



Verktyg för miljöanpassning av försvarsmateriel i dess livscykel

Slutrapport 2009

ELISABETH BEMM

FOI är en huvudsakligen uppdragsfinansierad myndighet under Försvarsdepartementet. Kärnverksamheten är forskning, metod- och teknikutveckling till nytta för försvar och säkerhet. Organisationen har cirka 1000 anställda varav ungefär 800 är forskare. Detta gör organisationen till Sveriges största forskningsinstitut. FOI ger kunderna tillgång till ledande expertis inom ett stort antal tillämpningsområden såsom säkerhetspolitiska studier och analyser inom försvar och säkerhet, bedömning av olika typer av hot, system för ledning och hantering av kriser, skydd mot och hantering av farliga ämnen, IT-säkerhet och nya sensorers möjligheter.



FOI
Totalförsvarets forskningsinstitut
Försvars- och säkerhetssystem
Grindsjöns forskningscentrum
147 25 Tumba

Tel: 08-55 50 30 00
Fax: 08-55 50 31 00

www.foi.se

FOI-R—2912—SE Teknisk rapport
ISSN 1650-1942 December 2009

Försvars- och säkerhetssystem

Elisabeth Bemm

Verktyg för miljöanpassning av försvarsmateriel i dess livscykel

Slutrapport 2009

Titel	Verktyg för miljöanpassning av försvarsmateriel i dess livscykel
Title	A computational tool for environmental impact assessment of defence materiel during their whole life-cycle
Rapportnr/Report no	FOI-R—2912—SE
Rapporttyp Report Type	Teknisk rapport
Sidor/Pages	27 p
Månad/Month	December/December
Utgivningsår/Year	2009
ISSN	ISSN 1650-1942
Kund/Customer	FM
Projektnr/Project no	E20524
Godkänd av/Approved by	Oskar Parmhed

FOI, Totalförsvarets Forskningsinstitut	FOI, Swedish Defence Research Agency
Avdelningen för Försvars- och säkerhetssystem	Defence & Security, Systems and Technology
Grindsjöns forskningscentrum	
147 25 Tumba	SE-147 25 Tumba

Sammanfattning

Enligt Försvarmaktens regleringsbrev krävs det att miljöhänsyn tas vid all upphandling av försvarsmateriel. Arbetet som beskrivs i denna rapport har inneburit framtagning av ett verktyg för att värdera och kvantifiera miljöbelastning för försvarsmateriel genom hela dess livscykel (utveckling, upphandling, tillverkning, användning, avveckling). Avsikten är att verktyget skall användas inom Försvarets materielverk (FMV) vid upphandling för att kunna jämföra faktiska och värderade kostnader av miljöpåverkan för olika alternativa produkter eller system. Verktyget skall kunna hantera upphandling av såväl COTS/MOTS (Commercial-off-the-shelf, Military-off-the-shelf) som nyutveckling av försvarsmateriel.

Det befintliga LCC (Life Cycle Costs) verktyget CATLOC, som sedan länge använts av FMV för att beräkna livscykelkostnader vid inköp av försvarsmateriel, har byggts på med en miljömodul så att även miljöbelastningskostnader ingår i livscykelkostnaderna. Denna första version av Miljö-LCC har testkörts med SEPEn (splitterskyddat enhetsfordon) som fallstudie.

Arbetet har varit ett samarbete mellan FOI, FMV, KTH och företaget Systecon.

Nyckelord: Livscykelkostnader, miljöbelastningskostnader, försvarsmateriel

Summary

It is required that the Swedish Armed Forces takes environmental issues into account at procurement of defence materiel. The work reported on here has meant development of a tool for evaluating and quantifying environmental impacts for defence materiel during their whole life-cycle (development, acquisition, production, use and termination). The aim is that the tool will be used at FMV (The Defence Materiel Administration) at procurement for comparing actual and evaluated costs of environmental impact from alternative products or systems. The tool should be able to handle COTS/MOTS (Commercial-off-the-shelf, Military-off-the-shelf) as well as development of new defence materiel.

