw material consumption providing six results. *Ecological Economy*. Volume 129, September 2016, p. 177-186.

EMAF, 2015. *Growth within: a circular economy vision for a competitive Europe*. Ellen MacArthur Foundation.

EMAF, 2017. *Circular Economy Overview*. Ellen MacArthur Foundation. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/overview/concept> [Hämtad 2017-10-12]

EC, 2010. *Europe 2020 – A strategy for smart, sustainable and inclusive growth*. COM(2010)20 final. European Commission.

EC, 2011a. *A resource-efficient Europe – Flagship initiative under the Europe 2020 Strategy*. COM(2011)21 final. European Commission.

EC, 2011b. *Roadmap to a Resource Efficient Europe*. COM(2011)571 final. European Commission.

EC, 2015. *Closing the loop – An EU action plan for the Circular Economy*. COM(2015)614 final. European Commission.

EC, 2017. *Development of a monitoring framework for circular economy*. European Commission. https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/initiatives/ares-2017-1830357_en

EEA, 2015. *The European Environment – State and outlook 2015*. European Environmental Agency.

EEA, 2016. *More from less – material resource efficiency in Europe*. ISSN 1725-9177. European Environmental Agency.

EU, 2016a. *EU Resource Efficiency Scoreboard 2015*. European Union.

EU, 2016b. *Sustainable development in the European Union – A statistical glance from the viewpoint of the UN sustainable development goals*. European Union. Doi:10.2785/500875

EU, 2016c. *European Innovation Partnership on Raw Materials – Raw Material Scoreboard*. European Union. Doi: 10.2873/686373

Eurostat, 2013. *Economy-wide Material Flow Accounts (EW-MFA) compilation guide. 2013-09-23*.

Eurostat, 2016a. *Handbook for estimating raw material equivalents (RME) of imports and exports and RME-based indicators for countries – based on Eurostat's EU RME model*.

Eurostat, 2016b. *Documentation of the EU RME model*.
<http://ec.europa.eu/eurostat/web/environment/methodology>

Eurostat, 2017a. *Project: Estimates for Raw Material Consumption (RMC) and Raw Material Equivalents (RME) conversion factors*.
<http://ec.europa.eu/eurostat/web/environment/methodology>

Eurostat, 2017b. *Material flows and resource productivity*.
<http://ec.europa.eu/eurostat/web/environment/material-flows-and-resource-productivity>
[Hämtad 2017-10-11]

Eurostat, 2017c. *Material flow accounts – flows in raw material equivalents*.
http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Material_flow_accounts_-_flows_in_raw_material_equivalents [Hämtad: 2017-10-12]

Eurostat, 2017d. *Focus on comext*. [Hämtad 2017-12-06]
<http://ec.europa.eu/eurostat/web/international-trade-in-goods/data/focus-on-comext>

Eurostat, 2017e. Data för nationalräkenskaperna, energibalansen, United States Geological Services (USGS) och materialflödesräkenskaperna (EW-MFA) som används som nationell indata till RME-verktyget. RME-verktyget med tillhörande handbok, dataunderlag och dokumentation. Källa: <http://ec.europa.eu/eurostat/web/environment/methodology> [Hämtad 2017-11-14].

Eurostat, 2017f. Comext-data för utrikeshandelsstatistik. Finns inte publikt, utan mottogs efter förfrågan till från Eurostat 2017-11-13.

Giljum, S., Lutter, S., 2017. RMC indikatorer för Sverige, beräknade med databaserna ICIO, Eora and Exiobase. Data är inte publicerade, utan mottogs efter förfrågan av författarna 2017-11-30.

Eurostat, 2018. *Circular Economy Indicators*. Källa: <http://ec.europa.eu/eurostat/web/circular-economy/indicators/monitoring-framework>

FN, 2016. *Final list of proposed Sustainable Development Goals indicators (E/CN.3/2016/2/Rev.1), Annex IV*.

