

LCI för petroleumprodukter som används i Sverige

Andreas Öman, Lisa Hallberg och Tomas Rydberg

B1965

April 2011

Rapporten godkänd
2011-05-16



John Munthe
Forskningschef

Organisation IVL Svenska Miljöinstitutet AB	Rapportsammanfattning
Adress Box 21060 100 31 Stockholm	Projekttitel
Telefonnr 08-598 563 00	Anslagsgivare för projektet: NTM (Nätverket för Transporter och Miljön), SIVL (Stiftelsen Institutet för Vatten och Luftvårdsforskning) och Vinnova (genom projektet Miljöanalysverktyg för godstransporter)
Rapportförfattare Andreas Öman, Lisa Hallberg och Tomas Rydberg	
Rapporttitel och undertitel LCI för petroleumprodukter som används i Sverige	
Nyckelord samt ev. anknytning till geografiskt område eller näringsgren LCA, LCI, Petroleumprodukter	
Bibliografiska uppgifter IVL Rapport B1965	
Rapporten beställs via Hemsida: www.ivl.se , e-post: publicationservice@ivl.se , fax 08-598 563 90, eller via IVL, Box 21060, 100 31 Stockholm	

Sammanfattning

Föreliggande rapport utgör slutdokumentationen i projektet ”LCI av petroleumprodukter som används i Sverige” som utförts på uppdrag av AG drivmedel vilket är en arbetsgrupp inom NTM¹.

Bakgrunden till uppdraget är att IVL Svenska Miljöinstitutet inlett ett uppdateringsarbete av den egenförfattade *Miljöfaktabok för bränslen* och där identifierat ett omfattande behov att ta fram uppdaterad LCI-data för bl.a. fossila bränslen. I många fall refererar nämligen *Miljöfaktabok för bränslen* till studier utförda för mer än 10 år sedan. De LCI-data för petroleumprodukter som redovisas i föreliggande rapport kommer att ingå i den uppdaterade versionen av *Miljöfaktabok för bränslen*.

Syftet med studien har varit att ur ett livscykelperspektiv ta fram primärenergianvändning och ett antal emissionsparametrar för produktion och distribution av bensin, diesel, eldningsolja 1 (EO1) och flygfotogen (Jet A1) som används i Sverige idag. Initialt var syftet med den studien att analysera bensin och diesel men i ett senare skede har även EO1 och Jet A1 kommit att innefattas.

Den funktionella enheten (FE) sätts i denna studie till *1 MJ petroleumprodukt*, vilket är densamma som används i *Miljöfaktabok för bränslen*. Resultatet av livscykelinventeringen (benämns i rapporten som LCI-profiler) presenteras i form av primärenergianvändning i MJ per MJ bränsle, uppdelat på icke förnybara och förnybara resurser samt ett antal emissionsparametrar i form av gram per MJ bränsle.

I enlighet med liknande studier redovisas LCI-profilerna både med och utan systemutvidgning. I denna studie innebär det att resultatet redovisas både med och utan den miljövinst (mindre utsläpp och resursanvändning) som antas uppkomma när spillvärme från oljeraffinaderiet ersätter svensk medelfjärrvärme. På detta sätt kan läsaren få en uppfattning om hur LCI-profilerna påverkas om det finns en faktisk avsättning för biprodukten som processen ger upphov till. Systemutvidgning är dock förknippat med osäkerheter eftersom det inte alltid på förhand går att förutse vad en biprodukt kan komma att ersätta. Till miljöfaktaboken används enbart LCI-data utan systemutvidgning.

Raffineringsprocessen bidrar till nära hälften av uppkomna emissioner från vaggan till grind. För att få ett så rättvisande resultat som möjligt har intentionen varit att ta fram data som ett genomsnitt av de raffinaderier som försörjer den svenska marknaden med respektive bränsle. Tyvärr har data endast erhållits från tre av dessa raffinaderier vilket ger ett mindre representativt medelvärde för svenska förhållanden än om medelvärdet hade baserats på alla raffinaderier. Resultatet för bensin och diesel bedöms ändå ha god precision då indata från två svenska och ett utländskt raffinaderi ligger till grund för det använda medelvärdet. Jämför man denna studies resultat med data i andra tillgängliga databaser (exempelvis Gabi Professionell och EcoInvent) ser man att dessa data (som ofta representerar andra europeiska länder eller europeiskt genomsnitt) motsvarar en högre miljöbelastning (i form av exempelvis koldioxidutsläpp). Vill man använda data som representerar den svenska marknaden så bör alltså resultaten i denna studie vara mer representativa än data från dessa europeiska databaser.

Det faktum att eldningsolja 1 (EO1) och flygfotogen (Jet A1) inkluderades senare i studiens genomförande har inneburit att de har något lägre representativitet för svenska förhållanden än

¹ NTM står för Nätverket för Transporter och Miljön och är ideell förening som initierades att skapa 1993 för en gemensam värdegrund för hur miljöprestanda för olika transportmedel ska beräknas.

motsvarande LCI-profiler för bensin och diesel. T.ex. har ingen identifiering gjorts av vilka raffinaderier som förser den svenska marknaden företagsvis såsom utförts för bensin och diesel. Istället har LCI-profilerna för EO1 och Jet A1 begränsats till de raffinaderier som förser den svenska marknaden med bensin och diesel. Detta trots att de inte nödvändigtvis representerar alla raffinaderier, eller ens några, av de raffinaderier som levererar EO1 och Jet A1 till den svenska marknaden. Ett raffinaderi levererar nämligen inte bara, alternativt inte alls, de produkter de tillverkar till landet där de bedriver verksamhet. Därmed kan vi inte heller med säkerhet säga att exempelvis Jet A1 som producerats vid de raffinaderier vi identifierat faktiskt går till den svenska marknaden. Trots detta bedöms resultatet för EO1 och Jet A1 vara en god approximation för produktionen av dessa produkter då det finns andra inbyggda osäkerheter i resultatet som möjligen är av ännu större betydelse än ovan nämnda osäkerhet. Exempelvis har emissionerna från raffinaderierna allokerats på basis av produkternas energiinnehåll, vilket innebär att skillnader som de facto finns i raffineringsprocessen mellan produkterna helt förbises. Detta är en nödvändig förenkling inom LCA-metodikerna när resurser ej finns att kartlägga processer i detalj.

Transporten från raffinaderi till depå/kund har heller inte kunnat kartläggas på en detaljerad nivå. Istället antas EO1 och Jet A1 ha ett transportmönster motsvarande ett genomsnitt av transportmönstret för bensin och diesel. Antagandet omges av en viss osäkerhet eftersom den procentuella fördelningen av transportslag varierar beroende på vilken produkt som avses. Trots skillnader skulle denna parameter inverka marginellt på resultatet då den utgör en så liten del av den totala miljöbelastningen för hela livscykel.

En osäkerhet som berör alla LCI-profiler är att delar av kemikalieanvändningen till bränslena inte beaktas. Det rör sig då om olika tillsatskemikalier i själva produkten men också kemikalier i tillverkningsprocessen. Det är en kombination av omständigheter som lett till denna förenkling. Dataluckor är en stor del av förklaringen, dvs. de databaser som varit studiens utgångspunkt har inte innehållit nödvändig data. En annan del av förklaringen är att användningen av vissa typer av kemikalier är platsspecifika vilket har försvårat att generera jämförbara data mellan raffinaderierna.

Genom beräkningar har vi funnit att bortfallet av olika typer av tillsatser i tillverkningsprocessen av bränslena kan utgöra så mycket som ca 5 % av total råvarugenomströmning. Det är svårt att säga hur mycket detta inverkar på resultatet. Men sannolikt är dataluckorna dock inte av någon signifikant betydelse eftersom merparten av råmaterialet (ca 95 % råolja) faktiskt ingår studien. Data saknas också för drivmedelstationer men dessa bedöms vara av marginell betydelse då resursanvändning och emissioner inte bedöms vara omfattande.

Studiens resultat måste också ses i ett större perspektiv, nämligen som en del i bränslenas hela livscykel. I denna ingår det förutom produktion och distribution också förbränning av bränslet. Vad denna studie visat är att endast ca 6 % av emissioner i bränslenas livscykel härrör från produktion och distribution av bränslet. Med hänsyn tagen till dataluckor för flöden av kemikalier skulle den siffran kunna öka till uppskattningsvis ca 7-8 %. Oavsett detta utgör produktion och distributionen av respektive bränsle en mindre del av den totala miljöbelastningen i bränslenas livscykel.

