

Utvärdering av två förenklade metoder för livscykelanalyser

Elisabeth Hochschorner, Göran Finnveden, Jessica Johansson

Utvärdering av två förenklade metoder för livscykelanalyser

Elisabeth Hochschorner, Göran Finnveden, Jessica Johansson

Utgivare Totalförsvarets Forskningsinstitut - FOI Försvarsanalys	Rapportnummer, ISRN FOI-R--0369--SE	Klassificering Vetenskaplig rapport
	Forskningsområde 3. Skydd mot massförstörelsevapen	
	Månad, år Februari 2002	Projektnummer E 1420
	Verksamhetsgren 5. Uppdragsfinansierad verksamhet	
	Delområde 35. Miljöfrågor	
Författare/redaktör Elisabeth Hochschorner Göran Finnveden Jessica Johansson	Projektledare Göran Finnveden	
	Godkänd av	
	Uppdragsgivare/kundbeteckning Försvarsmakten	
	Tekniskt och/eller vetenskapligt ansvarig	
Rapportens titel Utvärdering av två förenklade metoder för livscykelanalyser		
Sammanfattning (högst 200 ord) <p>I rapporten beskrivs två olika metoder för förenklad livscykelanalys (LCA), MECO-metoden och SLCA. De båda metoderna testas sedan på en redan gjord fallstudie över bilar drivna med bensin, etanol, samt elbilar med el från vattenkraft eller kolkraft. Rapporten innehåller bakgrundsfakta om livscykelanalyser och förenklade livscykelanalyser, beskrivning av den fallstudie som har varit underlag till studien, samt av MECO och SLCA-metoderna. Utvärderingen av MECO och SLCA-metoderna baserar sig på en jämförelse av de resultat som fås från fallstudien, samt deras användbarhet.</p> <p>En slutsats är att SLCA-metoden har en del brister. Bland bristerna finns att den inte täcker hela livscykeln, den kräver rätt mycket information och det finns ett ganska stort utrymme för godtycke. Den är också ganska oflexibel och svår att vidareutveckla. Vi rekommenderar därför inte en användning av SLCA-metoden. MECO-metoden visar i jämförelse med SLCA-metoden flera positiva egenskaper. Det är också intressant att notera att MECO-metoden producerade information som kompletterade den kvantitativa LCA:n. Vi tror samtidigt att det kan finnas skäl att vidareutveckla MECO-metoden och anpassa den till svenska förhållanden. Avslutningsvis så föreslås en procedur i vilken en MECO-analys antingen kan användas direkt, eller följas av en kvantitativ LCA och då fungera som en förstudie.</p>		
Nyckelord Livscykelanalys, elbil, metoder, miljö		
Övriga bibliografiska uppgifter	Språk Svenska	
ISSN 1650-1942	Antal sidor: 104 s.	
Distribution enligt missiv	Pris: Enligt prislista	

Issuing organization FOI – Swedish Defence Research Agency Defence Analysis	Report number, ISRN FOI-R--0369--SE	Report type Scientific report
	Research area code 3. Protection against Weapons of Mass Destruction	
	Month year February 2002	Project no. E 1420
	Customers code 5. Commissioned Research	
	Sub area code 35. Environmental Studies	
Author/s (editor/s) Elisabeth Hochschorner Göran Finnveden Jessica Johansson	Project manager Göran Finnveden	
	Approved by	
	Sponsoring agency Swedish Armed Forces	
	Scientifically and technically responsible	
Report title (In translation) Evaluation of two streamlined life cycle assessment methods		
Abstract (not more than 200 words) <p>Two different methods for streamlined life cycle assessment (LCA) are described: the MECO-method and SLCA. Both methods are tested on an already made case-study on cars fuelled with petrol or ethanol, and electric cars with electricity produced from hydro power or coal. The report also contains some background information on LCA and streamlined LCA, and a description of the case study used. The evaluation of the MECO and SLCA-methods are based on a comparison of the results from the case study as well as practical aspects.</p> <p>One conclusion is that the SLCA-method has some limitations. Among the limitations are that the whole life-cycle is not covered, it requires quite a lot of information and there is room for arbitrariness. It is not very flexible instead it is difficult to develop further. We are therefore not recommending the SLCA-method. The MECO-method does in comparison show several attractive features. It is also interesting to note that the MECO-method produces information that is complementary compared to a more traditional quantitative LCA. We suggest that the MECO-method needs some further development and adjustment to Swedish conditions.</p>		
Keywords Life cycle assessment, electric cars, methods, environment		
Further bibliographic information	Language Swedish	
ISSN 1650-1942	Pages 104 p.	
	Price acc. to pricelist	

Förord

Denna rapport utgör en slutrapport från ett tvåårigt projekt som handlar om att beskriva och utvärdera förenklade och kvalitativa metoder för livscykelanalyser, speciellt med tanke på användning inom försvarets materielanskaffningsprocess. I denna slutrapport ingår en del material från en tidigare underlagsrapport (Johansson *et al*, 2001). Underlagsrapporten innehåller dessutom en beskrivning av ytterligare några andra metoder för förenklad LCA. Resultaten från det här projektet kommer att användas i ett kommande projekt ”Användning av LCA i materielanskaffningsprocessen”. Några metodproblem i samband med utvärdering av förenklade metoder för livscykelanalyser diskuteras dessutom i en separat underlagsrapport (Hochschorner, 2002).

Rapporten har varit föremål för en granskningsprocess och diskuterats vid ett seminarium. Vi är tacksamma för synpunkter som kom fram vid seminariet från den externa granskaren Olof Hjelm, Linköpings Tekniska Högskola, samt övriga deltagare vid seminariet, bland annat Fredrik Burström, KTH, Berit Goldstein, Miljökonsult B. Goldstein, Leif Hedberg, FOI, Joakim Hägvall, FOI, Eva Mittermaier, FOI, Ronald Wennersten, KTH samt ordföranden vid seminariet Maria Hedvall, FOI. Vi är även tacksamma för synpunkter från Mats Ahlberg, FOI. Den här rapporten ersätter det tidigare FOI memo 01 3996.

Elisabeth Hochschorner är doktorand vid Avdelningen för Industriellt miljöskydd på KTH. Göran Finnveden och Jessica Johansson arbetar på Institutionen för miljöstrategiska studier vid FOI. Samtliga författare är verksamma vid Forskningsgruppen för miljöstrategiska studier (fms).

Innehållsförteckning

<i>Förord</i>	1
<i>Innehållsförteckning</i>	5
<i>Sammanfattning</i>	8
1. Inledning	9
1.1 Miljösystemanalytiska verktyg	9
1.2 Försvarets materielanskaffning	9
1.3 Kort om livscykelanalyser	10
1.4 Målsättning	10
2. Metodik för det genomförda projektet	11
3. Livscykelanalys, LCA	12
3.1 Utförande	12
3.2 Förenklad livscykelanalys.....	15
3.2.1 Förenklad kvantitativ LCA	15
3.2.2 Screening.....	16
3.2.3 Kvalitativ LCA.....	16
4. Fallstudien	18
4.1 Den kvantitativa fallstudien	18
4.2 De kvalitativa fallstudierna	19
4.2.1 MECO.....	19
4.2.2 SLCA	26
5. Resultat från fallstudierna	29
5.1 Resultat efter användning av MECO-metoden	29
5.2 Resultat efter användning av SLCA-metoden	35
5.3 Resultat enligt den traditionella LCA-studien.....	36
5.4 Jämförelse av resultaten från de olika studierna	37
6. Resultat och diskussion av utvärderingen	39
6.1 Utvärdering av MECO- och SLCA-metoderna.....	39
6.1.1 Resultatjämförelse.....	39
6.1.2 Metodernas användbarhet	40
6.1.3 Kommentarer om MECO-metoden.....	41
6.1.4 Kommentarer om SLCA	42
6.1.5 Slutsatser	43
6.2 Allmän diskussion om förenklad LCA	44
7. Litteraturförteckning	46
Bilaga A. MECO-metoden	48
Bilaga A.1.1 MECO-matris, Elbil: 100% vattenkraft.....	48
Bilaga A.1.2 MECO-matris, Bensinbil	56

Bilaga A.1.3 MECO-matris Etanolbil.....	64
Bilaga A.1.4 Elbil: 100% fossilt bränsle, kol.....	72
Bilaga A.2 Påverkansbedömning	81
Bilaga A.2.1 Påverkansbedömning av kemikalier i användningsfasen	81
Bilaga A.2.2 Påverkansbedömning av kemikalier i materialhanteringsfasen	83
<i>Bilaga B. SLCA metoden.....</i>	85
Bilaga B.1 SLCA-frågorna	85
Bilaga B.2.1 SLCA-matris, Bensinbil	97
Bilaga B.2.2 SLCA-matris, Elbil, 100% vattenkraft	99
Bilaga B.2.3. SLCA-matris, Elbil, 100% kolkraft	101
Bilaga B.2.4 SLCA-matris, Etanolbil.....	103

Tabellförteckning

Tabell 3.1 Förslag till indelning av miljöeffekter i påverkanskategorier.	12
Tabell 5.1 Miljöpåverkan per bil och bränsle.	31
Tabell 5.2 Kemikalier i materialanskaffningsfasen, användningsfasen och kvittblivningsfasen.	31
Tabell 5.3 Förklaring av faroklass.	32
Tabell 5.4 Förklaring av riskfras.	32
Tabell 5.5 Typindelning av bilarnas kemikalier.	34
Tabell 5.6 Jämförelse mellan bränslealternativ.	36
Tabell 5.7 Tolkning av jämförelse mellan bränslealternativ.	37
Tabell 6.1 Utvärdering av metoderna.	39
Tabell A.1.1.1 Material i materialanskaffningsfasen, elbil: 100% vattenkraft.	50
Tabell A.1.1.2 Kemikalier i materialanskaffningsfasen, elbil: 100% vattenkraft.	54
Tabell A.1.1.3 Kemikalier i kvittblivningsfasen, Elbil: 100% vattenkraft.	55
Tabell A.1.2.1 Material i materialanskaffningsfasen, bensinbil.	57
Tabell A.1.2.2 Kemikalier i tillverkningsfasen, bensinbil.	61
Tabell A.1.2.3 Totalt utsläpp från bensinens hela bränslecykel.	62
Tabell A.1.2.4 Kemikalier i användningsfasen, bensinbil.	62
Tabell A.1.3.1 Material i materialanskaffningsfasen, etanolbil.	66
Tabell A.1.3.2 Kemikalier i materialanskaffningsfasen, etanolbil.	69
Tabell A.1.3.3 Totalt utsläpp från bensinens hela bränslecykel.	70
Tabell A.1.3.4 Kemikalier i användningsfasen, Etanolbil.	70
Tabell A.1.4.1 Material i materialanskaffningsfasen.	74
Tabell A.1.4.2 Kemikalier i materialanskaffningsfasen, elbil: 100% fossilt bränsle, kol.	78
Tabell A.1.4.3. Totalt utsläpp från kolets hela bränslecykel.	79
Tabell A.1.4.4 Kemikalier i användningsfasen, elbil: 100% fossilt bränsle, kol.	79
Tabell A.1.4.5 Kemikalier i kvittblivningsfasen, Elbil: 100% fossilt bränsle, kol.	79

Sammanfattning

I rapporten beskrivs två olika metoder för förenklad livscykelanalys (LCA), MECO-metoden och SLCA-metoden. MECO-metoden är utvecklad i Danmark och SLCA på AT&T i USA. De båda metoderna testas på en tidigare utförd traditionell LCA på bilar drivna med bensin och etanol, samt elbilar med el från vattenkraft och kolkraft.

Rapporten innehåller bakgrundsfakta om livscykelanalyser och förenklade livscykelanalyser, beskrivning av MECO och SLCA-metoderna samt av den fallstudie som har varit underlag till studien. Utvärderingen av MECO och SLCA-metoderna baserar sig bland annat på en jämförelse av de resultat som fås från fallstudien, samt metodernas användbarhet, flexibilitet, tidsåtgång och utrymme för godtycke.

En slutsats av utvärderingen är att SLCA-metoden har en del brister. Bland bristerna finns att den inte täcker hela livscykeln, den kräver rätt mycket information och det finns ett ganska stort utrymme för godtycke. Metoden är även ganska oflexibel och svår att vidareutveckla. Vi rekommenderar därför inte en användning av SLCA-metoden.

MECO-metoden visar i jämförelse med SLCA-metoden flera positiva egenskaper. Det är också intressant att notera att MECO-metoden producerade information som kompletterade den kvantitativa LCA:n. Vi tror samtidigt att det kan finnas skäl att vidareutveckla MECO-metoden och anpassa den till svenska förhållanden. Avslutningsvis så föreslås en procedur i vilken en MECO-analys kan antingen användas direkt, eller följas av en kvantitativ LCA och då fungera som en förstudie. Dock bör man i den avslutande tolkningen både använda information från MECO-analysen och från den kvantitativa LCA:n eftersom de kan komplettera varandra.

1. Inledning

1.1 Miljösystemanalytiska verktyg

Det finns en mängd olika verktyg som syftar till att belysa hur hänsyn kan tas till miljöaspekter och en hållbar utveckling (Moberg *et al.* 1999 och Eriksson *et al.* 2001). Exempel på miljösystemanalytiska verktyg som används och diskuteras är Miljökonsekvensbeskrivning (MKB), Strategisk Miljöbedömning (SMB), Cost-Benefit analys (CBA), Livscykelanalys (LCA), Livscykelkostnadsanalys (LCC), Miljörevision, Miljöräkenskaper inklusive Input/Output-analys (IOA), Materialflödesanalys (MFA), och Riskbedömning. Olika miljösystemanalytiska verktyg har olika ursprung, fokus och detaljnivå.

För att avgöra vilken eller vilka verktyg som är lämpade för ett specifikt syfte måste olika aspekter tas i beaktande (Eriksson *et al.* 2001). Exempel på viktiga aspekter därvidlag är:

- Vad det är som ska studeras. Vilket objekt är av intresse?
- Vilka typer av miljöpåverkan som är av intresse.
- Vilken detaljeringsgrad som är önskvärd, möjlig eller nödvändig.

För produkter kan flera olika verktyg vara tänkbara (Moberg *et al.* 1999 och Eriksson *et al.* 2001). Energianalyser, materialflödesanalyser och ekologiska fotavtryck fokuserar på olika typer av naturresursanvändning. Livscykelanalyser inkluderar både naturresursanvändning och miljöpåverkan av emissioner. Livscykelkostnadsanalyser fokuserar på ekonomiska kostnader och i dessa kan olika typer av miljökostnader ingå.

1.2 Försvarets materielanskaffning

För att minska miljöbelastningen och kostnaden för miljöhänsyn i den framtida Försvarsmakten är det viktigt att tidigt integrera miljöaspekter i materielanskaffningsprocessen. Miljöaspekter vid anskaffning av försvarsmateriel diskuteras bland annat i en svenskamerikansk handbok (Swedish Armed Forces and US Dept of Defense, 1999). Olika faser i en upphandlingsprocess kan identifieras, exempelvis: konceptutveckling, preliminär design, detaljerad design, produktion, användning och underhåll samt skrotning och avfallshantering. Olika verktyg kan vara relevanta i olika delar av processen. Bland de verktyg som nämns finns miljöledningssystem, riskhantering, strategisk miljöbedömning, miljökonsekvensbeskrivningar, livscykelkostnadsanalyser och olika typer av livscykelanalyser.

Försvarets materielverk (FMV) ska beakta miljöaspekter i samtliga skeden i materielanskaffningen (FMV 2000). Vidare är ambitionen att beakta miljöaspekter i materielens hela livscykel redan under upphandlingsfasen. Man har konstaterat att livscykelanalyser kan användas i samband med upphandling men att en fullständig livscykelanalys kan vara resurskrävande. I vissa sammanhang kan därför ett LCA-tänkande vara tillfyllest.

1.3 Kort om livscykelanalyser

Livscykelanalys är ett verktyg för att bedöma en produkts eller tjänsts miljöpåverkan under hela dess livscykel, ”från vaggan till graven”. En mer detaljerad beskrivning ges i avsnitt 2. Vid miljöanpassad produktutveckling och materielanskaffning är det viktigt att ta hänsyn till den samlade miljöpåverkan som uppstår under alla faser av produktens livscykel. Detta är väsentligt bland annat för att minska risken för suboptimeringar som kan uppstå om endast en begränsad del av livscykeln beaktas. En LCA är vanligtvis en omfattande studie som i första hand baserar sig på kvantitativ information. Tidigt i en materielanskaffnings- eller produktutvecklingsprocess kan det dock ha sina fördelar att utföra en mer översiktlig och därmed mindre tidskrävande studie. I ett sådant sammanhang kan olika typer av förenklade livscykelanalyser vara användbara.

Grovt sett kan man skilja mellan tre olika nivåer för livscykelanalyser (Wenzel 1998):

- 1) En förenklad kvalitativ eller semikvantitativ analys.
- 2) En förenklad kvantitativ analys som huvudsakligen bygger på redan tillgängliga data.
- 3) En fullständig analys med ny datainsamling.

Gränserna mellan dessa nivåer är inte glasklara men indelningen ger ändå en utgångspunkt för diskussionen. Wenzel anger vidare ungefärlig tidsåtgång för de olika nivåerna. En kvalitativ analys kan kanske ta upp till ett par dagar. En förenklad kvantitativ analys där alla data som används i princip redan finns lätt tillgängliga kan kräva upp till en månads arbete. En fullständig analys med datainsamling kan kräva betydligt mer arbete bland annat beroende på hur omfattande datainsamling som krävs.

Det finns många förenklade LCA-metoder utvecklade för specifika produkter eller företag. Flera av dessa är bristfälligt beskrivna. I en tidigare rapport ”Metoder för förenklade, kvalitativa livscykelanalyser av produkter och materiel” (Johansson *et al*, 2001) beskrivs flera förenklade och kvalitativa LCA-metoder. I den här rapporten fokuserar vi på två av dessa metoder: MECO (Pommer *et al* 2001) och SLCA (Graedel 1998), vilka beskrivs nedan. Dessa valdes eftersom de är relativt väldokumenterade i öppen litteratur och sinsemellan principiellt olika.

1.4 Målsättning

I denna studie är målsättningen att utvärdera två metoder för förenklad och kvalitativ livscykelanalys: MECO och SLCA. Vidare kommer användningen av förenklade LCA-metoder att diskuteras, bland annat i relation till försvarets materielanskaffning.

2. Metodik för det genomförda projektet

De två metoderna testades på en fallstudie, en analys av el- och förbränningsdrivna bilar. Vi valde bilar eftersom det är en relativt komplicerade produkter och eftersom de kan ha vissa likheter med militära produkter. Vi tror dock att resultaten är generellt tillämpbara. De valda drivmedlen är bensin, etanol, el producerad från vattenkraft och el producerad från kolkraft.

Resultaten från de förenklade metoderna jämfördes sedan med resultaten från en redan publicerad kvantitativ LCA på samma fallstudie (Almemark *et al*, 1999). För att kunna jämföra de förenklade livscykelmetoderna med en fullständig livscykelanalys, användes de förenklade LCA-metoderna utan vetskap om resultaten från den färdiga livscykelanalysen. Grundläggande data för fallstudierna togs dock från de inledande kapitlena i Almemark *et al*. Några inventeringsdata togs också ifrån den lätt tillgängliga bränsledatabasen (Uppenberg *et al*, 1999).

Utvärderingen av metoderna görs genom att resultaten från de förenklade metoderna jämförs dels med varandra, dels med den kvantitativa studien. Vi har använt den kvantitativa fallstudien som referens för jämförelsen. Baserat på en analys av vilka resultat de olika metoderna ger, förs sedan en diskussion om för- och nackdelar med de olika metoderna. De frågor som har varit vägledande för utvärderingen är:

- Finns det möjlighet att tillfoga kvalitativ information i metoden?
- Inkluderas toxisk påverkan?
- Inkluderas markanvändning?
- Inkluderas produktion av konsumtionsvaror?
- Används någon viktningsmetod?
- Är metoden lätt att utföra?
- Hur stor är den ungefärliga tidsåtgången?
- Är metodernas utrymme för godtycke stort?
- Vad är metoden avsedd för?
- Hur flexibel är metoden?
- Vilka resultat ger metoden jämfört med den kvantitativa LCA:n som referens?

3. Livscykelanalys, LCA

En livscykelanalys, LCA (Life Cycle Assessment), är ett samlingsbegrepp för olika metoder att beskriva ett system, en produkt eller en tjänsts totala potentiella *miljöpåverkan*. Analysen beskriver sällan en enskild varus miljöpåverkan, istället jämförs ofta olika alternativ t.ex. processer eller varor, som uppfyller samma funktion.

Genom analysen fås en systematisk kvantitativ genomgång av de *miljöeffekter*, som uppstår under en produkts eller tjänsts hela *livscykel*. Även kringaktiviteter som behövs i tillverkningskedjan tas med, t.ex. transport. En LCA ska omfatta potentiella hälsoeffekter, potentiella effekter på ekosystem och naturresursanvändning. Hur dessa delas in i olika typer av miljöeffekter, så kallade påverkanskategorier, varierar, men den indelning som rekommenderas i den Nordiska vägledningen (Lindfors *et al.* 1995) kan tjäna som utgångspunkt, se tabell 3.1.

Tabell 3.1 Förslag till indelning av miljöeffekter i påverkanskategorier.

Ett förslag till indelning av miljöeffekter i så kallade påverkanskategorier, som teoretiskt sett borde ingå i en LCA-studie, hämtat från den Nordiska vägledningen för LCA (Lindfors *et al.* 1995).

Påverkanskategori

Resurser – Energi och material

Resurser – Vatten

Resurser – Mark

Human hälsa – Tokikologiska effekter (utom arbetsmiljö)

Human hälsa – Icke-toxikologiska effekter (utom arbetsmiljö)

Human hälsa – påverkan i arbetsmiljön

Växthuseffekt

Ozonskiktstuning

Försurning

Övergödning

Fotooxidantbildning

Ekotoxikologiska effekter

Habitatförändringar och påverkan på biodiversitet

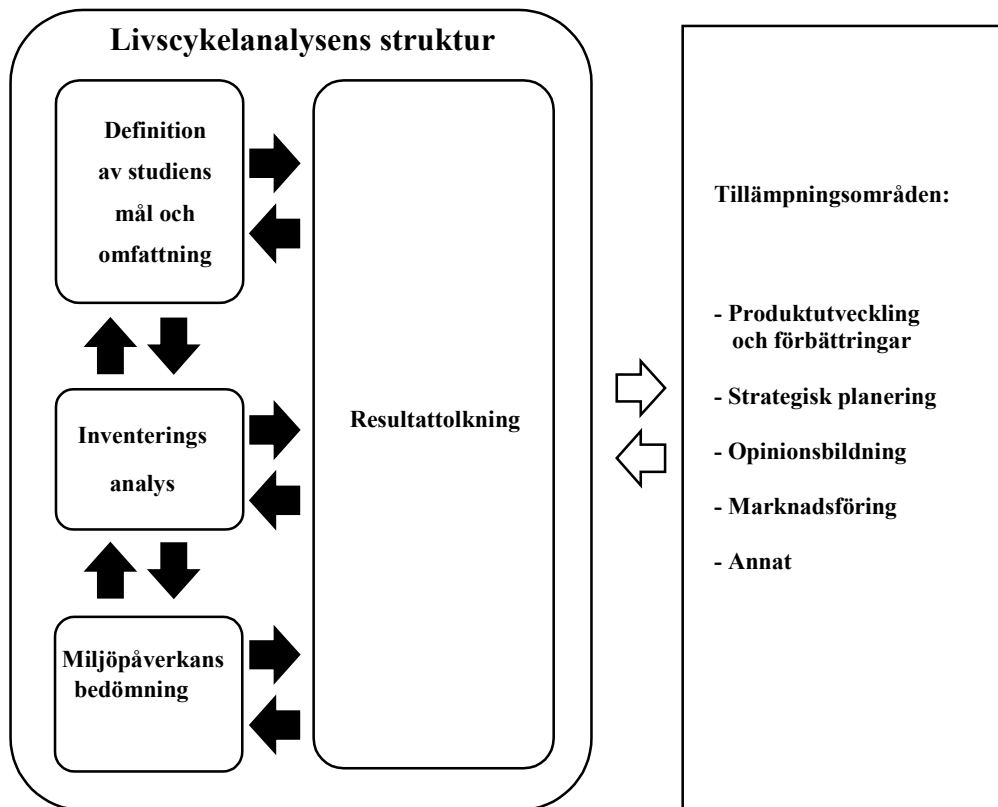
3.1 Utförande

Livscykelanalysen började utvecklas under 1970-talet parallellt med energianalyser, som metoden också influerades av. LCA är dock betydligt bredare än dessa analyser och i teorin studeras potentiell miljöpåverkan orsakad av en produkt under hela dess livstid, ”från vaggan till graven”. LCA-metodiken fick under 90-talet en bred accepterad struktur och en engelsk terminologi, främst tack vare SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry). I ISO 14040-14043 finns delstandarder för LCA, som till stor del grundas på arbeten samordnade inom SETAC. ISO 14040:1997 ”Principer och struktur” är antagen både som en svensk (SS) och en europeisk (EN) standard. Övriga delar av analysen som standardiseras är målbeskrivning, omfattning samt inventeringsanalys (14041), miljöpåverkansbedömning (14042) och tolkning (14043).

Utförandet av LCA kan sammanfattas i fyra steg, se nedan. LCA är en iterativ teknik, dvs. man kan behöva gå tillbaka till ett tidigare steg för att förbättra detta steg. Se även figur 3.1

- Definition av studiens mål och omfattning
- Inventeringsanalys

- Uppställande av flödesschema enligt valda systemgränser, så kallade processtråd.
- Datensamling
- Beräkningar
- Miljöpåverkansbedömning
 - Obligatoriska delar:
 - Val av miljöpåverkanskategorier, kategoriindikatorer, och karakteriseringsmodeller.
 - Klassificering
 - Karakterisering
 - Frivilliga delar:
 - Normalisering
 - Gruppering
 - Viktning
 - Analys av datakvalitet
- Resultattolkning



Figur 3.1 Livscykelanalysen är en iterativ process som kan delas in i fyra faser (modifierad efter ISO 1997).

Analysen inleds med en måldefinition i vilken frågeställningen och syftet med studien klargörs. Gränserna för det system som skall analyseras fastställs och beskrivs. Det ska framgå varför analysen genomförs, vilken fråga som ska besvaras och hur resultaten ska användas, samt om analysen görs översiktligt eller detaljerat. Det beslutas även hur arbetet ska organiseras. Det är viktigt att redovisa det som inte tas med i studien, t.ex. de miljöeffekter som inte beaktas. LCA ger bara meningsfulla resultat om hela system eller snarare olika sätt att utforma systemen jämförs. Exempelvis jämförs inte olika förpackningsmaterial med varandra, istället jämförs hela förpackningssystem som uppfyller samma funktion. Därför talar man om *funktionell enhet*, vilken används som en bas för

beräkning av alla värden. Exempel på en funktionell enhet är 1 m² målad yta som håller i tio år.

Nästa steg är inventeringsanalysen, där information om de ingående aktiviteternas miljöeffekter samlas in. Syftet är att kvantifiera alla flöden av olika material till och från det studerade tekniska systemet. Inventeringsanalysen kan sammanfattas i tre huvudsteg, uppställande av processtråd, datainsamling och beräkningar. I processtrådet preciseras de tekniska systemen i detalj. Här beslutas hur långt bakåt mot vaggan analysen skall gå, vad som skall inkluderas för att få så jämförbara system som möjligt m.m. I datainsamlingen tas hänsyn till geografisk giltighet, giltighet i tiden, teknisk giltighet, hur emissioner från avfallsdeponier skall beskrivas m.m. Inventeringsanalysen kan ge tillräcklig information för att uppfylla måldefinitionen. I sådant fall avslutas analysen här och kallas då livscykelinventering, LCI.

Det första steget i miljöpåverkansbedömningen innebär val av påverkanskategorier som ska ingå i studien. Man kan exempelvis göra ett urval av de kategorier som presenteras i Tabell 3.1. Man ska också göra ett val av metoder för de senare stegen. I klassificeringen grupperas emissioner m.m. under det miljöhot de hör till i påverkanskategorierna, t.ex. växthuseffekt, försurning och övergödning. Utsläppsmängder av olika ämnen sammanställs under den eller de typer av effekter de bidrar till. I karakteriseringen viktas de olika bidragen under respektive kategori samman till ett enda tal. Här fås en samlad bild av systemens potentiella bidrag till de olika *påverkanskategorierna* i klassificeringslistan. Efter karakteriseringen kan man välja att avsluta eller gå vidare med de frivilliga delarna.

Normalisering innebär att karakteriseringsresultaten jämförs med något referensvärde, exempelvis samhällets totala bidrag till respektive kategori under ett år. Grupperingen kan ses som ett kvalitativt värderingssteg där man kan sortera och rangordna olika alternativ. I viktningen viktas de olika resultaten från karakteriseringen eller normaliseringen samman till ett eller några få tal, med hjälp av vikt faktorer. En skillnad mellan karakteriseringen och viktningen är att karakteriseringen görs med i huvudsak traditionellt naturvetenskapliga metoder medan viktningen åtminstone delvis måste innehålla etiska och politiska värderingar. Resultaten från karakteriseringen och viktningen är till stor del beroende av vilka metoder som används. Då resultaten jämförs i livscykelanalysens fjärde steg, resultatolkning, måste hänsyn tas till osäkerhet samt till resultaten från hela livscykeln, inte bara karakteriseringen och/eller viktningen. En känslighets- eller osäkerhetsanalys är därför en viktig del av livscykelanalysen. En väl genomförd LCA fungerar som ett sorteringsverktyg för att avgöra vilken miljöpåverkan som kan minskas samt identifiera vilket eller vilka steg i en livscykel som svarar för det huvudsakliga bidraget till en viss miljöpåverkan. Detta steg kan man sedan studera vidare för att t.ex. undersöka ekonomiska och tekniska förbättringsmöjligheter (Lindfors och Antonsson, 1999).

Livscykelanalyser har ibland ambitioner att vara heltäckande. Det kan dock noteras att i praktiken klarar man normalt inte att täcka exempelvis alla de miljöproblem som nämns i Tabell 3.1 (Finnveden, 2000). Ofta ingår energi och material som resursflöden utan större dataluckor. Vidare täcks en del av de traditionella luftemissionskategorierna såsom växthuseffekten och försurning ganska väl. Andra kategorier finns ofta med, men med mer eller mindre allvarliga dataluckor. Detta gäller vanligen vattenanvändning, emissioner av human- och ekotoxiska ämnen, eutrofierande ämnen samt ämnen som bidrar till oxidantbildning. Ofta täcks luftemissioner bättre än vattenemissioner. Markanvändning och påverkan på den biologiska mångfalden ingår oftast inte.

3.2 Förenklad livscykelanalys

I praktiken är det ogörligt att utföra en fullständigt heltäckande livscykelanalys. Därför blir alla LCA-studier i någon mening förenklade (Todd och Curran 1999). En praktisk ansats för arbetet kan därför vara att starta med mindre detaljerade studier och arbeta mot mer detaljerade (Lindfors *et al.* 1995). Fortsatta studier kan vara en mer detaljerad LCA men också andra typer av analyser beroende på frågans art. Hur detaljerad studie som behöver göras beror på när man fått ett någorlunda entydigt svar på den fråga man är intresserad av. Olika sätt att förenkla livscykelanalysen kan sammanfattas enligt:

- Förenklad kvantitativ LCA,
- Screening LCA,
- Kvalitativ LCA.

Skillnaden mellan kvantitativ och kvalitativ LCA får ses som delar av ett kontinuum. Det går inte att kvantifiera allt och således måste kvalitativa data och uppskattningar finnas med för att skapa en helhetsbild också i en kvantitativ LCA. I en kvalitativ LCA kan hänsyn tas även till kvantitativ information i den mån sådan finns lätt tillgänglig.