FN, 2017a. *Green growth*. <https://sustainabledevelopment.un.org/index.php?menu=1447> [Hämtad 2017-10-06]

FN, 2017b. *Responsible consumption and production: why it matters*. http://www.un.org/sustainabledevelopment/wp-content/uploads/2016/08/16-00055L_Why-it-Matters_Goal-12_Consumption_2p.pdf [Hämtad 2017-12-04]

Geissdoerfer M., Savaget P., M.P. Bocken N., Hultink E. J., 2017. The Circular Economy – A new sustainability paradigm?, *In Journal of Cleaner Production*, Volume 143, 2017, Pages 757-768, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>.

Giljum S., Lutter S., Bruckner, M., Wieland H., Eisenmenger N., Wiedenhofer D., Schaffartzik A., Schandl H., 2015. *An empirical assessment comparing input-output-based and hybrid-based methodologies to measure demand-based material flows*. DOI: 10.13140/RG.2.2.35017.95844. OECD-rapport ENV/EPOC/WPEI(2015)1.

Giljum S., Lutter S., Bruckner, M., Wieland H., Eisenmenger N., Wiedenhofer D., Schandl H., 2017. *Empirical assessment of OECD Inter-Country Input-Output database to calculate demand-based material flows*. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris.

Lenzen, M., Moran, D., Kanemoto, K., Geschke, A., 2013. *Building Eora: A Global Multi-Region Input-Output Database at High Country and Sector Resolution*. *Economic Systems Research* 25, 20-49.

MA, 2005. *Current State and Trend Assessment*. Millennium Ecosystem Assessment. <https://www.millenniumassessment.org/en/Condition.html>

NE, 2017. *Ekologiskt fotavtryck*. Nationalencyklopedin. <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/ekologiskt-fotavtryck> [hämtad 2017-10-10]

Naturvårdsverket, 2016. *PM: Indikatorer för resurseffektivitet*. Stockholm.

OECD, 2012. *Greenhouse Gas Emissions and the Potential for Mitigation from Materials Management within OECD Countries*. ENV/EPOC/WGWPR(2010)1/FINAL. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris.

OECD, 2015. *Material Resources, Productivity and the Environment*. OECD Green Growth Studies. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris.

OECD, 2017. *Green growth and sustainable development*. <http://www.oecd.org/greengrowth/> [Hämtad 2017-10-06]

Regeringskansliet, 2015. *Mål för förnyelsebar energi*. <http://www.regeringen.se/regeringspolitik/energi/fornybar-energi/mal-for-fornybar-energi/> [Hämtad 2017-09-27]

SCB, 2009. *Materialflödesstatistik – Redovisning av statistik och utveckling*. Statistiska Centralbyrån, Stockholm.

SCB, 2015. *Miljöräkenskaperna – ett jubileum*. Statistiska Centralbyrån, Stockholm.

SCB, 2016a. *Metodbeskrivning av beräkning av konsumtionens miljöpåverkan – växthusgaser*. Statistiska Centralbyrån, Stockholm.

SCB, 2016b. *Materialflödesräkenskaper Economy-Wide Material Flow Accounts 2015*. Statistiska Centralbyrån, Stockholm.

SCB, 2016c. *Materialflödesräkenskaper 2000-2014*. Statistiska Centralbyrån, Stockholm. Källa: https://www.scb.se/sv_/Hitta-statistik/Statistik-efter-amne/Miljo/Miljoekonomi-och-hallbar-utveckling/Miljorakenskaper/38164/38171/Behallare-for-Press/399842/ [Hämtad 2017-10-11]

SCB, 2017a. *Nationalräkenskaper, kvartals- och årsberäkningar*. Statistiska Centralbyrån, Stockholm. Källa: <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/nationalrakenskaper/nationalrakenskaper/nationalrakenskaper-kvartals-och-arsberakningar/> [Hämtad 2017-10-05]

SCB, 2017b. *BNP (1993–), volymindex, år 1993=100*. Statistiska Centralbyrån, Stockholm. Källa: <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/nationalrakenskaper/nationalrakenskaper/nationalrakenskaper-kvartals-och-arsberakningar/pong/tabell-och-diagram/diagram/bnp-1993-volymindex-ar-1993100/> [Hämtad 2017-12-15]