Innehållsförteckning

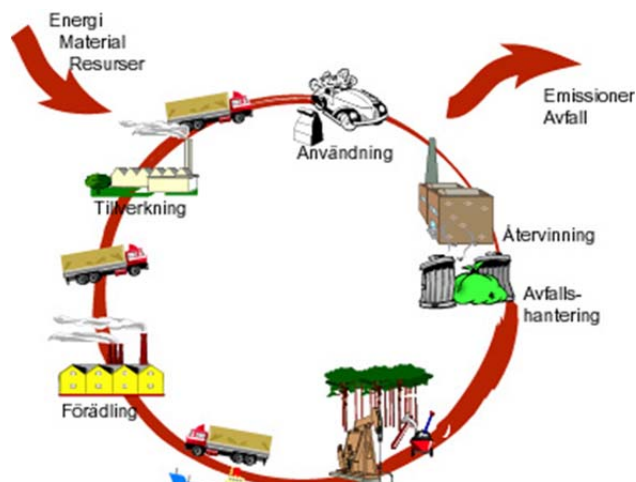
1	INTRODUKTION TILL LCA	1
1.1	INTRODUKTION	1
1.2	MÅL OCH OMFATTNING	2
1.3	INVENTERING	2
1.4	MILJÖPÅVERKANSBEDÖMNING	2
2	MÅL OCH OMFATTNING	3
2.1	INTRODUKTION	3
2.2	SYFTE	3
2.3	FUNKTIONELL ENHET	4
2.4	SYSTEMGRÄNSER	4
2.4.1	<i>Produktion av råmaterial.....</i>	<i>5</i>
2.4.2	<i>Raffineringsprocessen.....</i>	<i>5</i>
2.4.3	<i>Depå</i>	<i>6</i>
2.4.4	<i>Transport</i>	<i>6</i>
2.4.5	<i>Drivmedelstation (Mack).....</i>	<i>6</i>
2.4.6	<i>Användning.....</i>	<i>6</i>
2.4.7	<i>Geografiska avgränsningar</i>	<i>6</i>
2.4.8	<i>Tidsmässiga avgränsningar</i>	<i>7</i>
2.5	ALLOKERINGAR	7
2.5.1	<i>Raffinaderi</i>	<i>7</i>
2.6	MILJÖPÅVERKANSBEDÖMNING	7
3	INVENTERING	8
3.1	INVENTERINGSDATA FÖR INGÅENDE PROCESSER	8
3.1.1	<i>Utvinning av råolja</i>	<i>8</i>
3.1.2	<i>Transport av råolja till raffinaderi</i>	<i>9</i>
3.1.3	<i>Raffinaderi</i>	<i>9</i>
3.1.4	<i>Transport från raffinaderi till kund/depå</i>	<i>10</i>
3.1.5	<i>Lagring av petroleumprodukter i depåer/oljehamnar.....</i>	<i>11</i>
3.1.6	<i>Transport från depå till fastigheter, industrin, flyget samt till drivmedelsstationer</i>	<i>12</i>
3.2	ANVÄNDA LCI-DATA FÖR UPPSTRÖMS PROCESSER	12
4	RESULTAT OCH DISKUSSION	14
4.1	PRECISIONEN I LCI-PROFILERNA I FÖRHÅLLANDE TILL STUDIENS SYFTE	18
5	SLUTSATSER.....	19
6	REFERENSER	20

1 Introduktion till LCA

I följande kapitel beskrivs Livscykelanalys (LCA) i generella termer. Föreliggande studie är dock en LCI (Livscykelinventering) i vilken fasen ”Miljöpåverkansbedömning” (nedan) inte ingår. Livscykelanalysen i denna studie är vidare en s.k. ”Vagga-till-Grindanalys” – inte en ”Vagga-till-Gravanalys”.

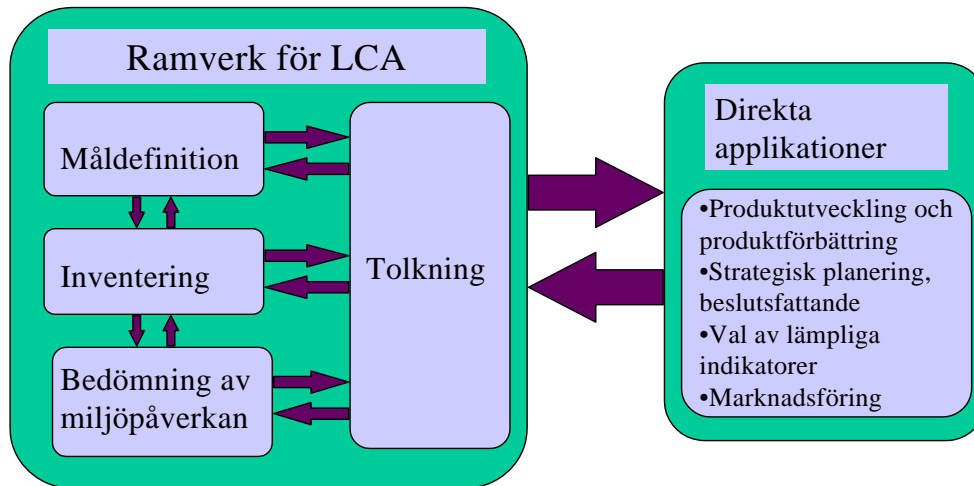
1.1 Introduktion

Livscykelanalys (LCA) är en sammanställning och utvärdering av inflöden och utflöden från ett produktsystem över hela dess livscykel liksom utvärdering av de potentiella miljöeffekterna hos ett produktsystem över hela dess livscykel (ISO 14040:1997). Med inflöden och utflöden avses användning av naturresurser respektive emissioner och avfall som är knutna till systemet. Livscykeln består av ett produktsystems alla stadier från och med uttag av naturresurser till och med slutligt omhändertagande och kvittblivning av avfall, se **Figur 1**. Livscykelanalysen i denna studie är som nämndes ovan endast en så kallad ”Vagga-till-Grindanalys”. Det innebär att användning och avfallshantering (det senare ändå ej relevant för petroleumprodukter) inte ingår i analysen.



Figur 1. Förenklad illustration av en produkts livscykel

En livscykelanalys består av fyra faser; definition av målsättning och omfattning, inventeringsanalys, miljöpåverkansbedömning och tolkning av resultaten (ISO 14040:1997), se Figur 2.



Figur 2. LCA-studiens faser (Figur 1 i ISO 14040:1997).

1.2 Mål och omfattning

I första fasen beskrivs målsättningen med LCA. Målsättningen skall entydigt beskriva den avsedda tillämpningen, skälen till att utföra studien samt den tilltänkta mottagaren, dvs till vem resultaten av studien avses att förmedlas. Vidare definieras LCAs omfattning i första fasen. Här ingår att beskriva det produktsystem som studeras, funktionerna hos de studerade produktsystemen, den funktionella enheten (som utgör basen för de fortsatta beräkningarna), systemgränserna, eventuella allokeringar (fördelningar), metodiken för miljöpåverkansbedömning (inkluderas inte i denna studie) samt efterföljande tolkning, datakrav, antaganden, begränsningar, krav på datakvalitet, typ av kritisk granskning om detta tillämpas etc.

1.3 Inventering

Inventeringsanalysen innefattar datainsamling och beräkningar för att kvantifiera relevanta inflöden och utflöden till ett produktsystem över hela dess livscykel. En inventeringsanalys genomförs iterativt. När de delar av livscykeln som ger störst potentiell miljöpåverkan är identifierade, kan eventuellt vissa delar av inventeringen behövs förfinas. Ibland uppmärksammas uppgifter och information som kräver en förändring av själva målsättningen med eller omfattningen av studien.

1.4 Miljöpåverkansbedömning

I miljöpåverkansbedömningen (som alltså inte ingår i den här studien) utvärderas betydelsen av de miljöeffekter som produktsystemet potentiellt bidrar till.

2 Mål och omfattning

2.1 Introduktion

Föreliggande rapport utgör slutdokumentationen i projektet ”LCI av petroleumprodukter som används i Sverige” som utförts på uppdrag av AG drivmedel vilket är en arbetsgrupp inom NTM².

Bakgrunden till uppdraget är att IVL Svenska Miljöinstitutet inlett ett uppdateringsarbete av den egenförfattade *Miljöfaktabok för bränslen* och där identifierat ett omfattande behov att ta fram uppdaterad LCI-data för bl.a. fossila bränslen. I många fall refererar nämligen *Miljöfaktabok för bränslen* till studier utförda för mer än 10 år sedan. Under denna tid har mycket hänt inom energiområdet – nya bränslen har tillkommit, ny produktions- och förbränningsteknik har tagits i bruk och metodiken kring livscykelstudier har utvecklats. Det finns andra publikationer och databaser som beskriver miljödata för olika bränsleslag, men de baseras vanligen på internationella data eller är specifika för vissa energislag. *Miljöfaktabok för bränslen* presenterar livscykeldata utifrån specifikt svenska förhållanden för de i dagsläget vanligast förekommande bränslena i en och samma publikation vilket underlättar för användaren. De LCI-data för petroleumprodukter som redovisas föreliggande rapport kommer att ingå i den uppdaterade versionen av Miljöfaktaboken.

Petroleumprodukter omfattar bränslen med kolväten som huvudsakliga beståndsdelar som t.ex. olja, diesel och bensin. Olja är ett fossilt bränsle som liksom naturgas och fasta fossila bränslen som kol, bildats ur organiskt material som avlagrats på botten av sjöar och hav. Avlagringarna har täckts med lera och under årmiljoner har dessa, under högt tryck och temperatur, omvandlats till kolväten.

För att få fram olika petroleumprodukter ur råoljan behöver den raffineras. Det innebär att råoljan hettas upp så att de olika produkterna kan separeras från varandra. Raffinering är möjlig eftersom varje bränsle har en bestämd kokpunkt. Vid den för varje produkts specifika temperatur övergår den från flytande form till gas eller kondenseras från gas till vätska. På det sättet kan varje typ av petroleumprodukt särskiljas.