The existing LCC (Life Cycle Costs) tool CATLOC has been used by FMV for several years for calculating traditional life-cycle costs at procurement of defence materiel. It has now been extended by an environmental module so that also environmental impact costs are included in the total life-cycle costs. The first version of this Environmental LCC tool has been evaluated when running a test case.

The work has been performed in close co-operation between FOI, FMV, KTH and the company Systecon.

Keywords: Life-cycle costs, environmental impact costs, defence materiel

Innehållsförteckning

1	Inledning	7
2	Miljö-LCC	8
3	Värderingskriterier	12
4	Miljöbelastningskostnader	14
5	Fallstudie - SEP	16
6	Fortsatt arbete	19
7	Referenser	21

Appendix 1 - Miljöbelastningskostnader

1 Inledning

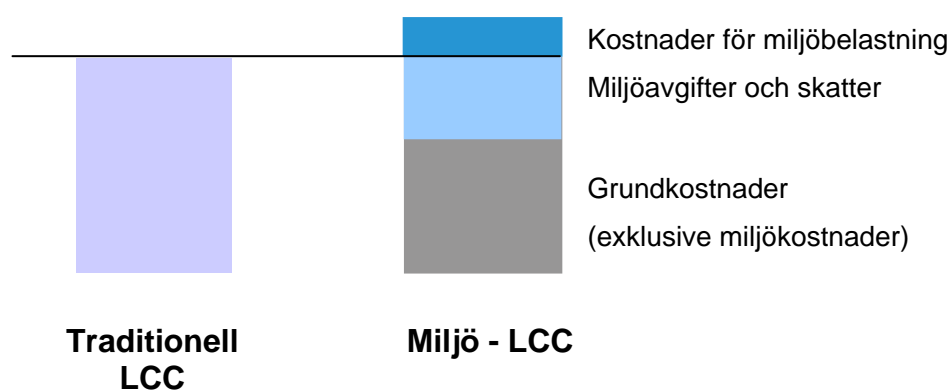
Projektet ”Verktyg för miljöanpassning av försvarsmateriel i dess livscykel” är ett tvåårigt projekt inom ramen för Försvarsmaktens (FM) FoT-beställning som startade i januari 2008. Projektets syfte är att skapa ett verktyg för att värdera och kvantifiera miljöaspekter för försvarsmateriel genom hela dess livscykel (utveckling, tillverkning, användning, avveckling). Avsikten är att verktyget skall användas inom Försvarets materielverk (FMV) vid upphandling för att kunna jämföra faktiska och värderade kostnader av miljöpåverkan för olika alternativa produkter eller system. Verktøget skall kunna hantera upphandling av såväl COTS/MOTS (Commercial-off-the-shelf, Military-off-the-shelf) som nyutveckling av försvarsmateriel. Tillgång till denna typ av verktyg har blivit extra viktigt eftersom det enligt Försvarsmaktens regleringsbrev krävs att miljöhänsyn tas vid all upphandling av försvarsmateriel.

Det befintliga LCC (Life Cycle Costs) verktyget CATLOC, som används av FMV för att beräkna livscykelkostnader vid inköp av försvarsmateriel, har byggts på med en miljömodul så att även kostnader för miljöbelastning ingår i livscykelkostnaderna. I denna första testversion av miljömodulen har hänsyn tagits endast till en begränsad mängd kostnader för olika miljöbelastningar. Antalet miljöbelastningskostnader kommer successivt att utökas så att så mycket som möjligt av ämnen som ger hög miljöbelastning (”skall” ämnen i Försvarssektorns kriterier för kemiska ämnen) samt vanligt förekommande ämnen i försvarsmateriel i hela dess livscykel finns med. SEPEn (splitterskyddat enhetsfordon utvecklat av Hägglunds) har använts som fallstudie för att provköra testversionen.

Arbetet har skett i nära samarbete med FMV och Kungliga tekniska högskolan (KTH) och regelbundna uppföljningsmöten har hållits med FM. Programmeringsarbetet av miljömodulen i CATLOC har utförts av företaget Systecon.