SCB, 2017c. *Varuimport från samtliga länder efter varugrupp KN 2,4,6,8-nivå och handelspartner, sekretessrensad, ej bortfallsjusterat. År 1995 – 2016*. Statistiska Centralbyrån, Stockholm. Källa:

http://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START__HA__HA0201__HA0201B/ImpTotalKNAr/ [Hämtad 2017-11-20]

SCB, 2017d. *Varuexport från samtliga länder efter varugrupp KN 2,4,6,8-nivå och handelspartner, sekretessrensad, ej bortfallsjusterat. År 1995 – 2016*. Statistiska Centralbyrån, Stockholm. Källa:

http://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START__HA__HA0201__HA0201B/ExpTotalKNAr/ [Hämtad 2017-11-20]

SCB, 2017e. *Kvalitetsdeklaration Miljöräkenskaper - Materialflödesräkenskaper*. Statistiska Centralbyrån, Stockholm.

SCB, 2018. *Bruttonationalprodukten. Rekordår och kriser – så har BNP ökat och minskat*. Statistiska Centralbyrån, Stockholm. <http://www.scb.se/hitta-statistik/sverige-i-siffror/samhallets-ekonomi/bnp---bruttonationalprodukten/> [Hämtad 2018-08-08]

Schaffartzik, A., Eisenmenger, N., Krausmann, F. and Weisz, H., 2014. Consumption-based Material Flow Accounting. *Journal of Industrial Ecology*, 18: 102–112. doi:10.1111/jiec.12055. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jiec.12055/full>

Schoer, K., Weinzettel, J., Kovanda J., Giegrich J. and Lauwigi C., 2012. Raw Material Consumption of the European Union – Concept, Calculation Method and Results. *Environmental Science & Technology*. 2012 46 (16), 8903-8909 DOI: 10.1021/es300434c

SOU, 2017. *Från värdekedja till värdecykel – så får Sverige en mer cirkulär ekonomi*. SOU 2017:22. Elanders Sverige AB, Stockholm.

UNEP, 2011. *Decoupling Natural Resource Use and Environmental Impacts from Economic Growth*. United Nations Environment Programme.

UNEP, 2016. *Global material flows and resource productivity*. United Nations Environment Programme.

UNEP, 2017. UN environment live. United Nations Environment Programme. Källa: http://www.uneplive.org/country/resources/SE#more-tab1_7 [Hämtad 2017-11-01]

Wijkman A., Rockström J., 2011. *Den stora förnekelsen*. ScandBook AB, Falun.

8.2. Personliga referenser

Bergman, Jennie. Enheten för utrikeshandel och industriindikatorer, SCB.
jennie.bergman@SCB.se. 2017-12-06

Bouwmeester, Maaïke. Statistical officer, Eurostat. Maaïke.BOUWMEESTER@ec.europa.eu
2017-10-03

Haglund, Ingrid. Direktör för produkter och produktsäkerhet, Skogsindustrierna.
ingrid.haglund@skogsindustrierna.se. 2017-11-01

Lutter, Franz Stefan och Giljum, Stefan. Research group "Sustainable Resource Use", Vienna
University of Economics and Business. stephan.lutter@wu.ac.at, stefan.giljum@wu.ac.at
2017-11-21

Schoenaker, Niels. Statistical Researcher Environmental Accounts, Statistics Netherlands.
n.schoenaker@cbs.nl. 2017-10-13