Enligt statistik från Svenska Petroleum Institutet (SPI) levererade de stora oljebolagen under 2009 4 842 000 m³ bensin, 4 764 929 m³ diesel, 929 000 m³ EO1, 1 025 000 m³ övriga eldningsoljor samt 1 108 000 m³ övriga produkter till den svenska marknaden (SPI (2) 2010).

2.2 Syfte

Syftet med studien har varit att ur ett livscykelperspektiv ta fram inventeringsdata (benämns i rapporten som LCI-profil) för produktion och distribution av bensin, diesel, eldningsolja (EO1) och flygfotogen (Jet A1) som används i Sverige idag. Initialt var syftet med den studien att analysera bensin och diesel men i ett senare skede har även EO1 och Jet A1 kommit att innefattas. I kap 2.2.1 nedan återfinns mer information hur detta påverkar LCI-profilerna för EO1 respektive Jet A1.

² NTM står för Nätverket för Transporter och Miljön och är ideell förening som initierades 1993 för att skapa en gemensam värdegrund för hur miljöprestanda för olika transportmedel ska beräknas.

2.2.1 Innebörd av att studien ökat i omfattning

Det faktum att EO1 och Jet A1 inkluderades senare i studiens genomförande har inneburit att de har något lägre representativitet för svenska förhållanden än motsvarande LCI-profiler för bensin och diesel. T.ex. har ingen identifiering gjorts av vilka raffinaderier som förser den svenska marknaden företagits såsom utförts för bensin och diesel. Istället har LCI-profilerna för EO1 och Jet A1 begränsats till de raffinaderier som förser den svenska marknaden med bensin och diesel. Detta trots att de inte nödvändigtvis representerar alla raffinaderier, eller ens några, av de raffinaderier som levererar EO1 och Jet A1 till den svenska marknaden. Ett raffinaderi levererar nämligen inte bara, alternativt inte alls, de produkter de tillverkar till landet där de bedriver verksamhet. Därmed kan vi inte heller med säkerhet säga att exempelvis Jet A1 som producerats vid de raffinaderier vi identifierat faktiskt går till den svenska marknaden. Trots detta bedöms resultatet för EO1 och Jet A1 vara en god approximation för produktionen av dessa produkter då det finns andra inbyggda osäkerheter i resultatet som möjligen är av ännu större betydelse än ovan nämnda osäkerhet. Exempelvis har emissionerna från raffinaderierna allokerats på basis av produkternas energiinnehåll, vilket innebär att skillnader som de facto finns i raffineringsprocessen mellan produkterna helt förbises. Detta är en nödvändig förenkling inom LCA-metodik när resurser ej finns att kartlägga processer i detalj.

Transporten från raffinaderi till depå/kund har heller inte kunnat kartläggas på en detaljerad nivå. Istället antas EO1 och Jet A1 ha ett transportmönster motsvarande ett genomsnitt av transportmönstret för bensin och diesel. Antagandet omges av en viss osäkerhet eftersom den procentuella fördelningen av transportslag varierar beroende på vilken produkt som avses. Trots skillnader skulle denna parameter inverka marginellt på resultatet då den utgör en så liten del av den totala miljöbelastningen för hela livscykeln.

2.3 Funktionell enhet

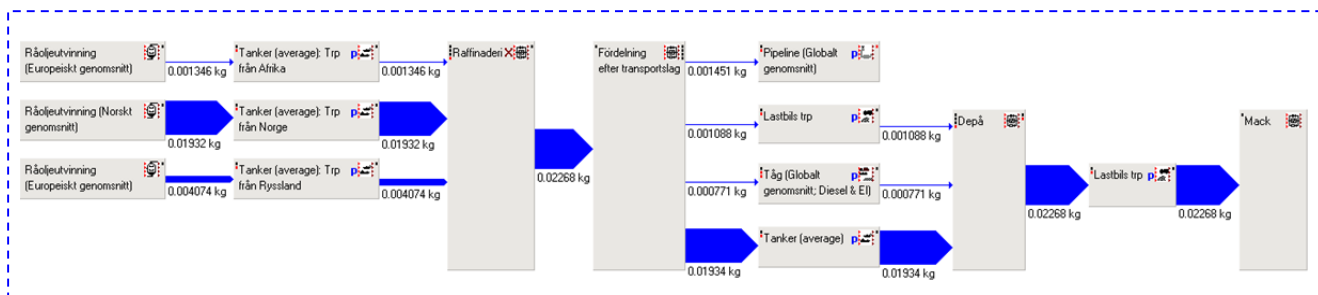
Den funktionella enheten (FE) sätts i denna studie till *1 MJ petroleumprodukt*, vilket är densamma som används i *Miljöfaktabok för bränslen*. Resultatet av livscykelinventeringen (LCI-profilerna) presenteras i form av primärenergianvändning i MJ per MJ bränsle, uppdelat på icke förnybara och förnybara resurser samt ett antal emissionsparametrar i form av gram per MJ bränsle.

2.4 Systemgränser

I flödesschemat (Figur 3) framgår de studerade systemens ingående processer. Detta ”huvudsystem” är detsamma för alla de fyra studerade petroleumprodukterna (bensin, diesel, EO1 & Jet A1), men flödenas storlek varierar förstas beroende på vilken produkt som avses.

För att göra flödesschemat tydligt så har följande uppströms processer inte illustrerats:

- Produktionen av de bränslen och den elektricitet som används i transporterna: Tankfartygen körs på bunkerolja, Lastbiltransporterna körs på diesel, Tågtransporten utgörs av ett genomsnitt av både el & dieseltåg. För Piplinetransporten används elektricitet.
- Produktionen av den elektricitet som används i raffinaderiet samt i Depån.
- Drivmedelsstationerna (Mackarna) har inte inkluderats, men finns med i flödesschemat.



Figur 3. Flödesschema över det studerade systemet.

Exemplet (i **Figur 3**) ovan motsvarar livscykeln för diesel. Man kan se att referensflödet är 0,023 kg vilket motsvarar 1 MJ av just diesel.

Tillverkning av byggnader, maskinparker, fordon som används i olika steg i petroleumprodukternas livscykel inkluderas ej. I livscykelanalyser är det vanligt att exkludera detta eftersom tid- och resursåtgången för att utföra studien skulle öka betydligt. Normalt tas underhåll av kapitalvaror med i analysen men avsaknad av data gör att det inte ingår i denna studie.

I enlighet med liknande studier redovisas LCI-profilerna både med och utan systemutvidgning. I denna studie innebär det att resultatet redovisas både med och utan den miljövinst (mindre utsläpp och resursanvändning) som antas uppkomma när spillvärme från oljeraffinaderiet ersätter svensk medelfjärrvärme. På detta sätt kan läsaren få en uppfattning om hur LCI-profilerna påverkas om det finns en faktisk avsättning för biprodukten som processen ger upphov till. Systemutvidgning är dock förknippat med osäkerheter eftersom det inte alltid på förhand går att förutse vad en biprodukt kan komma att ersätta. Till miljöfaktaboken används enbart LCI-data utan systemutvidgning.

Emissionsparametrar som redovisas i studien motsvarar de som redovisas i *Miljöfaktabok för bränslen*. Således är de inte representativa för alla emissioner som förekommer i produkternas livscykel.

2.4.1 Produktion av råmaterial

Livscykeln för petroleumprodukten börjar med utvinningen av råolja. I framställning av petroleumprodukter används också mindre mängder processkemikalier samt olika tillsatser av additiv (olika för olika produkter). Varje processkemikalie/tillsats har i sin tur en egen livscykel i vilken det ingår utvinning av råmaterial men även olika förädlingssteg. I de LCI-profiler som tas fram i detta projekt inkluderas enbart utvinning av råolja. Detta innebär att ca 94% av det totala råmaterialinflödet för att tillverka petroleumprodukter beaktas. Otillräckligt dataunderlag ligger till grund för denna avgränsning.

2.4.2 Raffineringsprocessen

I nästa steg (raffineringsprocessen) separeras olika produkter ur råoljan eftersom varje produkt har en bestämd kokpunkt. Bland de lättare kolväteföreningarna som framställs återfinns bland annat bensin och flygbränsle medan de något tyngre varianterna utgörs av exempelvis diesel och eldningsolja (SPI (1) 2010).

2.4.3 Depå

En oljedepå fungerar både som lagringsplats av petroleumprodukter och som utlastningsplats för tankbilar. Det finns cirka 40 depåer i Sverige.

Vid depå uppstår utsläpp som till största delen består av flyktiga kolväten (VOC). Denna emission har inkluderats i modelleringen, dock bara för bensin. Anledningen är att flygbränslets, eldningsoljans och dieseln betydligt lägre ångtryck gör att avgången till luft blir betydligt lägre än vid bensinhantering trots att de hanterade volymerna kan vara betydligt större. I dagsläget är också metoder som finns för beräkningar av VOC-utsläpp anpassade till bensinhantering (se CONCAWE rapport 85/54). Metodernas anpassning till bensinhantering anges också som ett problem för att matematiskt kvantifiera utsläpp för andra petroleumprodukter (Länsstyrelsen 2005).

Elanvändningen vid depåerna har inkluderats, baserad på uppgifter i några av depåernas miljörapporter.