3.2.1 Förenklad kvantitativ LCA

I en förenklad kvantitativ LCA är de flesta förenklingar inriktade på att minska behovet av datainsamling, eftersom inventeringen är den mest tidskrävande fasen av en LCA. Vid jämförande studier är det då viktigt att tänka på att systemgränser, datakvalitet och datakällor är så lika som möjligt mellan de jämförda systemen för att undvika ett missvisande resultat Christiansen (1997). Olika sätt att förenkla inventeringen kan sammanfattas enligt (Graedel 1998):

- Begränsa eller ta bort faktorer som är lika i de jämförda produktsystemen.
- Använd generiska data från exempelvis litteratur eller databaser istället för primära data som är specifika för den studerade produkten. Primär data finns sällan att tillgå utan att en allt för stor arbetsinsats krävs. Ibland kan även lagstadgade gränsvärden för utsläpp användas för att göra en ungefärlig uppskattning. (Lindfors *et al.* 1995)
- Begränsa eller ta bort de komponenter eller processer som anses ha begränsad betydelse.
- Begränsa eller ta bort livscykelstadier. En del analyser begränsas till vad som händer med produkten eller systemet inom fabriken. Denna analys kallas vanligen grind-till-grind. Ett annat vanligt tillvägagångssätt är att begränsa eller utesluta enbart uppströms livscykelstadier (t.ex. utvinning av resurser). Denna form av analys kan ha ett bredare perspektiv än grind till grind analysen, särskilt om utvärderingen av uppströms livscykelstadier är begränsad istället för utesluten. Ett tredje alternativ som kan vara användbart för materialleverantörer, vilka har lite kontroll över användningen av produkten, är att begränsa analysen till ”vagga-till-lager”.
- Ta endast med utvald miljöpåverkan. Exempelvis inkluderas endast den påverkan som anses ha högst uppfattad betydelse eller påverkan som redan är kvantifierad.
- Ta endast med utvalda inventeringsparametrar. Genom att endast använda utvalda parametrar, kommer endast de inventeringsdata att samlas in som behövs för att utvärdera påverkan från dessa. Begränsningen förenklar arbetet med inventering och miljöpåverkansbedömning. Detta görs ofta i praktiken, till följd av att data saknas eller för att det inte finns någon tillfredställande metod för miljöpåverkansbedömning

- Ta endast med beståndsdelar som överstiger en viss tröskelvikt eller volym. En analys kan begränsas till betydande beståndsdelar eller moduler. Denna begränsning förbiser små men kraftiga beståndsdelar (förenklingen skulle t.ex. inte fungera för att analysera medicinsk radioisotop utrustning), men den kan vara rättvis med tanke på effektivitet eller lätthanterlighet. Förenklingen är endast användbar för kvantitativa analyser.
- Begränsa eller ta bort miljöpåverkansanalysen.
- Använd kvalitativ information istället för kvantitativ. Kvantitativa data är ofta svåra att få tag på och kan ibland saknas. Kvalitativa data kan vara tillräckliga för att avslöja den potentiella påverkan från olika livsfaser. Den kvalitativa analysen gör det däremot svårt att jämföra en produkt med en annan produkt eller med annan utformning om uppskattningen är ungefär den samma.
- Screening med hjälp av en så kallad röd lista. Denna metod behandlar vissa aktiviteter eller val som är så inkorrekta ur miljöhänseende att ingen utformningsplan som inkluderar dessa skulle kunna genomföras. Exempel på sådan utformning är användning av kvicksilverbrytare i en produkt eller CFC i produktframställningen. En röd lista kan vara ett användbart verktyg under analysen, men risken finns att många livscykelstadier och påverkansfaktorer bortses.
- Utelämnatolkningar och rekommendationer.

Vissa av dessa metoder för förenkling betraktas som allmänt accepterade (exempelvis att ta bort delar ur analyserna som är lika i de jämförda systemen). Andra förenklingar bidrar till minskad precision i resultaten (exempelvis att använda lätt tillgängliga data). Ytterligare andra förenklingar kan leda till att man inte längre studerar hela livscykeln, med risk för att man missar väsentlig information.

3.2.2 Screening

En screening LCA kan betecknas som en förstudie till antingen en fullskalig eller en förenklad LCA. Syftet med screeningen är då att skilja ut de delar som är av störst betydelse för att sedan kunna studera dem närmare. Screening LCA kan ibland utföras som en kvalitativ LCA (Christiansen 1997).

Screening kan användas för att skilja ut vilka de viktigaste miljöeffekterna är under en produkts livscykel samt vilka delar av livscykeln det är som ger upphov till de största miljöeffekterna. Den kan också visa var de största dataluckorna finns. För att undvika att viktiga delar förbises måste en screeningsstudie vara heltäckande, om än på en låg detaljnivå.

Förutom att screening kan vara ett värdefullt verktyg vid utformningen av förenklade livscykelanalyser, kan den även användas som ett mer självständigt koncept. White *et al.* (1995) föreslår exempelvis att man med hjälp av screening kan identifiera var i livscykeln utsläpp av specifika ämnen görs. På grundval av detta kan sedan andra verktyg som exempelvis riskanalys användas för att utröna hur stor risken är för att skadliga effekter ska uppstå. Man kan också använda screeningsresultaten direkt för att visa var förbättringsåtgärder bör sättas in.

3.2.3 Kvalitativ LCA

I en kvalitativ LCA kan hänsyn tas även till kvantitativ information i den mån sådan finns lätt tillgänglig. En kvalitativ LCA kan vara användbar när man snabbt vill göra sig en så heltäckande bild som möjligt av en produkts miljöpåverkan ur ett livscykelperspektiv.

En kvalitativ LCA erbjuder ett ramverk att strukturera informationen kring när man snabbt behöver få en överblick över ett produktsystem och dess miljöpåverkan. Tidigt i en produktutvecklingsprocess kan en kvalitativ metod exempelvis vara ett realistiskt alternativ, innan tillräckligt med kvantitativa data finns tillgängliga eller när man snabbt vill testa nya lösningar.

Genom att rita upp ett flödesschema för produktsystemet och i stora drag kartlägga de in- och utflöden som sker under livscykeln erhålls en översiktlig bild. Denna bild kan dock vara nog så komplex och svår att ta till sig. Många metoder för kvalitativ LCA tillhandahåller därför någon form av checklistor och ibland även en matris med faser av livscykeln på den ena axeln och olika typer av miljöeffekter på den andra axeln.

För en mer utförlig genomgång av dessa förenklingar av LCA, hänvisas läsaren till (Johansson *et al* 2000).

4. Fallstudien

4.1 Den kvantitativa fallstudien

I rapporten El för fordon, Komparativ livscykelanalys för el- och förbränningsmotordrivna fordon under svenska förhållanden (Almemark *et al* 1999) görs en jämförande studie mellan förbränningsmotordrift och elfordonsdrift i Sverige. Stycket nedan baseras på denna rapport, då inte annat anges. De elbilar som ingår i studien är bilar med batterierna Nickelkadmium, Nickelmetallhydrid och Litium-jon. De drivmedel för förbränningsmotorer som ingår är bensin, diesel, naturgas och etanol E85.

Data till studien av LCA-metoderna

I den här rapporten används inventeringsdata för en bensinbil, etanolbil samt en elbil med ett Nickelkadmiumbatteri. Samtliga data är hämtade från Elforsks rapport 99:30, och är baserade på att bilarna används i Sverige under en period då utomhustemperaturen är +20°C.

Tillverkningen av drivlinor och elbilsbatteri samt transport på 1500 km till Sverige med eldrivet tåg antas ske med europeisk genomsnittsel (UCTPE). Skrotning av systemen antas ske i Sverige med svensk genomsnittsel. Som typfordon i alla tre fallen har Renault Clio använts. Till följd av svårigheter att hitta data för olika motor- och drivmedelsalternativ till denna bil, har dock data hämtats från flera olika biltyper. Med drivlina menas kraftöverföring, kylrör, kabel, katalysator och bensintank (Almemark *et al*, 1999). Det traditionella bilbatteriet som behövs i bränsledrivna bilar behövs även i elbilen och har därför exkluderats (Settervall 2001).

I studien framgår inte hur tillverkningsprocessen av bilarna går till, eller om produkterna är utformade med största möjliga hänsyn till miljön. Nedan följer en sammanfattning av de studerade bilarna.

Elbil

Batterierna är tillverkade med uteslutande jungfruligt material, förutom det kadmium som används i nickelkadmiumbatteriet vilket har antagits vara återvunnet till 100%. Detta eftersom det anses vara tekniskt möjligt och därför att det är osannolikt att det skulle bli möjligt att använda mindre andel återvunnet kadmium i Sverige. Batteriet är sammansatt av 19 stycken STM 5-100 MRE moduler som i sin tur består av 5 celler. Varje modul ligger på 6 V och har en lagringskapacitet på 100 Ah och väger 12,7 kg. El för drift av elbilen antas vara svensk genomsnittsel. Elbilens drivlina antas ha en livslängd på 175 000 km (Settervall 2001) och batteriet antas ha en livslängd på 100 000 km.

Bensinbil

Bensinen antas till mer än 50% utvinnas ur råolja från Norge. Bensinbilens drivlina, bensintank och katalysator antas ha en livslängd på 150 000 km (Settervall 2001).

Etanolbil

Etanolen antas vara en blandning av 85 vol-% etanol och 15 vol-% bensin. Framställningen antas ske med spannmål som råvara och olja som energivara. Etanolbilen antas ha en livslängd på 150 000 km (Settervall 2001).

4.2 De kvalitativa fallstudierna

För att utvärdera de förenklade LCA-metoderna har fyra olika alternativ studerats:

- Elbil driven med el producerad i kolkraftverk. (E.k)
- Elbil driven med el producerad i vattenkraftverk (E.v)
- Bensinbil (B)
- Etanolbil (Et)

Nedan följer en beskrivning av de förenklade LCA-metoderna MECO (Materials Energy Chemicals Others) och SLCA (Streamlined Life Cycle Assessment).

4.2.1 MECO

MECO-modellen är utvecklad av det danska Institutet för Produktutveckling (Wenzel H och Caspersen N) och dk-TEKNIK (Schmidt A) i samarbete med ett större danskt projekt. Användandet av modellen förklaras närmare i en handbok i miljövärdering av produkter, av den danska miljöstyrelsen (Pommer *et al* 2001). Detta avsnitt baseras på den handboken.

Modellen delar upp analysen av en produkt i fyra delområden vilka ger upphov till en produkts miljöpåverkan. Dessa delområden, vars engelska namn har namngett principen är: material (materials), energi (energy), kemikalier (chemicals) och övrigt (others) (Wenzel *et al* 1997).

Arbetet med MECO-modellen skiljer sig väsentligt från en fullständig LCA vad gäller följande två punkter:

1. MECO-modellen ser primärt till ingående strömmar (material och hjälpämnen), vilket begränsar datainsamlingen.
2. Miljövärderingen sker med gradvis stigande detaljeringsgrad.

Förenklingen i MECO kan vara så kraftig att resultatet inte är en livscykelvärdering utan endast en miljövärdering baserad på en livscykelanvändning. Men, man är noga med att inte skära i livscykelanalysens huvudelement, varför förenklingen till största delen består i att begränsa datainsamlingen. Tanken med den förenklade livscykelanalysen är att genomföra analysen gradvis. Uppgifter om den analyserade produkten struktureras i den så kallade MECO-matrisen, se nedan, vilken bör följas av LCA i ett datorprogram och en fokuserad LCA. Med MECO-matrisen fås en överblick över produktens livsförlopp i tabellform, vilket ger indikatorer för miljöpåverkan från material, energi, kemikalier och övrigt. Uppgifterna från analysen med MECO-matrisen kan användas för fortsatt arbete mot en mer fullständig LCA.

Tillvägagångssätt

Alla in- och utflöden från produktens livscykel skall kartläggas i MECO-matrisen. De ingående flödena inkluderar förbrukning av material och hjälpämnen samt energi. De utgående flödena inkluderar utsläpp till luft och vatten samt avfall.

En påverkanskategori i matrisen nedan fylls i åt gången, med utgångspunkt i den funktionella enheten samt det valda livsförloppet. Nedan följer även en beskrivning om vad som skall ingå i varje matriselement samt i vilken form det skall anges. Siffrorna i beskrivningen hänvisar till respektive matriselement.

Påverkan	Livsstadier				
	Material- anskaffningsfasen	Produktionsfasen	Användnings- fasen	Kvittblivnings- fasen	Transportfasen
1. Material a) mängd	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
b) resurs					
2. Energi a) primär	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5
b) resurs					
3. Kemikalier	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5
4. Övrigt	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5

Figur 4.1 MECO-matrisen.

1. Material

Med material avses de material som används till att framställa, använda och underhålla produkten. Det material som återvinns i kvittblivningsfasen tas med i beräkningarna, men får minustecken framför den återvunna mängden. Materialförbrukningen anges

- a) dels i mängder,
- b) dels omräknat till förbrukning av resurser.

Energianvändningen delas upp i primär energi och förbrukning av de resurser som används för att framställa energin.

För att kunna jämföra olika produkter bör användningen av material räknas om till förbrukning av resurser i millipersonreserv (mPR), se formel 1 nedan. Personreserv definieras som resursförbrukning i förhållande till de globala reserverna av en resurs, som är tillgänglig för en person och alla dess efterkommande.

$$\text{material [kg]} * \text{resursförbrukning för ämnet [mPR/kg]} = \text{materialet i mPR} \quad \{1\}$$

Resursförbrukningen för olika ämnen finns i tabell B.1 i Bilaga B i Pommer *et al* (2001).

1,1 De material som används i produkten, samt de resurser som behövs för att ta fram materialet till produkten. Utvinning och förarbetning av råämnen till materialen inkluderas i detta element.

1,2 De material som används i produktionsprocessen (t.ex. smörjningsolja till maskinerna), samt de resurser som behövs för att ta fram materialet till produktionsprocessen.

1,3 De material som krävs för att använda och underhålla produkten, samt de resurser som behövs för att ta fram detta material.

1,4 De material som krävs för att återvinna, återanvända eller deponera produkten. Återvunnet material tas upp men får minustecken framför. Resurserna för materialet beräknas enligt formel 1, ovan.

1,5 De material som krävs för att transportera produkten. Resurserna för materialet beräknas enligt formel 1, ovan.

2. Energi

a) Den energianvändning samt den energiform som används anges för produktens alla livsfaser, därtill kommer energianvändningen i materialframställningen.

b) Energianvändningen skall omräknas till förbrukning av resurser, enligt:

$$\text{Energianvändning [MJ]} / 1,025 [\text{MJ/mPR olja}] = \text{förbrukning av oljeresurser [mPR]} \quad \{2\}$$

2,1 Energianvändning i materialanskaffningsfasen beräknas med följande formel:

$$\text{Mängd material [kg]} * \text{primär energi för materialet [MJ/kg]} = \text{Primär energianvändning [MJ]} \quad \{3\}$$

2,2 Energianvändning i produktionsfasen: Då information saknas om energianvändning i produktionsfasen, kan energianvändningen sättas till 30 % av materialanskaffningsfasens. Energianvändning angiven som effekt eller el, skall omräknas till primärenergi, enligt:

$$\text{Elförbrukning [MJ]} * 2,5 = \text{primär energianvändning [MJ]} \quad \{4\}$$

$$\text{Elförbrukning [kWh]} * 9 = \text{primär energianvändning [MJ]} \quad \{5\}$$

Anges energianvändningen i form av energiresurser, omräknas de till energianvändning i MJ enligt:

$$\text{Mängd energiresurs [kg]} * \text{energiinnehåll [MJ/kg]} = \text{primär energianvändning [MJ]} \quad \{6\}$$

Energiinnehåll i resurser finns i bilaga B, tabell B.2 i Pommer *et al.*

2,3 Energianvändning i användningsfasen:

Energianvändningen redovisas fördelad på energiformer och omräknas till MJ. Detta genomförs enligt följande: redovisa den direkta energianvändningen och avgör om du skall tillgodoräkna eventuell energivinst vid sekundära avkastningar eller avgifter i användningsfasen. Räkna sedan om energianvändning angiven i el eller energiresurser, på samma sätt som i produktionsfasen, se ovan. Överväg även om det förbrukas energi vid underhållet av produkten, t.ex. vid rengöring.

Det kan förbrukas material i användningsfasen som också bör räknas med, dessa behandlas på samma sätt som energianvändning av material i produktionsfasen, se ovan.

2,4 Energianvändning i bortskaffelsefasen:

I denna fas beräknas energianvändningen eller tillvaratagen energi under bortskaffningen av produkten.

Plast, papper, papp och andra brännbara delar av en produkt återvinns eller förbränns vanligen vid bortskaffelsen av produkten. Då förbränning sker skall den värme som utvecklas tillgodoräknas i energiberäkningen. I denna inledande miljövärdering, tas icke hänsyn till värmeförluster eller dyl. Värmeutvecklingen beräknas genom att använda materialets energiinnehåll. Värmevärdet beräknas för varje material i produkten och det totala värdet anges i MECO-matrisen. Beräkningen genomförs med hjälp av följande formel:

$$\text{Mängd material [kg]} * \text{energiinnehåll [MJ/kg]} = \text{värmeeutveckling [MJ]} \quad \{7\}$$

Energiinnehåll finns i tabell B.2, bilaga B i Pommer *et al.*

I de fall då bortskaffningen omfattar en speciell behandling, bör energianvändningen tas fram och räknas med i den samlade energianvändningen, tex. vid bearbetning av material. I tabell B.3 , bilaga B i Pommer *et al.* finns den primära energianvändningen för några utvalda bearbetningsprocesser. Om energianvändningen vid bearbetning inte är känd, kan den approximeras till 50% av den energimängd som används vid framställning av materialet.

2.5 Energi i transportfasen:

Den energi som används vid transport baseras på transportsträckan samt på den mängd gods som skall flyttas genom produktens hela livstid. Den sammanlagda energianvändningen vid transport beräknas enligt:

$$\Sigma (\text{förflyttat material [kg]} * \text{avstånd [km]} * \text{energianvändning [MJ/(kg*km)]}) = \text{sammanlagd energianvändning [MJ]} \quad \{8\}$$

3. Kemikalier

Med kemikalier avses de kemiska ämnen som ingår i produkten samt alla hjälpämnen som ingår i produktens livscykel. Det gäller primärt hjälpämnen i produktionsprocessen, men även hjälpämnen för underhåll i användningsfasen. Det är viktigt att samla så mycket information som möjligt för att kunna värdera miljöeffekten. Den mest relevanta informationen kan hämtas från leverantörsbruksanvisningen, vilken producenter och importörer av farliga kemikalier skall utarbeta. Emissioner till miljön bör också tas med som kemikalier under respektive livsfas (Pommer *et al* 2001).

Informationen om de kemiska produkterna samlas med fördel i figur 4.2 nedan. Kemikaliens namn och CAS-nummer skrivs in i tabellen. CAS-nummer är en internationell benämning på kemikalier, vilka kan hittas på t.ex. Kemikalieinspektionens hemsida, <http://www.kemi.se/> . En översiktlig värdering av kemikalierna kan göras genom att ange om ämnet förekommer i någon listorna ”Listan över farliga ämnen”, ”Effektlista” och ”Listan över oönskade ämnen”. Samtliga listor är danska och finns på den danska Miljöstyrelsens hemsida, <http://www.mst.dk/> .

Ämne			Värdering		
Namn	CAS-nr	Användning	Klassificering	Effektlista	Lista över oönskade ämnen.

Figur 4.2 Värdering av kemikalier.

”Listan över farliga ämnen” innehåller ett stort antal ämnen, som har värderats av EU med hänsyn till miljö- och hälsoskadlighet. Det är en exempellista, men de ämnen som finns med på listan har en allmän användning. Ämnena är primärt värderade utifrån deras hälsopåverkan. Om ett ämne inte finns med på listan över farliga ämnen, kan man inte dra slutsatsen att ämnet är utan betydelse. Det enda man då vet är att information om ämnets egenskaper saknas. Finns ämnet med i listan, skrivs ämnets klassificering in i kolumnen klassificering. Klassificering av ett ämne innebär att enligt gällande föreskrifter dela in det i en eller flera faroklasser och att tilldela ämnet lämpliga riskfraser. (Kemikalieinspektionen

1995). Ämnens klassificering och riskfraser kan även hämtas från t.ex. Kemikalieinspektionens hemsida (<http://www.kemi.se>).

Effektlistan är en lista på 1 400 ämnen, vilka anses särskilt viktiga med hänsyn till deras miljö- och hälsoegenskaper. Om ämnet finns med på Effektlistan har ämnet miljömässiga eller arbetsmiljömässiga oönskade egenskaper. Det är möjligt att ämnet kommer att regleras inom snar framtid.

Listan över oönskade ämnena innehöll år 2000 c:a 60 ämnen, vilka har tagits med p.g.a. deras omfattande användning samt eftersom Miljöstyrelsen har dem under särskilt betänkande. Om ämnet finns med på listan över oönskade ämnen har detta ämne klara miljömässiga och / eller arbetsmiljömässiga problematiska egenskaper. Troligen kommer ämnet att förbjudas eller regleras på kort eller lång sikt.

Undersök om ämnena i produkten finns med i någon av dessa listor, finns de med i listan över oönskade ämnen eller i effektlistan, sätt ett kryss i motsvarande kolumn.

De listor som nu har nämnts tar inte hänsyn till de kemiska ämnen, som bryter ned ozonskiktet, eftersom de (i högsta grad) är förbjudna i Danmark. Ozonnedbrytande ämnen finns i tabell B.7, i bilaga B i Pommer *et al.*

3,1 De kemiska ämnen som ingår i produkten.

3,2 Hjälpmännen i tillverkningsfasen samt eventuella emissioner.

3,3 Hjälpmännen som används för underhåll i användarfasen samt eventuella emissioner.

3,4 Kemikalier och hjälpmännen, som används i bortskaffelsen av produkten samt eventuella emissioner som avges.

3,5 Kemikalier och hjälpmännen, som används i produktens transportfas samt eventuella emissioner som avges.

4. Övrigt

De miljöförhållanden som är viktiga för miljön, men som inte passar in under de andra rubrikerna tas in under rubriken övrigt. Exempel på sådant som kan tas upp är arbetsmiljö, buller, yttre miljö, som ändring eller beslagtagning av stora områden vid utvinning av råmaterial eller deponering av avfall. Ingår energi från vattenkraft vid utvinningen av råmaterial, kan ändring av stora arealer vid uppdämning vara intressant.

4,1 Övrig miljöförhållanden i materialanskaffningsfasen.

4,2 Övrig miljöförhållanden i produktionsfasen.

4,3 Övrig miljöförhållanden i användningsfasen.

4,4 Övrig miljöförhållanden i bortskaffningsfasen.

4,5 Övrig miljöförhållanden i transportfasen.

Tolkning av MECO -matrisen

När MECO –matrisen är ifylld är det dags att tolka resultatet. Om flera produkter undersöks, struktureras lämpligen informationen för produkterna så lika som möjligt.

För att försäkra sig om att de viktigaste aspekterna är med är det lämpligt att diskutera resultaten med en annan person, gärna från en annan verksamhet, som har kunskap om produkten och miljövärderingar.

Tolkning av material

Genom att räkna om förbrukningen av resurser till millipersonreserv (mPR) fås en värdering som tar hänsyn till om materialen i produkten är framställda av resurser i riklig eller begränsad mängd. Omräkningen förenklar en jämförelse av belastningen i millipersonreserv mellan de enskilda livscykel faserna i en produkts livstid eller mellan två eller flera produkter i samma livscykel fas. Vid jämförelsen bör hänsyn tas till eventuella anmärkningar under rubriken övrigt, som rör material.

För att det skall vara en betydlig skillnad mellan två jämförbara beräkningar av resursförbrukningen bör den ena vara 50% större än den andra.

Omräkningen till millipersonreserv har en viss osäkerhet eftersom hänsyn endast tas till kända reserver och icke förnyelsebara resurser, som t.ex. metaller och plast. All materialförbrukning i MECO-matrisen beräknas dessutom som nya resurser. Detta ger en konservativ värdering, om det skulle vara möjligt att använda återvunnet material.

Tolkning av energi

Energianvändningen delas upp i processenergi och energiinnehåll i material. Energianvändningen kan anges i MJ eller som förbrukning av energiresurser angett i mPR. Man kan t.ex. ställa upp energibalanser i MJ för två produkter och slå samman dessa. Redovisningen av energiresurser i mPR kan användas till att jämföra dessa med övrig resursförbrukning under rubriken material.

För att det skall vara en betydlig skillnad mellan två jämförbara beräkningar av energianvändningen bör den ena vara 50% större än den andra.

Observera att energianvändningen är omräknad till förbrukning av olja. Detta är en mycket konservativ värdering, eftersom energi kan framställas från andra mindre miljöbelastande råmaterial. Energianvändningen i mPR olja säger dock något om vilken resursförbrukning det är och kan därför jämföras med den resursförbrukning som är beräknad för material.

Tolkning av kemikalier

Till denna tolkning behövs både MECO-matrisen och figur 4.2, se ovan. Genom att använda listorna Effektlistan, Listan över oönskade ämnen, och Listan över farliga ämnen, kan en första sortering av ämnena göras efter typ 1, 2 eller 3, enligt:

- Typ 1: Ytterst problematiska ämnen.

Ämnen, som finns på Listan över oönskade ämnen, Effektlistan eller ämnen som är ozonnedbrytande, se t.ex. tabell B.7., bilaga B i Pommer *et al.*

- Typ 2: Problematiska ämnen.

De ämnen som finns på Listan över farliga ämnen av andra skäl än dess brand- eller explosionsfarlighet. Ämnen, för vilka upplysningar saknas.

- Typ 3: Mindre problematiska ämnen inklusive ämnen som finns med på Listan över farliga ämnen på grund av dess brand- eller explosionsfarlighet

Vi har i vårt arbete valt att tolka detta så att ämnen där det har varit svårt att inom givna tidsramar göra en klassificering i dessa typer har klassats som typ 2.

De ämnen som härfter väljs att värderas ytterligare beror på syftet med analysen och hur många ämnen som ingår i analysen. Börja med att ta med de viktigaste. De ämnen som är av typ 1 eller 2 och förekommer i riklig mängd bör värderas ytterligare i en så kallad kemikalievärdering.

En ytterligare värdering över vad som sker med kemikalierna under och efter användning kan göras. Detta innebär en värdering av vilken risk det finns att människa och miljö utsätts för kemikalierna. Om det används flera kemikalier eller hjälpämnen i en produkt eller om det förekommer stora mängder av en kemikalie är det viktigt att veta hur de påverkar omgivningen. Även om inte mängden kemikalier kan anges, kan resultatet av denna värdering ge en god bild av var problemet med kemikalierna finns.

Följande figur kan användas för att göra en bedömning av ämnens påverkan på omgivningen.

Ämne			
Följer ämnet med produkten (ja/nej)			
Typ			
Påverkan på omgivningen			
Arbetsmiljö	Luft	Vatten	Avfall

Figur 4.3 Påverkansbedömning av ämnen.

Genom att ange om ämnet följer med produkten under dess livstid, vet man om ämnet kan ge problem under kvittblivningen. Ange ämnens typ 1,2 eller 3. Om ämnet antas påverka arbetsmiljön, sätts ett kryss i denna ruta. Beroende på var ämnet antas släppas ut sätts ett kryss i rutan luft, vatten eller avfall. Ett minustecken sätts under det element till vilket ämnet inte släpps ut. Då information om påverkan på omgivningen saknas, sätts ett divisionstecken under motsvarande element. De ämnen som är ytterst problematiska eller problematiska samt släpps ut, utgör den största potentiella miljöbelastningen och bör värderas närmare.

Som en grov tolkning till kemikaliernas betydelse för miljöbelastningen i förhållande till energiproduktionen, kan följande uppgifter användas, enligt Pommer *et al.*: För några av de mest giftiga av de mest problematiska kemikalierna motsvarar miljöbelastningen från ett utsläpp av 1 gram till miljön den samlade miljöbelastningen vid produktion av 1 000-10 000 MJ elektricitet producerad i Danmark. De mindre farliga men ytterst problematiska ämnena motsvarar produktionen av 1- 10 MJ dansk el. Och de mindre problematiska ämnena motsvarar produktionen av mindre än 1 MJ dansk el.

Tolkning av övrigt

De övriga aspekterna kan man nöja sig med att beskriva kvalitativt. Tolkningen av dessa och jämförelsen mellan olika produkter är svår att genomföra i de fall det rör sig om olika aspekter.

Utveckla kemikalievärderingen

Om kemikalierna i produkten kan förväntas medföra en väsentlig påverkan på miljön eller hälsan i förhållande till råämnena i själva produkten bör en ytterligare kemikalievärdering utföras. Detsamma gäller då större delen av kemikalien släpps ut till miljön.

I handboken föreslås att miljövärderingen av kemikalierna i MECO-matrisen används som underlag för att genomföra en screening av kemikalierna i produkten, med avseende på dess farliga egenskaper. Med hjälp av screening kan man välja ut vilka kemikalier som har de mest skadliga egenskaperna och som därför bör värderas ytterligare. Det kan dock vara nödvändigt att värdera även andra kemikalier, som förekommer i riklig mängd eller som har skadliga egenskaper, vilka inte finns med på listorna i den inledande värderingen. I handboken föreslås att UMIP screeningsmetod används.

UMIP screeningsmetod är utvecklad med utgångspunkt i EUs riskklassifikation av kemiska ämnen (vilka används i Listan över farliga ämnen) med avseende på både miljö- och hälsoskadlighet. Riskklassifikationen kombineras med andra listor innehållande ämnens hälsoskadliga inverkan, cancerframkallande och allergiframkallande ämnen samt ämnen som ger reproduktionsskador eller skador på nervsystemet. Eftersom det inte är så vanligt att man har tillgång till dessa listor, samt eftersom informationen inte kan hanteras på Internet, inkluderas inte dessa listor. Däremot inkluderas listan över oönskade ämnen samt Effektlistan i screeningsmetoden. Hänsyn tas till om exponering sker eller inte samt till ämnets skadlighet, genom att poäng tilldelas. Poängen är ett mått på om ämnet exponeras, om det ackumuleras i miljön, eller bryts ned samt dess giftighet vid exponering.

4.2.2 SLCA

På det nordamerikanska företaget AT&T har Graedel och Allenby utvecklat en metod för kvalitativ LCA. Den beskrivning av metoden som följer här är baserad på Graedels bok ”Streamlined Life-Cycle Assessment”(Graedel 1998).

Enligt Graedel ska en relevant förenklad LCA ha följande karakteristika:

- Alla relevanta livscykel-faser ska utvärderas på något sätt.
- Alla relevanta påverkansfaktorer för miljön ska utvärderas på något sätt.
- SLCA ska inkludera de fyra elementen i LCA: mål och omfattning, inventeringsanalys, påverkansanalys och resultatgranskning. Dessa element behöver inte beskrivas kvantitativt utan kan beskrivas kvalitativt.

I sin bok kallar Graedel alla ansatser till förenklad LCA för SLCA, men här får hans och Allenbys metod gå under namnet SLCA. Metoden utgår från följande fyra så kallade ”Stora Mål” (Grand Objectives):

1. Upprätthålla människans existens.
2. Upprätthålla kapaciteten för en bärkraftig utveckling.
3. Upprätthålla diversiteten bland allt levande.
4. Upprätthålla planetens estetiska rikedom.

SLCA bygger på en 5*5 matris med olika faser av livscykeln på den ena axeln och olika källor till miljöbelastning på den andra axeln. Tanken är att analysen skall kunna genomföras snabbt, ungefär på två dagar. Att definiera den funktionella enheten blir mindre viktigt och

allokering undviks. Varje cell tilldelas ett värde mellan 0-4. Där 0 innebär högst påverkan och 4 innebär lägst påverkan på miljön. Poängen sätts utifrån en checklista, som bygger på de stora målen och kombinerar miljövetenskap och kunskap om industriell ekologi.

När en värdering med matrisen är utförd kan produktens totala miljöansvar beräknas som summan av alla matriselementen, med följande formel:

$$Re_{rp} = \sum_i \sum_j M_{ij} \quad \{10\}$$

Genom denna addering får alla celler i matrisen samma vikt, oavsett hur stor betydelse just den delen av livscykeln eller typen av miljöpåverkan har för det studerade systemet som helhet. För att få en mer relevant poängsättning har Graedel utvecklat en viktningsmetod där det livsstadium som anses vara mest miljöpåverkande värderas som hälften av det totala värdet och de andra fyra som en åttondel av det totala värdet. På samma sätt kan de miljöeffekter som anses ha större betydelse viktas högre. Detta ger möjlighet att få poängsättningen mer rättvis mellan de olika livsfaserna och påverkansfaktorerna, förutsatt att användaren från början vet hur denna viktning skall sättas. Graedel har även utvecklat en metod för att ta hänsyn till tid, avstånd, risk och exponering.

Graedel visar hur SLCA kan användas för att bedöma produkter, tillverkningsprocesser, anläggningar, tjänsteproduktion och infrastruktur. Beroende på vad det är som ska bedömas ser den studerade livscykeln lite annorlunda ut och det finns en matris med åtföljande förslag på checklista för var och en av de fem olika aktiviteterna. I den SLCA-matris som används för att bedöma produkters miljöpåverkan är den studerade livscykeln överensstämmande med den vi brukar se i traditionella livscykelanalyser och det är den som beskrivs här. Matrisen visas i figur 4.4, och det är denna tillämpning som har använts för att analysera bilarna.