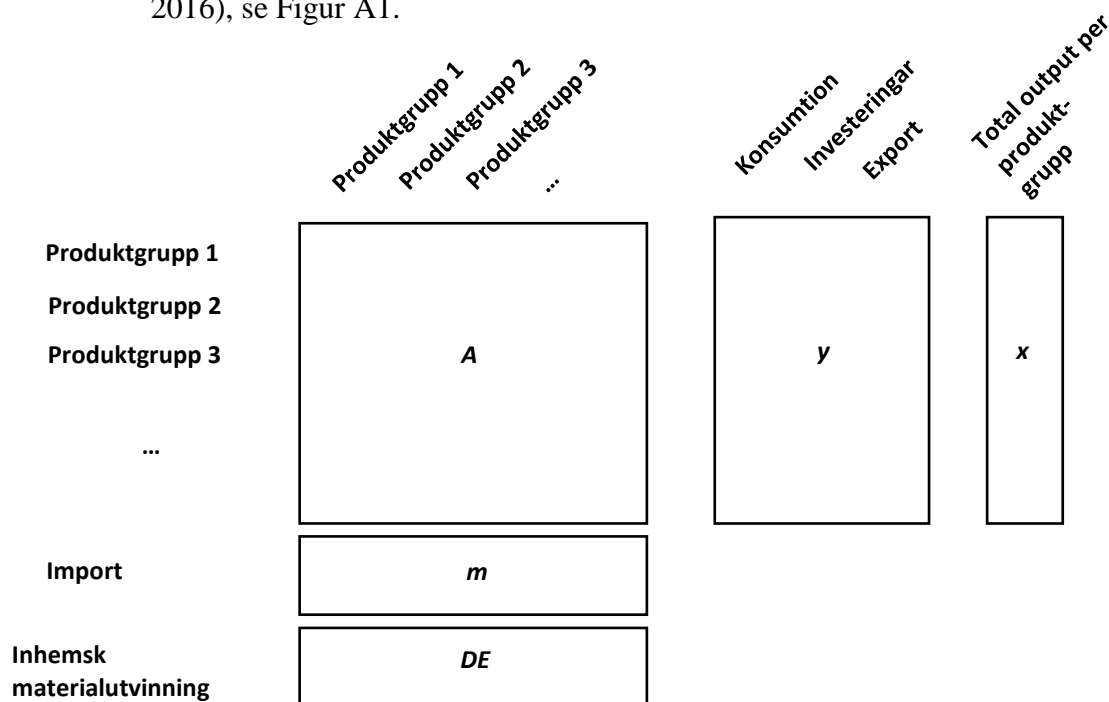
Schoer, Karl. Researcher at SSG Wiesbaden, former Head of Department Environmental-
Economic Accounting, FSO Germany. karl@schoer.net 2017-12-21

Östman, Karin. Rådgivare i miljöfrågor, Jernkontoret. karin.ostman@jernkonteret.se. 2017-
11-01

Appendix A: Input-output analys för beräkning av RMC

Input-output (IO) analys är ett ekonomiskt verktyg som beskriver flödet av produkter från en ekonomisk bransch till andra branscher, inklusive sig självt, i en region eller i ett land. (Eurostat, 2016). Varje bransch antas producera en homogen produktgrupp, t.ex. spannmål. Man antar då att alla spannmål produceras på samma sätt och kräver lika mycket insatsvaror från andra branscher. IO-tabellen är ofta symmetrisk och på formen av produktgrupp \times produktgrupp (bransch gånger bransch) (SCB, 2014).

Raderna i IO-tabellen visar output, alltså var alla produkter som produceras från varje produktgrupp används: antingen som insatsvaror till andra branscher eller slutlig användning genom konsumtion, investeringar eller export. Kolumnerna visar input, alltså totala mängden insatsvaror som varje produktgrupp kräver från andra produktgrupper, samt arbetskraft. IO-tabellen redovisar detta för en ekonomi under ett år och beskrivs inom nationalräkenskaperna i monetära enheter (Berglund, 2011). Det betyder att total output (vektor x i Figur 1) beskriver det totala ekonomiska värdet som varje enskild produktgrupp producerar under ett år. Likaså visar vektor y i Figur 1, slutlig användning, det totala ekonomiska värdet för varje enskild produktgrupp som används för slutlig användning. Slutlig användning är slutlig på det sätt att de produkter som köps inte används som insatsvaror till nästa produktionssteg. Matematiskt består en IO-tabell av en mängd linjära ekvationer som tillsammans bildar en matris (Eurostat, 2016), se Figur A1.



Figur A1. Schematisk skiss över en ekonomisk IO-tabell. Skiss bygger på Berglund (2011).