2.4.4 Transport

Det krävs en omfattande transportinfrastruktur för att få produktionen av petroleumprodukter att fungera. Först och främst för att råoljan ofta utvinns långt ifrån marknaden där petroleumprodukter används. Rörledningar, så kallade pipelines, och stora tankfartyg används för att transportera råoljan till raffinaderiet. Från raffinaderierna förekommer direktleverans via pipelines till kund men vanligtvis så transporteras produkterna med fartyg, lastbil eller tåg till oljedepåer (SPI (2) 2010). Från oljedepåerna transporteras produkterna till drivmedelsstationer och övriga kunder med tankbil. Alla nämnda transportsteg inkluderas i studien.

2.4.5 Drivmedelstation (Mack)

Drivmedelstationer ingår inte i denna studie. Inga miljödata för mackar har hittats.

2.4.6 Användning

Användningsfasen, dvs. när petroleumprodukten i fråga förbränns, ingår inte i denna studie.

2.4.7 Geografiska avgränsningar

Råoljeutvinning sker på liknande sätt i världen och val av utvinningsmetod är självklart beroende av förutsättningarna i det land oljan utvinns. I denna studie är utgångspunkten att titta på hur råoljeförsörjningen ser ut för de nordiska raffinaderier som förser den svenska marknaden med petroleumprodukter. Raffineringsprocessen baseras också på ett urval av dessa raffinaderier.

Transport av råolja till raffinaderi samt transporten av färdiga produkter till depå efterliknar så långt det är möjligt den transportinfrastruktur som omger dessa raffinaderier. Transporten efter depå antas ske som det ser ut i Sverige idag, dvs. med tankbil.

2.4.8 Tidsmässiga avgränsningar

Så långt det är möjligt avser resultatet (för de utvalda petroleumprodukters miljöbelastning) i denna studie att vara representativt för år 2009.

2.5 Allokeringar

I industriella processer produceras ofta en rad olika produkter från ett enda råmaterial. Dessa produkters livscyklar är därigenom kopplade till varandra. I en LCA vill man däremot analysera en enskild produkt i sänder. För att kunna göra detta tillämpas ofta olika slags allokeringsprinciper. Med dessa principer kan miljöbelastningen för en produkttillverkningsprocess med olika funktioner hänföras till den studerade produkten. Detta är en nödvändig förenkling inom LCA-metodiken när resurser ej finns att kartlägga processer i detalj.

2.5.1 Raffinaderi

I oljeraffinaderier produceras en rad olika produkter från en enda råvara, råolja. I denna studie har valet av allokeringsprincip fallit på energiallokering. Fördelning av utsläpp från raffinaderiet sker då utifrån petroleumprodukternas energiinnehåll.

Prioriteringsordningen i ISO-14040 har fungerat som utgångspunkt vid valet av allokeringsmetod. I standarden prioriteras fysikaliska storheter (massa, energi) framför andra samband såsom pris för att beskriva in- och utflöden i ett produktsystem. Valet av energi framför massa motiveras med att den i många fall anses återspegla produktens nytta bättre än massan. Energiallokering har också angetts som standardallokeringsmetod i RES-direktivet³.

2.6 Miljöpåverkansbedömning

Ingår inte i den här studien.

³ EU-direktiv om förnybar energi för att öka användningen av förnybar energi

3 Inventering

3.1 Inventeringsdata för ingående processer

3.1.1 Utvinning av råolja

Data- och informationsinsamlingen inleddes med att identifiera vilka raffinaderier som förser den svenska marknaden med petroleumprodukter. Dessa raffinaderier har tillfrågats angående råolje användning, råoljans ursprung samt med vilket transportslag råoljan transporteras till raffinaderiet.

Det visade sig att tre svenska och tre utländska raffinaderier i olika utsträckning tillgodoser behovet av bensin och diesel i Sverige. För EO1 och JET A1 har motsvarande information inte samlats in (se kap.2).

Information om råolje användning och produktmix (som behövs för att beräkna total energimängd i produktstocken) var tillgänglig för tre av sex raffinaderier. Då alla dessa raffinaderier tillverkar bensin och diesel har råolje användningen (kg/MJ produkt) beräknats som ett genomsnitt av dessa. Endast två av dessa raffinaderier tillverkar EO1 och Jet A1 varför genomsnittet för dessa baseras på två raffinaderier.

Raffinaderier använder också energi för att driva processen, främst i form av bränn gas som härrör från råoljan (CONCAWE 2008). Beräkningar baserade på insamlad data har visat att de tre raffinaderierna i genomsnitt använder ca 5,6 % av total råoljeinput som processenergi.

Tabell 1 Användning av råolja (kg) per MJ petroleumprodukt. Den råolja (ca 5,6 %) som antas användas som processenergi är inkluderad.

Produkt	Bensin	Diesel	EO1	Jet A1
Antal raffinaderier som genomsnitt baseras på	3	3	2	2
kg råolja per MJ produkt	0,0243	0,0243	0,0247*	0,0247*

* Orsaken till att genomsnittsvärdet för råolje användningen (kg) per MJ bensin respektive diesel skiljer sig från det för EO1 och Jet A1 är att genomsnittsvärdena baseras på ett olika antal raffinaderier, var och en med en individuell miljöprestanda. Det har alltså inget med påvisade skillnader mellan produkterna i raffineringsprocessen att göra.

Mängden råolja per MJ produkt delades sedan in efter ursprung. Ursprungsmixen av råolja har först kartlagts per raffinaderi, alltså hur mycket råolja (m³) som kommer varifrån. Detta har sedan summerats som totala flöden per ursprung för alla raffinaderier.

Tabell 2 presenteras andel av råolja procentuellt per ursprung och petroleumprodukt. I studien antas ett transportmönster för EO1 och Jet A1 motsvarande ett genomsnitt för det som beräknats för bensin och diesel.

Tabell 2 Andel av råolja (%) per ursprung och petroleumprodukt.

Utvinningsland	Bensin	Diesel	EO1	Jet A1
Afrika	11	3	7	7
Norge	55	41	48	48
Ryssland	34	56	45	45
Total	100	100	100	100

De data som har använts för utvinning av råolja redovisas i avsnitt 3.2.

3.1.2 Transport av råolja till raffinaderi

För transport av råolja till raffinaderi antas fartyg på 100 kt användas (Miljöstyrningsrådet, 2009). Transportavstånd är beräknat med hjälp av en avståndskalkylator (World Shipping Register, 2010). Medelavståndet som antagits är ett genomsnitt av sträckan mellan respektive raffinaderi och ett givet ursprung. T.ex. så har Nigeria angetts som referenshamn i Afrika.

Tabell 3 Antaget transportavstånd och transportslag från utvinningsland. Referenshamn inom parentes.

Utvinningsland	Transportavstånd (medelvärde, km)
Afrika (Nigeria)	8706
Norge (Nordsjön)	857
Ryssland (St. Peterburg)	1537

De data som har använts för transporten av råolja redovisas i avsnitt 3.2.

3.1.3 Raffinaderi

Indata för raffinaderier har bestått i ett urval av emissionsparametrar⁴, elanvändning samt spillvärme till fjärrvärme som allokerats efter produkternas energiinnehåll. Uppgifterna har inhämtas från samma raffinaderier som vi inhämtat informationen om råoljeutvinningen från.

Då alla raffinaderier (nr 2, 3 och 4) tillverkar bensin och diesel har emissionsdata till modelleringen beräknats som ett genomsnitt av dessa. I redovisade emissioner ingår också förbränningen av hjälpenergi (dvs. den del av råvaruinputen som används som bränsle i raffinaderiprocessen). Baserat på data från raffinaderierna har det visat sig att de i genomsnitt använder ca 5,3 % av total råoljeinput som processenergi medan endast ca 0,3 % utgörs av elenergi.

Samma medelvärden har inte använt för EO1 och JET A1 eftersom endast två av raffinaderierna (raffinaderi 3 och 4) tillverkar dessa. Detta medelvärde ligger något högre ca 5,4 % av total råoljeinput används som hjälpenergi och 0,4 % utgörs av elenergi.

I raffinaderiet erhålls även en biprodukt i form av spillvärme som levereras till fjärrvärmenätet. Det studerade systemet har utvidgats till att även inkludera denna spillvärme. Detta innebär att systemet har krediterats den ”slupna” miljöpåverkan (miljövinsten) som levererad mängd spillvärme ger upphov till. Eftersom spillvärmen levereras till fjärrvärmenätet så har den antagits ”ersätta” svensk medelfjärrvärme.

Det bör påpekas att det inte finns någon vetenskap om huruvida utländska raffinaderier använder sin spillvärme på liknande sätt. Därmed skulle genomsnittlig spillvärmeleverans per MJ petroleumprodukt kunna vara något missvisande. Dess ringa omfattning gör dock att det inte kommer att kunna påverka resultatet i någon nämnvärd omfattning.

För att få ett bättre grepp om vilka indataparametrar som erhållits från de olika raffinaderierna så redovisas en översikt i **Tabell 4**. De beräknade genomsnitten (för t.ex. CO₂ etc.) baseras alltså på olika antal indataparametrar då alla raffinaderier inte angett alla parametrar.

⁴ Som definierats i MFB-projektet

Tabell 4 Översikt av vilka raffinaderiers indata som ligger till grund för de genomsnittsvärden som beräknats i modelleringen.