Livscykelfas	Materialval	Energi-användning	Fasta Restprodukter	Flytande Restprodukter	Gasformiga restprodukter
Före tillverkning	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
Tillverkning	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5
Leverans	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5
Användning	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5
Återanvändning, återvinning, kvittblivning	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5

Figur 4.4 SLCA-matris för bedömning av en produkts livscykel.

Checklistorna består av ett antal villkor som man ska ta ställning till. Som exempel visas här checklistan bakom cellen 1,1 det vill säga "Före tillverkning" och "Materialval":

Om något av följande gäller får cellen värdet 0:

- I fall där leverantörer av komponenter eller subsystem används: Ingen eller lite information är känd om det kemiska innehållet i de levererade produkterna eller komponenterna.
- I fall där material fås från leverantörer: Ett ovanligt material används där ett rimligt alternativ finns tillgängligt. (Som ovanliga material definieras antimon, beryllium, bor, guld, kobolt, krom, kvicksilver, platinametallerna [Pt, Ir, Os, Rh, Ru], silver, torium och uran.)

Om följande gäller får cellen värdet 4:

- Inget jungfruligt material används i inkommande komponenter eller material.

Om inget av de föregående alternativen passar används nedanstående checklista. Cellen ges värdet 1, 2 eller 3 beroende på i vilken utsträckning produkten lever upp till vad som är att föredra med hänsyn till miljöanpassad produktutveckling.

- Är produkten utformad så att användningen av ovanliga material kan minimeras (se föregående lista)?

Är produkten utformad så att återvunnet material eller komponenter används närhelst det är möjligt?

Man kan notera att poängsättningen bygger på allvarligheten men också på om det finns möjligheter att minska påverkan som man har eller inte har utnyttjat (Johansson *et al* 2000).

Den första livscykelnsfasen, före tillverkning, tar upp påverkan på miljön till följd av utvinning av material från naturresurser, transport av materialen till fabriken, särskiljning eller rening av ämnena. Sådana processer är t.ex. smältning av malmer, raffinering av petroleum, och transport av dem till fabriken. När komponenterna kommer från leverantörer, inkluderar detta steg även en analys av påverkan från komponentframställningen. Frågorna handlar till stor del om huruvida ovanliga eller jungfruliga material används.

Det andra livscykelnsfasen är tillverkning av produkten. Frågorna ställs till stor del på hur själva tillverkningsprocessen är utformad.

Produktens paketering och transport behandlas i den tredje livscykelnsfasen, vilken även inkluderar framställningen av förpackningsmaterial, dess transport till fabriken, rester som genereras under förpackningsprocessen, transport av den färdiga och förpackade produkten till konsumenter och där så finns, installering av produkten.

Användning av produkten tas upp i den fjärde livscykelnsfasen, påverkan från konsumentvaror eller från underhåll under användningen inkluderas.

Den femte livscykelnsfasen inkluderar påverkan under produktens återanvändning eller från eventuell kassering av komponenter som är för svåra eller för dyra att återvinna.

5. Resultat från fallstudierna

I detta kapitel redovisas de resultat som fås efter användning av de två förenklade LCA-metoderna, samt det resultat som redovisades i LCA-studien El för fordon.

5.1 Resultat efter användning av MECO-metoden

I matrisen nedan redovisas de resultat som fås vid analys av bilarna med MECO-metoden. De faktorer som tas upp i matrisen nedan är de som huvudsakligen skiljer de olika bilarna åt. Frågetecknen beror på att beräkningar för vissa ämnen inte har kunnat genomföras. I bilaga A, redovisas samtliga beräkningar för de olika matriselementen för varje bil.

	Material anskaffningsfas	Produktionsfas	Användnings fas	Kvittblivningsfas	Transportfas
Material	1,1 Material i material anskaffningsfasen: Skillnader i innehåll (förutom mängder): B, Et.: porslin, Rh , Pl E.k, E.v.: PVC, nickel , kobolt, kadmium	1,2 Material i tillverknings fasen: B, E.k, Et, E.v: data saknas.	1,3 Material i användnings fasen: B, E.k, Et, E.v: data saknas.	1,4 Material i kvittblivnings fasen: B, E.k, Et, E.v: data saknas, för användning av material. E.v, E.k: Produkter från återvinningen: Cd: -21 kg Ferronickelskrot: - 58 kg	1,5 Material i transportfasen: B, E.k, Et, E.v: data saknas.
Resursförbrukning (PR)	B, E.t: ?+ 0,3 PR E.k, E.v: 180 PR	-----	-----	E.k., E.v.: Cd: -90 PR Ferronickelskrot: - ? PR	-----
Summa (PR)	B, Et: 0,3 PR E.v, E.k: 90 PR				
Energi (GJ primär energi)	2,1 Energi i material anskaffningsfasen: B, Et: ?+ 12 GJ E.v, E.k: ?+34 GJ	2,2 Energi i tillverknings fasen: B, Et: ?+ 4 GJ E.k, E.v: 5 GJ	2,3 Energi i användnings fasen: B: 420 GJ E.k, E.v: 380 GJ Et: 510 GJ	2,4 Energi i kvittblivnings fasen: B, Et: ?+ 3 GJ E.k, E.v.: 7 GJ	2,5 Energi i transportfasen: B ,Et: 0,2 GJ E.k, E.v.: 0,6 GJ
(PR)	B, Et: ?+12*10 ⁻³ PR E.v, E.k: ?+33*10 ⁻³ PR	B, Et: ?+ 4*10 ⁻³ PR E.v, E.k: 5*10 ⁻³ PR	B: 0,4 PR E.v, E.k: 0,4 PR Et: 0,5 PR	B, Et: ? + 3*10 ⁻³ PR E.v, E.k: 7*10 ⁻³ PR	B,Et.: 0,2*10 ⁻³ PR E.v, E.k: 0,6*10 ⁻³ PR
Summa (PR)	B: 0,4 E: 0,5 E.v, E.k: 0,4				
Kemikalier	3,1 Kemikalier i material anskaffningsfasen:	3,2 Kemikalier i tillverknings fasen:	3,3 Kemikalier i användnings	3,4 Kemikalier i kvittblivnings fasen:	3,5 Kemikalier i transportfasen: B, E.k, E.v, Et:

	<p>B, E.k, E.v, Et: Skillnader i innehåll (förutom mängder): B, Et.: Porslin, Rh (typ 2), Pl (typ 2) E.k, E.v.: PVC, Nickel (typ 1), kobolt (typ 1), kadmium (typ 1)</p> <p>För ingående kemikalier, se tabell 5.2 och 5.5. nedan.</p>	<p>B, E.k, E.v, Et: data saknas</p>	<p>fasen: B: bensin (typ 1) E.t: etanol (typ 3)</p> <p>Utsläpp under bränslecykeln finns i tabell 5.1, se nedan.</p>	<p>B, E.k, E.v, Et: data saknas</p> <p>Utsläpp: E.k, E.v: Utsläpp från återvinningen av 100 kg batterier är: 60 mg Cd till luft 0,04 mg Cd till vatten, 0,2 mg Ni till luft, 0,2 mg Ni till vatten. B, Et.: data saknas.</p>	<p>data saknas</p>
Övrigt	<p>4,1 Övrigt i material anskaffningsfasen:</p>	<p>4,2 Övrigt i tillverkningsfasen:</p> <p>B, E.v, E.k, Et: Råmaterial för framställning av europeisk elmix (används vid produktion): Koppar: 0,003 g/MJ el bränsle Stål: 0,309 g/MJ el bränsle</p>	<p>4,3 Övrigt i användningsfasen:</p> <p>B, E.v, E.k, Et: Eventuell miljöbelastning vid tankning inkluderas inte.</p> <p>Framställning av bensin (50% av råoljan antas komma från Norge) el från vattenkraftverk, kolkraftverk samt etanol</p> <p>Markanvändning för spannmålsodling, emissioner från gödsling och pesticider m.m.</p>	<p>4,4 Övrigt i kvittblivningsfasen:</p> <p>E.v, E.k; (Återvinning sker genom tömning av elektrolyt, pyrolyssteg och destillationssteg. Den flytande metallen droppas ned i vatten, pyrolysgasen förbränns, tvättas och filtreras. Den värme som utvecklas återvinns. Rökgaserna passerar genom dubbla filter och processvattnet renas i fabriken.)</p>	<p>4,5 Övrigt i transportfasen:</p> <p>B, E.v, E.k, B: Råmaterial för framställning av europeisk elmix (används vid transport): Koppar: 0,003 g/MJ el bränsle Stål: 0,309 g/MJ el bränsle</p>

Figur 5.1 Sammanfattande MECO-matris.

E.v.= Elbil, vattenkraft, E.k.= Elbil, kolkraft, B = Bensinbil, Et= Etanolbil. Ett frågetecken innebär att data saknas för att beräkna den aktuella parametern.

I tabell 5.1 nedan redovisas emissioner från hela bränslecykeln, från råvarutvinning till förbränning för den totala bränsleanvändningen för respektive bil under hela livsrytten (Uppenberg *et al*, 1999).

Tabell 5.1 Miljöpåverkan per bil och bränsle.

Data anger total miljöpåverkan från hela bränslecykeln. (Uppenberg *et al* 1999) Uppgifter om el från vattenkraft saknas i denna Miljöfaktabok.

Utsläpp till luft (kg)	El, kol	Bensin	Etanol	El från vattenkraftverk
NO _x	15	29	50	Uppgifter saknas
SO _x	24	13	6	
CO	14	77	163	
NMVOC	0,7	30	15	
CO ₂	32 000	34 000	9 200	
N ₂ O	0,5	8	14	
CH ₄	380	4	3	
Partiklar	9	2	27	
NH ₃	0,8	-----	-----	

Nedan följer en tabell med värdering av kemikalierna i bilen. Värderingen är utförd enligt Pommer *et al*.

Tabell 5.2 Kemikalier i materialanskaffningsfasen, användningsfasen och kvittblivningsfasen.

Klassificeringen är hämtad Nordiska ministerrådets databas med information om klassificering. Databasen finns på Kemikalieinspektionens hemsida (www.kemi.se). Påverkansbedömning finns i bilaga A.2.

Ämne			Värdering			
Namn	CAS- nr	Användning	Klassificering	Effektlista	Lista över Önskade Ämnen.	Typ
ABS plast	9003-56-9	Material i bilen	Saknas			2
Aluminium (pulver)	7429-90-5	Material i bilen	F; R15-17			2
Bensin	86290-81-5	Drivmedel	Carc.2; R45 Xn; R65	X		1
Etanol	64-17-5	Drivmedel	F;R11			3
Gummi (natur~)	68425-13-8	Material i bilen	Saknas			2
Hydroxider		Material i bilen	Saknas			2
Kadmium	7440-43-9	Utsläpp från återvinning av batteri, material i bilen	N; R50-53		X	1
Kobolt	7440-48-4	Material i bilen	R42/43	X		1
Koldioxid	124-38-9	Utsläpp vid drift av bilen	Saknas			2
Kolmonoxid	630-08-0	Utsläpp vid drift av bilen	F+; R12, Repr.1; R61, T; R23-48/23	X		1
Koppar	7440-50-8	Material i bilen	Saknas		X	1
Kväveoxider	10102-44-0	Utsläpp vid drift av bilen	T+; R26 C; R34			2
Metan	74-82-8	Utsläpp vid drift av bilen	F+; R12			3
Nickel	7440-02-0	Utsläpp från återvinning av batteri, material i bilen	Carc.3; R40 R43	X	X	1
Platina	7440-06-4	Material i bilen	Saknas			2
Polyeten (PE)	9002-88-4	Material i bilen	Saknas			2
Polyvinylklorid (PVC)	9002-86-2	Material i bilen	Saknas			2
Porslin		Material i bilen	Saknas			2

Rhodium	7440-16-6	Material i bilen	Saknas	2
Stål (fiber)	7439-89-6	Material i bilen	Saknas	2
Svaveldioxid	7446-09-5	Utsläpp vid drift av bilen	T; R23 C; R34 X	1
Vatten	7732-18-5	Material i bilen	Saknas	----

Tabell 5.3 Förklaring av faroklass.

Faroklass	Förklaring
F+	Extremt brandfarlig
Repr. 1	Reproduktionstoxisk, kategori 1
T	Giftig
N	Miljöfarlig
Carc. 2, 3	Cancerogen, kategori 2 respektive 3
T+	Mycket giftig
C	Frätande
Xn	Hälsoskadlig
F	Mycket brandfarlig

Tabell 5.4 Förklaring av riskfras.

Förklaring enligt (Kemikalieinspektionen 1995) samt Effektlistan (Danska Miljöstyrelsen, www.mst.dk).

Riskfras	Förklaring
R11	Mycket brandfarlig
R12	Ytterst brandfarlig
R15	Vid kontakt med vatten bildas extremt farliga gaser
R16	Explosivt vid blandning med oxiderande ämnen
R17	Självantänder i luft
R23	Giftigt vid inandning
R23-48/23	R 48/23: Giftigt: risk för allvarliga hälsoskador vid långvarig exponering genom inandning
R24	Giftigt vid hudkontakt
R26	Mycket giftigt vid inandning
R34	Frätande
R40	Möjlig risk för bestående hälsoskador
R42/43	Kan ge allergi vid inandning och hudkontakt
R43	Kan ge allergi vid hudkontakt
R45	Kan ge cancer
R50-53	Skadligt för vattenorganismer, kan orsaka skadliga långtidseffekter i vattenmiljön
R61	Kan ge fosterskador
R65	Farlig, kan ge lungskada vid inandning

Det största och minsta miljöproblemet för varje bil

Bensinbilen:

- **Fördelar:** Bensinbilen har låg resursförbrukning av material och låg energiförbrukning i materialanskaffningsfasen. Låg energianvändning i kvittblivningsfasen, då denna beräknas enligt formler i MECO-modellen. Lågst utsläpp av partiklar sett under hela bränslecykeln, då uppgifter saknas från el från vattenkraft.
- **Nackdelar:** Störst utsläpp av CO₂ (typ 2), och NMVOC (non-methane volatile organic compounds) sett under hela bränslecykeln, då uppgifter saknas från el från vattenkraft. Drivmedel av typ 1.

Etanolbilen:

- **Fördelar:** Låg resursförbrukning av material och låg energiförbrukning i materialanskaffningsfasen. Låg energianvändning i kvittblivningsfasen, då denna beräknas enligt formler i MECO-modellen. Bränsle av typ 3. Lägst utsläpp av SO_x (typ 2), CO₂ (typ 2) och CH₄ (typ 3) sett under hela bränslecykeln, då uppgifter saknas från el från vattenkraft.
- **Nackdelar:** Högst utsläpp av NO_x (typ 2), CO (typ 2) och partiklar sett under hela bränslecykeln, då uppgifter saknas från el från vattenkraft. Miljöpåverkan från jordbruket.

Elbil, 100% vattenkraft:

- **Fördelar:** Emissioner från produktion av vattenkraft bör vara låga.
- **Nackdelar:** Högst resursförbrukning och högst energianvändning i materialanskaffningsfasen. Högst energianvändning i kvittblivningsfasen. Miljöpåverkan från vattenkraft. Användning av Ni, Cd och andra ämnen som är klassade som typ 1.

Elbil, 100% kolkraft:

- **Fördelar:** Lägst resursförbrukning, av samtliga bilar, i användningsfasen. Lägst utsläpp under användningsfasen. Lägst utsläpp av CO, NMVOC, N₂O sett under hela bränslecykeln, då uppgifter saknas från el från vattenkraft.
- **Nackdelar:** Högst resursförbrukning och högst energianvändning i materialanskaffningsfasen. Högst energianvändning i kvittblivningsfasen. Högst utsläpp av SO_x och CH₄ sett under hela bränslecykeln, då uppgifter saknas från el från vattenkraft. Användning av Ni, Cd och andra ämnen som är klassade som typ 1.

Fördelar och nackdelar jämfört mellan bilarna.

- Elbil, 100% vattenkraft jämfört med elbil 100% kolkraft: Bilarna skiljer sig endast åt i produktionen av bränslet. Beslagtagning av stora arealer kontra utvinning av kol. Uppgifter om utsläpp under hela bränslecykeln saknas för el från vattenkraftverk, så den jämförelsen kan inte göras, men emissioner från produktion av kolkraft bör vara större än emissioner från produktion av vattenkraft.
- Bensinbil jämfört med etanolbil: Odling av spannmål för etanolproduktion kan ge upphov till andra typer av miljöproblem än produktion av bensin. Etanolen är klassad som typ 3 och bensinen som typ 1. Etanolbilen har lägre utsläpp av SO_x, NMVOC, CO₂, samt högre utsläpp av NO_x, CO, N₂O och partiklar än vad bensinbilen har, sett under hela bränslecykeln.
- Elbil (100% kolkraft) jämfört med bensinbil: Elbilen har högre resursförbrukning och energianvändning i materialanskaffningsfasen samt högre energianvändning i kvittblivningsfasen och transportfasen. Elbilen har högre utsläpp av SO_x, CH₄ och partiklar än vad bensinen har sett under hela bränslecykeln. Elbilens utsläpp under hela bränslecykeln av NO_x, CO, NMVOC och N₂O är lägre än bensinbilens.

I tabell 5.5, nedan redovisas de olika kemikalierna i bilarna, samt deras typindelning.

Tabell 5.5 Typindelning av bilarnas kemikalier.

Material	Typ	Materialmängd i elbilarna (kg)	Materialmängd i bensin- resp. etanolbilen (kg)
Aluminium	2	58	36
Gummi	2	6	
Kadmium	1	40	
Kobolt	1	3	
Koppar	1	14	5
Nickel	1	50	
PE	2	2	10
Plaster (antagande: ABS)	2	34	3
Platina	2		$1,5 \cdot 10^{-3}$
PVC	2	1	
Rhodium	2		$4,5 \cdot 10^{-3}$
Stål	2	230	120

Enligt tabellen ovan, fås att elbilarna innehåller större andel ämnen av typ 1, än vad bensin- respektive etanolbilarna gör. Bensinbilen använder dock bensin under användningsfasen som också är klassad som typ 1. Under den studerade livscykeln används ca 10 000 kg bensin.

5.2 Resultat efter användning av SLCA-metoden

I matrisen nedan redovisas de resultat som fås vid analys av bilarna med SLCA-metoden. I bilaga B, redovisas samtliga resonemang och beräkningar för de olika matriselementen för varje bil.

	Materialval	Energi-användning	Fasta Restprodukter	Flytande Restprodukter	Gasformiga Restprodukter
Före tillverkning	1.1 B: 2 E: 2 E.v: 2 E.k: 2	1.2 B: 2 E: 2 E.v: 2 E.k: 2	1.3 B: 2 E: 2 E.v: 2 E.k: 2	1.4 B: 2 E: 2 E.v: 2 E.k: 2	1.5 B: 2 E: 2 E.v: 2 E.k: 2
Tillverkningsprocessen	2.1 B, E, E.v, E.k: Uppgift saknas	2.2 B, E, E.v, E.k: Uppgift saknas	2.3 B, E, E.v, E.k: Uppgift saknas	2.4 B, E, E.v, E.k: Uppgift saknas	2.5 B, E, E.v, E.k: Uppgift saknas
Leverans	3.1 B, E, E.v, E.k: Uppgift saknas	3.2 B, E, E.v, E.k: Uppgift saknas	3.3 B, E, E.v, E.k: Uppgift saknas	3.4 B, E, E.v, E.k: Uppgift saknas	3.5 B, E, E.v, E.k: Uppgift saknas
Användning	4.1 B: 0 E: 2 E.v: 4 E.k: 4	4.2 B: 0 E: 0 E.v: 2 E.k: 2	4.3 B, E, E.v, E.k: Uppgift saknas	4.4 B, E, E.v, E.k: Uppgift saknas	4.5 B: 0 E: 0 E.v: 4 E.k: 4
Återanvändning, Återvinning, kvittblivning	5.1 B: 2 E: 2 E.v: 1 E.k: 1	5.2 B, E: Uppgift saknas E.v: ? E.k: ?	5.3 B, E, E.v, E.k: Uppgift saknas	5.4 B, E, E.v, E.k: Uppgift saknas	5.5 B, E: Uppgift saknas E.v: 2 E.k: 2

Figur 5.2 SLCA-matris, Bensinbil, Etanolbil och elbilar. B:12/36, E.k.: E.v: 23/40, E:14/36

Det största och minsta miljöproblemet för varje bil

För tillverkningsprocessen och leveransen saknas data, därför tas inte dessa faser med i denna jämförelse.

- Det största miljöproblemet för bensinbilen och etanolbilen är materialval, energianvändning och gasformiga restprodukter i användningsfasen. Bensinbilen saknar fördelar. Etanolbilen har något bättre materialval under användningen än vad bensinbilen har.
- Det största miljöproblemet för elbilarna är materialvalet i kvittblivningsfasen. De största fördelarna med elbilarna är materialval och gasformiga restprodukter i användningsfasen.

Den totala miljöpåverkan före tillverkning är lika för bensin-, etanol- och för elbilarna.

I användningsfasen får elbilarna 10 poäng, etanolbilen 2 poäng och bensinbilen 0 poäng. Skillnaden gäller materialval, energianvändning och gasformiga restprodukter.

Fördelar och nackdelar jämfört mellan bilarna.

- Elbil, 100% vattenkraft jämfört med elbil 100% kolkraft: I analysen med SLCA-metoden fås ingen skillnad mellan de två elbilarna.

- Bensinbil jämfört med etanolbil: Miljöpåverkan från bensinbilen och etanolbilen skiljer sig åt endast under användningsfasen, där materialvalet och de gasformiga restprodukterna är något mindre miljöfarliga för etanolbilen än för bensinbilen.
- Elbil (100% kolkraft) jämfört med bensinbil: Materialvalet i elbilens användningsfas medför enligt SLCA-metoden lägre miljöpåverkan än materialvet i bensinbilens användningsfas, då el inte klassas som konsumtionsvara. Elbilen ger upphov till mindre gasformiga restprodukter i användningsfasen och mindre energi- och materialanvändning i användningsfasen. Materialvalet i kvittblivningsfasen anses medföra högre miljöpåverkan för elbilen än för bensinbilen.

Enligt denna metod tas ingen hänsyn till produktion av konsumtionsvaror. Det innebär att produktionen av bensin, etanol och el inte ingår i det studerade systemet.

5.3 Resultat enligt den traditionella LCA-studien

Här får jämförelsen göras inom varje effektkategori. I studien har NiCd- batteriet drivet på svensk el vid 20 grader Celsius undersökts, ingen jämförelse kan därför göras mellan elbil driven på el från vattenkraft och el från kolkraft.

Det största miljöproblemet för varje bil:

Det största miljöproblemen med bensinbilen inom varje effektkategori är:

- Växthuseffekten: drift av bilen
- Försurning: produktion och skrotning av drivlina. (Med drivlina avses motor, kraftöverföring, kylrör, kabel, katalysator och bensintank, enligt Almemark *et al*, 1999.)
- Övergödning: drift av bilen
- Marknära ozon: drift av bilen

Det största miljöproblemet med etanolbilen inom varje effektkategori är:

- Växthuseffekten: drivmedelsproduktion
- Försurning: drivmedelsproduktion
- Övergödning: drivmedelsproduktion
- Marknära ozon: drift av bilen

Det största miljöproblemet med elbilen inom varje effektkategori är:

- Växthuseffekten: produktion och skrotning av batteriet
- Försurning: produktion och skrotning av batteriet
- Övergödning: produktion och skrotning av batteriet
- Marknära ozon: produktion och skrotning av batteriet

Följande tabell används i studien för att jämföra de olika bilarna med bensinbilen vid drift då utetemperaturen är +20 grader Celsius:

Tabell 5.6 Jämförelse mellan bränslealternativ.

Drivmedel	Fossil energivara	Naturrensurs	GWP	AP	EP	POCP	Avfall	Toxicitet till luft
NiCd, svensk el	++	--	++	0	0	++	--	+
E85	+	0	0 (+?)	-	--	0	0	0 (-?)

Tabellen tolkas enligt:

Tabell 5.7 Tolkning av jämförelse mellan bränslealternativ.

+ eller – inom parentes med ? innebär troligen bättre respektive sämre, men skillnaden uppfyller inte kriterierna.

Påverkanskategori	Värdet för påverkanskategorin, Som multipel av värdet för bensindrift	Beteckning	Betydelse
Fossil energivara och GWP	< 0,2 gånger	++	Signifikant bättre
	< 0,5 gånger	+	Troligen bättre
	> 2 gånger	-	Troligen sämre
	> 5 gånger	--	Signifikant sämre
Övriga kategorier	< 0,1 gånger	++	Signifikant bättre
	< 0,2 gånger	+	Troligen bättre
	> 5 gånger	-	Troligen sämre
	> 10 gånger	--	Signifikant sämre
	> 50 gånger	---	Mycket sämre
	Utanför gränserna ovan	0	Ingen signifikant förändring

Fördelar och nackdelar jämfört mellan bilarna.

- Elbil, 100% vattenkraft jämfört med elbil 100% kolkraft: jämförelsen kan inte göras
- Bensinbil jämfört med etanolbil: Etanolbilen är troligen bättre än bensinbilen vad gäller nyttjandet av fossil energivara. Etanolbilen är signifikant sämre än bensinbilen vad gäller inverkan på övergödningen, och troligen sämre vad gäller inverkan på försurningen.
- Elbil (svensk el) jämfört med bensinbil: elbilen är signifikant bättre än bensinbilen vad gäller bidrag till växthuseffekten, utnyttjande av fossila energivaraer samt bildandet av markozon. Elbilen är signifikant sämre vad gäller nyttjande av naturresurser, samt bildandet av avfall. Elbilen är troligen bättre vad gäller utsläpp till luft.

I karaktäriseringsresultatet i livscykelanalysen, kan följande utläsas:

Bensinbilen ger den högsta påverkan av de tre bilarna på växthuseffekten, och marknära ozon. Etanolbilen ger den högsta påverkan av de tre bilarna på försurningen, övergödningen. Elbilen ger lägst påverkan av de tre bilarna på växthuseffekten, övergödning, försurning, samt bildandet av markozon.

5.4 Jämförelse av resultaten från de olika studierna

Fördelar och nackdelar jämfört mellan bilarna.

Elbil, 100% vattenkraft jämfört med elbil 100% kolkraft:

- SLCA: Analysen med metoden gav ingen skillnad mellan elbilarna med de olika bränsletyperna.
- MECO: Skillnad i framställning av el för drift av bilarna. Beslagtagning av stora arealer för framställning av vattenkraft kontra utvinning av kol. Emissioner från produktion av kolkraft bör vara större än emissioner från produktion av vattenkraft.
- LCA: I den traditionella LCA-studien gjordes inte denna jämförelse.

Bensinbil jämfört med etanolbil:

- SLCA: Miljöpåverkan från bensinbilen och etanolbilen skiljer sig åt endast under användningsfasen, där materialvalet (drivmedlet) är något mindre miljöfarligt för etanolbilen än för bensinbilen.

- MECO: Odling av spannmål för etanolproduktion ger upphov till andra typer av miljöproblem än produktion av bensin. Etanolen är klassad som typ 3 och bensinen som typ 1. Etanolbilen har lägre utsläpp av SO_x, NMVOC, CO₂, samt högre utsläpp av NO_x, CO, N₂O och partiklar än vad bensinbilen har, sett under hela bränslecykeln.
- LCA: Etanolbilen är troligen bättre än bensinbilen vad gäller nyttjandet av fossil energivara. Etanolbilen är signifikant sämre än bensinbilen vad gäller inverkan på övergödningen, och troligen sämre vad gäller inverkan på försurningen.

Elbil jämfört med bensinbil:

- SLCA: Elbilen ger upphov till mindre gasformiga restprodukter i användningsfasen samt mindre energi- och materialanvändning i användningsfasen än vad bensinbilen gör. Materialvalet i elbilens kvittblivningsfas ger upphov till högre miljöpåverkan än vad materialet i bensinbilen gör.
- MECO: Om man jämför elbilen som drivs med el från kolkraft så har elbilen högre resursförbrukning och energianvändning i materialanskaffningsfasen samt högre energianvändning i kvittblivningsfasen och transportfasen. Elbilen har högre utsläpp av SO_x, CH₄ och partiklar än vad bensinen har sett under hela bränslecykeln. Elbilens utsläpp under hela bränslecykeln av NO_x, CO, NMVOC och N₂O är lägre än bensinbilens.
- LCA: I den kvantitativa LCA-studien jämförs en elbil som drivs med el från svensk genomsnittsproduktion. Då anses elbilen vara signifikant bättre än bensinbilen vad gäller bidrag till växthuseffekten, utnyttjande av fossila energivaror samt bildandet av markozon. Elbilen är signifikant sämre vad gäller nyttjande av naturresurser, samt bildandet av avfall. Elbilen är troligen bättre vad gäller utsläpp till luft.

6. Resultat och diskussion av utvärderingen

6.1 Utvärdering av MECO- och SLCA-metoderna

I tabellen nedan redovisas de kriterier vi har använt för att utvärdera MECO- och SLCA metoderna, samt resultaten från utvärderingen.

Tabell 6.1 Utvärdering av metoderna.

Kriterier för utvärdering	MECO	SLCA	Den kvantitativa LCA:n
Finns möjlighet att tillfoga kvalitativ information?	Ja, under övrigt	Nej, inte i matrisen	Nej, inte i detta fall
Inkluderas toxisk påverkan?	Ja	Ja	Ja, i detta fall
Inkluderas markanvändning?	Ja, kvalitativt under övrigt	Nej	Nej, inte i detta fall
Inkluderas produktion av konsumtionsvaror?	Ja	Nej	Ja, i detta fall
Används någon viktningsmetod?	Nej	Möjlighet att få ett aggregerat tal för produktens totala miljöpåverkan	Nej, inte i detta fall
Är metoden lätt att utföra?	God, men begränsning av listorna	Beror på information om processerna	
Hur stor är den ungefärliga tidsåtgången?	Beror på informationstillgänglighet och användarens erfarenhet. I detta fall 1-2 veckor för alla fyra bilarna.	Beror på informationstillgänglighet och användarens erfarenhet. I detta fall 1-2 veckor för alla fyra bilarna.	Månader
Hur stort är utrymmet för godtycke?	Visst	Stort	Visst
Vad är metoden avsedd för?	Produktutveckling	Produktutveckling	Brett användningsområde
Hur stor är metodens flexibilitet?	Viss	Liten	Viss
Resultat från fallstudien jämfört med den kvantitativa LCA:n som referens.	Se texten nedan	Se texten nedan	

6.1.1 Resultatjämförelse

Det är intressant att notera att de tre olika metoderna som har använts här ger olika typer av information. Den kvantitativa LCA:n ger kvantitativa resultat, i det här fallet för olika effektkategorier (i andra fall kan en viktningsmetod användas som ger totala sammanvägda resultat). Den kvantitativa LCA:n ger resultat för några effektkategorier, dock inte alla relevanta. Sålunda ingår exempelvis inte toxiska effekter eller effekter av markanvändning.

MECO-metoden ger vissa kvantitativa resultat, i första hand för energi- och resursanvändningen. Vidare fås listor över kemiska ämnen som används med en preliminär prioritering i tre grupper. Slutligen kan man under rubriken ”övrigt” notera övrig information

som kan vara relevant. Jämfört med den kvantitativa LCA:n i detta exempel så fås både mindre och mer information med MECO-metoden. Man får mindre information för vissa traditionella effektkategorier, men mer information vad gäller toxiska ämnen och övrig påverkan.

SLCA-metoden ger en semikvantitativ information om de olika elementen i SLCA-matrisen. Dessa kan sedan aggregeras till ett eller ett begränsat antal tal, om man tror att alla element i matrisen är lika viktiga (eller är beredd att göra någon annan prioritering för att modifiera viktningen). Detta är en skillnad mot MECO-metoden som inte ger ett aggregerat tal.

De tre olika metoderna ger delvis olika resultat och slutsatser. En av slutsatserna från den kvantitativa LCA:n var att en elbil kan ge signifikanta minskningar av användning av fossila bränslen och emissioner av koldioxid, beroende på hur använd el produceras (Almemark *et al*, 1999). Detta är en typ av slutsats man inte kan dra från SLCA-metoden eftersom produktionen av el inte ingår i studien. I en snäv MECO-matris syns det inte heller, eftersom man räknar all energi som oljeekvivalenter. Det finns dock en flexibilitet i MECO-metoden så att man dels kan göra kommentarer under ”övrigt”-rubriken och dels kan ta med emissionsdata om sådana finns lätt tillgängliga. I vårt fall som redovisas ovan, tog vi emissionsdata från en bränsledatabas som tydligt illustrerar elproduktionens betydelse för luftemissionerna.