A-matrisen i Figur A1 kallas teknologimatrisen. Dess element är koefficienter som tillsammans beskriver det direkta värdet av insatsprodukter till industrin som krävs för att producera en enhet av total output. Det totala ekonomiska värdet (output) som en ekonomi producerar kan då beräknas enligt Eurostat (2016):

$$x = Ax + y \quad (A1)$$

Genom att lösa ut x ur ekvation (1) fås den så kallade Leontief inversen (L). I ekvation (A2) är identitetsmatrisen.

$$x = (I-A)^{-1} y \quad (A2)$$

$$L = (I-A)^{-1} \quad (A3)$$

Wassily Leontief fick nobelpriset i ekonomi för sin forskning om IO-analys, och han har även gett namn till just Leontief inversen som också är en matris bestående av koefficienter (Wikipedia, 2017). Till skillnad mot teknologimatrisen, vars koefficienter beskriver det direkta värdet av de insatsvaror som krävs för att tillverka en enhet av total output (x-vektorn), beskriver koefficienterna i Leontief inversen värdet på insatsvaror, både direkt och indirekt, i relation till slutlig användning (y-vektorn) (Eurostat, 2016).

Genom miljöexpanderad input-output analys (EE-IOA) kan olika miljöeffekter av vår konsumtion beräknas, däribland materialanvändning. IO-tabellen kan expanderas med vektorn (DE) som innehåller information om mängden råmaterial en ekonomi utvinner per bransch/produktgrupp. Genom att dividera DE-vektorn med total output (x) fås en intensitetsmatris (F).

$$F = DE \text{ diagonal}(x)^{-1} \quad (A4)$$

Elementen F beskriver mängden råmaterialekvivalenter (RME) som varje produktgrupp direkt behöver för att producera en enhet av respektive produktgrupps totala output (Eurostat, 2016b).

För att beräkna hur mycket råmaterial som varje produktgrupp kräver både direkt och indirekt multipliceras F med Leontief inversen (L).

$$FL = F (I-A)^{-1} \quad (A5)$$

Eftersom målet är att beräkna totala RME relaterat till slutlig användning kan FL-matrisen multipliceras med IO-tabellens y-vektor. För att beräkna total RME för export multipliceras den delen av slutlig användning (y_e) med FL-matrisen.

$$EXP = FL y_e \quad (A6)$$

Under antagandet att alla importvaror produceras med samma teknologi som i det egna landet (DTA) kan den totala mängden RME beräknas på liknande sätt för importen. Vektorn IMP beskriver den totala mängden RME som importerats och (m) är en vektor som beskriver importprodukter i monetära enheter.

$$IMP = FL m \quad (A7)$$

Genom att använda export- och importvektorerna i enheten RME och matrisen DE som också har enheten RME kan den totala konsumtionen av material för en ekonomi beräknas (RMC), oavsett om produkterna som konsumeras har tillverkats i det egna landet eller utomlands (Eurostat, 2016).

$$RMC = DE + IMP - EXP \quad (A8)$$

Summan av DE och IMP blir den totala summan av insatsvaror (input) till ekonomin och beskrivs av indikatorn "Raw Material Input" (RMI).

$$RMI = DE + IMP \quad (A9)$$

Tillämpning i Eurostats RME-modell och beräkning av RMC för hela EU

Eurostats RME-modell ser hela EU som en ekonomi och använder därför en enda IO-tabell för hela EU. Modellen beräknar RMC för hela EU enligt EE-IOA som är beskrivet ovan, men adderar LCA-information för metallimport för att minska felet som antagandet om samma produktionsteknologi (DTA) för med sig (Eurostat, 2016). Därav namnet "Anpassad DTA IO-modell", eller hybrid LCA-IO modell.

I ett första steg justeras modellen för importerade metallers materialryggsäck. Detta sker genom att utvidga teknologimatrisen A och inhemsk utvinning DE med kolumner och rader som innehåller information om kumulativt råmaterial-innehåll för metallmalmer och metaller (Eurostat, 2016).

I ett andra steg inkluderas återvinningsgrader för metaller, omvärdering av priset för importerade produkter till inhemska priser, samt specifik regional information för energimixen av elproduktion (Eurostat, 2016). Enligt Bouwmeester pers. (2017) som varit med och utvecklat modellen justeras det för metaller eftersom det inom EU är en begränsad metallproduktion, samt för energimixen eftersom mängden fossila bränslen som används för att producera el ser väldigt olika ut mellan länder.