Raffinaderi (Referensår: 2009)	Raffinader i 1	Raffinader i 2	Raffinader i 3	Raffinader i 4	Raffinader i 5	Raffinader i 6
Resurs						
Elenergi	i.u.	x	x	x	i.u.	i.u.
LTÅ (spillvärme till fjärrvärme)	i.u.	x	x	i.u.	i.u.	i.u.
Emissioner till luft						
Koldioxid (CO ₂)	i.u.	x	x	x	i.u.	i.u.
Metan (CH ₄)	i.u.	i.u.	x	i.u.	i.u.	i.u.
Dikväveoxid (N ₂ O)	i.u.	i.u.	x	i.u.	i.u.	i.u.
Koloxid (CO)	i.u.	i.u.	i.u.	i.u.	i.u.	i.u.
Kväveoxider (NO _x)	i.u.	x	x	x	i.u.	i.u.
Svaveldioxid (SO ₂)	i.u.	x	x	x	i.u.	i.u.
NMVOG	i.u.	x	x	x	i.u.	i.u.
Partiklar (PM)	i.u.	x	x	i.u.	i.u.	i.u.
Ammoniak (NH ₃)	i.u.	i.u.	x	i.u.	i.u.	i.u.
Emissioner till vatten						
Nitrat (NO ₃)	i.u.	i.u.	i.u.	i.u.	i.u.	i.u.
Ammoniak (NH ₃)	i.u.	i.u.	i.u.	i.u.	i.u.	i.u.
Ammonium (NH ₄)	i.u.	i.u.	i.u.	i.u.	i.u.	i.u.
Fosfater (PO ₄)	i.u.	i.u.	i.u.	i.u.	i.u.	i.u.

i.u. = ingen uppgift

De typer av emissioner som anges i tabellen är framtagna i MFB-projektet där ingen hänsyn tagits till vilka emissionsparametrar raffinaderierna redovisar i sina miljörapporter, därav saknas exempelvis data för emissioner till vatten. Även mellan raffinaderierna finns en variation av vilka emissionsparametrar som redovisas. Som framgår av **Tabell 4** innebär det att vissa parametrar (se Metan och Dikväveoxid) baseras helt på ett enskilt raffinaderi vilket i jämförelse med genomsnittsvärden blir något missvisande.

För raffinaderierna har också elanvändning per MJ medelprodukt beräknats. De data som har använts för produktion av svensk genomsnittsel och produktion av svensk medelfjärrvärme redovisas i avsnitt **3.2**.

3.1.4 Transport från raffinaderi till kund/depå

Transportdata har också inhämtats från raffinaderi 2, 3 och 4. De har kunnat uppge procentuell fördelning av transportslag för de flöden av bensin respektive diesel som transporteras till kund/depå. För utländska raffinaderier antas att alla petroleumprodukter ankommer depåer med fartyg. Detta anses rimligt med hänsyn till deras lokalisering. De årliga produktflödena av bensin och diesel som tagits fram har sedan fördelats efter detta transportmönster och summerats som procentuella andelar av totala flöden per petroleumprodukt som transporteras med ett givet transportslag.

EO1 och Jet A1 antas ha ett transportmönster motsvarande ett genomsnitt av bensinen och dieseln transportmönster. Antagandet omges av en viss osäkerhet eftersom den procentuella fördelningen mellan olika transportslag med stor sannolikhet ser olika ut för dessa produkter. I **Tabell 5** presenteras den procentuella fördelningen per transporterad produkt och transportslag (kg/MJ petroleumprodukt).

Tabell 5 Andelar av totala produktflöden per petroleumprodukt som transporteras med ett givet transportslag.

Transportslag	Bensin (%)	Diesel (%)	EO1 (%)	Jet A1 (%)
Fartyg	88,7	82,0	85,3	85,3
Lastbil	4,3	5,3	4,8	4,8
Järnväg	2,5	4,3	3,4	3,4
Pipeline*	4,5	8,4	6,4	6,4

* Mängder petroleumprodukt som går direkt till kund.

Ett medelavstånd har beräknats för varje raffinaderi baserat på det kortaste och längsta avståndet till en svensk depå. Medelavstånd har beräknats per transportslag och slagits ut som ett genomsnittligt medelavstånd (baserat på alla raffinaderier) per transportslag. Därmed antas att alla raffinaderier levererar till alla depåer. Detta antagande bedöms kunna överskatta emissioner som uppkommer i transporten eftersom vi vet att bolagen eftersträvar effektiv transport, endera av prisskäl eller för att täcka specifika produktbehov. I **Tabell 6** redovisas ytterligare indata som använts för att modellera transport av petroleumprodukter från raffinaderi till depå.

Tabell 6 Medeltransportavstånd uppdelat på transportslag samt den typ av drivmedel som används för varje transportslag.

Transportslag	Transportavstånd (km)
Fartyg	713
Tankbil	400
Tåg	400
Pipeline	10

För tankbil och tåg är det också viktigt att beakta lastgraden. Ju högre densitet produkten har desto högre lastgrad uppnås vilket i sin tur leder till minskade utsläpp per MJ produkt. En 100-procentig lastgrad uppnås om tankbilens maximala lastvikt uppnås innan tankbilen är volymmässigt full. Detta är fallet för diesel, EO1 & Jet A1 då dessa produkter har en tillräckligt hög densitet för att transporten skall bli ”viktbegränsad”. Lägg därtill att tankbilen/tågtankvagnen går tom tillbaka till depå så minskar lastgraden med ytterligare 50 procent.

$$\text{Antagen lastgrad} = \frac{(\text{Produktens densitet (t/m}^3\text{)} \times \text{fordonets maxlastvolym (m}^3\text{)})}{\text{Fordonets maxlastvikt}} \quad /2 \text{ (tom retur)}$$

Figur 4 Formel som använts för att beräkna lastgrad.

Nedan redovisas antagen lastgrad per transportslag och petroleumprodukt. Tankbil med släp antas ha en maxlast på ca 40 ton och rymma ca 55 m³ (Tankbilsbolaget 2010). Tågvagnen antas ha en maxlast på ca 65 ton och rymma ca 93 m³ (VTG 2010). Både tankbilen/tågvagnen antas gå tom tillbaka till depå.

Tabell 7 Antagen lastgrad per petroleumprodukt. Den låga lastgraden beror på att transporten antas gå tom tillbaka från depå.

(%)	Bensin	Diesel	EO1	Jet A1
Lastgrad för lastbil	48,1	50,0	50,0	50,0
Lastgrad per tågtankvagn	50,0	50,0	50,0	50,0

3.1.5 Lagring av petroleumprodukter i depåer/oljehamnar

Indata i modellen har bestått av kg VOC per MJ bensin. Depåerna uppger i många fall VOC per år per ton produkter medan vi har velat räkna fram ett genomsnittligt utsläppsvärde för bensin

specifikt. Men eftersom ansvariga för depåverksamheten använder CONCAWE-modellen (som bara kan hantera VOC från bensin) kan det också uteslutas att VOC-emissioner uppkommer från några andra petroleumprodukter än bensin. Därmed har genomsnittet kunna baseras på större antal depåers uppgivna utsläpp (2009).

Tabell 8 Medelvärde av svenska depåers VOC-emissioner per MJ petroleumprodukt.

	Bensin	Diesel	EO1	Jet A1
kg VOC per MJ petroleumprodukt	0,0027	-	-	-

Elanvändningen vid depåerna inkluderats för alla petroleumprodukterna. Dessa data fanns tillgängliga i några av depåernas miljörapporter. Elanvändningen beräknades till 0,00053 MJ per MJ petroleumprodukt vilket representerar ett medelvärde av tre svenska depåers elanvändning.

De data som har använts för produktion av svensk genomsnittsel redovisas i avsnitt 3.2.

3.1.6 Transport från depå till fastigheter, industrin, flyget samt till drivmedelsstationer

Transport från depå sker med lastbil oavsett typ av petroleumprodukt. Analogt med resonemanget i avsnitt ”3.1.4 Transport från raffinaderi till kund/depå” så erhålls en högre lastgrad ju högre densitet produkten har. Nedan redovisas antagen lastgrad per petroleumprodukt. Tankbil med släp antas ha en maxlast på 40 ton och rymma ca 55 m³ (Tankbilsbolaget 2010). Tankbilen antas gå tom tillbaks till depå.

Tabell 9 Antagen lastgrad per petroleumprodukt. Transporten antas gå tom tillbaka från depå.

(%)	Bensin	Diesel	EO1	Jet A1
Lastgrad för lastbil	48,1	50,0	50,0	50,0

I samråd med sakkunniga är medeltransportavståndet satt till 200 km. Det kan jämföras med EUCAR m.fl. (2007) som anger genomsnitt i Europa till 150 km. Detta antas vara rimligt då Sverige är mer glesbefolkat. De data som har använts för transporten från depå redovisas i avsnitt 3.2.

3.2 Använda LCI-data för uppströms processer

De flesta datamängder som har använts för uppströms processer (**Tabell 10**) är från *Professional database* som ingår i LCA-programvaran GaBi - nämns som Gabi DB nedan (PE International). Andra datakällor är den Schweiziska databasen EcoInvent (Ecoinvent Centre) samt International Energy Agency (IEA). De data som har använts för energiproduktion för den i delprocesserna använda energin presenteras i **Tabell 11**.

Tabell 10 Använda data för uppströms processer.