En annan slutsats från den kvantitativa LCA:n är att en av elbilens nackdelar är resursanvändningen för produktion av batterierna (Almemark *et al*, 1999). Detta är ett resultat som också framgår av MECO-metoden men inte i SLCA-matrisen, där alla biltyperna får samma poäng för fasen ”Före tillverkning”. En tredje slutsats som lyfts fram i sammanfattningen av den kvantitativa LCA:n är att elbilarna genererar större avfallsmängder. Detta är resultat som framkommer varken i MECO- eller SLCA-metoden.

Om man i SLCA-metoden aggregerar data så fås en rangordning av de olika bilarna. Enligt denna är elbilarna att föredra framför etanolbilen före bensinbilen. En lika entydig aggregering görs inte i MECO eller den kvantitativa LCA-studien. En förklaring till detta resultat kan dock vara att en del som är väsentlig i elbilarnas livscyklar, nämligen produktionen av el, inte ingår i SLCA-analysen.

MECO-metoden ger en del kvalitativ information om toxiska ämnen och markanvändning med mera som inte ges i de andra metoderna.

Diskussionen i detta avsnitt indikerar att en del av de resultat som ges i den kvantitativa LCA:n inte finns i MECO- eller SLCA-metoderna. Å andra sidan producerar MECO en del resultat som inte finns i vare sig den kvantitativa LCA:n eller i SLCA. Man kan därför säga att MECO och den kvantitativa LCA:n i viss mån kan komplettera varandra. SLCA:n inkluderar inte hela livscykelperspektivet, eftersom produktionen av konsumtionsvaror, i detta fallet el och bränslen, inte ingår. Detta kan leda till att man missar viktiga miljöaspekter.

6.1.2 Metodernas användbarhet

Både MECO och SLCA är avsedda för produktutveckling. Vi har fokuserat på hur dessa metoder skulle kunna användas inom upphandling, istället för produktutveckling. Vissa kommentarer skulle därför kunna vara annorlunda om vi hade haft produktutvecklarens

perspektiv. Exempelvis använder produktutvecklaren metoderna för att finna möjligheter att förbättra produkten, medan en upphandlare fokuserar på själva produkten. Valet av produkt beror på att bilar är relativt komplicerade produkter, som liknar vissa militära produkter. Vi tror att de valda produkterna dessutom kan ha generell tillämpning.

Metodernas användbarhet beror givetvis även på användarens kunskaper samt vilken form av information som efterfrågas. Vill användaren exempelvis få miljöpåverkan i form av ett enda tal är SLCA den mest lämpliga metoden.

MECO-metoden är lätt att använda om man följer den handbok som har getts ut av Pommer *et al.* Men, man är begränsad till de ämnen som tas upp i bilaga B i Pommer *et al.* Då ämnen, vilka kan ha stor betydelse, saknas i dessa listor bör användaren fråga experter eller olika centraler efter mer information om ämnena. Man behöver veta vilka material som ingår i produkten, samt i vilken mängd. Ytterligare en begränsning med listorna är att de är danska. Exempel på listor som kan användas i Sverige är N-Class listan, eller Kemikalieinspektionens Klassificeringslista. Dessa listor finns på Kemikalieinspektionens hemsida, www.kemi.se och de kan användas i stället för ”Listen over farlige stoffer”.

SLCA-metoden kan vara svårare att använda. Det är svårt att veta hur man ska handskas med alla delfrågor i SLCA, och hur poängen ska sättas rättvist. Frågorna som gäller livsfasen före tillverkning, kan lätt tolkas till att sätta 0 poäng för alla kategorier om man hårdrar det som står i frågan. Man behöver veta hur produktionsprocessen går till, hur materialen har valts etc. Kunskapskraven är därför relativt höga. Svårigheterna med användandet av denna metod illustreras också av att vi inte kunde poängsätta ett stort antal av elementen i matrisen.

Tidsåtgången är svår att utvärdera. Idealt sett ska man kunna genomföra en förenklad analys på storleksordningen ett par dar. Om det är möjligt beror dels på hur mycket information som finns tillgänglig när analysen startar, dels på erfarenheter hos den som gör analysen. MECO kräver information om ingående material och kemikalier. SLCA kräver i princip samma information men dessutom information om hur produktionsprocesserna går till, förpackningsmaterial osv. och kan därför anses vara mer informationskrävande.

SLCA-metoden ger ett visst utrymme för godtycke. När man ska poängsätta de olika elementen måste man ta ställning till frågor som vad som är ”signifikant” och liknande. Olika människor kan därmed göra olika bedömningar. Detta illustreras av resultaten när Graedel och Allenby (1998) tillämpar metoden på en bensinbil. Deras poängsättning är generellt högre än vår. Ett exempel är elementen för materialval, energianvändning och gasformiga restprodukter under produktens användningsfas. För dessa tre element ger vi poängen 0, 0 och 0 (Figur 5.2) medan Graedel and Allenby ger poängen 1, 2 och 2. Ett annat exempel på möjligheter till godtycke är vid aggregeringen. Om man tror att alla element är lika viktiga så kan talen aggregeras. Det finns dock utrymme för att vikta upp vissa faser eller typer av miljöpåverkan. Några riktlinjer för när man ska göra det eller hur mycket man ska göra det är dock svårt att hitta, och det finns därför ett stort utrymme för godtycke.

6.1.3 Kommentarer om MECO-metoden

All energi som används i de olika livscykel faserna skall räknas om till förbrukning av oljeresurser. Om denna rekommendation följs lämnas inget utrymme för att beskriva vilka energiråvaror som används i de olika livscykel faserna. Handboken tar upp att det är en mycket konservativ värdering att räkna om all energianvändning till förbrukning av olja,

eftersom energi kan framställas ur mindre miljöbelastande råämnen. Genom att räkna om energianvändningen till millipersonreserv olja, så kan den jämföras med resursförbrukningen under material.

Man använder en speciell metod för att vikta olika typer av resursanvändning mot varandra. I denna metod används kvarvarande reserver som bas för viktningen. Reserver definieras då som kända och ekonomiskt lönsamma. Det finns dock andra metoder (se exempelvis Finnveden, 1996 och Lindeijer *et al*, 2001 för översikter) som ger andra resultat (exempelvis Lindfors *et al*, 1995). I en vidareutveckling kan man fundera över om man bör använda andra metoder.

Den mängd material, energi och kemikalier som kan återvinnas, tas med i matrisen med ett minustecken framför. Detta innebär att den återvunna mängden tillskrivs den produkt som kan använda de återvunna mängderna material, energi eller kemikalier. Det här innebär en slags lösning på ett allokeringssproblem (se exempelvis Ekvall och Finnveden, 2001). Det är dock en lösning som kan och bör diskuteras i ett fortsatt arbete.

Kemikalievärderingen sker här genom en indelning i tre typer med hjälp av danska listor. Vi har valt att dela in de ämnen som inte finns med på dessa listor och som har varit svåra att dela in i de tre typerna som typ 2. Detta kan ge ett felaktigt resultat.

En ytterligare aspekt som kan undersökas för en anpassning till Sverige och svensk kemikaliepolitik är därav vilka kemikalielistor man ska ersätta eller komplettera de danska listorna med. En möjlig komplettering kan vara att i stället för listor ställa upp kriterier för ämnena och fokusera på ämnenas egenskaper.

6.1.4 Kommentarer om SLCA

För att kunna svara på frågorna i SLCA-matrisen bör information finnas om hur de olika processerna under produktens livscykel är utformade, t.ex. hur materialhanterings-, tillverknings-, transport-, förpacknings- och återvinningsprocesserna är utformade. Frågorna är vinklade så att man bör veta om processerna är utformade med syftet att vara så miljövänliga som möjligt. Det frågas t.ex. om produkten är utformad så att återvunnet material har använts där så är möjligt. Information kanske finns om hur mycket material som är återvunnet, men inte om det är möjligt att mer material skulle kunna vara återvunnet.

För att erhålla kunskap för att kunna svara på frågorna krävs att information samlas in från de olika processerna i produktens livsstadier. I SLCA rekommenderas två dagar som lämplig tid för att utföra analysen. Det är tveksamt att ett underlag för att kunna svara på alla frågorna till matrisen kan samlas in under endast två dagar.

Många frågor vinklas så att ett miljöskadligt alternativ kan få en högre poäng om det inte finns några andra lämpliga alternativ. T.ex. om en toxiskt ämne används och lämpliga alternativ finns tillgängliga får produkten lägre poäng. Men, om det inte finns några lämpliga alternativ tillgängliga får produkten högre poäng, trots att ämnet fortfarande är lika giftigt. Även om produkten är utvecklad med hänsyn till minsta möjliga miljöpåverkan behöver det inte betyda att produkten har låg miljöbelastning, eftersom den fortfarande kan innehålla miljöfarliga ämnen. Det spelar ingen roll om den produkt som analyseras använder ett alternativ som är bättre än många andra, utan endast om det alternativ produkten använder är

sämre än något alternativ som finns tillgängligt. SLCA är utvecklad för produktutveckling. Då metoden används inom produktutveckling är det intressant att veta vad man kan göra för att minska produktens miljöbelastning. Vid upphandling fokuseras istället på vilken miljöpåverkan själva produkten ger upphov till. Dessa frågor passar därför bättre inom produktutveckling än inom upphandling.

Frågorna för att tilldela den högsta eller lägsta poängen består av ett antal påståenden som antingen skall uppfyllas helt eller delvis, för att sätta poängen 4 eller 0. Frågorna som används för att sätta poängen där emellan består av ett antal påståenden, utifrån vilka användaren själv får avgöra om poängen skall vara 3, 2 eller 1. Därav kan resultaten bli olika beroende på vem som gör analysen.

I vissa frågor är formuleringen sådan att man bör veta om det sker betydande eller signifikanta mängder utsläpp. Användaren får då själv avgöra vad som menas med betydande emissioner. Är det betydande mängder i förhållande till produkten i övrigt, eller i förhållande till andra likvärdig produkter, eller i förhållande till vad som släpps ut inom området? (T.ex. fråga 1.2-1.5.)

Poängen bör inte användas för att jämföra olika produkttyper med varandra, utan endast produkter inom samma produktgrupp. I och med att SLCA har ett poängsystem kan man urskilja de delar av produkten/systemets livscykel som bör förbättras ur miljösynpunkt (förutsatt att poängen sätts rätt). D.v.s. metoden kan inte enbart användas för att jämföra produkter, utan även för att se var i produktionsprocessen förbättringar bör ske. Men, poängsystemet kan även vilseleda. t.ex. handlar frågorna under rubrik leverans, till större delen om förpackningar. Dessa frågor har samma viktningstal som övriga frågor. Därför anses förpackningarnas miljöpåverkan vara lika allvarlig som t.ex. utsläppen vid användning av varan, vilket inte alltid är fallet. För att få en jämnare poängsättning finns en viktningsskala utvecklad, se vidare under rubrik 5.2 SLCA.

Tillverkningen av konsumtionsvarorna tas inte upp i frågorna. Den fråga som snuddar vid detta är fråga 4.1, Materialval under användning, där man frågar om konsumtionsvarorna innehåller betydande mängder av material med begränsat utbud eller toxiska/ riskfyllda ämnen. Då konsumtionsvarorna är el från ett kolkraftverk respektive el från ett vattenkraftverk, innehåller ingen av varorna betydande mängder av material med begränsat utbud eller toxiska/ riskfyllda ämnen. Däremot är el från kolkraftverk producerad genom utnyttjande av betydande mängder material med begränsat utbud. Genom att följa metoden så som den beskrivs i boken, fås ingen skillnad mellan en elbil med el från kolkraftverk, eller en elbil med el från vattenkraftverk.

6.1.5 Slutsatser

SLCA-metoden har en del brister. Bland bristerna finns att den inte täcker hela livscykeln, den kräver rätt mycket information och det finns ett ganska stort utrymme för godtycke. Den är också ganska oflexibel och svår att vidareutveckla. Vi rekommenderar därför inte en användning av SLCA-metoden.

MECO-metoden visar i jämförelse med SLCA-metoden flera positiva egenskaper. Det verkar rimligt att fokusera på ingående material i ett tidigt skede eftersom det är lättare att få information om detta än om emissioner. Vidare verkar det rimligt att fokusera på energi och kemikalier där energianvändningen kan fungera som indikator för flera miljöproblem. Vidare

finns en flexibilitet att man kan ta hänsyn till kvantitativ information när sådan finns. Det är också intressant att notera att MECO-metoden producerade information som kompletterade den kvantitativa LCA:n. Vi tror samtidigt att det kan finnas skäl att vidareutveckla MECO-metoden och anpassa den till svenska förhållanden.

6.2 Allmän diskussion om förenklad LCA

En förenklad metod ger mindre information än en icke förenklad metod. Det är därför viktigt att veta vilken information man kan bortse från och ändå ha användning av resultatet.

Ett generellt problem med kvalitativa analyser är hur man ska kunna jämföra olika aspekter. Som nämdes ovan är livscykelanalyser jämförande analyser. Antingen jämför man med ett alternativt system, eller med en referens, eller internt inom det analyserade systemet för att identifiera viktiga miljöaspekter. Om man inte har någon kvantitativ dimension så kan dock problem uppstå vid jämförelsen och detta kan hindra användbarheten av kvalitativa metoder. Vad gäller kvantitativa metoder kan det, å andra sidan, vara ett problem att komplexa förhållanden reduceras till ibland osäkra sifferdata som kan användas på ett onyanserat sätt.

Svårigheten att göra jämförelser kan dock vara olika viktig i olika tillämpningar av en LCA. Teoretiskt kan vi skilja mellan två extremfall:

1. Alternativ – LCA, där man jämför två eller flera alternativ för att välja ett av dem.
2. Åtgärds-LCA, där man identifierar nyckelaspekter i ett system för att sedan föreslå åtgärder.

I praktiken har man ofta en blandning av dessa tillämpningar, men tyngdpunkten kan variera i olika studier och i olika faser av ett projekt. Den första tillämpningen ställer mycket högre krav på kvantitativ information än den andra. Låt oss illustrera det med något exempel. Om produkt A innehåller den miljöfarliga kemikalien X och produkt B den miljöfarliga kemikalien Y så är det svårt att välja mellan produkterna A och B utan någon som helst kvantitativ information. Om man varken vet hur farliga kemikalierna är, eller hur mycket som används, så är det svårt att göra ett val. I en åtgärdsinriktad LCA kan det dock räcka med att konstatera att här finns det en miljöfarlig kemikalie. Då bör man undersöka om man kan byta ut den mot någon annan kemikalie eller i alla fall minska användningen av den. I detta fall behövs alltså inte på samma sätt en kvantitativ information.

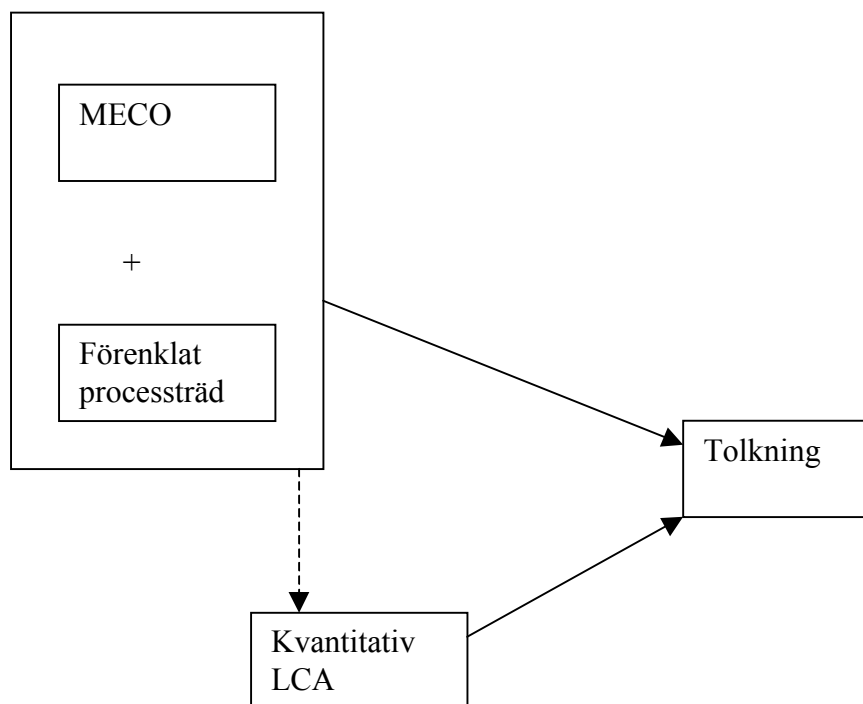
Ansatser finns att ”semikvantifiera” förenklade metoder så att man kan göra kvantitativa jämförelser. Detta görs exempelvis i SLCA-metoden. Vi anser att man bör avhålla sig från att använda olika påhittade poängsystem. Risken är stor att man genom ett sådant förfarande tappar viktig information. Poängsättningssystemet i SLCA bör istället fungera som checklistor som indikerar viktiga frågor att diskutera. Man bör dock vara försiktig innan man adderar eller multiplicerar ihop påhittade siffror till något slags index. Om man behöver göra kvantitativa bedömningar bör man kanske överväga att istället göra en kvantitativ förenklad LCA. En annan lösning erbjuds i MECO-metoden där man kan föra in de kvantitativa data som ändå finns tillgängliga och därigenom få med en kvantitativ dimension i den kvalitativa bedömningen.

Ett potentiellt problem med kvalitativa metoder är att kvalitativt så kan emissionerna från alla produkter vara ganska lika. Exempelvis kommer alla produkter som använder energi från förbränningsprocesser (dvs. de flesta) att ge upphov till emissioner av tungmetaller och persistenta organiska ämnen. Det som skiljer dem åt är den kvantitativa aspekten, dvs. hur

mycket tungmetaller och organiska ämnen som kommer ut. Eftersom den kvantitativa aspekten inte ingår i en rent kvalitativ analys så kommer de flesta produkter att ge upphov till samma typ av miljöproblem. Det kan därför vara svårt att skilja olika alternativ från varandra.

I alla kvantitativa livscykelanalyser finns det aspekter som man inte kan kvantifiera och som man därför måste hantera kvalitativt. Erfarenheten visar dock att denna kvalitativa information ofta får liten betydelse när det är dags att dra slutsatser från studien. Det kan därför finnas skäl att göra en formell kvalitativ analys om den kan fånga upp och lyfta fram aspekter som ändå är svåra att kvantifiera. Om det är möjligt så kan kvalitativa och kvantitativa livscykelanalyser komplettera varandra. Detta illustrerades ovan där resultaten från den kvantitativa LCA:n och MECO-metoden kan sägas komplettera varandra. Det kan därför vara intressant att göra kvalitativa och kvantitativa analyser parallellt och använda resultaten från båda när det är dags att dra slutsatser.

I Figur 6.1 redovisas en möjlig LCA-procedur. Enligt denna görs en MECO och eventuellt kompletteras den med ett förenklat processträd. Det har inte använts i denna fallstudie men kan fungera som ett kompletterande verktyg, inte minst för kommunikation. Denna information kan tolkas och användas direkt. Eventuellt kan den också följas av en kvantitativ LCA där MECO-analysen kan ses som en förstudie till den kvantitativa LCA:n. I tolkningen bör sedan information både från den kvantitativa LCA:n och MECO-analysen användas, då de kan komplettera varandra. Denna procedur avser vi att testa i kommande fallstudier.



Figur 6.1 En LCA-procedur

7. Litteraturförteckning

Almemark M., Granath J., Setterwall C. (1999). El för fordon, Komparativ livscykelanalys för el- och förbränningsmotordrivna fordon under svenska förhållanden, Elforsk.

Christiansen, K., Ed. (1997). Simplifying LCA: Just a Cut? Final report from the SETAC-EUROPE LCA Screening and Streamlining Working Group. Brussels, SETAC-Europe.

Ekvall, T., och Finnveden, G. (2001). *J. Cleaner Prod.* **9**, 197-208.

Eriksson, N. B., Å. Moberg, G. Finnveden och J. Johansson (2000). *Försvarssektorns totala miljöpåverkan - inledande studier*. FOI-R--0033-SE. FOI, Stockholm.

Finnveden, G. (1996d): "Resources" and related impact categories. In Udo de Haes, H.A. (Ed.): *Towards a Methodology for Life Cycle Impact Assessment*, 39-48. SETAC-Europe, Brussels, Belgium.

Finnveden, G. (2000) *Int. J. LCA* **5**, 229-238.

FMV (2000). Environmental report 1999. Stockholm, Försvarets Materielverk (Swedish Defence Materiel Administration).

Graedel, T. E. (1998). *Streamlined Life-Cycle Assessment*, Prentice Hall.

Hochschorner, E. (2002): Metodproblem i samband med utvärdering av förenklade metoder för livscykelanalyser. Under bearbetning. FOI-rapport, Stockholm.

Johansson, J., G. Finnveden, och Å. Moberg. (2000). Metoder för förenklade, kvalitativa livscykelanalyser av produkter och materiel. FOI-R--0032--SE. FOI, Stockholm.

Jönbrink, A. K., C. Wolf-Watz, *et al.* (2000). LCA Software Survey. Mölndal, IVF (The Swedish Institute of Production Engineering Research).

Kemikalieinspektionen (1995). Klassificering och märkning av kemiska produkter, Föreskrifter och allmänna råd.

Kemikalieinspektionen (1995). Klassificering och märkning av vissa farliga ämnen, del 3 Märkning listor. Stockholm, Kemikalieinspektionen.

Lindeijer, E.W., Müller-Wenk, R. and Steen, B. (2001): Impact assessment of resources and land use. In Udo de Haes, H.A., Jolliet, O., Finnveden, G., Goedkoop, M., Hauschild, M., Hertwich, E., Hofstetter, P., Klöpffer, W., Krewitt, W., Lindeijer, E.W., Müller-Wenk, R., Olsen, S.I., Pennington, D.W., Potting, J. and Steen, B. (Eds.) (2001): *Towards best practise in Life Cycle Impact Assessment report of the second SETACV-Europe working group on Life Cycle Impact Assessment*. SETAC, Pensacola, Florida. Forthcoming.

- Lindfors L-G., Antonsson A-B., Livscykelanalyser, Miljö i ett företagarperspektiv, Arbetarskyddsnämnden, Småland, 1999.
- Lindfors, L.-G., K. Christiansen, *et al.* (1995). Nordic Guidelines on Life-Cycle Assessment. Copenhagen, Nordic Council of Ministers.
- Moberg, Å., G. Finnveden, J. Johansson och P. Steen (1999). *Miljösystemanalytiska verktyg - en introduktion med koppling till beslutssituationer*. AFR-rapport 251. AFN, Naturvårdsverket, Stockholm.
- Pommer K., B. Bech P., Wenzel H., Caspersen N., Olsen S. I., (2001). Håndbog i miljøvurdering af produkter -en enkel metode. Miljønyt Nr. 58 2001, Miljøstyrelsen, Miljø- og Energiministeriet: 187.
- Rice, G., R. Clift, *et al.* (1997). "LCA Software Review. Comparison of Currently Available European LCA Software." *Int. J. LCA* 2: 53-59.
- ISO (1997). *Environmental Management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework*. International Standard ISO 14040.
- ISO (1998). *Environmental management - Life cycle assessment - Goal and scope definition and inventory analysis*. International Standard ISO 14041, International Organisation for Standardisation.
- ISO (2000). Miljöledning- Livscykelanalys- Miljöpåverkansbedömning (ISO 14042:2000).
- ISO (2000). Miljöledning- Livscykelanalys- Tolkning (ISO 14043:2000).
- Settervall C (2001), SwedPower AB, personlig kommentar.
- Swedish Armed Forces and US Department of Defense (1999). *Environmental Considerations in the Systems Acquisition Process A Handbook for Program Managers*. Department of Defense, US and Swedish Armed Forces, Washington.
- Todd, J. A. and M. A. Curran, Eds. (1999). Streamlined Life-Cycle Assessment: A Final Report from the SETAC North America Streamlined LCA Workgroup, Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) and SETAC Foundation for Environmental Education.
- Uppenberg S., B. M., Lindfors L-G., Marcus H-O., Wachtmeister A., Zetterberg L. (1999). Miljöfaktabok för bränslen. Stockholm, IVL.
- Wenzel, H. (1998). *Application Dependency of LCA Methodology: Key Variables and Their Mode of Influencing the Method*. *International Journal of LCA* 3:281-288.
- Wenzel, H., M. Hauschild och L. Alting (1998): *Environmental Assessment of Products. Vol.1: Methodology, tools and case studies in product development*. Chapman & Hall.
- White, P. R., B. de Smet, *et al.* (1995). "LCA back on track, but is it one track or two?" *SETAC-Europe LCA News* 5(3): 2-4.

Bilaga A. MECO-metoden

Samtliga data är baserade på att bilarna används då det är +20 °C ute. Drift av bilarnas kupévärmare har inte tagits med, eftersom den inte används vid denna temperatur. Ett frågetecken indikerar att data saknas för att beräkna den aktuella parametern. Matrisen har fyllts i enligt Pommer *et al.* 2001. Alla formler och omräkningsfaktorer har hämtats därifrån, om inget annat anges. Nedan redovisas en sammanställande matris för varje bil, därefter följer en redovisning av beräkningarna till de olika matriselementen.

Bilaga A.1.1 MECO-matris, Elbil: 100% vattenkraft

Material Skillnad i ingående material mot bensin och etanolbil (förutom mängder). Elbilen innehåller: PVC, nickel, kadmium, kobolt, men inte porslin, rhodium, eller platina	1,1 Material i material anskaffningsfasen: Nickel 53 kg Kadmium 39 kg Kobolt 2,5 kg Stål 228,4 kg Koppar 14,3 kg Plaster 34,2 kg Gummi 6 kg Vatten 59 kg Div. hydroxider 25,5 kg Aluminium 58,4 kg Övrigt 2,2 kg PVC 1 kg PE 2 kg	1,2 Material i tillverknings fasen: Data saknas.	1,3 Material i användnings fasen: Data saknas.	1,4 Material i kvittblivnings fasen: Data saknas. Produkter från återvinningen: Cd: -21 kg Ferronickelskrot: -58 kg	1,5 Material i transportfasen: Data saknas.
Resursförbrukning (PR)	?+ 180 PR	-----	-----	Cd: -90 PR Skrot: -? PR	-----
Energi (GJ primär energi)	2,1 Energi i material anskaffningsfasen: ?+ 34 GJ	2,2 Energi i tillverknings fasen: 5 GJ	2,3 Energi i användnings fasen: 380 GJ	2,4 Energi i kvittblivnings fasen: 7 GJ	2,5 Energi i transportfasen: 0,6 GJ
Energi (PR)	?+ 0,3 PR	$5 \cdot 10^{-3}$ PR	0,4 PR	$7 \cdot 10^{-3}$ PR	$6 \cdot 10^{-4}$ PR
Kemikalier	3,1 Kemikalier i material anskaffningsfasen: För klassificering av ingående kemikalier, se tabell A.1.1.2 nedan.	3,2 Kemikalier i tillverknings fasen: Data saknas	3,3 Kemikalier i användnings fasen: Data saknas Utsläpp vid framställning av el från vattenkraft verk: data saknas	3,4 Kemikalier i kvittblivnings fasen: Utsläpp från återvinningen av 100 kg batterier är: 60 mg Cd till luft 0,04 mg Cd till vatten, 0,2 mg Ni till luft, 0,2 mg Ni till vatten.	3,5 Kemikalier i transportfasen: Data saknas

Övrigt	4,1 Övrigt i material anskaffningsfasen:	4,2 Övrigt i tillverkningsfasen: Råmaterial för framställning av europeisk elmix (används vid produktion): Koppar: 0,003 G/MJ el Stål: 0,309 g/MJ el	4,3 Övrigt i användningsfasen: Miljö påverkan från framtagning av el från vattenkraft verk.	4,4 Övrigt i kvittblivningsfasen: (Återvinning sker genom tömning av elektrolyt, pyrolyssteg och destillationssteg. Den flytande metallen droppas ned i vatten, varefter pyrolysgasen förbränns, tvättas och filtreras. Den värme som utvecklas återvinns. Rökgaserna passerar dubbla filter och processvattnet renas i fabriken.)	4,5 Övrigt i transportfasen: Råmaterial för framställning av europeisk elmix (används vid transport): Koppar: 0,003 g/MJ el Stål: 0,309 g/MJ el
---------------	---	--	---	--	--

1. Material, Elbil: 100% vattenkraft

Material Skillnad (förutom mängder): innehåller: PVC, nickel kadmium, kobolt, men inte porslin, rhodium eller platina	1,1 Material i materialanskaffningsfasen Nickel 53 kg Kadmium 39 kg Kobolt 2,5 kg Stål 228,4 kg Koppar 14,3 kg Plaster 34,2 kg Gummi 6 kg Vatten 59 kg Div. hydroxider 25,5 kg Aluminium 58,4 kg Övrigt 2,2 kg PVC 1 kg PE 2 kg	1,2 Material i tillverkningsfasen Data saknas.	1,3 Material i användningsfasen Data saknas.	1,4 Material i kvittblivningsfasen: Data saknas. Produkter från återvinningen: Cd: -21 kg Ferronickelskrot: -58 kg	1,5 Material i transportfasen: Data saknas.
Resursförbrukning (PR)	Totalt: 180 PR	-----	-----	Cd: -90 PR Skrot: -? PR	-----

1,1 Material i materialanskaffningsfasen, Elbil: 100% vattenkraft

Material i materialhanteringsfasen redovisas i tabellen nedan, i den vänstra spalten redovisas materialmängden och i den högra spalten redovisas beräkningar för de resurser som krävs för framställning av materialen.

Tabell A.1.1.1 Material i materialanskaffningsfasen, elbil: 100% vattenkraft.

Materialmängd (kg) * dessa material är jungfruliga ** dessa material är jungfruliga till viss del	Resurs som krävs för framställning, (mPR) Följande formel har använts för att beräkna resursförbrukningen: Material [kg]* resursförbrukning för ämnet [mPR/kg] = materialet i mPR (Ämnets resursförbrukning hämtas från tabell B1, bilaga B i Pommer <i>et al.</i> 2001)
Batteri: (291 kg) Nickel 53 kg * Kadmium 39 kg Kobolt 2,5 kg * Stål 70 kg * Koppar 4 kg * Plaster 32 kg Gummi 6 kg Vatten 59 kg Div. hydroxider 25,5 kg Drivlina: (220kg) Järn/stål 72% =158,4** Aluminium 22%=48,4** Koppar 4% =8,8** Plast 1% =2,2 Övrigt 1%=2,2 Kylrör: Aluminium 10kg** Kabel: Koppar 1,5 kg ** PVC 1 kg ** Bensintank: (7 l) PE (plast) 2 kg*	Ni: 106 mPR/kg*53 kg=5618 mPR Cd: 4300 mPR/kg *39 kg = 167 700 mPR Co: 1000 mPR/kg *2,5 kg =2500 mPR Stål: (Maskin~) Fe: 0,08 mPR/kg *(70+158,4 kg)=18,272 mPR Mn: 0,05 mPR/kg *(70+158,4 kg)=11,42 mPR Cu: 16,5 mPR/kg *(4+8,8+1,5 kg)=235,95 mPR Plast (antagande: ABS) Råolja: 0,02 mPR/kg *(32+2,2 kg)=0,684 mPR Naturgas:0,02 mPR/kg *(32+2,2 kg)=0,684 mPR Gummi: Naturgummi: 0 mPR/kg* 6kg= 0mPR Al: (ant: valsberedning) 1,5 mPR/kg *(48,4+10 kg)=87,6 mPR PVC: Råolja 0,01 mPR/kg *1 kg =0,01mPR Naturgas:0,01 mPR/kg *1 kg =0,01 mPR PE: (ant. HDPE) Råolja: 0,02 mPR/kg *2 kg =0,04 mPR Naurgas: 0,02 mPR/kg *2 kg =0,04 mPR Totalt: 176 172,71 mPR ≈ 180 PR (Antaganden: Al: valsberedning, PE: HDPE, ”plast”: ABS-plast.)