Referenser

Berglund, M., 2011. *Green growth? A consumption perspective on Swedish environmental impact trends using input-output analysis*. Examensarbete inom civilingenjörsprogrammet i miljö och vattenteknik. ISSN 1401-5765.

Bouwmeester, Maaïke. Statistical officer, Eurostat. Maaïke.BOUWMEESTER@ec.europa.eu 2017-10-03

Eurostat, 2016. *Documentation of the EU RME model*.
<http://ec.europa.eu/eurostat/web/environment/methodology>

SCB, 2014. *Konsumtionens klimatpåverkan – en metodstudie av vikter*. Statistiska Centralbyrån, Stockholm.

Wikipedia, 2017. *Input-output model*.
https://en.wikipedia.org/wiki/Input%E2%80%93output_model#cite_note-ref-1 [Hämtad 2017-11-02]

Appendix B: RME-modell för beräkning av EU:s totala RMC, importerade produkters materialryggsäck, samt beräkning av RME-koefficienter.

RME-modellen har utvecklats sedan år 2009 av Eurostat och den senaste versionen är från år 2016 (Eurostat, 2017). Modellen ser hela EU som en ekonomi och konverterar flöden av produkter till flöden av RME för att beräkna årliga RME-baserade indikatorer som RMC. Den kan klassificeras som en ”hybrid LCA-IO modell”, och är baserad på Leontiefs IO-analys.

Metoder för att förbättra DTA

En blandning av metoder appliceras i modellen i syfte att förbättra kvalitén på uppskattningen av importerade produkters uppströms materialanvändning. Detta gör att modellen skiljer sig från klassisk IO-analys som bygger helt på antagandet om inhemsk produktionsteknologi (DTA) (Eurostat, 2016). De olika metoderna som appliceras i modellen presenteras i Tabell B1. För RMC-beräkningar inom IO-analys och Eurostats RME-modell, se Appendix A.

Tabell B1. Olika metoder som tillämpas i Eurostats RME-modell för att förbättra uppskattningen av import- och exportprodukters uppströms materialanvändning.

1	Högupplöst IO-tabell med 182 produktgrupper.
2	Fysiska enheter istället för monetära enheter för vissa utvalda produktergrupper.
3	Extern regional LCA-information för att uppskatta RME för metallimport.
4	Omvärdering av priset för importprodukter till inhemska priser.
5	Regional LCA-information för att uppskatta återvinningskvoter för indirekt metallimport.
6	Regional information för att uppskatta energimixen i direkt och indirekt import av elektricitet.

De olika metoderna som Eurostat använder för att förbättra kvalitén på estimeringen av importerade produkters materialryggsäck (Tabell B1) är här beskrivna.

Högupplöst IO-tabell

IO-tabellen som används i modellen bygger på Eurostats sedan tidigare framtagna IO-tabell som har en upplösning på 64 x 64 produktgrupper. Första steget i modellen är att utveckla denna IO-tabell från 64 x 64 till 182 x 182 produktgrupper. Produktgrupper/ekonomiska branscher väljs med hänsyn till att försöka täcka flödet av råmaterial och därför fokuserar produktgrupperna på att täcka utvinningen och förädlingen av råmaterial. Exempel på detta är produktgrupperna ”sädesslag” och ”massa, papper och kartong”. Totalt 51 olika råmaterial är inkluderade i IO-tabellen och varje råmaterial har en korresponderande produktgrupp (Eurostat, 2016).

Fysiska enheter för vissa utvalda produktergrupper

Den ursprungliga 64 x 64 IO-tabellen är baserad på monetära enheter. Vissa produktgrupper i den utvecklade 182 x 182 IO-tabellen anges istället i fysiska enheter. De produktgrupper som

beräknar RME med hjälp av fysiska enheter är: jordbruksgrödor, skogs- och fiskeprodukter, fossila bränslen och övriga gruv- och stenprodukter (Eurostat, 2016).