Delprocess	Specifikation	Datakälla	Datamängd	Kommentar
Utvinning av råolja	Utvinningsprocessen	Gabi DB	Crude oil mix (NO) respektive Crude oil mix (EU-25)	För Norsk olja användes landspecifika data, medan Afrikansk och Rysk olja har approximerats med ett Europeiskt genomsnitt.
Transport av råolja till raffinaderi	Transportdata	Gabi DB	Tanker (Global average, Ocean going)	Avser ett Globalt genomsnitt och en tankerfartygsstorlek på 155000 dwt ton.
Raffinaderi				

Elanvändning	Svensk genomsnittsel	IEA & EcoInvent	Se Tabell 11.	Se Tabell 11.
Kreditering av spillvärme	Svensk medelfjärrvärme	Svensk Fjärrvärme 2008, Miljöfaktaboken för bränslen, IVL, 2001 samt IEA & Ecoinvent.	Se Tabell 11.	Se Tabell 11.
Transport från raffinaderi till depå				
Tanker	Transportdata	Gabi DB	Tanker (Global average, 500-20 000 dwt, Coast)	Avser ett Globalt genomsnitt och en tankerfartygsstorlek på 500-20 000 dwt ton.
Tankbil ⁽¹⁾	Transportdata	Gabi DB	Truck (34-40 total capacity, 27 t payload capacity)	Lastbil (34-40 ton totalvikt, 27 tons maxlast, Euro 2)
Tåg	Transportdata	Gabi DB	Average Rail transport (Global average)	Avser ett Globalt genomsnitt och en mix av ett fiktivt tåg – både diesel och el.
Pipeline	Transportdata	Gabi DB	Pipeline (Global average)	Avser pipeline som drivs av pumpar som drivs av el.
Lagring av petroleumprodukter i depåer/oljehamnar				
Transport från depå ...				
Tankbil ⁽¹⁾	Transportdata	Gabi DB	Truck (34-40 total capacity, 27 t payload capacity)	

Tankbilen antas vidare ha följande körcykel:

- Andel motorvägskörning (genomsnittshastighet 82 km/h): 31 %
- Andel landsvägskörning (genomsnittshastighet 70 km/h) : 43 %
- Andel stadskörning (genomsnittshastighet 27 km/h): 26 %

Tabell 11 Använda data för energiproduktion.

Produktion av energi	Relevant för delprocess	Datakälla	Datamängd	Kommentar
Diesel	Lastbils-transporter	Gabi DB	Crude oil mix (NO) respektive Crude oil mix (EU-25)	För Norsk olja användes landsspecifika data, medan Afrikansk och Rysk olja har approximerats med ett Europeiskt genomsnitt.
Bunkerolja	Tankfartygs-transporter	Gabi DB	Tanker (Global average, Ocean going)	Avser ett Globalt genomsnitt och en tankerfartygsstorlek på 155000 dwt ton.
Svensk genomsnittsel	Raffinaderi & Depå	IEA & EcoInvent	SE (Sweden): Electricity 2006 (medium voltage, 2.1 %)	Datamängden (som avser "användningsmixen" och inte "produktionsmixen" har tagits fram av IVL och baseras på IEA statistik (från 2006) om den svenska produktionsmixen samt på IEA statistik om export och import. Data för produktion av el från respektive energislag i "mixen" är från EcoInventdatabasen.
Svensk medelfjärrvärme	Raffinaderi	Svensk Fjärrvärme 2008, Miljöfaktaboken för bränslen, IVL, 2001 samt IEA & Ecoinvent.	SE (Sweden): Electricity 2006 (medium voltage, 2.1 %) m.fl.	Mixen av energikällor baseras på Svensk Fjärrvärme Statistik för Sverige 2008. Produktion av uppströms energi baseras på Miljöfaktaboken för bränslen, IVL, 2001. Produktion av uppströms svensk medel el är inhämtade från

4 Resultat och diskussion

Inventeringsresultatet (LCI-profilerna) för de fyra studerade bränslena redovisas i **Tabell 12**. Resultatet presenteras i form av primärenergianvändning, uppdelat i förnyelsebar, icke förnyelsebar och total primärenergianvändning, samt utvalda emissioner till vatten och luft per MJ bensen, diesel, EO1 respektive Jet A1 som används i Sverige. I profilen omfattas såväl produktion som distribution av petroleumprodukten till kund (Vagga-till-grind).

Tabell 12 Primärenergianvändning samt utvalda emissioner till luft och vatten för produktionen och distributionen av bensen, diesel, EO1 och Jet A1 som används i Sverige (2009).

BRÄNSLE	Bensin	Diesel	EO1	Jet A1
Del av livscykel	Vagga-till-grind	Vagga-till-grind	Vagga-till-grind	Vagga-till-grind
PRIMÄRENERGI	MJ/MJ bränsle	MJ/MJ bränsle	MJ/MJ bränsle	MJ/MJ bränsle
Icke förnybara resurser				
Olja	1,05E+00	1,05E+00	1,07E+00	1,07E+00
Naturgas	2,72E-02	2,72E-02	2,53E-02	2,53E-02
Stenkol	1,18E-03	1,18E-03	9,98E-04	9,98E-04
Brunkol	3,31E-04	3,32E-04	2,73E-04	2,73E-04
Torv	-	-	-	-
Uran	6,65E-03	6,68E-03	5,80E-03	5,80E-03
Totalt (icke förnybara resurser)	1,09E+00	1,09E+00	1,10E+00	1,10E+00
Förnybara resurser				
Vattenkraft	5,65E-03	5,66E-03	5,85E-03	5,85E-03
Biomassa	1,23E-07	1,23E-07	1,14E-07	1,14E-07
Vindkraft	7,00E-05	7,03E-05	6,07E-05	6,07E-05
Solkraft	3,22E-05	3,22E-05	3,06E-05	3,05E-05
Totalt (förnybara resurser)	5,75E-03	5,76E-03	5,94E-03	5,94E-03
TOTALT	1,09E+00	1,09E+00	1,11E+00	1,11E+00
UTSLÄPP TILL LUFT	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Fossil koldioxid (CO ₂)	5,79E+00	5,78E+00	5,20E+00	5,18E+00
Metan (CH ₄)	3,38E-02	3,38E-02	2,90E-02	2,90E-02
Lustgas (N ₂ O)	5,54E-05	5,55E-05	5,12E-05	5,07E-05
Kolmonoxid (CO)	4,62E-03	4,60E-03	4,23E-03	4,19E-03
Kväveoxider (NO _x)	1,89E-02	1,88E-02	1,81E-02	1,78E-02
Svaveldioxid (SO ₂)	1,41E-02	1,41E-02	1,25E-02	1,25E-02
Flyktiga kolväten (NMVOC)	2,35E-02	2,35E-02	2,66E-02	2,66E-02
Partiklar (PM)	8,49E-04	8,48E-04	7,97E-04	7,92E-04
Ammoniak (NH ₃)	1,25E-05	1,25E-05	1,19E-05	1,17E-05
UTSLÄPP TILL VATTEN	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Nitrat (NO ₃)	2,71E-05	2,71E-05	2,72E-05	2,72E-05
Ammoniak (NH ₃)	1,66E-08	1,66E-08	1,42E-08	1,42E-08
Ammonium (NH ₄ ⁺)	2,54E-05	2,54E-05	1,99E-05	1,98E-05
Fosfater (PO ₄ ³⁻)	3,20E-07	3,17E-07	3,00E-07	2,94E-07

För koldioxidemissionerna utgör raffineringens bidrag ca 50 procent. Den totala primärenergiåtgången för EO1 och Jet A1 ligger i storleksordningen ca 2 % högre än motsvarande för bensin och diesel. Samtidigt uppvisar de betydligt lägre emissioner för de flesta utsläppsparametrarna. Det som skulle kunna förväntas av resultatet är att primärenergiåtgång och emissioner följer produkternas energiinnehåll (MJ/kg). Eftersom allokering i raffinaderiet ger alla produkter ett och samma utsläpp kvarstår skillnader mellan petroleumprodukterna endast i de olika transportstegen. Petroleumprodukter med lägre energiinnehåll per kg har därmed större massa per

MJ petroleumprodukt (studiens funktionella enhet), vilket leder till högre emissioner och medföljande primärenergiåtgång. Detta skulle ge ett resultat där Jet A1 uppvisar lägst utsläpp följt av bensin, diesel och EO1.

Ett sådant samband skulle vara ett faktum om det inte vore för att indata baseras på ett medelvärde från ett olik antal raffinaderier; bensin och diesel baseras på medelvärden från raffinaderi 2, 3 och 4 och för EO1 och Jet A1, raffinaderi 2 och 3. Det olika antal raffinaderier som använts som bas i medelvärdet har medfört skillnader i använd indata. Men inte för att studien kunnat påvisa att det gått åt mer primärenergi och mindre emissioner för just EO1 och Jet A1 i raffinaderiprocessen, utan pga. att olika många raffinaderier med olika miljöprestanda har legat till grund för använda medelvärden.

Raffinaderier använder också energi för att driva processen, främst i form av bränngas som härrör från råoljan (EUCAR m.fl. 2007). Elenergin har modellerats med svensk elmix i ett försörjningsperspektiv, dvs. miljöpåverkan från den el som används, inte för den som produceras.