1,2 Material i tillverkningsfasen, Elbil: 100% vattenkraft

Data saknas

1,3 Material i användningsfasen, Elbil: 100% vattenkraft

Data saknas

1,4 Material i kvittblivningsfasen, Elbil: 100% vattenkraft

Material i kvittblivningsfasen beräknas med följande formel:

material [kg]* resursförbrukning för ämnet [mPR/kg] = materialet i mPR
 (ämnets resursförbrukning hämtas från tabell B1, bilaga B i Pommer *et al.* 2001)

Beräkning av material i kvittblivningsfasen

Batteri: Återvinningsprocessen förklaras närmare i matriselement 4.4.

Material som krävs vid återvinnig av batteri: data saknas.

Material som erhålls från återvinningen:

Cd: -21 kg=-21kg*4 300 mPR/kg=-90 300 mPR ≈ - 90 PR

Ferronickelskrot: -58 kg= ? PR (ämnets resursförbrukning saknas i Pommer *et al.* 2001.)

Kupévärmare: Material för återvinning av drivlina: data saknas.

Totalt: -90 + ? PR

1,5 Material i transportfasen, Elbil: 100% vattenkraft

Data saknas

2. Energi, Elbil: 100% vattenkraft

Energi (GJ primär energi)	2,1 Energi i material anskaffningsfasen: ? \pm 34 GJ	2,2 Energi i tillverkningsfasen: 5 GJ	2,3 Energi i användningsfasen: 380 GJ	2,4 Energi under kvittblivnings fasen: 7 GJ	2,5 Energi i transportfasen: 0,6 GJ
(PR)	$3 \cdot 10^{-2}$ PR	$5 \cdot 10^{-3}$ PR	0,4 PR	$7 \cdot 10^{-3}$ PR	$6 \cdot 10^{-4}$ PR

Först beräknas den totala energianvändningen sedan räknas den om till förbrukning av oljeresurser, enligt Pommer *et al.* 2001. Följande formel används:

$$\text{Energiförbrukning [MJ]} / 1025 [\text{MJ/mPR olja}] = \text{förbrukning av oljeresurser [mPR]}$$

2,1 Energi i materialanskaffningsfasen, Elbil: 100% vattenkraft

För beräkning av energi i materialanskaffningsfasen används följande formel:

$$\text{mängd material [kg]} * \text{primär energi för materialet [MJ/kg]} = \text{primär energiförbrukning [MJ]}$$

Den primära energin för materialen hämtas från tabell B2 i Pommer *et al.* 2001. De ämnen för vilka uppgifter om primär energi saknas, anges med ett frågetecken.

Beräkning av energi i materialanskaffningsfasen

$$\text{Ni: } 190 \text{ MJ/kg} * 53 \text{ kg} = 10\,070 \text{ MJ}$$

$$\text{Cd: } ? \text{ MJ/kg} * 39 \text{ kg} = ? \text{ MJ}$$

$$\text{Co: } ? \text{ MJ/kg} * 2,5 \text{ kg} = ? \text{ MJ}$$

$$\text{Stål: } 40 \text{ MJ/kg} * (70 \text{ kg} + 158,4 \text{ kg}) = 9\,136 \text{ MJ}$$

$$\text{Cu: } 90 \text{ MJ/kg} * (4 \text{ kg} + 8,8 \text{ kg} + 1,5 \text{ kg}) = 1\,287 \text{ MJ}$$

$$\text{Plast (antagande: ABS-plast)} = 95 \text{ MJ/kg} * (32 \text{ kg} + 2,2 \text{ kg}) = 3\,249 \text{ MJ}$$

$$\text{Al: } 170 \text{ MJ/kg} * (48,4 \text{ kg} + 10 \text{ kg}) = 9\,928 \text{ MJ}$$

$$\text{PVC: } 65 \text{ MJ/kg} * 1 \text{ kg} = 65 \text{ MJ}$$

$$\text{PE: } 75 \text{ MJ/kg} * 2 \text{ kg} = 150 \text{ MJ}$$

$$\text{Summa: } ? + 33\,885 \text{ MJ} \approx ? + 34 \text{ GJ} = (? / 1025) = ? + 0,3 \text{ PR}$$

Brytning av jungfruligt koppar, järn och nickel, ger upphov till surt flytande avfall.

Gummi antas vara naturligt gummi från Malaysia.

Plasterna PVC och PE utvinns från olja.

Hydroxiderna anges endast som ingående resurs i studien.

Råoljan till bensinen är 50% från Norge.

2,2 Energi i tillverkningsfasen, Elbil: 100% vattenkraft

Energin i produktionsfasen beräknas med hjälp av följande formel:

$$\text{Mängd energiresurs [kg]} * \text{energiinnehåll [MJ/kg]} = \text{primär energiförbrukning [MJ]}$$

(Energiinnehåll finns i bilaga B, tabell B.4 i Pommer *et al.*)

eller,

om energiförbrukningen anges i el, används någon av följande formler:

$$\text{Elförbrukning [MJ]} * 2,5 = \text{primär energiförbrukning [MJ]}$$

$$\text{Elförbrukning [kWh]} * 9 = \text{primär energiförbrukning [MJ]}$$

eller,

om mängden energi för tillverkning saknas, används följande approximation, enl. Pommer *et al.* 2001:

Energiförbrukning i tillverkningsfasen= 30% av materialanskaffningsfasens energiförbrukning

Beräkning av energi i produktionsfasen:

Tillverkning av batteriet och drivlinan sker med Europeisk elmix: (UCTPE)

28,4% stenkolk, 19,1% kärnkraft, 17,1% brunkolk, 14,4% olja, 12,6% naturgas...m.m.

Batteri: Tillverkning av batteriet kräver 0,26 kWh/Wh * 11,4 kWh= 2,964 kWh= (*9 för primär förbrukning)=26,676MJ

Drivlina:

Tillverkning av drivlinan sker med europeisk elmix, mängd ej känd. Kan enl. MECO sättas till 30% av materialanskaffningsfasen:

Järn/stål =158,4kg*40 MJ/kg= 6 336 MJ

Aluminium =48,4 kg*170 MJ/kg= 8 228 MJ

Koppar =8,8 kg*90 MJ/kg= 792 MJ

Plast =2,2 kg* 95MJ/kg= 209 MJ

Summa: 15 565 MJ

Kylrör:

Aluminium=10kg*170 MJ/kg=1700 MJ

Kabel:

Koppar =1,5 kg *90 MJ/kg= 135 MJ

PVC =1 kg*65 MJ/kg= 65 MJ

Summa: 200 MJ

Bensintank:

PE =2 kg*75 MJ/kg=150 MJ

Kupévärmare: data saknas.

Summa: 17 615 MJ

30% av 17 615 MJ= 5 284,5 MJ

Totalt: 26,676MJ+ 5 284,5 MJ= 5 311,18 MJ≈ 5 GJ =(/1025)= 5 mPR

2,3 Energi i användningsfasen, Elbil: 100% vattenkraft

Energianvändningen i användningsfasen beräknas på samma sätt som energianvändningen i tillverkningsfasen, med följande formel:

Mängd energiresurs [kg]* energiinnehåll [MJ/kg]= primär energiförbrukning [MJ]

Energiinnehåll finns i bilaga B, tabell B.4.

eller

om energiförbrukningen anges i el, används någon av följande formler:

Elförbrukning [MJ] *2,5= primär energiförbrukning [MJ]

Elförbrukning [kWh] *9= primär energiförbrukning [MJ]

Beräkning av energi i användningsfasen:

För drift av batteriet krävs el 0,24 kWh/km= (*9 för primär förbrukning)=2,16 MJ primär energi/km

Den antagna livslängd för drivlinan är 175 000 km, enligt Setterwall C (2001).

Totalt: 2,16 MJ primär energi /km=(*175 000 km)=378 000 MJ primär energi ≈ 380 GJ=(/1025) = 0,4 PR

2,4 Energi i kvittblivningsfasen, Elbil: 100% vattenkraft

Energianvändningen eller energiutvecklingen i kvittblivningsfasen ska beräknas där så är möjligt. Om kvittblivningen sker genom förbränning, ska den värme som utvecklas tillgodoskrivas energiberäkningarna. Värmeutvecklingen beräknas genom att använda ämnets energiinnehåll, vilket finns angivet i tabell B2, i bilaga B i Pommer *et al.* 2001.

Energianvändning eller tillvaratagen energi vid förbränning under kvittblivningen beräknas enligt:

$$\text{Mängd material [kg]} * \text{energiinnehåll [MJ/kg]} = \text{värmeutveckling [MJ]}$$

I tabell B3 i bilaga B i Pommer *et al.* 2001 finns energiförbrukningen för vissa utvalda bearbetningsprocesser.

I de fall då upplysningar om energianvändningen vid bearbetning saknas, kan den sättas till 50 % av den energimängd som används vid framställning av materialet.

Beräkning av energi i kvittblivningsfasen

Batteri: Batteriet återvinns i Sverige med 113 kWh för 100 kg batterier. Batteriet väger 291 kg => energi för återvinning av ett batteri: 328,83 kWh = 1183,79 MJ = (*2,5, för primär energi) = 2 959,47 MJ (Svensk medel: 45% kärnkraft, 48% vattenkraft m.m.)

Produkter:

Cd: 21 kg

värme: 139 kWh = 500,4 MJ

ferronickelskrot: 58 kg

Drivlina:

Bearbetningsfaktorerna hämtas från tabell B3 i Pommer *et al.* 2001.

Återvinningsgrader anges i procent:

Stål 85% av 158,4 kg = 134,64 kg = (*20 MJ/kg) = 2 692,8 MJ

Koppar 90% av 8,8 kg = 7,92 kg = (*50 MJ/kg) = 396 MJ

Aluminium 90% av 48,4 kg = 43,56 kg = (*30 MJ/kg) = 1306,8 MJ

PVC 0% av 1 kg = 0 kg = (*6 MJ/kg) = 0 MJ

PE 90% av 2 kg = 1,8 kg = (*6 MJ/kg) = 10,8 MJ

Summa: 4 406,4 MJ

$$\text{Tot. summa: } 2\,959,47 \text{ MJ} + 4\,406,4 - 500,4 = 6\,865,47 \text{ MJ} \approx 7 \text{ GJ} = (/1025) = 7 * 10^{-3} \text{ PR}$$

2,5 Energi i transportfasen, Elbil: 100% vattenkraft

Den sammanlagda energianvändningen vid transport beräknas enligt:

$$\Sigma (\text{förflyttat material [kg]} * \text{avstånd [km]} * \text{energiförbrukning [MJ/(kg*km)]}) = \text{sammanlagd energiförbrukning [MJ]}$$

Energi i transportfasen

Batteri och drivlina: Tillverkning i Frankrike och transport därifrån med eldrivet tåg till Sverige, 1500 km. (UCTPE elmix)

1500 km med tåg = (*0,0008 enl. Pommer *et al.*) = 1,2 MJ/kg = 0,0012 mPR/kg

Vikt: 291 kg (batteri) + 220 kg (drivlina) + 10 kg (kylrör) + 1,5 kg + 1 kg (kablar) = 523,5 kg

$$\text{Totalt: } 1,2 \text{ MJ/kg} * 523,5 \text{ kg} = 628,2 \text{ MJ} \approx 0,6 \text{ GJ} = (/1025) = 0,6 \text{ mPR/kg} = 6 * 10^{-4} \text{ PR}$$

3. Kemikalier, Elbil: 100% vattenkraft

Med kemikalier menas de kemiska ämnen, som ingår i produkten samt alla hjälpämnen. Ämnen som utleddes till miljön bör också tas med.

Kemikalier	3,1 Kemikalier i material anskaffnings fasen:	3,2 Kemikalier i tillverknings fasen:	3,3 Kemikalier i användnings fasen:	3,4 Kemikalier i kvittblivnings fasen:	3,5 Kemikalier i transportfasen:
	För klassificering av ingående kemikalier, se tabell A.1.1.2 nedan.	Data saknas	Data saknas Utsläpp vid framställning av el från vattenkraftverk: data saknas	Utsläpp från återvinningen av 100 kg batterier är: 60 mg Cd till luft 0,04 mg Cd till vatten, 0,2 mg Ni till luft, 0,2 mg Ni till vatten.	Data saknas

3,1 Kemikalier i materialanskaffningsfasen, Elbil: 100% vattenkraft

I följande tabell tas hänsyn till materialens toxicitet. Vilka kemikalier, som används för att ta fram materialet är okänt.

Tabell A.1.1.2 Kemikalier i materialanskaffningsfasen, elbil: 100% vattenkraft.

Klassificeringen är hämtas från Kemikalieinspektionens hemsida (www.kemi.se) 2001-09-25

Ämne			Värdering			
Namn	CAS- nr	Användning	Klassificering	Effektlista	Lista över oönskade ämnen.	Typ
Nickel	7440-02-0	Material i bilen	Canc 3; R340 R43	X	X	1
Kadmium	7440-43-9	Material i bilen			X	1
Kobolt	7440-48-4	Material i bilen	R42/43	X		1
Stål (fiber)	7439-89-6	Material i bilen				2
Koppar	7440-50-8	Material i bilen			X	1
Gummi (natur~)	68425-13-8	Material i bilen				2
Vatten	7732-18-5	Material i bilen				--
Hydroxider		Material i bilen				2
Aluminium (pulver)	7429-90-5	Material i bilen	R15-R17			2
PVC	9002-86-2	Material i bilen				--
PE	9002-88-4	Material i bilen				--

3,2 Kemikalier i tillverkningsfasen, Elbil: 100% vattenkraft

Data saknas.

3,3 Kemikalier i användningsfasen, Elbil: 100% vattenkraft

Data saknas.

3,4 Kemikalier i kvittblivningsfasen, Elbil: 100% vattenkraft

Batteri och drivlina: Kemikalier, som används under kvittblivningen: Data saknas.

Batteri:

Utsläpp från återvinningen av 100 kg batterier är:

60 mg Cd till luft

0,04 mg Cd till vatten

0,2 mg Ni till luft
0,2 mg Ni till vatten

Tabell A.1.1.3 Kemikalier i kvittblivningsfasen, Elbil: 100% vattenkraft

Klassificeringen är hämtas från Kemikalieinspektionens hemsida (www.kemi.se) 2001-09-25

Ämne			Värdering			
Namn	CAS- nr	Användning	Klassificering	Effektlista	Lista över Önskade ämnen.	Typ
Nickel	7440-02-0	Material i bilen	Canc 3; R340 R 43	X	X	1
Kadmium	7440-43-9	Material i bilen			X	1

3,5 Kemikalier i transportfasen: Elbil: 100% vattenkraft

Data saknas

4.Övrigt, Elbil: 100% vattenkraft

Övrigt	4.1 Övrigt i materialhanterings fasen:	4.2 Övrigt i tillverknings fasen:	4.3 Övrigt i användnings fasen:	4.4 Övrigt i kvittblivnings fasen:	4.5 Övrigt i transportfasen:
		Råmaterial för framställning av europeisk elmix (används vid produktion): Koppar: 0,003 g/MJ el Stål: 0,309 g/MJ el	Miljöpåverkan från framtagning av el från vattenkraftverk.	Batteriet räknas till gruppen slutna batterier. (Återvinning sker genom tömning av elektrolyt, pyrolyssteg och destillationssteg. Den flytande metallen droppas ned i vatten, pyrolysgasen förbränns, tvättas och filtreras. De värme som utvecklas återvinns. Rökgaserna passerar dubbla filter och processvattnet renas i fabriken.)	Råmaterial för framställning av europeisk elmix (används vid transport): Koppar: 0,003 g/MJ el Stål: 0,309 g/MJ el

Bilaga A.1.2 MECO-matris, Bensinbil

Material Skillnad: (förutom mängder) innehåller: porslin, rhodium, platina, ej PVC	1,1 Material i material anskaffningsfasen: Järn/Stål 116,5 kg Aluminium 36,3 kg Koppar 4,95 kg Plast 3,3 kg Övrigt 4,95 kg Porslin 6 kg Rodium 4,5 g Platina 1,5 g PE 10 kg	1,2 Material i tillverknings fasen: Data saknas.	1,3 Material i användnings fasen: Data saknas.	1,4 Material i kvittblivnings fasen: Data saknas.	1,5 Material i transportfasen: Data saknas.
Resursförbruk ning (PR)	Totalt: ?+ 0,3 PR	-----	-----	-----	-----
Energi (GJ primär energi)	2,1 Energi i material anskaffningsfasen: Totalt: ?+ 12 GJ	2,2 Energi i tillverknings fasen: Totalt: ?+ 4 GJ	2,3 Energi i användnings fasen: Totalt: 420 GJ	2,4 Energi i kvittblivnings fasen: Totalt: ?+ 3 GJ	2,5 Energi i transportfasen: Totalt: 0,2 GJ
(PR)	?+ 12*10 ⁻³ PR	?+ 4*10 ⁻³ PR	0,4 PR	? + 3*10 ⁻³ PR	2*10 ⁻⁴ PR
Kemikalier	3,1 Kemikalier i material anskaffningsfasen: För klassificering av ingående kemikalier, se tabell A.1.2.2 nedan.	3,2 Kemikalier i tillverknings fasen: Data saknas.	3,3 Kemikalier i användnings fasen: Bensin (typ 1) Utsläpp vid drift av bilen: CO ₂ : 205,7 g/km, NO _x : 0,108 g/km CH ₄ : 0,024 g/km Partiklar: 0,002 g/km NMHC: 0,155 g/km CO: 1,15 g/km Utsläpp under bränslecykeln: se tabell A.2.1.3 nedan.	3,4 Kemikalier i kvittblivnings fasen: Data saknas.	3,5 Kemikalier i transportfasen: Data saknas.
Övrigt	4,1 Övrigt i material anskaffningsfasen:	4,2 Övrigt i tillverknings fasen: Råmaterial för framställning av europeisk elmix (används vid	4,3 Övrigt i användnings fasen: Eventuell miljöbelastning vid tankning inkluderas inte. Miljöpåverkan	4,4 Övrigt i kvittblivnings fasen:	4,5 Övrigt i transportfasen: Råmaterial för framställning av europeisk elmix (används vid transport): Koppar: 0,003 g/MJ el

		produktion): Koppar: 0,003 g/MJ el Stål: 0,309 g/MJ el	från framställning av bensin. I Sverige använd råolja antas till mer än 50 % härstamma från Norge.		Stål: 0,309 g/MJ el
--	--	--	--	--	------------------------

1. Material, Bensinbil

Material	1,1 Material i materia anskaffningsfasen:	1,2 Material i tillverkningsfasen:	1,3 Material i användningsfasen:	1,4 Material i kvittblivningsfasen:	1,5 Material i transportfasen:
Skillnad mot elbilarna (förutom mängder) Besinbilen innehåller: porslin, rhodium, platina, men ej PVC, nickel, kadmium, kobolt.	Järn/Stål 116,5kg Aluminium 36,3 kg Koppar 4,95 kg Plast 3,3 kg Övrigt 4,95 kg Porslin 6 kg Rodium 4,5 g Platina 1,5 g PE 10 kg	Data saknas.	Data saknas	Data saknas.	Data saknas.
Resursförbrukning (PR)	Totalt: ?+ 0,3 PR	-----	-----	-----	-----

1,1 Material i materialanskaffningsfasen, Bensinbil

Material i materialhanteringsfasen redovisas i tabellen nedan, i den vänstra spalten redovisas materialmängden och i den högra spalten redovisas beräkningar för de resurser som krävs för framställning av materialen.

Tabell A.1.2.1 Material i materialanskaffningsfasen, bensinbil

Materialmängd: * Materialet är jungfruligt ** Materialet är till viss del jungfruligt sida 17-18 i bilstudien	Resurs som krävs för framställning, (mPR) Följande formel har använts för att beräkna resursförbrukningen: material [kg]* resursförbrukning för ämnet [mPR/kg] = materialet i mPR (ämnets resursförbrukning hämtas från tabell B1 i Pommer <i>et al.</i> 2001)
Drivlina: (165 kg) Järn/Stål 70 % = 115,5kg** Aluminium 22 % = 36,3 kg** Koppar 3 % = 4,95kg** Plast 2 % = 3,3kg Övrigt 3% = 4,95kg Katalysator: Porslin 6 kg Stål 1 kg** Rodium 4,5 g** Platina 1,5 g** Bensintank: (50 l) PE 10 kg* (sida 17-18 i bilstudien)	Stål (maskin~): Fe: 0,08 mPR/kg*(115,5kg+1kg)=9,32mPR Mn: 0,05 mPR/kg*(115,5kg+1kg)=5,825 mPR Al: (valslegering): 1,5 mPR/kg *36,3kg=54,45mPR Cu: 16,5 mPR/kg *4,95kg=81,675mPR Porslin: ? MPR/kg *6kg=? Platina: 125 000 mPR/kg *0,0015kg=187,5 mPR Rodium: ? MPR/kg *0,0045kg=? PE: (polyethelen): Råolja: 0,02 mPR/kg *10kg=0,2mPR Naturgas: 0,02 mPR/kg *10kg=0,2mPR Plast (antar ABS) Råolja: 0,02 mPR/kg *3,3 kg=0,066mPR Naturgas: 0,02 mPR/kg *3,3kg=0,066mPR
Skillnad: (förutom mängder) innehåller: porslin, rhodium, platina, ej PVC	Totalt: ?+ 339,302 mPR ≈ ?+ 0,3 PR (Plast: antagen till ABS-plast)

1,2 Material i tillverkningsfasen, Bensinbil

Data saknas

1,3 Material i användningsfasen, Bensinbil

Data saknas

1,4 Material i kvittblivningsfasen, Bensinbil

Data saknas

1,5 Material i transportfasen, Bensinbil

Data saknas

2. Energi, Bensinbil

Energi (GJ primär energi)	2,1 Energi i materialhanteringsfasen: ? $+ 12$ GJ	2,2 Energi i tillverkningsfasen: ? $+ 4$ GJ	2,3 Energi i användningsfasen: 420 GJ	2,4 Energi i kvittblivningsfasen: ? $+ 3$ GJ	2,5 Energi i transportfasen: 0,2 GJ
(PR)	? $+ 12 \cdot 10^{-3}$ PR	? $+ 4 \cdot 10^{-3}$ PR	0,4 PR	? $+ 3 \cdot 10^{-3}$ PR	$2 \cdot 10^{-4}$ PR

Först beräknas den totala energianvändningen sedan räknas den om till förbrukning av oljeresurser, enligt Pommer *et al.* 2001. Följande formel används:

Energiförbrukning [MJ]/ 1 025 [MJ/mPR olja] = förbrukning av oljeresurser [mPR]

2,1 Energi i materialanskaffningsfasen, Bensinbil

För beräkning av energi i materialanskaffningsfasen används följande formel:

mängd material [kg]* primär energi för materialet [MJ/kg]= primär energiförbrukning [MJ]

Den primära energin för materialen hämtas från tabell B2 i Pommer *et al.* 2001. De ämnen för vilka uppgifter om primär energi saknas, anges med ett frågetecken.

Beräkning av energi i materialanskaffningsfasen

Järn/Stål: $40 \cdot (115,5\text{kg} + 1\text{kg}) = 4\,660$ MJ

Al: $170 \cdot 36,3\text{kg} = 6\,171$ MJ

Cu: $90 \cdot 4,95\text{kg} = 445,5$ MJ

Plast (antar ABS): $95 \cdot 3,3\text{kg} = 313,5$ MJ

Övrigt: $4,95\text{kg} = ?$ MJ

Porslin: $? \cdot 6\text{kg} = ?$ MJ

Rodium: $? \cdot 4,5 \cdot 10^{-3}\text{kg} = ?$ MJ

Platina: $? \cdot 1,5 \cdot 10^{-3}\text{kg} = ?$ MJ

PE: $75 \cdot 10 = 750$ MJ

Totalt: $? + 12\,340$ MJ \approx $? + 12$ GJ $= (/1025) = ? + 12$ mPR $= ? + 12 \cdot 10^{-3}$ PR

Platinametallerna rodium och platina hör till ovanliga material.

Jungfruligt aluminium, stål och petroleum kräver energiintensiva utvinningsmetoder.

Jungfruligt koppar, järn och nickel, ger upphov till surt flytande avfall vid brytning.

Uppgifter om plast, porslin och hydroxider saknas.

Vi har antagit att plasten i drivlinan är ABS-plast.

2,2 Energi i produktionsfasen, Binsbil

Energin i produktionsfasen beräknas med hjälp av följande formel:

Mängd energiresurs [kg]* energiinnehåll [MJ/kg]= primär energiförbrukning [MJ]
(Energiinnehåll finns i bilaga B, tabell B.4.)

eller,

om energiförbrukningen anges i el, används någon av följande formler:

Elförbrukning [MJ] *2,5= primär energiförbrukning [MJ]
Elförbrukning [kWh] *9= primär energiförbrukning [MJ]

eller,

om mängden energi för tillverkning saknas, används följande approximation, enl. Pommer *et al.* 2001:

energiförbrukning i tillverkningsfasen= 30% av materialanskaffningsfasens energiförbrukning

Beräkning av energi i produktionsfasen:

Drivlina: Tillverkning av drivlinan sker med europeisk elmix (UCTPE):
28,4% stenkolk, 19,1% kärnkraft, 17,1% brunkolk, 14,4% olja, 12,6% naturgas...m.m.

Eftersom uppgift om mängden energi för tillverkning saknas, används följande approximation, enl. Pommer *et al.* 2001:

30% av materialanskaffningsfasens energiförbrukning= $0,3 * (2 + 12\ 340) \text{ MJ} = 2 + 3\ 702 \text{ MJ} \approx 2 + 4 \text{ GJ} = (1025) = 2 + 4 \text{ mPR} = 2 + 4 * 10^{-3} \text{ PR}$

2,3 Energi i användningsfasen, Binsbil

Energianvändningen i användningsfasen beräknas på samma sätt som energianvändningen i tillverkningsfasen, med följande formel:

Mängd energiresurs [kg]* energiinnehåll [MJ/kg]= primär energiförbrukning [MJ]
Energiinnehåll finns i bilaga B, tabell B.4.

eller

om energiförbrukningen anges i el, används någon av följande formler:

Elförbrukning [MJ] *2,5= primär energiförbrukning [MJ]

Elförbrukning [kWh] *9= primär energiförbrukning [MJ]

Beräkning av energi i användningsfasen:

Bensinförbrukning: $0,087 \text{ l/km} = 0,087 * 10^{-3} \text{ m}^3/\text{km}$ (densitet: $756,5 \text{ kg/m}^3$, enligt Almemark *et al.*, 1999)= $0,0659 \text{ kg/km}$ (energiinnehåll enligt Energifakta (1994): $43,0 \text{ MJ/kg}$)= $2,83 \text{ MJ primär energi/km}$

Den antagna livslängden för drivlinan, bensintanken och katalysatorn är 150 000 km enligt Setterwall C (2001).

$2,83 \text{ MJ primär energi /km} = (2,83 * 150\ 000 \text{ km}) = 424\ 509,975 \text{ MJ primär energi} = (1025) = 414,16 \text{ mPR}$

Den värme som avges, skall dras av från detta:

Inga uppgifter finns gällande värmen.

Totalt: $4\ 20\ \text{GJ}/(1025)=410\ \text{mPR}=0,4\ \text{PR}$

2,4 Energi i kvittblivningsfasen, Bensinbil

Energianvändningen eller energiutvecklingen i kvittblivningsfasen ska beräknas där så är möjligt. Om kvittblivningen sker genom förbränning, ska den värme som utvecklas tillgodoskrivas energiberäkningarna. Värmeutvecklingen beräknas genom att använda ämnets energiinnehåll, vilket finns angivet i tabell B2, i bilaga B i Pommer *et al* 2001.

Energianvändning eller tillvaratagen energi vid förbränning under kvittblivningen beräknas enligt:

Mängd material [kg]* energiinnehåll [MJ/kg]= värmeutveckling [MJ]

I tabell B3 i bilaga B i Pommer *et al* 2001 finns energiförbrukningen för vissa utvalda bearbetningsprocesser.

I de fall då upplysningar om energianvändningen vid bearbetning saknas, kan den sättas till 50% av den energimängd som används vid framställning av materialet.

Beräkning av energi i kvittblivningsfasen

Procentandelen anger återvinningsgraden. Ett frågetecken indikerar att data saknas för att kunna utföra beräkningen. Energin för återvinning fås från tabell B3 i Pommer *et al* 2001.

Stål: $(85\%*(1\text{kg}+115,5\text{kg}))*20=1980,5\ \text{MJ}$

Koppar: $(90\%*4,95\text{kg})*50=222,75\ \text{MJ}$

Aluminium: $(90\%*36,3\text{kg})*30=980,1\ \text{MJ}$

PE: $(90\%*10\text{kg})*6=54\ \text{MJ}$

Porslin: $(0\%*6\text{kg})*?=0\ \text{MJ}$

Platina: $(99,9\%*0,0015\text{kg})*?=?\ \text{MJ}$

Rhodium: $(99,9\%*0,0045\text{kg})*?=?\ \text{MJ}$

Summa: $?+3\ 237,35\ \text{MJ}\approx ?+3\ \text{GJ}/(1025)= ?+3\ \text{mPR}= ?+3*10^{-3}\ \text{PR}$

2,5 Energi i transportfasen, Bensinbil

Den sammanlagda energianvändningen vid transport beräknas enligt:

Σ (förflyttat material [kg] * avstånd [km] * energiförbrukning [MJ/(kg*km)]) = sammanlagd energiförbrukning [MJ]

Energi i transportfasen

Drivlinan transporteras 1500 km från Europa till Sverige med eldrivet tåg. (UCTPE elmix)

1500 km med tåg= $(*0,0008\ \text{kg/km enl. Pommer et al 2001})=1,2\ \text{MJ/kg}$

Vikt: 165 kg (drivlina) + 6 + 1 + 0,0045 + 0,0015 kg (katalysator) + 10 kg (bensintank) = 182,006 kg

Totalt $1,2\ \text{MJ/kg}*182,006\ \text{kg}=218,407\ \text{MJ}\approx 0,2\ \text{GJ}/(1025)=2*10^{-4}\ \text{PR}$

3. Kemikalier, Bensinbil

Kemikalier	3,1 Kemikalier i material hanteringsfasen:	3,2 Kemikalier i tillverkningsfasen:	3,3 Kemikalier i användningsfasen:	3,4 Kemikalier i kvittblivningsfasen:	3,5 Kemikalier under transportfasen:
	För klassificering av ingående kemikalier, se tabell A.1.2.2 nedan.	Data saknas.	Bensin (typ 1) Utsläpp vid drift av bilen: CO ₂ : 205,7 g/km, NO _x : 0,108 g/km CH ₄ : 0,024 g/km Partiklar: 0,002 g/km NMHC: 0,155 g/km CO: 1,15 g/km Utsläpp under bränslecykeln: se tabell A.2.1.3 nedan.	Data saknas.	Data saknas.

3,1 Kemikalier i tillverkningsfasen, Bensinbil

Material som ingår i bensinbilen:

Tabell A.1.2.2 Kemikalier i tillverkningsfasen, bensinbil

Klassificeringen är hämtas från Kemikalieinspektionens hemsida (www.kemi.se) 2001-09-25

Ämne			Värdering			
Namn	CAS- nr	Användning	Klassificering	Effektlista	Lista över Önskade ämnen.	Typ
Stål(fiber)	7439-89-6	Material i bilen				2
Aluminium (pulver)	7429-90-5	Material i bilen	R15-17			2
Koppar	7440-50-8	Material i bilen			X	1
Porslin		Material i bilen				2
Rhodium	7440-16-6	Material i bilen				2
Platina	7440-06-4	Material i bilen				2
Polyeten (PE)	9002-88-4	Material i bilen				2
ABS plast	9003-56-9	Material i bilen				2

3,2 Kemikalier i tillverkningsfasen, Bensinbil

Data saknas

3,3 Kemikalier i användningsfasen, Bensinbil

Data saknas för de kemikalier som används i användningsfasen.

I tabellen nedan redovisas totalt utsläpp från hela bränslecykeln, från råvarutvinning till förbränning per producerad MJ bränsle.

Tabell A.1.2.3 Totalt utsläpp från bensinens hela bränslecykel.

Data anger total miljöpåverkan
från hela bränslecykeln, enligt Uppenberget *et al.*

Utsläpp till luft (kg)	Bensin
NO _x	29
SO _x	13
CO	77
NMVOC	30
CO ₂	34 000
N ₂ O	8
CH ₄	4
Partiklar	2
NH ₃	-----

I tabell A.1.2.4 nedan redovisas typindelning av kemikalierna i bilen. Råolja som används i Sverige antas till mer än 50% härstamma från Norge.

Tabell A.1.2.4 Kemikalier i användningsfasen, bensinbil.