För produktgrupper/ekonomiska branscher som också är råmaterial består deras innehåll av RME nästan uteslutande från dess korresponderande råmaterial. Exempelvis råmaterialinnehållet i råolja som produkt bestäms till stor del av vikten på råmaterialet råolja. Därför antas att den fysiska vikten på importerade råmaterialprodukter representera deras innehåll av korresponderande råmaterial. Genom att använda fysiska enheter för råmaterialproduktgrupper minskar man osäkerheten i modellen som DTA för med sig (Eurostat, 2016).

Extern regional information för att uppskatta RME för metallimport

Metallproduktion ser väldigt olika ut i olika delar av världen och därför ansågs inte DTA vara ett gott antagande för import av metaller. Istället används LCA-information från databasen ”ifeu world metal model”. Modellen omvandlar metallimport från massa till RME genom att använda olika konverteringsfaktorer. Dessa faktorer tar sammantaget hänsyn till den totala mängden malm som bröts för att producera en slutlig metallprodukt (Eurostat, 2016).

Omvärdering av import till inhemska priser

Importerade produkter omvärderas till inhemskt pris. Detta tjänar två olika syften: (1) prissättningen av importprodukter blir den samma som för inhemsk produktion och (2) omvärdering av priset reflekterar endast skillnaden i massa. Exempelvis behöver inte en dyr importerad bil vara gjord av en större mängd material än en billig bil. Ofta reflekterar priset kvalitén och inte materialåtgången i en produkt (Eurostat, 2016).

Regional information för att uppskatta mängden återvunna metaller för indirekt metallimport

De importprodukter som innehåller olika metaller, men som tillhör någon metallproduktgrupp anses vara indirekt metallimport. EU har generellt en hög återvinningsgrad av metaller i sin produktion jämfört med många länder utanför EU, och därför justeras återvinningskvoten även för de indirekta importerna av metaller (Eurostat, 2016).

Regional information för att uppskatta energimixen i direkt och indirekt import av elektricitet

Elektricitet finns inkluderat i nästan alla produkter, men energimixen för att producera el kan se väldigt olika ut mellan länder. Exempelvis mängden fossilt bränsle som används för att producera en enhet av elektricitet är större i länder med mindre andel förnyelsebara elkällor. För att kompensera för detta justeras både direkt och indirekt import av elektricitet genom att ta hänsyn till energimixen (Eurostat, 2016).

Beräkning av RME-koefficienter

RME-koefficienterna, som används i RME-verktyget, är framtagna från RME-modellen. I RME-modellen beräknas export- och importmatriser i enhet ton RME, vilka beskriver kumulativa mängden råmaterialekvivalenter för varje produktgrupp. Dessa matriser divideras med de ursprungliga totala export- och importmatriserna för hela EU, vilka beskrivs i enheterna ton och euro. RME-koefficienterna beskriver då den kumulativa mängden råmaterial som krävs i ton RME, för att producera en enhet av en produktgrupp. Totalt innehåller verktyget 51 olika råmaterial och 182 olika produktgrupper. Varje produktgrupp har alltså 51 RME-koefficienter för att täcka uppströms RME för alla 51 råmaterial. RME-koefficienterna kan skilja sig beroende på om produkter importeras eller exporteras. Detta eftersom modellen adderar LCA-information för vissa utvalda importprodukter som metaller och elektricitet (Eurostat, 2016).

Referenser

Eurostat, 2016. *Documentation of the EU RME model.*

<http://ec.europa.eu/eurostat/web/environment/methodology>

Eurostat, 2017. *Project: Estimates for Raw Material Consumption (RMC) and Raw Material Equivalents (RME) conversion factors.*

<http://ec.europa.eu/eurostat/web/environment/methodology>

Appendix C: Ytterligare resultat från RME-verktyget för Sverige

Här presenteras resultat från RME-verktyget för Sveriges största produktgrupper för import och export i enheten ton RME (tabell 4 och 4). I tabell 6 redovisas de år som saknar nationell data för Sverige.