Nordisk elmix hade varit att föredra men inga uppdaterade data har hittats. Dock så efterliknar den svenska "användningsmixen" den nordiska elmixen i större utsträckning än den svenska "produktionsmixen" eftersom det i den ingår importerad el. Användning av nordisk elmix hade inneburit större emissioner per MJ levererad energi. Men den låga andelen el som används som processenergi i raffinaderier innebär att valet av elmix endast har en marginell inverkan på resultatet.

De svenska raffinaderierna levererar också spillvärme till fjärrvärmenätet. Detta har beaktats genom att utvidga systemgränserna till att även inkludera denna spillvärme. I **Tabell 13** har LCI-profilerna för respektive petroleumprodukt krediterats den "slappna" miljöpåverkan som uppkommer när levererad mängd spillvärme till fjärrvärmenätet antas "ersätta" svenska medelfjärrvärme. Det bör påpekas att det inte finns någon vetenskap om alla raffinaderier som levererar petroleumprodukter till den svenska marknaden använder sin spillvärme på detta sätt. Därmed skulle genomsnittlig spillvärmeleverans per MJ petroleumprodukt kunna vara något missvisande, dock inte mycket.

Tabell 13 Primärenergianvändning samt emissioner för produktionen och distributionen av bensin, diesel, EO1 och Jet A1 när systemutvidgning tillämpas.

BRÄNSLE	Bensin	Diesel	EO1	Jet A1
Del av livscykel	Vagga-till-grind	Vagga-till-grind	Vagga-till-grind	Vagga-till-grind
PRIMÄRENERGI	MJ/MJ bränsle	MJ/MJ bränsle	MJ/MJ bränsle	MJ/MJ bränsle
Icke förnybara resurser				
Olja	1,05E+00	1,05E+00	1,07E+00	1,07E+00
Naturgas	2,72E-02	2,72E-02	2,52E-02	2,52E-02
Stenkol	1,12E-03	1,12E-03	9,03E-04	9,03E-04
Brunkol	3,19E-04	3,20E-04	2,55E-04	2,54E-04
Torv	-	-	-	-
Uran	6,07E-03	6,11E-03	4,95E-03	4,95E-03
<i>Totalt (icke förnybara resurser)</i>	1,09E+00	1,09E+00	1,10E+00	1,10E+00
Förnybara resurser	-1,81E-04	-1,81E-04	-2,66E-04	-2,66E-04
Vattenkraft	5,47E-03	5,48E-03	5,59E-03	5,59E-03
Biomassa	1,23E-07	1,23E-07	1,14E-07	1,14E-07
Vindkraft	6,51E-05	6,54E-05	5,34E-05	5,34E-05
Solkraft	3,22E-05	3,22E-05	3,05E-05	3,05E-05
<i>Totalt (förnybara resurser)</i>	5,57E-03	5,58E-03	5,67E-03	5,67E-03
TOTALT	1,09E+00	1,09E+00	1,11E+00	1,11E+00
UTSLÄPP TILL LUFT	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Fossil koldioxid (CO ₂)	5,67E+00	5,66E+00	5,03E+00	5,01E+00
Metan (CH ₄)	3,36E-02	3,36E-02	2,87E-02	2,87E-02
Lustgas (N ₂ O)	3,10E-05	3,11E-05	1,53E-05	1,49E-05
Kolmonoxid (CO)	3,60E-03	3,58E-03	2,73E-03	2,69E-03
Kväveoxider (NO _x)	1,83E-02	1,82E-02	1,73E-02	1,70E-02
Svaveldioxid (SO ₂)	1,37E-02	1,41E-02	1,19E-02	1,19E-02
Flyktiga kolväten (NMVOC)	2,34E-02	2,34E-02	2,65E-02	2,64E-02
Partiklar (PM)	8,26E-04	8,24E-04	7,63E-04	7,58E-04
Ammoniak (NH ₃)	6,01E-07	5,45E-07	-5,64E-06	-5,79E-06
UTSLÄPP TILL VATTEN	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Nitrat (NO ₃)	2,67E-05	2,67E-05	2,66E-05	2,66E-05
Ammoniak (NH ₃)	1,66E-08	1,66E-08	1,42E-08	1,42E-08
Ammonium (NH ₄ ⁺)	2,53E-05	2,53E-05	1,97E-05	1,97E-05
Fosfater (PO ₄ ³⁻)	3,16E-07	3,14E-07	2,95E-07	2,84E-07

För att förtydliga hur tillämpandet av systemutvidgning påverkar resultat presenteras i **Tabell 14** den procentuella förändringen per petroleumprodukt. Det bör påpekas att det inte finns någon vetskap om huruvida utländska raffinaderier använder sin spillvärme på liknande sätt. Därmed skulle genomsnittlig spillvärmeleverans per MJ petroleumprodukt kunna vara något missvisande. Dess ringa omfattning gör dock att det inte kommer att kunna påverka resultatet i någon nämnvärd omfattning.

Tabell 14 Förändring i LCI-profilerna när systemutvidgning tillämpas. LCI-profilerna för respektive petroleumprodukt har krediterats med den "slupna" miljöpåverkan som uppkommer när levererad mängd spillvärme till fjärrvärmenätet antas "ersätta" svenska medelfjärrvärme.

BRÄNSLE	Bensin	Diesel	EO1	Jet A1
Del av livscykel	Vagga-till-grind	Vagga-till-grind	Vagga-till-grind	Vagga-till-grind
PRIMÄRENERGI	MJ/MJ bränsle	MJ/MJ bränsle	MJ/MJ bränsle	MJ/MJ bränsle
Icke förnybara resurser				
Olja	1,56E-05	1,56E-05	2,30E-05	2,30E-05
Naturgas	1,96E-05	1,96E-05	2,88E-05	2,88E-05
Stenkol	6,47E-05	6,47E-05	9,51E-05	9,51E-05
Brunkol	1,25E-05	1,25E-05	1,84E-05	1,84E-05
Torv	-	-	-	-
Uran	5,75E-04	5,75E-04	8,44E-04	8,44E-04
<i>Totalt (icke förnybara resurser)</i>	6,87E-04	6,87E-04	1,01E-03	1,01E-03
Förnybara resurser				
Vattenkraft	1,76E-04	1,76E-04	2,59E-04	2,59E-04
Biomassa	1,90E-12	1,90E-12	2,79E-12	2,79E-12
Vindkraft	4,98E-06	4,98E-06	7,32E-06	7,32E-06
Solkraft	1,97E-08	1,97E-08	2,89E-08	2,89E-08
<i>Totalt (förnybara resurser)</i>	1,81E-04	1,81E-04	2,66E-04	2,66E-04
TOTALT	8,69E-04	8,69E-04	1,28E-03	1,28E-03
UTSLÄPP TILL LUFT				
	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Fossil koldioxid (CO ₂)	1,19E-01	1,19E-01	1,75E-01	1,75E-01
Metan (CH ₄)	1,76E-04	1,76E-04	2,59E-04	2,59E-04
Lustgas (N ₂ O)	2,44E-05	2,44E-05	3,58E-05	3,58E-05
Kolmonoxid (CO)	1,02E-03	1,02E-03	1,50E-03	1,50E-03
Kväveoxider (NO _x)	5,56E-04	5,56E-04	8,17E-04	8,17E-04
Svaveldioxid (SO ₂)	3,93E-04	3,93E-07	5,78E-04	5,78E-04
Flyktiga kolväten (NMVOC)	8,29E-05	8,29E-05	1,22E-04	1,22E-04
Partiklar (PM)	2,37E-05	2,37E-05	3,48E-05	3,48E-05
Ammoniak (NH ₃)	1,19E-05	1,19E-05	1,75E-05	1,75E-05
UTSLÄPP TILL VATTEN				
	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle	g/MJ bränsle
Nitrat (NO ₃)	3,83E-07	3,83E-07	5,63E-07	5,63E-07
Ammoniak (NH ₃)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Ammonium (NH ₄ ⁺)	1,24E-07	1,24E-07	1,82E-07	1,32E-07
Fosfater (PO ₄ ³⁻)	3,28E-09	3,28E-09	4,81E-09	9,25E-09

Som framgår av **Tabell 14** har tillämpningen av systemutvidgning i de allra flesta fall en endast marginell inverkan på framtagna LCI-data. Den relativt låga mängden levererad spillvärme och ersättningsproduktens (svensk medelfjärrvärme) låga miljöbelastning är orsaken till detta.

Hade systemutvidgningsscenarioet istället varit baserat på att "ersätta" nordisk medelfjärrvärme kan man anta att petroleumprodukternas miljöpåverkan ytterligare hade minskat då den nordiska medelfjärrvärmen uppvisar en sämre miljöprestanda på grund av att den baseras på en högre andel av fossila bränslen.

Men det finns några emissionsparametrar i **Tabell 14** som uppvisar en allt annat än en marginell förändring. Exempelvis så minskar utsläppen av ammoniak i LCI-profilerna för EO1 och Jet A1 med ca 150 procent. Denna typ av avvikelse är relativt vanligt förekommande när systemutvidgning tillämpas eftersom två helt olika system jämförs.

4.1 Precisionen i LCI-profilerna i förhållande till studiens syfte

Hur står sig då precisionen i resultatet till studiens syfte, dvs. att LCI-profilerna ska motsvara de förhållanden som idag råder på den svenska marknaden för respektive petroleumprodukt.