Klassificeringen är hämtas från Kemikalieinspektionens hemsida (www.kemi.se) 2001-09-25.

Ämne			Värdering			
Namn	CAS- nr	Användning	Klassificering	Effektlista	Lista över oönskade ämnen.	Typ
NO _x	10102-44-0	Utsläpp vid drift av bilen, Utsläpp under bränslecykeln	T+; R26, C; R34			2
SO ₂	744-09-5	Utsläpp vid drift av bilen, Utsläpp under bränslecykeln	T; R23 C; R34	x		2
CO	630-08-0	Utsläpp vid drift av bilen, Utsläpp under bränslecykeln	F+; R12 Repr1; R61 T; R23-48/23	x		1
NMVOC	---	Utsläpp under bränslecykeln				
CO ₂	124-38-9	Utsläpp vid drift av bilen, Utsläpp under bränslecykeln				2
N ₂ O	10024-97-2	Utsläpp under bränslecykeln				2
CH ₄	74-82-8	Utsläpp vid drift av bilen, Utsläpp under bränslecykeln	F+; R12			3
NH ₃	7664-41-7	Utsläpp under bränslecykeln	R10 T; R23 C; R34 N; R50			2
Bensin	86290-81-5	Drivmedel	Canc 2; R45 Xn; R65	x		1

3,4 Kemikalier i kvittblivningsfasen, Bensinbil

Data saknas

3,5 Kemikalier i transportfasen, Bensinbil

Data saknas

4. Övrigt, Bensinbil:

Övrigt	4,1 Övrigt i materialhanteringsfasen:	4,2 Övrigt i tillverkningsfasen: Råmaterial för framställning av europeisk elmix (används vid produktion): Koppar: 0,003 G/MJ el Stål: 0,309 g/MJ el	4,3 Övrigt i användningsfasen: Eventuell miljöbelastning vid tankning inkluderas inte. Miljöpåverkan från framtagning av bensin.	4,4 Övrigt i kvittblivningsfasen:	4,5 Övrigt i transportfasen: Råmaterial för framställning av europeisk elmix (används vid transport): Koppar: 0,003 G/MJ el Stål: 0,309 g/MJ el
---------------	--	---	---	--	--

Bilaga A.1.3 MECO-matris Etanolbil

Material Skillnad mot elbilarna (förutom mängder) Etanolbilen innehåller: porslin, rhodium, platina, men ej PVC, nickel, kadmium eller kobolt.	1,1 Material i material anskaffningsfasen: Järn/Stål 116,5 kg Aluminium 36,3 kg Koppar 4,95 kg Plast 3,3 kg Övrigt 4,95 kg Porslin 6 kg Rodium 4,5 g Platina 1,5 g PE 10 kg	1,2 Material i tillverknings fasen: Data saknas.	1,3 Material i användnings fasen: Konsumtions varan för etanolbilen är etanol.	1,4 Material i kvittblivnings fasen: Data saknas.	1,5 Material i transportfasen: Data saknas.
Resursförbrukning (PR)	Totalt: ?+ 0,3PR	-----	-----	-----	-----
Energi (GJ primär energi)	2,1 Energi i material anskaffningsfasen: ?+ 12 GJ	2,2 Energi i tillverknings fasen: ?+ 4 GJ	2,3 Energi i användnings fasen: 510 GJ	2,4 Energi i kvittblivnings fasen: ?+ 3 GJ	2,5 Energi i transportfasen: 0,2 GJ
(PR)	?+ 12*10 ⁻³ PR	? 4*10 ⁻³ PR	0,5 PR	?+ 3*10 ⁻³ PR	2*10 ⁻⁴ PR
Kemikalier	3,1 Kemikalier i material anskaffningsfasen: För klassificering av ingående kemikalier, se tabell A.1.3.2 nedan.	3,2 Kemikalier i tillverknings fasen: Data saknas.	3,3 Kemikalier i användnings fasen: Etanol (typ 3) Utsläpp vid drift av bilen: CO ₂ : 55,1 g/km, NO _x : 0,036 g/km CH ₄ : 0,004 g/km Partiklar: 0,059 g/km NMHC: 0,166 g/km CO: 1,74 g/km Utsläpp vid framställning av etanol, se tabell A.1.3.4 nedan.	3,4 Kemikalier i kvittblivnings fasen: Data saknas.	3,5 Kemikalier i transportfasen: Data saknas.
Övrigt	4,1 Övrigt i material anskaffningsfasen:	4,2 Övrigt i tillverknings fasen: Råmaterial för framställning av europeisk elmix (används vid produktion): Koppar: 0,003 g/MJ el	4,3 Övrigt i användnings fasen: Utsläpp vid drift. Eventuell Miljöbelastning vid tankning inkluderas inte. Miljöpåverkan från ramställning	4,4 Övrigt i kvittblivnings fasen:	4,5 Övrigt i transportfasen: Råmaterial för framställning av europeisk elmix (används vid transport): Koppar: 0,003 g/MJ el Stål: 0,309 g/MJ el

		Stål: 0,309 g/MJ el	av etanol och bensin. Framställning av bensin; 50% av råoljan antas komma från Norge.		
--	--	------------------------	--	--	--

Etanolbil

Etanolen (E85) utvinns från spannmål med oljeeldning för etanolfabrikens ångbehov. E85 är en blandning av 85 vol% etanol, framställt ur vete, (1 ppm svavel) och 15 vol-% bensin (25 ppm svavel). För bensinen har data baserad på utomhustemperaturen +20°C använts. Samma data för drivlinan i bensinbilen har använts för drivlinan i etanolbilen.

1. Material, Etanolbil:

Material	1,1 Material i material anskaffningsfasen:	1,2 Material i tillverkningsfasen:	1,3 Material i användningsfasen:	1,4 Material i kvittblivningsfasen:	1,5 Material i transportfasen:
Skillnad mot elbilarna (förutom mängder) Etanolbilen innehåller: porslin, rhodium, platina, men ej PVC, nickel, kadmium eller kobolt.	Järn/Stål 116,5kg Aluminium 36,3 kg Koppar 4,95kg Plast 3,3kg Övrigt 4,95kg Porslin 6 kg Rodium 4,5 g Platina 1,5 g PE 10 kg	Data saknas.	Data saknas.	Data saknas.	Data saknas.
Resursförbrukning (PR)	Totalt: ?+ 0,3 PR	-----	-----	-----	-----

1,1 Material i materialanskaffningsfasen, Etanolbil

Material i materialhanteringsfasen redovisas i tabellen nedan, i den vänstra spalten redovisas materialmängden och i den högra spalten redovisas beräkningar för de resurser som krävs för framställning av materialen.

Tabell A.1.3.1 Material i materialanskaffningsfasen, etanolbil.

<p>Materialmängd: * Materialet är jungfruligt ** Materialet är till viss del jungfruligt (sida 17-18 i Almemark <i>et al</i>)</p>	<p>Resurs som krävs för framställning, (mPR) Följande formel har använts för att beräkna resursförbrukningen: $\text{material [kg]} * \text{resursförbrukning för ämnet [mPR/kg]} = \text{materialet i mPR}$ (ämnets resursförbrukning hämtas från tabell B1 i Pommer <i>et al.</i> 2001)</p>
<p>Drivlina: (165 kg) Järn/Stål 70 % = 115,5 kg** Aluminium 22 % = 36,3 kg** Koppar 3 % = 4,95 kg** Plast 2 % = 3,3 kg Övrigt 3 % = 4,95 kg Katalysator: Porslin 6 kg Stål 1 kg** Rodium 4,5 g** Platina 1,5 g** Bensintank: (50 l) PE 10 kg* (sida 17-18 i bilstudien)</p>	<p>Stål (maskin~): Fe: $0,08 \text{ mPR/kg} * (115,5 \text{ kg} + 1 \text{ kg}) = 9,32 \text{ mPR}$ Mn: $0,05 \text{ mPR/kg} * (115,5 \text{ kg} + 1 \text{ kg}) = 5,825 \text{ mPR}$ Al: (valslegering): $1,5 \text{ mPR/kg} * 36,3 \text{ kg} = 54,45 \text{ mPR}$ Cu: $16,5 \text{ mPR/kg} * 4,95 \text{ kg} = 81,675 \text{ mPR}$ Porslin: ? mPR/kg * 6 kg = ? Platina: $125\,000 \text{ mPR/kg} * 0,0015 \text{ kg} = 187,5 \text{ mPR}$ Rodium: ? mPR/kg * 0,0045 kg = ? PE: (polyethelen): Råolja: $0,02 \text{ mPR/kg} * 10 \text{ kg} = 0,2 \text{ mPR}$ Naturgas: $0,02 \text{ mPR/kg} * 10 \text{ kg} = 0,2 \text{ mPR}$ Plast (antagande: ABS-plast): Råolja: $0,02 \text{ mPR/kg} * 3,3 \text{ kg} = 0,066 \text{ mPR}$ Naturgas: $0,02 \text{ mPR/kg} * 3,3 \text{ kg} = 0,066 \text{ mPR}$ Totalt: ? + 339,302 mPR ≈ ? + 0,3 PR (Plast: antagen till ABS-plast)</p>

1,2 Material i tillverkningsfasen, Etanolbil

Data saknas.

1,3 Material i användningsfasen, Etanolbil

Data saknas

1,4 Material i kvittblivningsfasen, Etanolbil

Data saknas

1,5 Material i transportfasen, Etanolbil

Data saknas

2. Energi, Etanolbil

Energi (GJ primär energi)	2,1 Energi i materialanskaffningsfasen:	2,2 Energi i tillverkningsfasen:	2,3 Energi i användningsfasen:	2,4 Energi under kvittblivningsfasen:	2,5 Energi i transportfasen:
(PR)	?+ 12 GJ	?+ 4 GJ	510 GJ	?+ 3 GJ	0,2 GJ
	?+ $12 * 10^{-3}$ PR	?+ $4 * 10^{-3}$ PR	0,5 PR	?+ $3 * 10^{-3}$ PR	$2 * 10^{-4}$ PR

Först beräknas den totala energianvändningen fram, sedan räknas den om till förbrukning av oljeresurser, enligt Pommer *et al* 2001. Följande formel används:

Energiförbrukning [MJ]/ 1 025 [MJ/mPR olja] = förbrukning av oljeresurser [mPR]

2,1 Energi i materialanskaffningsfasen, Etanolbil

Energianvändningen i materialanskaffningsfasen beräknas med följande formel:

mängd material [kg]* primär energi för materialet [MJ/kg]= primär energiförbrukning [MJ]

Den primära energin för materialen hämtas från tabell B2 i Pommer *et al* 2001. Frågetecken indikerar att data saknas för att utföra beräkningen.

Beräkningar av energi i materialanskaffningsfasen:

Primär energi för framtagning av materialen:

Järn/Stål: $40 \cdot (115,5 \text{ kg} + 1 \text{ kg}) = 4660 \text{ MJ}$

Al: $170 \cdot 36,3 \text{ kg} = 6171 \text{ MJ}$

Cu: $90 \cdot 4,95 \text{ kg} = 445,5 \text{ MJ}$

Plast (antar ABS): $95 \cdot 3,3 \text{ kg} = 313,5 \text{ MJ}$

Övrigt: $4,95 \text{ kg} = ? \text{ MJ}$

Porslin: $? \cdot 6 \text{ kg} = ? \text{ MJ}$

Rodium: $? \cdot 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ kg} = ? \text{ MJ}$

Platina: $? \cdot 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ kg} = ? \text{ MJ}$

PE: $75 \cdot 10 = 750 \text{ MJ}$

Totalt: $? + 12\,340 \text{ MJ} \approx ? + 12 \text{ GJ} = (/1025) = ? + 12 \text{ mPR} = ? + 12 \cdot 10^{-3} \text{ PR}$

Platinametallerna rodium och platina hör till ovanliga material.

Jungfruligt aluminium, stål och petroleum kräver energiintensiva utvinningsmetoder.

Jungfruligt koppar, järn och nickel, ger upphov till surt flytande avfall vid brytning.

Uppgifter om plast, porslin och hydroxider saknas.

2,2 Energi i produktionsfasen, Etanolbil

Energien i produktionsfasen beräknas med hjälp av följande formel:

Mängd energiresurs [kg]* energiinnehåll [MJ/kg]= primär energiförbrukning [MJ]
(Energiinnehåll finns i bilaga B, tabell B.4.)

eller,

om energiförbrukningen anges i el, används någon av följande formler:

Elförbrukning [MJ] *2,5= primär energiförbrukning [MJ]

Elförbrukning [kWh] *9= primär energiförbrukning [MJ]

eller,

om mängden energi för tillverkning saknas, används följande approximation, enl. Pommer *et al.* 2001:

energiförbrukning i tillverkningsfasen= 30% av materialanskaffningsfasens energiförbrukning

Beräkning av energi i produktionsfasen:

Drivlina: Tillverkning av drivlinan sker med europeisk elmix (UCTPE):

28,4% stenkolk, 19,1% kärnkraft, 17,1% brunkolk, 14,4% olja, 12,6% naturgas...m.m.

Eftersom uppgift om mängden energi för tillverkning saknas, används följande approximation, enl. Pommer *et al.* 2001:

30% av materialanskaffningsfasens energiförbrukning= $0,3 \cdot (12\,340 + ?) \text{ MJ} = ? + 3\,702 \text{ MJ} \approx ? + 4 \text{ GJ} = (/1025) = ? + 4 \cdot 10^{-3} \text{ PR}$

2,3 Energi i användningsfasen, Etanolbil

Energianvändningen i användningsfasen beräknas på samma sätt som energianvändningen i tillverkningsfasen, med följande formel:

Mängd energiresurs [kg]* energiinnehåll [MJ/kg]= primär energiförbrukning [MJ]
Energiinnehåll finns i bilaga B, tabell B.4.

eller

om energiförbrukningen anges i el, används någon av följande formler:

Elförbrukning [MJ] *2,5= primär energiförbrukning [MJ]

Elförbrukning [kWh] *9= primär energiförbrukning [MJ]

Beräkning av energi i användningsfasen:

Bränsleförbrukning: 0,15 l/km, etanol 85% (0,1275 l/km) , bensin 15% (0,0225 l/km).

Bensinförbrukning: 0,0225 l/km=0,0225*10⁻³ m³/km =(densitet: 756,5 kg/ m³, energiinnehåll (Miljöfaktabok, 1999): 43,0 MJ/kg)= 0,73 MJ primär energi /km

Etanolförbrukning: 0,1275 l/km= 0,1275*10⁻³ m³/km=(densitet: 782 kg/m³)=0,099kg/km=(energiinnehåll (Miljöfaktabok, 1999): 26,8 MJ/kg)=2,67 MJ primär energi /km

Den värme som avges, skall dras av från detta: Inga uppgifter om värmen finns.

Summa: 0,73 MJ primär energi /km+ 2,67 MJ primär energi /km=3,4 primär energi MJ/km

Den antagna livslängden för drivlinan, bensintanken och katalysatorn är 150 000 km enligt Setterwall C (2001).
3,4 MJ primär energi /km>(*150 000 km)=510 314 MJ primär energi=(/1025) = 497,87 mPR

Totalt: 510 GJ primär energi=(/1025)= 0,5PR

2,4 Energi i kvittblivningsfasen, Etanolbil

Energianvändningen eller energiutvecklingen i kvittblivningsfasen ska beräknas där så är möjligt. Om kvittblivningen sker genom förbränning, ska den värme som utvecklas tillgodoskrivas energiberäkningarna. Värmeutvecklingen beräknas genom att använda ämnets energiinnehåll, vilket finns angivet i tabell B2, i bilaga B i Pommer *et al* 2001.

Energianvändning eller tillvaratagen energi vid förbränning under kvittblivningen beräknas enligt:

Mängd material [kg]* energiinnehåll [MJ/kg]= värmeutveckling [MJ]

I tabell B3 i bilaga B i Pommer *et al* 2001 finns energiförbrukningen för vissa utvalda bearbetningsprocesser.

I de fall då upplysningar om energianvändningen vid bearbetning saknas, kan den sättas till 50% av den energimängd som används vid framställning av materialet.

Beräkning av energi i kvittblivningsfasen

Procentandelen anger återvinningsgraden.

Energien för återvinning fås från tabell B3 i Pommer *et al*. 2001.

Stål: (85%*(1kg+115,5kg))*20= 1980,5 MJ

Koppar (90%*4,95kg)*50=222,75 MJ

Aluminium (90%*36,3kg)*30=980,1 MJ

PE (90%*10kg)*6=54 MJ

Porslin (0%*6kg)*?=0 MJ

Platina(99,9%*0,0015kg)*?=? MJ
 Rhodium: (99,9%*0,0045kg)*?=? MJ

Summa: ?+ 3 237,35 MJ≈ ?+ 3 GJ =(/1025) = ? + 3*10⁻³ PR

2,5 Energi i transportfasen, Etanolbil

Den sammanlagda energianvändningen vid transport beräknas enligt:

Σ (förflyttat material [kg] * avstånd [km] * energiförbrukning [MJ/(kg*km)]) = sammanlagd energiförbrukning [MJ]

Energi i transportfasen

Drivlinan transporteras 1500 km från Europa till Sverige med eldrivet tåg. (UCTPE elmix)

1500 km med tåg= (*0,0008 kg/km enl. Pommer *et al.* 2001 sida 84)= 1,2 MJ/kg

Vikt: 165 kg (drivlina) + 6 +1+ 0,0045+0,0015 kg (katalysator) + 10 kg (bensintank) =182, 006 kg

Totalt 1,2 MJ/kg*182,006 kg=218,4 07 MJ≈ 0,2 GJ= (/1025)= 2*10⁻⁴ PR

3. Kemikalier, Etanolbil

Kemikalier	3,1 Kemikalier i material hanteringsfasen:	3,2 Kemikalier i tillverknings fasen:	3,3 Kemikalier i användnings fasen:	3,4 Kemikalier i kvittblivnings fasen:	3,5 Kemikalier i transportfasen:
	För klassificering av ingående kemikalier, se tabell A.1.3.2 nedan.	Data saknas.	Etanol (typ 3) Utsläpp vid drift av bilen: CO ₂ : 55,1 g/km, NO _x : 0,036 g/km CH ₄ : 0,004 g/km Partiklar: 0,059 g/km NMHC: 0,166 g/km CO: 1,74 g/km Utsläpp vid framställning av etanol, se tabell A.1.3.3 nedan.	Data saknas.	Data saknas.

3,1 Kemikalier i materialanskaffningsfasen, Etanolbil

Material som ingår i etanolbilen:

Tabell A.1.3.2 Kemikalier i materialanskaffningsfasen, etanolbil.

Riskfraserna är hämtade från Kemikalieinspektionens hemsida (www.kemi.se) 2001-09-25

Ämne			Värdering			
Namn	CAS- nr	Användning	Klassificering	Effektlista	Lista över oönskade ämnen.	Typ
Stål(fiber)	7439-89-6	Material i bilen				2
Aluminium (pulver)	7429-90-5	Material i bilen	R15-17			2
Koppar (Porslin)	7440-50-8	Material i bilen			X	1
Rhodium	7440-16-6	Material i bilen				2
Platina	7440-06-4	Material i bilen				2
(Polyeten (PE))	9002-88-4	Material i bilen				2
(ABS plast)	9003-56-9	Material i bilen				2

3,2 Kemikalier i tillverkningsfasen, Etanolbil

Data saknas

3,3 Kemikalier i användningsfasen, Etanolbil

Utsläpp vid drift av bilen:

I tabell nedan redovisas totalt utsläpp från hela bränslecykeln, från råvarutvinning till förbränning per producerad MJ bränsle.

Tabell A.1.3.3 Totalt utsläpp från bensinens hela bränslecykel.

Data anger total miljöpåverkan från hela bränslecykeln, enligt

Uppenberg *et al.*

Utsläpp till luft (kg)	Etanol
NO _x	50
SO _x	6
CO	163
NMVOC	15
CO ₂	9 200
N ₂ O	14
CH ₄	3
Partiklar	27
NH ₃	-----

I tabellen nedan redovisas typindelning av kemikalierna i användningsfasen.

Tabell A.1.3.4 Kemikalier i användningsfasen, Etanolbil

Riskfraserna är hämtas från Kemikalieinspektionens hemsida (www.kemi.se) 2001-09-25

Ämne			Värdering			
Namn	CAS- nr	Användning	Klassificering	Effektlista	Lista över oönskade ämnen.	Typ
NO _x	10102-44-0	Utsläpp vid drift av bilen, Utsläpp under bränslecykeln	T+; R26, C; R34			2
SO ₂	744-09-5	Utsläpp vid drift av bilen, Utsläpp under bränslecykeln	T; R23 C; R34	x		2
CO	630-08-0	Utsläpp vid drift av bilen, Utsläpp under bränslecykeln	F+; R12 Repr1; R61 T; R23-48/23	x		1
NMVOC	---	Utsläpp under bränslecykeln				2
CO ₂	124-38-9	Utsläpp vid drift av bilen, , Utsläpp under bränslecykeln				2
N ₂ O	10024-97-2	Utsläpp under bränslecykeln				2
CH ₄	74-82-8	Utsläpp vid drift av bilen	F+; R12			3
Bensin	86290-81-5	Drivmedel	Canc 2; R45 Xn; R65	x		1
Etanol	64-17-5	Drivmedel	F;R11			3

3,4 Kemikalier i kvittblivningsfasen, Etanolbil

Data saknas

3,5 Kemikalier i transportfasen, Etanolbil

Data saknas

4. Övrigt, Etanolbil

Övrigt	4,1 Övrigt i materialhanterings fasen:	4,2 Övrigt i tillverknings fasen: Råmaterial för framställning av europeisk elmix (används vid produktion): Koppar: 0,003 g/MJ el Stål: 0,309 g/MJ el	4,3 Övrigt i användnings fasen: Eventuell Miljöbelastning vid tankning inkluderas inte. Miljöpåverkan från framställning av etanol och bensin. Framställning av bensin; 50% av råoljan antas komma från Norge.	4,4 Övrigt i kvittblivnings fasen:	4,5 Övrigt i transportfasen: Råmaterial för framställning av europeisk elmix (används vid transport): Koppar: 0,003 g/MJ el Stål: 0,309 g/MJ el
--------	--	--	---	------------------------------------	--

Bilaga A.1.4 Elbil: 100% fossilt bränsle, kol

Material Skillnad i ingående material mot bensin och etanolbil (förutom mängder): Elbilen innehåller: PVC, nickel, kadmium, kobolt, men inte porslin, rhodium eller platina	1,1 Material i material anskaffningsfasen: Nickel 53 kg Kadmium 39 kg Kobolt 2,5 kg Stål 228,4 kg Koppar 14,3 kg Plaster 34,2 kg Gummi 6 kg Vatten 59 kg Div. hydroxider 25,5 kg Aluminium 58,4 kg Övrigt 2,2 kg PVC 1 kg PE 2 kg	1,2 Material i tillverknings fasen: Data saknas.	1,3 Material i användnings fasen: Data saknas	1,4 Material i kvittblivnings fasen: Data saknas. Produkter från återvinningen: Cd: -21 kg Ferronickelskrot: -58 kg	1,5 Material i transportfasen: Data saknas.
Resursförbrukning (PR)	180 PR	-----	-----	Cd: -90 PR Skrot: -? PR	-----
Energi (GJ primär energi):	2,1 Energi i material anskaffningsfasen: ?+34 GJ	2,2 Energi i tillverknings fasen: 5 GJ	2,3 Energi i användnings fasen: 380 GJ	2,4 Energi i kvittblivnings fasen: 7 GJ	2,5 Energi i transportfasen: 0,6 GJ
(PR):	?+ 0,3 PR	5*10 ⁻³ PR	0,4 PR	7*10 ⁻³ PR	6*10 ⁻⁴ PR
Kemikalier	3,1 Kemikalier i material anskaffningsfasen: För klassificering av ingående kemikalier, se tabell A.1.4.2 nedan.	3,2 Kemikalier i tillverknings fasen: Data saknas.	3,3 Kemikalier i användnings fasen: Data saknas. Utsläpp vid framställning av kol se tabell A.1.4.3 nedan.	3,4 Kemikalier i kvittblivnings fasen: Utsläpp från återvinningen av 100 kg batterier är: 60 mg Cd till luft 0,04 mg Cd till vatten, 0,2 mg Ni till luft, 0,2 mg Ni till vatten.	3,5 Kemikalier i transportfasen: Data saknas.

Övrigt	4,1 Övrigt i material anskaffningsfasen:	4,2 Övrigt i tillverknings fasen: Råmaterial för framställning av europeisk elmix (används vid produktion): Koppar: 0,003 g/MJ el Stål: 0,309 g/MJ el	4,3 Övrigt i användnings fasen: Miljöpåverkan från framställning av el från kolkraftverk.	4,4 Övrigt i kvittblivnings fasen: (Återvinning sker genom tömning av elektrolyt, pyrolyssteg och destillationssteg. Den flytande metallen droppas ned i vatten, pyrolysgasen förbränns, tvättas och filtreras. Den värme som utvecklas återvinns. Rökgaserna passerar dubbla filter och processvattnet renas i fabriken.)	4,5 Övrigt i transportfasen: Råmaterial för framställning av europeisk elmix (används vid transport): Koppar: 0,003 g/MJ el Stål: 0,309 g/MJ el
---------------	---	---	---	--	---

1. Material. Elbil: 100% fossilt bränsle, kol

Material Skillnad i ingående material mot bensin och etanolbil (förutom mängder): Elbilen innehåller: PVC, nickel, kadmium, kobolt, men inte porslin, rhodium eller platina	1,1 Material i material anskaffningsfasen: Nickel 53 kg Kadmium 39 kg Kobolt 2,5 kg Stål 228,4 kg Koppar 14,3 kg Plaster 34,2 kg Gummi 6 kg Vatten 59 kg Div. hydroxider 25,5 kg Aluminium 58,4 kg Övrigt 2,2 kg PVC 1 kg PE 2 kg	1,2 Material i tillverknings fasen: Data saknas.	1,3 Material i användnings fasen: Data saknas.	1,4 Material i kvittblivnings fasen: Data saknas. Produkter från återvinningen: Cd: -21 kg Ferronickelskrot: -58 kg	1,5 Material i transportfasen: Data saknas.
Resursförbrukning (PR)	Totalt: 180 PR	-----	-----	Cd: -90 PR Skrot: -? PR	-----

1,1 Material i materialanskaffningsfasen, Elbil: 100% fossilt bränsle, kol

Material i materialhanteringsfasen redovisas i tabellen nedan, i den vänstra spalten redovisas materialmängden och i den högra spalten redovisas beräkningar för de resurser som krävs för framställning av materialen.

Tabell A.1.4.1 Material i materialanskaffningsfasen

Materialmängd (kg) * dessa material är jungfruliga ** dessa material är jungfruliga till viss del	Resurs som krävs för framställning, mPR Följande formel har använts för att beräkna resursförbrukningen: $\text{material [kg]} * \text{resursförbrukning för ämnet [mPR/kg]} = \text{materialet i mPR}$ (ämnets resursförbrukning hämtas från tabell B1 i Pommer <i>et al.</i> 2001)
Batteri: (291 kg) Nickel 53 kg * Kadmium 39 kg Kobolt 2,5 kg * Stål 70 kg * Koppar 4 kg * Plaster 32 kg Gummi 6 kg Vatten 59 kg Div. hydroxider 25,5 kg Drivlina: (220kg) Järn/stål 72% =158,4** Aluminium 22%=48,4** Koppar 4% =8,8** Plast 1% =2,2 Övrigt 1%=2,2 Kylrör: Aluminium 10kg** Kabel: Koppar 1,5 kg ** PVC 1 kg ** Bensintank: (7 l) PE (plast) 2 kg*	Ni: 106 mPR/kg*53 kg=5618 mPR Cd: 4300 mPR/kg *39 kg = 167 700 mPR Co: 1000 mPR/kg *2,5 kg =2500 mPR Stål: (Maskin~) Fe: 0,08 mPR/kg *(70+158,4 kg)=18,272 mPR Mn: 0,05 mPR/kg *(70+158,4 kg)=11,42 mPR Cu: 16,5 mPR/kg *(4+8,8+1,5 kg)=235,95 mPR Plast (antagande: ABS) Råolja: 0,02 mPR/kg *(32+2,2 kg)=0,684 mPR Naturgas:0,02 mPR/kg *(32+2,2 kg)=0,684 mPR Gummi: Naturgummi: 0 mPR/kg* 6kg= 0 mPR Al: (ant.: valsberedning) 1,5 mPR/kg *(48,4+10 kg)=87,6 mPR PVC: Råolja 0,01 mPR/kg *1 kg =0,01 mPR Naturgas:0,01 mPR/kg *1 kg =0,01 mPR PE: (ant. HDPE) Råolja: 0,02 mPR/kg *2 kg =0,04 mPR Naturgas: 0,02 mPR/kg *2 kg =0,04 mPR Totalt: 176 172,71 mPR ≈ 180 PR

1,2 Material i tillverkningsfasen, Elbil: 100% fossilt bränsle, kol

Data saknas.

1,3 Material i användningsfasen, Elbil: 100% fossilt bränsle, kol

Data saknas.

1,4 Material i kvittblivningsfasen: Elbil: 100% fossilt bränsle, kol

Material i kvittblivningsfasen beräknas med följande formel:

$\text{material [kg]} * \text{resursförbrukning för ämnet [mPR/kg]} = \text{materialet i mPR}$
 (ämnets resursförbrukning hämtas från tabell B1, bilaga B i Pommer *et al.*)

Beräkning av material i kvittblivningsfasen

Frågetecken indikerar att data saknas för att utföra beräkningarna.

Batteri: Material som krävs vid återvinnig av batteri: data saknas. För processen, se under Energi.

Cd: -21 kg=-4 300 mPR/kg* 21kg=90 300 mPR

ferronickelskrot: -58 kg* ? kg= ? kg

Kupévärmare: Material för återvinning av drivlina: data saknas.

Totalt: -90 300 + ? mPR ≈ - 90 + ? PR

1,5 Material i transportfasen, Elbil: 100% fossilt bränsle, kol

Data saknas.

2. Energi, Elbil: 100% fossilt bränsle, kol

Energi	2,1 Energi i material anskaffningsfasen:	2,2 Energi i tillverkningsfasen:	2,3 Energi i användningsfasen:	2,4 Energi under kvittblivnings fasen:	2,5 Energi i transportfasen:
Totalt: (GJ primär energi)	?+ 34 GJ	5 GJ	380 GJ	7 GJ	0,6 GJ
Totalt (PR)	?+ $3 \cdot 10^{-2}$ PR	$5 \cdot 10^{-3}$ PR	0,4 PR	$7 \cdot 10^{-3}$ mPR	$6 \cdot 10^{-4}$ PR

Först beräknas den totala energianvändningen fram, sedan räknas den om till förbrukning av oljeresurser, enligt Pommer *et al* 2001. Följande formel används:

$$\text{Energiförbrukning [MJ]/ 1 025 [MJ/mPR olja]} = \text{förbrukning av oljeresurser [mPR]}$$

2,1 Energi i materialanskaffningsfasen, Elbil: 100% fossilt bränsle, kol

För beräkning av energi i materialanskaffningsfasen används följande formel:

$$\text{mängd material [kg]} * \text{primär energi för materialet [MJ/kg]} = \text{primär energiförbrukning [MJ]}$$

Den primära energin för materialen hämtas från tabell B2 i Pommer *et al* 2001. De ämnen för vilka uppgifter om primär energi saknas, anges med ett frågetecken.

Beräkning av energi i materialanskaffningsfasen

$$\text{Ni: } 190 \text{ MJ/kg} * 53 \text{ kg} = 10070 \text{ MJ}$$

$$\text{Cd: } ? \text{ MJ/kg} * 39 \text{ kg} = ? \text{ MJ}$$

$$\text{Co: } ? \text{ MJ/kg} * 2,5 \text{ kg} = ? \text{ MJ}$$

$$\text{Stål: } 40 \text{ MJ/kg} * (70 \text{ kg} + 158,4 \text{ kg}) = 9136 \text{ MJ}$$

$$\text{Cu: } 90 \text{ MJ/kg} * (4 \text{ kg} + 8,8 \text{ kg} + 1,5 \text{ kg}) = 1287 \text{ MJ}$$

$$\text{Plast (antar ABS)} = 95 \text{ MJ/kg} * (32 \text{ kg} + 2,2 \text{ kg}) = 3249 \text{ MJ}$$

$$\text{Al: } 170 \text{ MJ/kg} * (48,4 \text{ kg} + 10 \text{ kg}) = 9928 \text{ MJ}$$

$$\text{PVC: } 65 \text{ MJ/kg} * 1 \text{ kg} = 65 \text{ MJ}$$

$$\text{PE: } 75 \text{ MJ/kg} * 2 \text{ kg} = 150 \text{ MJ}$$

$$\text{Totalt: } ? + 33\,885 \text{ MJ} \approx ? + 34 \text{ GJ} = (/1025) = ? + 33 \text{ mPR} = ? + 3 \cdot 10^{-2} \text{ PR}$$

Brytning av jungfruligt koppar, järn och nickel, ger upphov till surt flytande avfall.