Tabell C1. Sveriges sex största materialgrupper för export åren 2008 till 2015, medel i storlek och medel i procent av total export

Export Material	2015 [1000 ton RME]	2015 [procent]
Järnmalm	53 982	25 %
Råolja, kondenserad och flytande naturgas	31 345	14 %
Koppar	19 122	9 %
Sand och grus	22 579	10 %
Timmer	9 164	4 %
Antracit (hårt kol)	6 428	3 %

Tabell C2. Sveriges sex största materialgrupper för import åren 2008 till 2015, medel i storlek och medel i procent av total import

Import Material	2015 [1000 ton RME]	2015 [procent]
Råolja, kondenserad och flytande naturgas	44 401	21 %
Koppar	21 639	10 %
Sand och grus	21 960	10 %
Antracit (hårt kol)	14 413	7 %
Järnmalm	11 405	5 %
Timmer	10 369	5 %

Tabell C3. Redovisning av år som saknar indata för Sverige till RME-verktyget

Indata	Beskrivning	Tillgängliga år
Comext	Utrikeshandelsstatistik, 182 produktgrupper	2008 -2015
IMP	Import, nationalräkenskaperna, 64 produktgrupper	2010 - 2014
EXP	Export, nationalräkenskaperna, 64 produktgrupper	2010
Energi	Energibalans för import & export, energiprodukter	2008 - 2015

Appendix D: Felkällor och hantering av dessa i beräkningarna av Sveriges RMC med Eurostats RME-verktyg

De felkällor och metoder som tillämpas idag för att minska påverkan från dessa felkällor som presenteras i Tabell D1 är slutsatser som kommit fram under arbetet med RME-verktyget. Felkällorna och metoderna har identifierats efter att ha arbetat i det Excelbaserade RME-verktyget, läst RME-verktygets handbok och modelldokumentation som finns om RME-modellen (Eurostat, 2016). De är även ett resultat från mailkontakten med Niels Schoenaker vid Statistics Netherlands (löpande kontakt under hösten 2017), samt från mailkontakt med Karl Schoer (2017/12/21) som utvecklat RME-modellen och RME-verktyget för Eurostat. De förslag på metoder för att minska påverkan från felkällor som anges i kolumn tre i Tabell D1 är författarens egna rekommendationer som skulle kunna ge mer tillförlitliga resultat.

Tabell D1. Felkällor i beräkningar av Sveriges RMC med Eurostats RME-verktyg, samt lösningar idag och förslag till framtida lösningar.

Felkällor	Metoder för att minska påverkan från felkällor idag	Förslag på metoder för att minska påverkan från felkällor
RME-koefficienter för export och intra-EU import bygger på EU:s genomsnittliga produktionsteknologi.	Verktyget justerar export av metallproduktion med återvinningskvoter, samt energimixen i export av energiprodukter.	MRIO-metod med respektive EU-lands IO-tabell, samt en "resten av världen" kategori för icke EU-länder.
RME-koefficienter för extra-EU import bygger på anpassat antagande om lika produktionsteknologi (ADTA).	Se Appendix B för olika metoder som appliceras i Eurostats RME-modell för att minska osäkerhet med DTA.	Inget förslag.
Indata för import och export från nationalräkenskaperna saknas för Sverige för flera år.	Verktyget gör en automatisk interpolation genom samband med handelsstatistik från comext och år från nationalräkenskaperna där data är tillgänglig.	Sammanställ nationella indata för de år som saknas.
Re-export: Produkter som importeras och som sedan exporteras igen utan vidare förädling kan ha olika RME-koefficienter när produkten importeras och när den exporteras vilket leder till en obalans.	Ingen lösning idag.	Beräkna andelen av importen som är re-export och ta bort den delen från beräkningen av RMC.

Referenser

Eurostat, 2016. *Documentation of the EU RME model.*

<http://ec.europa.eu/eurostat/web/environment/methodology>

Schoenaker, Niels. Statistical Researcher Environmental Accounts, Statistics Netherlands.
n.schoenaker@cbs.nl. 2017-10-13

Schoer, Karl. Researcher at SSG Wiesbaden, former Head of Department Environmental-
Economic Accounting, FSO Germany. karl@schoer.net 2017-12-21