Precisionen i resultatet beror förstås helt på hur kompletta och representativa använda indata är. Studien har, som tidigare nämnts, haft fokus på bensin och diesel under datainsamlingsfasen. När studien utökades till att även inkludera EO1 och Jet A1 fanns inte resurser att komplettera datainsamlingen för dessa bränslen. Följden av detta är att LCI-profilerna för EO1 och Jet A1 omges av fler dataluckor vilket påverkar hur väl deras profiler lyckas motsvara de förhållanden som idag råder på den svenska marknaden.

Raffineringsprocessen bidrar till nära hälften av uppkomna emissioner från vaggan till grind. För att få ett så rättvisande resultat som möjligt har intentionen varit att ta fram data som ett genomsnitt av de raffinaderier som förser den svenska marknaden med respektive bränsle. Tyvärr har data endast erhållits från tre av dessa raffinaderier vilket ger ett mindre representativt medelvärde för svenska förhållanden än om medelvärdet hade baserats på alla raffinaderier. Resultatet för bensin och diesel bedöms ändå ha god precision då indata från två svenska och ett utländskt raffinaderi ligger till grund för det använda medelvärdet. Jämför man denna studies resultat med data i andra tillgängliga databaser (exempelvis Gabi Professionell och EcoInvent) ser man att dessa data (som ofta representerar andra europeiska länder eller europeiskt genomsnitt) motsvarar en högre miljöbelastning (i form av exempelvis koldioxidutsläpp). Vill man använda data som representerar den svenska marknaden så bör alltså resultaten i denna studie vara mer representativa än data från dessa europeiska databaser.

För EO1 och Jet A1 har ingen motsvarande identifiering av vilka raffinaderier som förser den svenska marknaden företagits. Istället har identifieringsprocessen av raffinaderier som förser den svenska marknaden med EO1 och Jet A1 begränsats till de raffinaderier som förser den svenska marknaden med bensin och diesel. Detta trots att de inte nödvändigtvis representerar alla raffinaderier, eller ens några, av de raffinaderier som levererar nämnda petroleumprodukter till den svenska marknaden. Ett raffinaderi levererar nämligen inte bara, alternativt inte alls, de produkter de tillverkar till landet där de bedriver verksamhet. Därmed kan vi inte heller med säkerhet säga att exempelvis Jet A1 som producerats vid de raffinaderier vi identifierat faktiskt går till den svenska marknaden.

För bensin och diesel har också transporten från raffinaderi till depå/kund kunnat kartläggas på en detaljerad nivå. EO1 och Jet A1 antas ha ett transportmönster motsvarande ett genomsnitt av bensinen och dieseln transportmönster. Antagandet omges av en viss osäkerhet eftersom den procentuella fördelningen av transportslag varierar beroende på vilken produkt som avses. Trots skillnader skulle denna parameter inverka marginellt på resultatet då den utgör en så liten del av den totala miljöbelastningen för hela livscykeln.

Trots nämnda dataluckor bedöms resultatet för EO1 och Jet A1 vara en god approximation för produktionen av dessa produkter, då det också finns andra inbyggda osäkerheter i resultatet som möjligen är av ännu större betydelse än nämnda dataluckor. Exempelvis har emissionerna från raffinaderierna allokerats på basis av produkternas energinnehåll, vilket innebär att skillnader som de facto finns i raffineringsprocessen mellan produkterna helt förbises. Detta är en nödvändig förenkling inom LCA-metodiken när resurser ej finns att kartlägga processer i detalj.

En osäkerhet som berör alla LCI-profiler är att delar av kemikalieanvändningen till bränslena inte beaktas. Det rör sig då om olika tillsatskemikalier i själva produkten men också kemikalier i tillverkningsprocessen. Det är en kombination av omständigheter som lett till denna förenklning. Dataluckor är en stor del av förklaringen, dvs. de databaser som varit studiens utgångspunkt har inte innehållit nödvändig data. En annan del av förklaringen är att användningen av vissa typer av kemikalier är plats-specifika vilket har försvårat att generera jämförbara data mellan raffinaderierna.

Genom beräkningar har vi funnit att bortfallet av olika typer av tillsatser i tillverkningsprocessen av bränslena kan utgöra så mycket som ca 5 % av total råvarugenomströmning. Det är svårt att säga hur mycket detta inverkar på resultatet. Men sannolikt är dataluckorna dock inte av någon signifikant betydelse eftersom merparten av råmaterialet (ca 95 % råolja) faktiskt ingår studien. Data saknas också för drivmedelstationer men dessa bedöms vara av marginell betydelse då resursanvändning och emissioner inte bedöms vara omfattande.

Studiens resultat måste också ses i ett större perspektiv, nämligen som en del i bränslenas hela livscykel. I denna ingår det förutom produktion och distribution också förbränning av bränslet. Vad denna studie visat är att endast ca 6 % av emissioner i bränslenas livscykel härrör från produktion och distribution av bränslet. Med hänsyn tagit till dataluckor för flöden av kemikalier skulle den siffran kunna öka till uppskattningsvis ca 7-8 %. Oavsett detta utgör produktionen och distributionen av respektive bränsle en mindre del av den totala miljöbelastningen i bränslenas livscykel.

5 Slutsatser

I föreliggande studie har LCI-profiler för bensin, diesel, eldningsolja (EO1) och flygfotogen (Jet A1) beräknats. Tanken har varit att så långt det varit möjligt beräkna dessa produkters miljöprestanda så att den representerar den svenska marknaden år 2009.

Träffsäkerheten i LCI-profilerna ser olika ut beroende på vilka av de studerade produkterna som avses. Framst beror detta på att studien under datainsamlingsfasen haft fokus på bensin och diesel varför dessa också fått en högre precision i förhållande till studiens syfte. Trots detta bedöms resultatet för EO1 och Jet A1 vara en god approximation för den resursanvändning och de utsläpp som kan kopplas till dessa produkter.

6 Referenser

- Ecoinvent Centre, *The Ecoinvent database*, provided by St-Gallen, Switzerland
- EUCAR (the European Council for Automotive R&D); CONCAWE (the oil companies" European association for environment, health and safety in refining and distribution); and JRC/IES (the Institute for Environment and Sustainability of the EU Commissions Joint Research Centre), 2007, *WELL-to-TANK Report Version 2c*, JRC 2007
- Länsstyrelsen, 2003, URL: <http://www.lansstyrelsen.se/NR/rdonlyres/1AE03C9A-CAFD-4D83-93AF-BAF99FEAF459/0/ArlandaFlygbr%C3%A4nslehanteringAB.pdf>
- Länsstyrelsen, 2005, URL: <http://www.lansstyrelsen.se/NR/rdonlyres/8A9F2C9D-595D-411C-B229-6C1F314BF1C6/0/Norrk%C3%B6pingDep%C3%A5AB.pdf>
- Maritime Consulting AB, 1997, *Handbok i kommunalt oljeskydd*, Räddningsverket Karlstad
URL: <http://www2.msb.se/Shopping/pdf/7479.pdf>
- Miljöstyrringsrådet, 2009, *Rapport 2009:E1 MARKNADSUNDERSÖKNING FÖR DRIVMEDEL*
- PE International, *The Gabi Professional database*, provided by Leinfelden-Echterdingen, Germany.
- Preem AB, 2009, *Miljörapport för år Preem AB Depå Gävle*
- Preemraff Lysekil AB, 2009, *Miljörapport 2009 - Preemraff Lysekil*
- Preemraff Göteborg AB, 2009, *Miljörapport 2009 - Preemraff Göteborg AB*
- Shell, 2010, *Eldningsolja 1*, URL: http://www-static.shell.com/static/se-sv/downloads/shell_for_businesses/produkter_tjanster/shell_eldnings_olja1_005.pdf
- Shell Raffinaderi AB, 2009, *Miljörapport 2009 - Shell Raffinaderi AB*
- Statoil, 2010, *Kalundborg*, URL: <http://www.statoil.com/annualreport2009/en/ouoperations/businessareas/manufacturingmarketing/manufacturing/pages/kalundborg.aspx>
- Svenska Petroleum Institutet (SPI) (1), URL: <http://spi.se/var-bransch/produktion/raffinering-av-raolja>
- Svenska Petroleum Institutet (SPI) (2), 2010, *SPI Branschfakta 2010*, Svenska Petroleum Institutet, Stockholm URL: <http://spi.se/wordpress/wp-content/uploads/2010/09/SPI-Branschfakta-2010.pdf>
- Svenska Petroleum Institutet (SPI) (3), URL: <http://spi.se/var-bransch/produktion/transport-av-raolja>
- Svenska Petroleum Institutet (SPI) (4), *Miljörapport för AB Djurgårdsberg Oljehamnen Loudden, Stockholm 2009*
- Svenska Statoil AB, 2009, Svenska Statoil AB Bergs oljehamn Miljörapport 2009
- World Shipping Register, 2010, *Sea distances - voyage calculator*
URL: <http://e-ships.net/dist.htm>

Muntlig kommunikation

- Andréa Haag (OKQ8) 2010-06-01
- Karin Jansson (Shell) 2010-05-31
- Lennart Sivertsson (Preem) 2010-06-22
- Lotta Johansson (Preem) 2010-06-15
- Marianne Risel (Shell)
- Tankbilsbolaget 2010-10-26
- VTG 2010-10-26
- Åsa Håkansson (Statoil) 2010-06-21