Gummi antas vara naturligt gummi från Malaysia.

Plasterna PVC och PE utvinns från olja.

Hydroxiderna anges endast som ingående resurs i studien.

Råoljan till bensinen är 50% från Norge

2,2 Energi i tillverkningsfasen, Elbil: 100% fossilt bränsle, kol

Energien i produktionsfasen beräknas med hjälp av följande formel:

$$\text{Mängd energiresurs [kg]} * \text{energiinnehåll [MJ/kg]} = \text{primär energiförbrukning [MJ]}$$

(Energiinnehåll finns i bilaga B, tabell B.4, i Pommer *et al*.)

eller,

om energiförbrukningen anges i el, används någon av följande formler:

Elförbrukning [MJ] *2,5= primär energiförbrukning [MJ]
Elförbrukning [kWh] *9= primär energiförbrukning [MJ]

eller,

om mängden energi för tillverkning saknas, används följande approximation, enl. Pommer *et al* 2001:

energiförbrukning i tillverkningsfasen= 30% av materialanskaffningsfasens energiförbrukning

Beräkning av energi i produktionsfasen:

Batteri: Tillverkning av batteriet kräver 0,26 kWh/Wh*11,4 kWh= 2,964 kWh= (*9 enl. MECO)=26,676 MJ och sker i Frankrike, europeisk elmix: (UCTPE)
28,4% stenkol, 19,1% kärnkraft, 17,1% brunkol, 14,4% olja, 12,6% naturgas...m.m.

Drivlina:

Tillverkning av drivlinan sker med europeisk elmix, mängd ej känd. Kan enl. MECO sättas till 30% av materialanskaffningsfasen:

Järn/stål =158,4kg*40 MJ/kg=6336 MJ
Aluminium =48,4 kg*170 MJ/kg=8228 MJ
Koppar =8,8 kg*90 MJ/kg=792 MJ
Plast =2,2 kg* 95MJ/kg=209 MJ
Summa: 15565 MJ

Kylrör:

Aluminium=10kg*170 MJ/kg=1700 MJ

Kabel:

Koppar =1,5 kg *90 MJ/kg=135 MJ
PVC =1 kg*65 MJ/kg=65 MJ
Summa: 200 MJ

Bensintank:

PE =2 kg*75 MJ/kg=150 MJ

Kupévärmare: data saknas.

Summa: 17 615 MJ

30% av 17 615 MJ= 5 284,5 MJ

Totalt: 26,676MJ+ 5 284,5 MJ= 5 311,18 MJ \approx 5 GJ= (/1025)= 5 mPR= $5 \cdot 10^{-3}$ PR

2,3 Energiförbrukning i användningsfasen, Elbil: 100% fossilt bränsle, kol

Energianvändningen i användningsfasen beräknas på samma sätt som energianvändningen i tillverkningsfasen, med följande formel:

Mängd energiresurs [kg]* energiinnehåll [MJ/kg]= primär energiförbrukning [MJ]
Energiinnehåll finns i bilaga B, tabell B.4.

eller

om energiförbrukningen anges i el, används någon av följande formler:

Elförbrukning [MJ] *2,5= primär energiförbrukning [MJ]

Elförbrukning [kWh] *9= primär energiförbrukning [MJ]

Beräkning av energi i användningsfasen:

För drift av batteriet krävs el 0,24 kWh/km= (*9 enl. Pommer *et al*)=2,16 MJ primär energi/km

Den antagna livslängd för drivlinan är 175 000 km, enligt Setterwall C(2001).

Totalt: $2,16 \text{ MJ primär energi /km} = (*175\,000 \text{ km}) = 378\,000 \text{ MJ primär energi} \approx 380 \text{ GJ} = (/1025) = 370 \text{ mPR} \approx 0,4 \text{ PR}$

2,4 Energi i kvittblivningsfasen, Elbil: 100% fossilt bränsle, kol

Energianvändningen eller energiutvecklingen i kvittblivningsfasen ska beräknas där så är möjligt. Om kvittblivningen sker genom förbränning, ska den värme som utvecklas tillgodoskrivas energiberäkningarna. Värmeutvecklingen beräknas genom att använda ämnets energiinnehåll, vilket finns angivet i tabell B2, i bilaga B i Pommer *et al* 2001.

Energianvändning eller tillvaratagen energi vid förbränning under kvittblivningen beräknas enligt:

Mängd material [kg]* energiinnehåll [MJ/kg]= värmeutveckling [MJ]

I tabell B3 i bilaga B i Pommer *et al* 2001 finns energiförbrukningen för vissa utvalda bearbetningsprocesser.

I de fall då upplysningar om energianvändningen vid bearbetning saknas, kan den sättas till 50% av den energimängd som används vid framställning av materialet.

Beräkning av energi i kvittblivningsfasen

Batteri: Batteriet återvinns i Sverige med 113 kWh för 100 kg batterier. Batteriet väger 291 kg => energi för återvinning av ett batteri: $328,83 \text{ kWh} = 1183,79 \text{ MJ} = (*2,5, \text{ för primär energi}) = 2\,959,47 \text{ MJ}$ (svensk medel: 45% kärnkraft, 48% vattenkraft...)

Produkter:

Cd: 21 kg

värme: 139 kWh = 500,4 MJ

ferronickelskrot: 58 kg

Drivlina:

Bearbetningsfaktorerna hämtas från tabell B3 i Pommer *et al.* 2001, sida 180.

Återvinningsgrader anges i procent:

Stål 85% av 158,4 kg = $134,64 \text{ kg} = (*20 \text{ MJ/kg}) = 2\,692,8 \text{ MJ}$

Koppar 90% av 8,8 kg = $7,92 \text{ kg} = (*50 \text{ MJ/kg}) = 396 \text{ MJ}$

Aluminium 90% av 48,4 kg = $43,56 \text{ kg} = (*30 \text{ MJ/kg}) = 1\,306,8 \text{ MJ}$

PVC 0% av 1 kg = $0 \text{ kg} = (*6 \text{ MJ/kg}) = 0 \text{ MJ}$

PE 90% av 2 kg = $1,8 \text{ kg} = (*6 \text{ MJ/kg}) = 10,8 \text{ MJ}$

Summa: 4 406,4 MJ

Totalt: $2\,959,47 \text{ MJ} + 4\,406,4 - 500,4 = 6\,865,47 \text{ MJ} \approx 7 \text{ GJ} = 7 \text{ mPR}$

2,5 Energi i transportfasen, Elbil: 100% fossilt bränsle, kol

Den sammanlagda energianvändningen vid transport beräknas enligt:

$\Sigma (\text{förflyttat material [kg]} * \text{avstånd [km]} * \text{energiförbrukning [MJ/(kg*km)])} = \text{sammanlagd energiförbrukning [MJ]}$

Energi i transportfasen

Batteri och drivlina: Tillverkning i Frankrike och transport 1500 km därifrån med eldrivet tåg till Sverige. (UCTPE elmix)

1500 km med tåg = $(*0,0008 \text{ enl. Pommer } et al. 2001 \text{ sida } 84) = 1,2 \text{ MJ/kg} = 0,0012 \text{ mPR/kg}$

Vikt: 291 kg (batteri) + 220 kg (drivlina) + 10 kg (kylrör) + 1,5 kg + 1 kg (kablar) = 523,5 kg

Totalt: $1,2 \text{ MJ/kg} * 523,5 \text{ kg} = 628,2 \text{ MJ} \approx 0,6 \text{ GJ} = (/1025) = 0,6 \text{ mPR} = 6 * 10^{-4} \text{ PR}$

3. Kemikalier, Elbil: 100% fossilt bränsle, kol

Kemikalier	3,1 Kemikalier i material hanteringsfasen:	3,2 Kemikalier i tillverknings fasen:	3,3 Kemikalier i användnings fasen:	3,4 Kemikalier i kvittblivnings fasen:	3,5 Kemikalier i transportfasen:
	För klassificering av ingående kemikalier, se tabell A.1.4.2 nedan.	Data saknas.	Data saknas. Framställning av el från kol, emissioner, se tabell A.1.4.3 nedan.	Utsläpp från återvinningen av 100 kg batterier är: 60 mg Cd till luft 0,04 mg Cd till vatten, 0,2 mg Ni till luft, 0,2 mg Ni till vatten.	Data saknas.

3,1 Kemikalier i materialanskaffningsfasen, Elbil: 100% fossilt bränsle, kol

I tabellen nedan redovisas typindelning av kemikalierna i materialanskaffningsfasen.

Tabell A.1.4.2 Kemikalier i materialanskaffningsfasen, elbil: 100% fossilt bränsle, kol
Riskfraserna är hämtade från Kemikalieinspektionens hemsida (www.kemi.se) 2001-09-25

Ämne			Värdering			
Namn	CAS- nr	Användning	Klassificering	Effektlista	Lista över oönskade ämnen.	Typ
Nickel	7440-02-0	Material i bilen	Canc 3; R340 R43	X	X	1
Kadmium	7440-43-9	Material i bilen			X	1
Kobolt	7440-48-4	Material i bilen	R42/43	X		1
Stål (fiber)	7439-89-6	Material i bilen				2
Koppar	7440-50-8	Material i bilen			X	1
Gummi (natur~)	68425-13-8	Material i bilen				2
Vatten	7732-18-5	Material i bilen				--
Hydroxider		Material i bilen				2
Aluminium	7429-90-5	Material i bilen	R15-R17			2
PVC	9002-86-2	Material i bilen				2
PE	9002-88-4	Material i bilen				2

3,2 Kemikalier i tillverkningsfasen, Elbil: 100% fossilt bränsle, kol

Data saknas.

3,3 Kemikalier i användningsfasen, Elbil: 100% fossilt bränsle, kol

Kemikalier som används i användningsfasen: data saknas

I tabell nedan redovisas totalt utsläpp från hela bränslecykeln, från råvarutvinning till förbränning per producerad MJ el.

Tabell A.1.4.3. Totalt utsläpp från kolets hela bränslecykel.

Data anger total miljöpåverkan från hela bränslecykeln, enligt Uppenberg *et al.*

Utsläpp till luft (kg)	El, kol
NO _x	15
SO _x	24
CO	14
NMVOC	0,7
CO ₂	32 000
N ₂ O	0,5
CH ₄	380
Partiklar	9
NH ₃	0,8

Tabell A.1.4.4 Kemikalier i användningsfasen, elbil: 100% fossilt bränsle, kol

Klassificeringen är hämtas från Kemikalieinspektionens hemsida (www.kemi.se) 2001-09-25

Ämne			Värdering			
Namn	CAS- nr	Användning	Klassificering	Effektlista	Lista över oönskade ämnen.	Typ
NO _x	10102-44-0	Utsläpp under bränslecykeln	T+; R26, C; R34			2
SO ₂	744-09-5	Utsläpp under bränslecykeln	T; R23 C; R34	X		1
CO	630-08-0	Utsläpp under bränslecykeln	F+; R12 Repr1; R61 T; R23-48/23	X		1
NMVOC	---	Utsläpp under bränslecykeln				
CO ₂	124-38-9	Utsläpp under bränslecykeln				2
N ₂ O	10024-97-2	Utsläpp under bränslecykeln				2
CH ₄	74-82-8	Utsläpp under bränslecykeln	F+; R12			3
NH ₃	7664-41-7	Utsläpp under bränslecykeln	R10 T; R23 C; R34 N; R50			2

3,4 Kemikalier i kvittblivningsfasen, Elbil: 100% fossilt bränsle, kol**Batteri och drivlina:**

Kemikalier, som används under kvittblivningen: Data saknas.

Batteri:

Utsläpp från återvinningen av 100 kg batterier är:

- 60 mg Cd till luft
- 0,04 mg Cd till vatten,
- 0,2 mg Ni till luft,
- 0,2 mg Ni till vatten.

Utsläppen klassificeras i tabell nedan.

Tabell A.1.4.5 Kemikalier i kvittblivningsfasen, Elbil: 100% fossilt bränsle, kol

Klassificeringen är hämtas från Kemikalieinspektionens hemsida (www.kemi.se) 2001-09-25

Ämne			Värdering			
Namn	CAS- nr	Användning	Klassificering	Effektlista	Lista över oönskade ämnen.	Typ
Nickel	7440-02-0	Material i bilen	Canc 3; R340 R 43	X	X	1
Kadmium	7440-43-9	Material i bilen			X	1

3,5 Kemikalier i transportfasen, Elbil: 100% fossilt bränsle, kol

Batteri och drivlina: Kemikalier under transporten: inga uppgifter finns.

4. Övrigt, Elbil: 100% fossilt bränsle, kol

Övrigt	<p>4.1 Övrigt i material hanteringsfasen:</p>	<p>4.2 Övrigt i tillverkningsfasen:</p> <p>Råmaterial för framställning av europeisk elmix (används vid produktion): Koppar: 0,003 g/MJ el Stål: 0,309 g/MJ el</p>	<p>4.3 Övrigt i användningsfasen:</p> <p>Miljöpåverkan från framtagning av el från kolkraftverk.</p>	<p>4.4 Övrigt i kvittblivningsfasen:</p> <p>(Återvinning sker genom tömning av elektrolyt, pyrolyssteg och destillationssteg. Den flytande metallen droppas ned i vatten, pyrolysgasen förbränns, tvättas och filtreras. Den värme som utvecklas återvinns. Rökgaserna passerar dubbla filter och processvattnet renas i fabriken.)</p>	<p>4.5 Övrigt i transportfasen:</p> <p>Råmaterial för framställning av europeisk elmix (används vid transport): Koppar: 0,003 g/MJ el Stål: 0,309 g/MJ el</p>
--------	--	---	---	--	--

Bilaga A.2 Påverkansbedömning

Bilaga A.2.1 Påverkansbedömning av kemikalier i användningsfasen

Ämne	Kadmium		
Följer ämnet med i produktens hela livsförlopp? (ja/nej)	Ja		
Typ	1		
Påverkan på omgivningen			
Arbetsmiljö	Luft	Vatten	Avfall
/	X	X	X

Ämne	Nickel		
Följer ämnet med i produktens hela livsförlopp? (ja/nej)	Ja		
Typ	1		
Påverkan på omgivningen			
Arbetsmiljö	Luft	Vatten	Avfall
/	X	x	X

Ämne	Koldioxid		
Följer ämnet med i produktens hela livsförlopp? (ja/nej)	Nej		
Typ	2		
Påverkan på omgivningen			
Arbetsmiljö	Luft	Vatten	Avfall
/	X	x	-

Ämne	Kolmonoxid		
Följer ämnet med i produktens hela livsförlopp? (ja/nej)	Nej		
Typ	1		
Påverkan på omgivningen			
Arbetsmiljö	Luft	Vatten	Avfall
/	x	x	-

Ämne	Metan		
Följer ämnet med i produktens hela livsförlopp? (ja/nej)	Nej		
Typ	3		
Påverkan på omgivningen			
Arbetsmiljö	Luft	Vatten	Avfall
/	x	x	-

Ämne	Kväveoxider		
Följer ämnet med i produktens hela livsförlopp? (ja/nej)	Nej		
Typ	2		
Påverkan på omgivningen			
Arbetsmiljö	Luft	Vatten	Avfall
/	x	x	-

Ämne	Svaveldioxid		
Följer ämnet med i produktens hela livsförlopp? (ja/nej)			Nej
Typ	1		
Påverkan på omgivningen			
Arbetsmiljö	Luft	Vatten	Avfall
/	x	x	-

Ämne	Bensin		
Följer ämnet med i produktens hela livsförlopp? (ja/nej)			Nej
Typ	1		
Påverkan på omgivningen			
Arbetsmiljö	Luft	Vatten	Avfall
/	X	x	-

Ämne	Etanol		
Följer ämnet med i produktens hela livsförlopp? (ja/nej)			Nej
Typ	3		
Påverkan på omgivningen			
Arbetsmiljö	Luft	Vatten	Avfall
/	X	x	-

Bilaga A.2.2 Påverkansbedömning av kemikalier i materialhanteringsfasen

Ämne	Kobolt		
Följer ämnet med i produktens hela livsförlopp? (ja/nej)	Ja		
Typ	1		
Påverkan på omgivningen			
Arbetsmiljö	Luft	Vatten	Avfall
/	/	/	/

Ämne	Stål		
Följer ämnet med i produktens hela livsförlopp? (ja/nej)	Ja		
Typ	2		
Påverkan på omgivningen			
Arbetsmiljö	Luft	Vatten	Avfall
/	/	/	/

Ämne	Koppar		
Följer ämnet med i produktens hela livsförlopp? (ja/nej)	Ja		
Typ	1		
Påverkan på omgivningen			
Arbetsmiljö	Luft	Vatten	Avfall
/	/	/	/

Ämne	Gummi		
Följer ämnet med i produktens hela livsförlopp? (ja/nej)	Ja		
Typ	2		
Påverkan på omgivningen			
Arbetsmiljö	Luft	Vatten	Avfall
/	/	/	/

Ämne	Hydroxider		
Följer ämnet med i produktens hela livsförlopp? (ja/nej)	Ja		
Typ	2		
Påverkan på omgivningen			
Arbetsmiljö	Luft	Vatten	Avfall
/	/	/	/

Ämne	Aluminium		
Följer ämnet med i produktens hela livsförlopp? (ja/nej)	Ja		
Typ	2		
Påverkan på omgivningen			
Arbetsmiljö	Luft	Vatten	Avfall
/	/	/	/

Ämne	Rhodium		
Följer ämnet med i produktens hela livsförlopp? (ja/nej)			Ja
Typ	2		
Påverkan på omgivningen			
Arbetsmiljö	Luft	Vatten	Avfall
/	/	/	/

Ämne	Platina		
Följer ämnet med i produktens hela livsförlopp? (ja/nej)			Ja
Typ	2		
Påverkan på omgivningen			
Arbetsmiljö	Luft	Vatten	Avfall
/	/	/	/

Bilaga B. SLCA metoden

Nedan redovisas först de frågor som används för att fylla i SLCA-matrisen (i Bilaga B.1). Sedan redovisas en SLCA-matris för varje bil, samt de argument som ligger bakom poängsättningen.

Bilaga B.1 SLCA-frågorna

1,1 Materialval, före tillverkning

Om något av följande gäller får cellen värdet 0:

- I fall där leverantörer av komponenter eller subsystem används: Ingen eller lite information är känd om det kemiska innehållet i de levererade produkterna eller komponenterna.
- I fall där material fås från leverantörer: Ett ovanligt material används där ett rimligt alternativ finns tillgängligt. (Som ovanliga material definieras antimon, beryllium, bor, guld, kobolt, krom, kvicksilver, platinametallerna [Pt, Ir, Os, Rh, Ru], silver, torium och uran.)

Om följande påstående gäller får cellen värdet 4:

- Inget jungfruligt material används i inkommande komponenter eller material.

Om inget av de föregående alternativen passar används nedanstående checklista. Cellen ges värdet 1, 2 eller 3 beroende på i vilken utsträckning produkten lever upp till vad som är att föredra med hänsyn till miljöanpassad produktutveckling.

- Är produkten utformad för att minimera användningen av ovanliga material (beryllium, bor, guld, kobolt, krom, kvicksilver, platinametallerna [Pt, Ir, Os, Rh, Ru], silver, torium och uran.)?
- Är produkten utformad så att återvunnet material eller komponenter används närhelst det är möjligt?

Matriselement 1,2 Energianvändning före tillverkning

Om följande påstående gäller får cellen värdet 0:

- En eller flera av de huvudsakliga materialen i produkten kräver energiintensiv utvinning och andra lämpliga material, vilka inte gör det finns tillgängliga. (De material som kräver energiintensiv utvinning definieras som jungfruligt aluminium, jungfruligt stål eller jungfruligt petroleum.)

Om följande påstående gäller får cellen värdet 4:

- Försumbar energi krävs för utvinning eller transport av materialen eller komponenterna i denna produkt.

Om inget av de föregående alternativen passar används nedanstående checklista. Cellen ges värdet 1, 2 eller 3 beroende på i vilken utsträckning produkten lever upp till vad som är att föredra med hänsyn till miljöanpassad produktutveckling.

- Är produkten utformad för att minimera användandet av jungfruliga material, vars utvinning är energiintensiv?
- Undviker eller minimerar produktdesignen användandet av material med hög densitet, vars transport till och från fabriken innebär en betydande användning av energi?
- Är transportsträckan för inkommande material och komponenter minimerad?

Matriselement 1,3 Fasta restprodukter, före tillverkning

Om något av följande gäller får cellen värdet 0:

- I fall där material tillhandhålls från leverantörer: Metaller från jungfruliga malmer används, vilket ger betydande rester av bergmaterial, vilket skulle kunna undvikas genom att använda återvunnet material, och då lämpligt återvunnet material finns tillgängligt.
- I fall där leverantörer av komponenter eller subsystem används: Alla inkommande förpackningar är från jungfruliga källor och består av tre eller flera olika material.

Om alla påståenden nedan uppfylls, får cellen värdet 4:

- I fall där material fås från leverantörer: Inget fast avfall resulterar ur utvinningen av resurser eller under produktion av material genom återvinning (t.ex. petroleum).
- I fall där leverantörer av komponenter eller subsystem används: Inget eller minimalt förpackningsmaterial används alternativt tar leverantören tillbaka allt material.
- I fall där leverantörer av komponenter eller subsystem används: Det inkommande förpackningsmaterialet är fullständigt återanvänt/ återvunnet.

Om inget av de föregående alternativen passar används nedanstående checklista. Cellen ges värdet 1, 2 eller 3 beroende på i vilken utsträckning produkten lever upp till vad som är att föredra med hänsyn till miljöanpassad produktutveckling.

- Är produkten utformad för att minimera användandet av material vars utvinning eller reningsprocess genererar stora mängder fast avfall (dvs. kol eller jungfruliga metaller)?
- Är produkten utformad för att minimera användandet av material vars brytning eller reningsprocess genererar giftigt fast avfall? (Denna kategori inkluderar alla radioaktiva material.)
- Har inkommande förpackningsvolym och vikt, på alla nivåer (primär, sekundär och tertiär), minimerats?
- Minimeras materialets mångfald i inkommande förpackningar?

Matriselement 1,4 Flytande restprodukter, före tillverkning

Om något av följande påståenden gäller får cellen värdet 0:

- I fall där leverantörer av komponenter eller subsystem används: Metaller används, vilka kommer från jungfruliga malmer som medför väsentligt läckage från sura källor, och lämpliga material finns tillgängliga från återvinningsförloppet. (Material som orsakar surt läckage är koppar, järn, nickel, bly och zink.)
- I de fall då material fås från underleverantörer: Förpackningen innehåller giftiga eller vådliga ämnen som kan läcka ut om felaktig kvittblivning sker.

Om båda påståenden nedan uppfylls, får cellen värdet 4:

- I fall då material fås från underleverantörer: Inget flytande avfall fås från utvinning av resurser eller under produktion av återvunnet material.
- I fall där leverantörer av komponenter eller subsystem används: Inget flytande avfall genereras från transport, uppackning, eller användning av produkten.

Om inget av de föregående alternativen passar används nedanstående checklista. Cellen ges värdet 1, 2 eller 3 beroende på i vilken utsträckning produkten lever upp till vad som är att föredra med hänsyn till miljöanpassad produktutveckling.

- Är produkten utformad för att minimera användandet av material vars utvinning eller reningsprocess genererar stora mängder flytande avfall? (Denna kategori inkluderar papper och liknande produkter, kol och material från biomassa.)
- Är produkten utformad för att minimera användandet av material vars utvinning eller reningsprocess genererar giftigt flytande avfall? (Dessa material definieras som aluminium, krom, koppar, järn, bly, kvicksilver, nickel och zink.)
- Används återanvändbara/ återvunna behållare för inkommande vätskor, där det är passande?
- Kräver de inkommande produkterna rengöring där en stor mängd vatten krävs, eller där flytande avfall genereras, vilket behöver speciell avfallshantering?

Matriselement 1,5 Gasformiga restprodukter, före tillverkning

Om följande påstående gäller får cellen värdet 0:

- Materialen som används orsakar betydande emissioner till miljön av toxiska, smogproducerande gaser eller växthusgaser, och lämpliga alternativ vilket inte gör detta finns tillgängliga. (Dessa material definieras som aluminium, krom, koppar, järn, bly, kvicksilver, nickel, zink, papper och liknande produkter samt betong.)

Om följande påstående uppfylls, får cellen värdet 4:

- Inget gasformigt avfall produceras under utvinningen av resurser eller under framställningen av återvunnet material.

Om inget av de föregående alternativen passar används nedanstående checklista. Cellen ges värdet 1, 2 eller 3 beroende på i vilken utsträckning produkten lever upp till vad som är att föredra med hänsyn till miljöanpassad produktutveckling.

- Är produkten utformad för att minimera användandet av material vars utvinning eller reningsprocess genererar stora mängder gasformigt avfall (toxisk eller annat)? (Dessa material definieras som aluminium, koppar, järn, bly, nickel och zink.)

Matriselement 2,1 Materialval, under tillverkning

Om följande påstående uppfylls gäller för cellen värdet 0:

- Framställningen av produkten kräver relativt stora mängder material som finns i begränsad mängd (se [1,1]), är toxiska, och/ eller radioaktiva.

Om följande påstående uppfylls, får cellen värdet 4:

- Det material som används vid framställningen av varan har ett fullständigt slutet kretslopp (tillvarataget och återanvänt eller återvunnet), där minimala inputs behövs.

Om inget av de föregående alternativen passar används nedanstående checklista. Cellen ges värdet 1, 2 eller 3 beroende på i vilken utsträckning produkten lever upp till vad som är att föredra med hänsyn till miljöanpassad produktutveckling.

- Undviker tillverkningsprocessen användning av material som finns i begränsad mängd?
- Undviks eller minimeras användandet av toxiskt material?
- Undviks användandet av radioaktivt material?
- Minimeras användandet av jungfruligt material?
- Minimeras den kemiska behandlingen av material eller komponenter?

Matriselement 2,2 Energianvändning, under tillverkning

Om följande påstående uppfylls får cellen värdet 0:

- Energianvändningen vid produktframställningen eller test av produkten är hög, och mindre energiintensiva alternativ finns tillgängliga.

Om följande påstående uppfylls får cellen värdet 4:

- Framställning och test av produkten har ingen eller liten användning av energi.

Om inget av de föregående alternativen passar används nedanstående checklista. Cellen ges värdet 1, 2 eller 3 beroende på i vilken utsträckning produkten lever upp till vad som är att föredra med hänsyn till miljöanpassad produktutveckling.

- Är tillverkningsprocessen utformad för att minimera användandet av energiintensiva steg i processen?
- Är framställningen av produkten utformad för att minimera användandet av energiintensiva utvärderingar eller tester?
- Använder tillverkningsprocessen samframställning, värmeutbyte, och / eller andra tekniker för att tillvarata den energi som annars går till spillo?
- Stängs elektriciteten till tillverkningen av då maskinerna ej är igång?

Matriselement 2,3 Fasta restprodukter, under tillverkning

Om följande påstående uppfylls får cellen värdet 0:

- Mängden fast avfall från tillverkningsprocessen är stort och inget återanvändnings/återvinningsprogram används.

Om följande påstående uppfylls får cellen värdet 4:

- Det fasta avfallet från tillverkningsprocessen är obetydligt och varje beståndsdel är återvunnen eller återanvänd till minst 90 procent.

Om inget av de föregående alternativen passar används nedanstående checklista. Cellen ges värdet 1, 2 eller 3 beroende på i vilken utsträckning produkten lever upp till vad som är att föredra med hänsyn till miljöanpassad produktutveckling.

- Minimeras och återanvänds det fasta avfallet från tillverkningsprocessen i största möjliga grad?
- Undersöks och implementeras återförsäljning av fast avfall som input till andra produkter eller processer?
- Minimeras och återvinns det fasta produktionsavfall som inte kan återförsäljas?

Matriselement 2,4 Flytande restprodukter, under tillverkning

Om följande påstående uppfylls får cellen värdet 0:

- Mängden flytande avfall från produktframställningen är stort och inget återanvändnings/återvinningsprogram används.

Om följande påstående uppfylls får cellen värdet 4:

- Det flytande avfallet från tillverkningen är obetydligt och varje beståndsdel är återvunnen eller återanvänd till minst 90 procent.

Om inget av de föregående alternativen passar används nedanstående checklista. Cellen ges värdet 1, 2 eller 3 beroende på i vilken utsträckning produkten lever upp till vad som är att föredra med hänsyn till miljöanpassad produktutveckling.

- Om lösningar eller oljor används i produktframställningen, minimeras de och har alternativ undersökts och implementerats?
- Har möjligheten till försäljning av allt flytande avfall som input till andra processer/produkter undersökts och implementerats?
- Har processen designats för att kräva maximalt återvunna flytande processkemikalier istället för jungfruliga material?

Matriselement 2,5 Gasformiga restprodukter, under tillverkning

Om något av följande påståenden uppfylls får cellen värdet 0:

- Mängden gasformigt avfall från produktframställningen är stort och inget återanvändnings/återvinningsprogram används.
- CFC:er används i produktframställningen.

Om följande påstående uppfylls får cellen värdet 4:

- Mängden gasformigt avfall från produktframställningen är relativt obetydlig och återanvändnings/återvinningsprogram används.

Om inget av de föregående alternativen passar används nedanstående checklista. Cellen ges värdet 1, 2 eller 3 beroende på i vilken utsträckning produkten lever upp till vad som är att föredra med hänsyn till miljöanpassad produktutveckling.

- Om HCFC:er används i produktframställningen, har alternativen undersökts genomgående och implementerats?
- Används växthusgaser eller genereras de ur någon tillverkningsprocess, som är relaterad till denna produkt?
- Undersöks och implementeras återförsäljning av gasformigt avfall som input till andra produkter eller processer?

Matriselement 3,1 Materialval, under leverans

Om följande påstående uppfylls får cellen värdet 0:

- Allt utgående förpackningsmaterial kommer från jungfruliga källor och består av tre eller flera typer av material.

Om följande påstående uppfylls får cellen värdet 4:

- Inget utgående förpackningsmaterial, alternativt minimalt återvunnet förpackningsmaterial används.

Om inget av de föregående alternativen passar används nedanstående checklista. Cellen ges värdet 1, 2 eller 3 beroende på i vilken utsträckning produkten lever upp till vad som är att föredra med hänsyn till miljöanpassad produktutveckling.

- Minimeras antalet olika material i produktförpackningen och optimeras vikt/volym effektiviteten?
- Har ansträngningar gjorts för att använda återvunnet material till produktförpackningen och för att fastställa att den resulterande förpackningen återanvändbar och markerad som sådan?
- Finns det en fungerande infrastruktur för återvinning av förpackningsmaterial?
- Har förpackningsingenjören och installationspersonalen rådfrågats under produktdesignen?

Matriselement 3,2 Energianvändning, under leverans

Om följande påstående uppfylls får cellen värdet 0:

- Utvinning av förpackningsmaterial, förpackningsproceduren, och transport-/installationsmetod(er) är energiintensiva och mindre energiintensiva alternativ finns tillgängliga.

Om följande påstående uppfylls får cellen värdet 4:

- Utvinning av förpackningsmaterial, förpackningsproceduren, och transport-/installationsmetoder kräver lite eller ingen energi.

Om inget av de föregående alternativen passar används nedanstående checklista. Cellen ges värdet 1, 2 eller 3 beroende på i vilken utsträckning produkten lever upp till vad som är att föredra med hänsyn till miljöanpassad produktutveckling.

- Undviker förpackningsproceduren energi- intensiva aktiviteter?
- Är komponentanskaffningssystemet och produktens distributions- /installationsplaner utformade för att minimera energianvändningen?
- Om installationen invecklad, är den utformad för att undvika energiintensiva procedurer?
- Undviks eller minimeras långväga, energiintensiva produkttransporter?

Matriselement 3,3 Fasta restprodukter

Om följande påstående uppfylls får cellen värdet 0:

- Det utgående förpackningsmaterialet är överdrivet och lite hänsyn till återvinning eller återanvändning har tagits.

Om följande påstående uppfylls får cellen värdet 4:

- Minimalt eller inget utgående förpackningsmaterial används och/eller förpackningsmaterialet är totalt återvunnet.

Om inget av de föregående alternativen passar används nedanstående checklista. Cellen ges värdet 1, 2 eller 3 beroende på i vilken utsträckning produkten lever upp till vad som är att föredra med hänsyn till miljöanpassad produktutveckling.

- Är produktens förpackning utformad så att det enkelt går att separera förpackningens beståndsdelar?
- Kräver förpackningsmaterialet särskild kvittblivning då produkten är upppackad?
- Har produktens förpackningsvolym och vikt minimerats under alla tre nivåer? (primär, sekundär och tertiär)

- Finns det procedurer för att ta tillbaka produktens förpackning för återanvändning och /eller återvinning?
- Är materialens mångfald i det utgående förpackningsmaterialet minimerat?

Matriselement 3,4 Flytande restprodukter, under leverans

Om följande påstående uppfylls får cellen värdet 0:

- Produktens förpackning innehåller toxiska eller riskfyllda ämnen, som kan läcka ut vid olämplig kvittblivning. (T.ex. syra från batterier.)

Om följande påstående uppfylls får cellen värdet 4:

- Lite eller inget flytande avfall fås under förpackningsprocessen, transport eller installation av produkten.

Om inget av de föregående alternativen passar används nedanstående checklista. Cellen ges värdet 1, 2 eller 3 beroende på i vilken utsträckning produkten lever upp till vad som är att föredra med hänsyn till miljöanpassad produktutveckling.

- Används påfyllningsbara eller återvunna behållare för flytande produkter där det är lämpligt?
- Kräver förpackningsprocessen rengöring eller underhåll med en stor mängd vatten eller genereras annat flytande avfall (oljor, rengöringsmedel, etc.) som kräver speciella metoder för kvittblivning?
- Kräver produktens upppackning och/ eller installation rengöring med stor mängd vatten eller som genererar annat flytande avfall som kräver speciella metoder för kvittblivning?

Matriselement 3,5 Gasformiga restprodukter, under leverans

Om följande påstående uppfylls får cellen värdet 0:

- Rikligt gasformigt avfall genereras under förpackningsprocessen, transporten eller installationen och alternativa metoder som skulle reducera gasemissionerna signifikant finns tillgängliga.

Om följande påstående uppfylls får cellen värdet 4:

- Lite eller inget gasformigt avfall genereras under förpackningsprocessen, transporten eller installationen av produkten.

Om inget av de föregående alternativen passar används nedanstående checklista. Cellen ges värdet 1, 2 eller 3 beroende på i vilken utsträckning produkten lever upp till vad som är att föredra med hänsyn till miljöanpassad produktutveckling.

- Om produkten innehåller tryckluftsfyllda gaser, är transport-/ installationsprocessen utformad för att undvika utsläpp av dessa?
- Är produktens distributionsplan utformad för att minimera gasemissioner från transportfordonen?
- Om förpackningens energiinnehåll är återvunnet (dvs. förbränt), har materialen valts för att försäkra att inga toxiska gaser släpps ut?

Matriselement 4,1 Materialval, under användning

Om följande påstående uppfylls får cellen värdet 0:

- Konsumtionsvarorna innehåller signifikanta mängder av material med begränsat utbud eller toxiska/ riskfyllda ämnen.

Om följande påstående uppfylls får cellen värdet 4:

- Produktens användning och underhåll kräver inga konsumtionsvaror.

Om inget av de föregående alternativen passar används nedanstående checklista. Cellen ges värdet 1, 2 eller 3 beroende på i vilken utsträckning produkten lever upp till vad som är att föredra med hänsyn till miljöanpassad produktutveckling.

- Minimeras konsumtionsvarorna?
- Om produkten är utformad för att kasseras efter användningen, har alternativa metoder för att uppnå samma resultat undersökts?
- Har materialen valts så att inget olämpligt underhåll krävs med tanke på miljön och så att inga giftiga material oavsiktlig släpps ut till miljön under användningsfasen?
- Är materialet i konsumtionsvarorna återvunnet istället för jungfruligt?

Matriselement 4,2 Energianvändning, under användning

Om följande påstående uppfylls får cellen värdet 0:

- Produktens användning och/eller underhåll är relativt energiintensivt och mindre energiintensiva metoder finns tillgängliga för att uppfylla samma ändamål.

Om följande påstående uppfylls får cellen värdet 4:

- Produktens användning och/eller underhåll kräver lite eller ingen energi.

Om inget av de föregående alternativen passar används nedanstående checklista. Cellen ges värdet 1, 2 eller 3 beroende på i vilken utsträckning produkten lever upp till vad som är att föredra med hänsyn till miljöanpassad produktutveckling.

- Är produkten utformad för att minimera energianvändningen under servicen?
- Är energianvändningen under underhåll/ reparation minimerad?
- Finns energibesparande funktioner installerade? (T.ex. automatiska avstängning, eller förbättrad isolering.)
- Kan produktens kontrollinstrument redogöra för energianvändningen och/eller driftsenergin vid service?

Matriselement 4,3 Fasta restprodukter, under användning

Om följande påstående uppfylls får cellen värdet 0:

- Produkten genererar signifikanta mängder av riskfyllt/ toxiskt fast avfall under användningen eller från reparation/ underhåll.

Om följande påstående uppfylls får cellen värdet 4:

- Produkten genererar inget eller mycket lite riskfyllt/ toxiskt fast avfall under användningen eller från reparation/ underhåll.

Om inget av de föregående alternativen passar används nedanstående checklista. Cellen ges värdet 1, 2 eller 3 beroende på i vilken utsträckning produkten lever upp till vad som är att föredra med hänsyn till miljöanpassad produktutveckling.

- Undviks eller minimeras det periodiska avfallet av fast material (t.ex. patroner, behållare, eller batterier) från användning av och/ eller underhåll av produkten?

- Har alternativet till användning av fasta konsumtionsvaror undersökts ordentligt, och implementerats där så är lämpligt?
- Om avsiktliga upplösliga emissioner till mark uppstår genom av användning av produkten, har mindre miljöfarliga alternativ undersökts?

Matriselement 4,4 Flytande restprodukter

Om följande påstående uppfylls får cellen värdet 0:

- Produkten genererar signifikanta mängder av riskfyllt/ toxiskt flytande avfall under användningen eller från reparation/ underhåll.

Om följande påstående uppfylls får cellen värdet 4:

- Produkten genererar inget (eller relativt små mängder) riskfyllt/ toxiskt flytande avfall under användningen eller från reparation/ underhåll.

Om inget av de föregående alternativen passar används nedanstående checklista. Cellen ges värdet 1, 2 eller 3 beroende på i vilken utsträckning produkten lever upp till vad som är att föredra med hänsyn till miljöanpassad produktutveckling.

- Undviks eller minimeras det periodiska avfallet av flytande material (t.ex. smörjmedel och hydrauliska vätskor) under användningsfasen och/ eller underhåll av produkten?
- Har alternativet till användning av flytande konsumtionsvaror undersökts ordentligt, och implementerats där så är lämpligt?
- Om avsiktliga upplösliga emissioner till vatten uppstår genom av användning av produkten, har mindre miljöfarliga alternativ undersökts?
- Om produkten innehåller flytande material som har potential att oavsiktligt spridas under användning eller reparation, har lämpliga preventiva åtgärder inarbetats?

Matriselement 4,5 Gasformiga restprodukter, under användning

Om följande påstående uppfylls får cellen värdet 0:

- Produkten genererar signifikanta mängder av riskfyllt/ toxiskt gasformigt avfall under användningen eller från reparation/ underhåll.

Om följande påstående uppfylls får cellen värdet 4:

- Produkten genererar inget (eller relativt små mängder) riskfyllt/ toxiskt gasformigt avfall under användningen eller från reparation/ underhåll.

Om inget av de föregående alternativen passar används nedanstående checklista. Cellen ges värdet 1, 2 eller 3 beroende på i vilken utsträckning produkten lever upp till vad som är att föredra med hänsyn till miljöanpassad produktutveckling.

- Undviks eller minimeras de periodiska emissionerna av gasformigt material (t.ex. CO₂, SO₂, VOC:er och CFC:er) från användning och/ eller underhåll av produkten?
- Har alternativet till användning av gasformiga konsumtionsvaror undersökts ordentligt, och implementerats där så är lämpligt?
- Om avsiktliga upplösliga emissioner till luft uppstår genom av användning av produkten, har mindre miljöfarliga alternativ undersökts?
- Om produkten innehåller något gasformigt material som har potential att oavsiktligt spridas under användning eller reparation, finns preventiva åtgärder inarbetade?

Matriselement 5,1 Materialval, vid återanvändning, återvinning, kvittblivning

Om följande påstående uppfylls får cellen värdet 0:

- Produkten innehåller signifikanta mängder kvicksilver (dvs. kvicksilverreläer), asbests (dvs. asbestbaserad isolering), eller kadmium (dvs. kadmium eller zinkpläterade delar) som inte är lätt identifierade och lätt borttagbara.

Om följande påstående uppfylls får cellen värdet 4:

- Materialets diversitet är minimerad, produkten är lätt att demontera och alla delar är återvinningsbara.

Om inget av de föregående alternativen passar används nedanstående checklista. Cellen ges värdet 1, 2 eller 3 beroende på i vilken utsträckning produkten lever upp till vad som är att föredra med hänsyn till miljöanpassad produktutveckling.

- Har materialen valts och använts med tanke på önskvärd återvinnings-/kvittblivningsmöjlighet (t.ex. med tanke på förbränning, återvinning eller återanvändning)?
- Minimeras antalet olika material vid produktens framställning?
- Är de olika materialen lätta att identifiera och separera?
- Är detta en batterifri produkt?
- Är produkten fri från komponenter som innehåller PCB:er eller PCT:er (t.ex. ”incapacitor” och transformatorer).
- Är huvuddelen av plastdelarna fria från polybromerade flamskyddsmedel eller tungmetalltillsatser (färgämnen, ledare, stabilisatorer etc.)?

Matriselement 5,2 Energianvändning, vid återanvändning, återvinning, kvittblivning

Om följande påstående uppfylls får cellen värdet 0:

- Återvinning eller kvittblivning av denna produkt är relativt energiintensivt (jämfört med andra produkter som utför samma funktion) på grund av dess vikt, konstruktion och/eller komplexitet.

Om följande påstående uppfylls får cellen värdet 4:

- Energiåtgången för återvinning eller kvittblivning av denna produkt är minimal.

Om inget av de föregående alternativen passar används nedanstående checklista. Cellen ges värdet 1, 2 eller 3 beroende på i vilken utsträckning produkten lever upp till vad som är att föredra med hänsyn till miljöanpassad produktutveckling.

- Är produkten utformad med syftet att minimera användandet av energiintensiva processteg vid demonteringen?
- Är produkten utformad för att återanvända materialen till stor del? (Direkt återanvändning i en liknande produkt är att föredra framför en nedklassad återanvändning.)
- Är transporten för återvinning av produkten energiintensiv på grund av produktens vikt, volym eller lokalisering av återvinningsstationen?

Matriselement 5,3 Fasta restprodukter, vid återanvändning, återvinning, kvittblivning

Om följande påstående uppfylls får cellen värdet 0:

- Produkten innehåller huvudsakligen ej återvinningsbara fasta material (t.ex. gummi, glasfiber och polymerföreningar).

Om följande påstående uppfylls får cellen värdet 4:

- Produkten kan lätt renoveras och återanvändas och det är enkelt att demontera den. Dessutom är den återanvänd/ återvunnen till 100 procent i kvittblivningsfasen. T.ex. hamnar ingen del av produkten på avfallsdeponi.

Om inget av de föregående alternativen passar används nedanstående checklista. Cellen ges värdet 1, 2 eller 3 beroende på i vilken utsträckning produkten lever upp till vad som är att föredra med hänsyn till miljöanpassad produktutveckling.

- Är produkten sammansatt med fästdon som klammer eller hake- och -ögla, istället för kemiska bindemedel (t.ex. gelé eller ingjutning) eller svetsfog?
- Har ansträngningar gjorts för att undvika att olika material sammanblandas på ett sätt som gör det svårt att skilja dem åt?
- Har materialinnehållet i alla plastföreningar deklarerats enligt ISO-standard?
- Om produkten innehåller delar av plast, finns det en dominerande (> 80 viktsprocent) sort?
- Är denna produkt arrenderad istället för såld?

Matriselement 5,4 Flytande restprodukter, vid återanvändning, återvinning, kvittblivning
Om följande påstående uppfylls får cellen värdet 0:

- Produkten innehåller huvudsakligen icke-återvinningsbara flytande material.

Om följande påstående uppfylls får cellen värdet 4:

- Produkten kräver inga operativa vätskor (t.ex. olja, kylmedel, hydrauliska vätskor) och inga rengörings- eller lösningsmedel krävs vid renovering.

Om inget av de föregående alternativen passar används nedanstående checklista. Cellen ges värdet 1, 2 eller 3 beroende på i vilken utsträckning produkten lever upp till vad som är att föredra med hänsyn till miljöanpassad produktutveckling.

- Kan vätskorna i produkten återvinnas vid demonteringen istället för att förloras?
- Genererar demonteringen, återvinningen och återanvändningen flytande rester?
- Genererar materialåtervinningen och återanvändningen flytande rester?

Matriselement 5,5 Gasformiga restprodukter, vid återanvändning, återvinning, kvittblivning
Om följande påstående uppfylls får cellen värdet 0:

- Produkten innehåller eller producerar huvudsakligen icke-återvinningsbara gasformiga material, som sprids till atmosfären i produktens slutfas.

Om följande påstående uppfylls får cellen värdet 4:

- Produkten innehåller inga ämnen som avges genom evaporering eller sublimering (förutom vatten) och inga flyktiga ämnen används vid återvinningen.

Om inget av de föregående alternativen passar används nedanstående checklista. Cellen ges värdet 1, 2 eller 3 beroende på i vilken utsträckning produkten lever upp till vad som är att föredra med hänsyn till miljöanpassad produktutveckling.

- Kan gaserna i produkten återvinnas vid demonteringen istället för att avges?
- Genererar materialåtervinningen och återanvändningen gasformiga rester?
- Kan plastdelarna förbrännas utan att en komplex anordning för kontroll av luftföroreningar krävs? De plaster som kan orsaka svårigheter i detta avseende är plaster

som innehåller polybromerade flamskyddsmedel eller tillsatssämnen baserade på metaller, är efterbehandlade med polyuretanbaserad färg, eller är pläterade eller målade med metaller.

Bilaga B.2.1 SLCA-matris, Bensinbil

Livscykelstadium	Materialval	Energi-användning	Fasta Restprodukter	Flytande restprodukter	Gasformiga restprodukter
Före tillverkning	2 a)	2 b)	2 c)	2 d)	2 e)
Tillverkningsprocessen	Uppgift saknas f)	Uppgift saknas g)	Uppgift saknas h)	Uppgift saknas i)	Uppgift saknas j)
Leverans	Uppgift saknas k)	Uppgift saknas l)	Uppgift saknas m)	Uppgift saknas n)	Uppgift saknas o)
Användning	0 p)	0 q)	Uppgift saknas (2) r)	Uppgift saknas (2) s)	0 t)
Återanvändning, återvinning, kvittblivning	2 u)	Uppgift saknas v)	Uppgift saknas w)	Uppgift saknas x)	Uppgift saknas y)

12/36

Frågorna som rör livsstadiet före tillverkning ger ett lågt värde för ovanliga, jungfruliga material om inga andra lämpliga material finns tillgängliga. Finns inget rimligt alternativ tillgängligt, ska hela rad 1 få värdet 0, då ovanliga material finns i bensinbilen.

- a) 1.1. I katalysatorn i drivlinan används två av material som definieras som ovanliga; 0,064% av katalysatorn är Rh (Rodium) och 0,021% är Pt (Platina), om rimliga alternativ finns tillgängliga framgår inte. 50% av ämnena Rh och Pt är återvunna, även andra ämnen i drivlinan är återvunna. Denna cell får därför värdet 2. =>2
- b) 1.2 De huvudsakliga ämnena i drivlinan är järn/stål (70%) och aluminium (22%). Aluminium är återvunnet till 90%, alltså används 10% jungfruligt Al. Stålet är återvunnet till 50%. Drivlinan transporteras från Europa 1500 km med eldrivet tåg. =>2
- c) 1.3. Metaller från jungfruliga malmer: 50% stål är återvunnet, 90% Cu är återvunnet, 90% Al är återvunnet. Alltså fås inga betydande fasta rester av bergmaterial. Förpackningar har uteslutits ur studien. 50% av platina/rodium är jungfruligt. =>2
- d) 1.4. Koppar och järn används och är till viss del jungfruliga (Cu är återvunnet till 90% och stål till 50%). 70 % av drivlinan är stål, 3% är koppar. Dessa ämnen ger enligt frågeställningen upphov till surt avfall.(Bensinbilen innehåller inte Ni, eller Co). Det framgår inte om rimliga alternativ finns tillgängliga. => 2
- e) 1.5. I drivlinan finns järn, aluminium och koppar, vars brytning eller reningsprocess genererar giftigt flytande avfall. => 2
- f) 2.1. Uppgift saknas
- g) 2.2. Uppgift saknas
- h) 2.3. Uppgift saknas
- i) 2.4. Uppgift saknas
- j) 2.5. Uppgift saknas
- k) 3.1. Uppgift saknas
- l) 3.2. Uppgift saknas
- m) 3.3. Uppgift saknas
- n) 3.4. Uppgift saknas
- o) 3.5. Uppgift saknas
- p) 4.1. Frågorna gäller konsumtionsvaror, vilket i detta fall är bensin. VW Caddy används som bensinbil i studien. Denna förbrukar 0,087 l bensin /km. Emissionsdata finns i Tabell 4.7.4 i Almemark *et al.* Det finns dock bilar som har både högre och lägre

bränsleförbrukning. I jämförelse med andra bränslen antar vi att bensin innehåller signifikanta mängder giftiga ämnen. => 0

- q) 4.2. Enligt Graedel, avses med energianvändning användningen av fossila bränslen. Bränsleförbrukning under användningen av bensinbil är 0,087 l/km, Effektivt värmevärde: 42,57 MJ/kg, Densitet: 756,5 kg/m³.

$$756,5 \text{ kg/m}^3 = 0,7565 \text{ kg/l}$$

$$0,087 \text{ l/km} = 0,087 * 0,7565 \approx 0,066 \text{ kg/km}$$

$$0,066 \text{ kg/km} * 42,57 \text{ MJ/kg} = 2,8 \text{ MJ/km}$$

Detta ger större energianvändning än för elbilen. =>0

- r) 4.3. Uppgift saknas
s) 4.4. Uppgift saknas
t) 4.5. Vid användning av produkten (bilen) förbränns bensin, vilket ger toxiskt/riskfyllt gasformigt avfall. Det finns dock bilar med både högre och lägre bensinförbrukning. => 0
u) 5.1. Inget zink, kvicksilver, PCB, PCT. Både kondensatorer och transformatorer finns i bilar, vilket enligt frågeställningen innebär att flamskyddsmedel eller tungmetallinsatser finns i bilen. Mycket av materialet i bilen återvinns. Det är inte en batterifri produkt. Bensinbilen innehåller inte kadmium. => 2
v) 5.2. Uppgift saknas
w) 5.3. Uppgift saknas
x) 5.4. Uppgift saknas
y) 5.5. Uppgift saknas

Bilaga B.2.2 SLCA-matris, Elbil, 100% vattenkraft

	Materialval	Energi-användning	Fasta Restprodukter	Flytande Restprodukter	Gasformiga Restprodukter
Före tillverkning	2 a)	2 b)	2 c)	2 d)	2 e)
Tillverkningsprocessen	Uppgift saknas f)	Uppgift saknas g)	Uppgift saknas h)	Uppgift saknas i)	Uppgift saknas j)
Leverans	Uppgift saknas k)	Uppgift saknas l)	Uppgift saknas m)	Uppgift saknas n)	Uppgift saknas o)
Användning	4 p)	2 q)	Uppgift saknas r)	Uppgift saknas s)	4 t)
Återanvändning, Återvinning, kvittblivning	1 u)	Uppgift saknas v)	Uppgift saknas w)	Uppgift saknas x)	2 y)

23/40

- a) 1.1. I drivlinan finns ganska mycket återvunnet material. I batteriet finns inga ovanliga material (antimon, beryllium, bor, guld, kobolt, Hg, Pt, Ir, Os, Rh, eller Ru). Inget radioaktivt material används. I batteriet används återvunnet material där så är möjligt. Batteriet anses vara slutet, men flera ämnen är jungfruliga. => 2
- b) 1.2. De huvudsakliga ämnena i drivlinan är, precis som med bensinbilen, järn/stål (72%) och aluminium (22%). 10% av Al och 50% av stålet är jungfruligt. Drivlinan transporteras från Europa 1500 km med eldrivet tåg. => Bra val av transportmedel, men kan tillverkningen ske närmare? I batteriet är större delen av ämnena jungfruliga=> 2
- c) 1.3. Kol och jungfruliga metaller ger upphov till stora mängder fast avfall vid brytning eller rening.(Enligt frågeställningen.) Jungfruliga metaller i batteriet är: nickel, kobolt, stål, koppar. Metaller som till viss del är jungfruliga i drivlinan är: järn/stål, aluminium. (Bensin- och etanolbilarna har inte Ni, Co, men de har Pl, Rh) => 2
- d) 1.4. Metallerna nickel, stål, kobolt, koppar i batteriet är jungfruliga. Nickel står för 18% av vikten i batteriet och bidrar till surt avfall. Även koppar (1,8% av batterivikten) bidrar till surt avfall. Metallen kadmium är återvunnen till 100%. Metallerna koppar och stål (järn finns i) finns i drivlinan och är jungfruliga till 10 respektive 50 %. Även dessa metaller bidrar vid brytning till läckage från sura källor. => 2
- e) 1.5. Material som orsakar betydande emissioner till miljön av toxiska, smogproducerande gaser eller växthusgaser, vid brytning eller rening definieras enligt frågan som: Al, krom, Cu, Fe, Pb, Hg, Ni, Zn, papper och dyl. samt betong. Jungfruligt nickel, stål och koppar finns i batteriet. I drivlinan finns stål, aluminium och koppar, som båda är återvunna till 90% och återvinns till 90%. Men, eftersom båda ämnenas brytning eller reningsprocess genererar giftigt gasformigt avfall, och eftersom det inte framgår om produkten är utformad för att minimera användandet av dessa material får detta matriselement värdet 2. => 2
- f) 2.1. Uppgift saknas
- g) 2.2. Uppgift saknas
- h) 2.3. Uppgift saknas
- i) 2.4. Uppgift saknas
- j) 2.5. Uppgift saknas
- k) 3.1. Uppgift saknas
- l) 3.2. Uppgift saknas

- m) 3.3. Uppgift saknas
- n) 3.4. Uppgift saknas
- o) 3.5. Uppgift saknas
- p) 4.1. Den konsumtionsvara som tas med i studien av elbilen är el, från ett vattenkraftverk. Under användningsfasen sker ingen oavsiktligt utsläpp till miljön. Då el inte klassas som konsumtionsvara blir poängen 4=>4
- q) 4.2. Energianvändning under användningen: 0,24 kWh/km= 0,86 MJ/km, Besinbil:2,8 MJ/km, Etanolbil: 3,65 MJ/km. =>2
- r) 4.3. Uppgift saknas
- z) 4.4. Uppgift saknas
- s) 4.5 Ger inga eller mycket lite generering av toxiskt gasformigt avfall under användningen=> 4
- t) 5.1. Batteriet innehåller kadmium. Alla delar i bilen är inte återvinningsbara, i drivlinan återvinns stor del. Både kondensatorer och transformatorer finns i bilar, vilket enligt frågeställningen innebär att flamskyddsmedel eller tungmetallinsatser finns i bilen. Detta är inte en batterifri produkt. => 1
- u) 5.2. Uppgift saknas
- v) 5.3. Uppgift saknas
- w) 5.4. Uppgift saknas
- x) 5.5. Det finns mycket lite fakta om gasformiga restprodukter i kittblivningsfasen. Gasformiga rester generas då vissa delar förbränns. Enligt Almemark *et al* förbränns pyrolysgasen i batteriet, sedan tvättas och filtreras den innan den släpps ut i atmosfären.=> 2

Bilaga B.2.3. SLCA-matris, Elbil, 100% kolkraft

	Materialval	Energi-användning	Fasta Restprodukter	Flytande Restprodukter	Gasformiga restprodukter
Före tillverkning	2 a)	2 b)	2 c)	2 d)	2 e)
Tillverkningsprocessen	Uppgift saknas f)	Uppgift saknas g)	Uppgift saknas h)	Uppgift saknas i)	Uppgift saknas j)
Leverans	Uppgift saknas k)	Uppgift saknas l)	Uppgift saknas m)	Uppgift saknas n)	Uppgift saknas o)
Användning	4 p)	2 q)	Uppgift saknas r)	Uppgift saknas s)	4 t)
Återanvändning, Återvinning, kvittblivning	1 u)	Uppgift saknas v)	Uppgift saknas w)	Uppgift saknas x)	2 y)

23/40

- a) 1.1. I drivlinan minimeras finns ganska mycket återvunnet material. I batteriet finns inga ovanliga (antimon, beryllium, bor, guld, kobolt, Hg, Pt, Ir, Os, Rh, eller Ru) eller radioaktiva material. I batteriet används återvunnet material där så är möjligt. Batteriet anses vara slutet, men flera ämnen är jungfruliga. => 2
- b) 1.2. De huvudsakliga ämnena i drivlinan är, precis som med bilsbilen, järn/stål (72%) och aluminium (22%). 10% av Al och 50% av stålet är jungfruligt. Drivlinan transporteras från Europa 1500 km med eldrivet tåg. I batteriet är större delen av ämnena jungfruliga=> 2
- c) 1.3. Kol och jungfruliga metaller ger upphov till stora mängder fast avfall vid brytning eller rening.(Enligt frågeställningen.) Jungfruliga metaller i batteriet är: nickel, kobolt, stål, koppar. Metaller som till viss del är jungfruliga i drivlinan är: järn/stål, aluminium. => 2
- d) 1.4. Metallerna nickel, stål, kobolt, koppar i batteriet är jungfruliga. Nickel står för 18% av vikten i batteriet och bidrar till surt avfall. Även koppar (1,8% av batterivikten) bidrar till surt avfall. Metallen kadmium är återvunnen till 100%. Metallerna koppar och stål finns i drivlinan och är jungfruliga till 10 respektive 50 %. Även dessa metaller bidrar vid brytning till läckage från sura källor. => 2
- e) 1.5. Jungfruligt nickel, stål och koppar finns i batteriet. I drivlinan finns stål, aluminium och koppar, som båda är återvunna till 90% och återvinns till 90%. Men, eftersom båda ämnenas brytning eller reningsprocess genererar giftigt gasformigt avfall, får detta matriselement ett lågt värde. => 2
- a) 2.1. Uppgift saknas
- b) 2.2. Uppgift saknas
- c) 2.3. Uppgift saknas
- d) 2.4. Uppgift saknas
- e) 2.5. Uppgift saknas
- f) 3.1. Uppgift saknas
- g) 3.2. Uppgift saknas
- h) 3.3. Uppgift saknas
- i) 3.4. Uppgift saknas
- j) 3.5. Uppgift saknas

- f) 4.1. Den konsumtionsvara som tas med i studien av elbilen är el, från ett kolkraftverk. Då el inte anses som en konsumtionsvara blir poängen 4. => 4
- g) 4.2. Energianvändning under användningen: 0,86 MJ/km, vilket är lägre än för bensinbil och etanolbi, se under Elbil med el från vattenkraftverk. => 2
- h) 4.3. Uppgift saknas
- i) 4.4. Uppgift saknas
- j) 4.5. Ger inga eller mycket lite generering av toxiskt gasformigt avfall under användningen => 4
- k) 5.1. Batteriet innehåller kadmium, men eftersom mycket återvinns. Alla delar i bilen är inte återvinningsbara. Både kondensatorer och transformatorer finns i bilar, vilket enligt frågeställningen innebär att flamskyddsmedel eller tungmetallinsatser finns i bilen. Detta är inte en batterifri produkt. => 1
- l) 5.2. Uppgift saknas
- m) 5.3. Uppgift saknas
- n) 5.4. Uppgift saknas
- o) 5.5. Uppgift saknas

Bilaga B.2.4 SLCA-matris, Etanolbil

	Materialval	Energi-användning	Fasta restprodukter	Flytande restprodukter	Gasformiga restprodukter
Före tillverkning	2 a)	2 b)	2 c)	2 d)	2 e)
Tillverkningsprocessen	Uppgift saknas f)	Uppgift saknas g)	Uppgift saknas h)	Uppgift saknas i)	Uppgift saknas j)
Leverans	Uppgift saknas k)	Uppgift saknas l)	Uppgift saknas m)	Uppgift saknas n)	Uppgift saknas o)
Användning	2 p)	0 q)	Uppgift saknas r)	Uppgift saknas s)	0 t)
Återanvändning, återvinning, kvittblivning	2 u)	Uppgift saknas v)	Uppgift saknas w)	Uppgift saknas x)	Uppgift saknas y)

14/36

- a) 1.1. I katalysatorn i drivlinan används två av material som definieras som ovanliga; 0,064% av katalysatorn är Rh (Rodium) och 0,021% är Pt (Platina). Det framgår inte om rimliga alternativ finns tillgängliga. 50% av ämnena Rh och Pt är återvunna, även andra ämnen i drivlinan är återvunna. =>2
- b) 1.2 De huvudsakliga ämnena i drivlinan är järn/stål (70%) och aluminium (22%). Aluminium är återvunnet till 90%, alltså används 10% jungfruligt Al. Stålet är återvunnet till 50%. Drivlinan transporteras 1500 km från Europa med eldrivet tåg. =>2
- c) 1.3. Metaller från jungfruliga malmer: 50% stål är återvunnet, 90% Cu är återvunnet, 90% Al är återvunnet (finns i drivlinan). Alltså fås inga betydande fasta rester av bergmaterial. Förpackningar har uteslutits ur studien. 50% av platina/rodium är jungfruligt. =>2
- d) 1.4. Koppar, järn används och är till viss del jungfruliga (Cu är återvunnet till 90% och stål till 50%). Dessa ämnen ger enligt frågeställningen upphov till surt avfall.(Etanolbilen innehåller inte Ni eller Co) => 2
- e) 1.5. I studien framgår inte hur produktionsprocessen är utformad, men mycket material i drivlinan är återvunnet. I drivlinan finns järn, aluminium och koppar, vars brytning eller reningsprocess genererar giftigt flytande avfall. => 2
- f) 2.1. Uppgift saknas
- g) 2.2. Uppgift saknas
- h) 2.3. Uppgift saknas
- i) 2.4. Uppgift saknas
- j) 2.5. Uppgift saknas
- k) 3.1. Uppgift saknas
- l) 3.2. Uppgift saknas
- m) 3.3. Uppgift saknas
- n) 3.4. Uppgift saknas
- o) 3.5. Uppgift saknas
- p) 4.1. Frågorna gäller konsumtionsvaror, vilket i detta fall är etanol. 15% bensin används också. Etanolen kommer från vete, vilket är förnyelsebart. Utsläppen vid drift är mindre än för bensinbil, men högre än för elbil. =>2
- q) 4.2. Bränsleförbrukning under användningen är 0,13 l etanol/km och 0,02 l etanol/km. Etanol: 2,92 MJ/km, Bensin: 0,73 MJ/km, totalt: 3,65 MJ/km. (högre än elbil (0,86 MJ/km), och bensin (2,8 MJ/km)). Då vi antar att detta är energiintensivt, får cellen värdet 0. => 0

- r) 4.3. Uppgift saknas
- s) 4.4. Uppgift saknas
- t) 4.5. Vid användning av produkten (bilen) förbränns bensin och etanol, vilket ger toxiskt/riskfyllt gasformigt avfall. Det finns dock bilar med både högre och lägre bensinförbrukning. Vissa ämnen släpps ut i större mängd för bensinbilen och vissa i mindre mängd än för bensinbilen.=> 0
- u) 5.1. Inget zink, kvicksilver, PCB, PCT. Både kondensatorer och transformatorer finns i bilar, vilket enligt frågeställningen innebär att flamskyddsmedel eller tungmetallinsatser finns i bilen. Mycket av materialet i drivlinan återvinns. Det är inte en batterifri produkt. Etanolbilen innehåller inte kadmium.=> 2
- v) 5.2. Uppgift saknas.
- w) 5.3. Uppgift saknas.
- x) 5.4. Uppgift saknas.
- y) 5.5. Uppgift saknas.