2 Miljö-LCC

Olika beräkningsverktyg för att bestämma de faktiska kostnaderna under en produkts hela livscykel har funnits länge (LCC-verktyg) och används inom många olika verksamhetsområden. Livscykelanalys (LCA) för att bestämma miljöbelastning från en produkt i hela dess livscykel är också en vedertagen metod. I arbetet som presenteras i denna rapport har dessa båda metoder kombinerats för att inkludera även miljöbelastningskostnader i livscykelkostnaderna. Vi har valt att kalla detta verktyg för Miljö-LCC. I figur 1 illustreras skillnaden mellan de kostnader som inkluderas i en traditionell LCC och de som inkluderas i Miljö-LCC.



Figur 1. Jämförelse av livscykelkostnader vid traditionell LCC samt Miljö-LCC.

I traditionell LCC sker ingen uppdelning av kostnaderna medan de i Miljö-LCC delas upp i tre olika kostnadskategorier

1. Grundkostnad
2. Miljöskatter
3. Miljöbelastning

Olika miljöavgifter (t. ex. saneringskostnader) och miljöskatter (t. ex. kol-dioxidskatt) ingår som en kostnad även i en traditionell LCC (RLEC, Real Life Environmental Costs) men särskiljs inte från övriga kostnader. Värderade kostnader för miljöbelastning ingår dock endast i Miljö-LCC (LEC, Life cycle Environmental Costs).

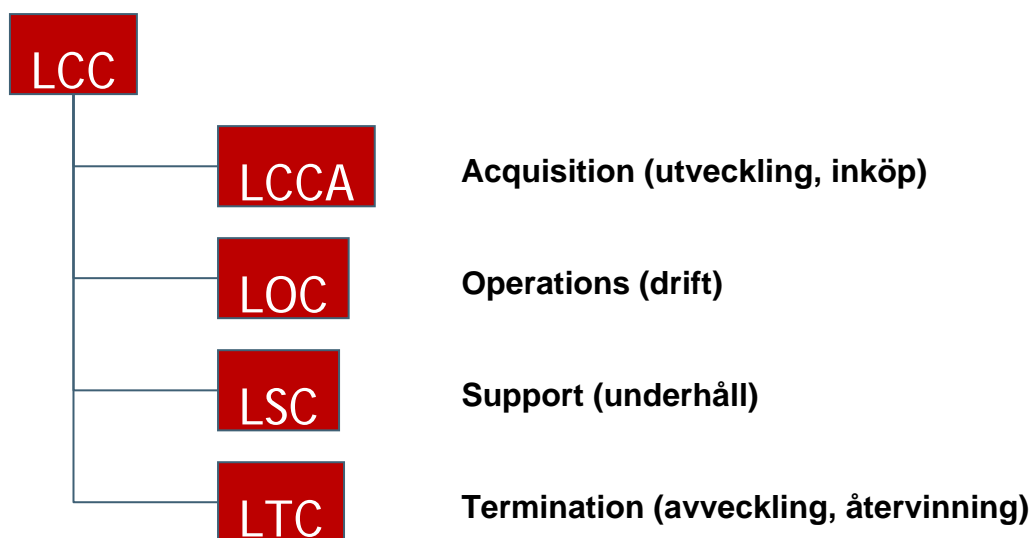
Eftersom avsikten med utvecklingen av Miljö-LCC är att skapa ett verktyg som underlättar för FM att följa de krav som ställs på att miljöhänsyn tas vid upphandling av försvarsmateriel, är det viktigt med en kontinuerlig dialog med FM under hela utvecklingsfasen. De miljömål som FM anser är viktigast att försvarsmateriel i hela dess livscykel uppfyller är

1. Giftfri miljö
2. Begränsad klimatpåverkan
3. Frisk luft

Fokus bör därför vara på att identifiera ämnen/verksamheter som äventyrar att dessa mål går att uppfylla eller bidrar till en negativ påverkan.

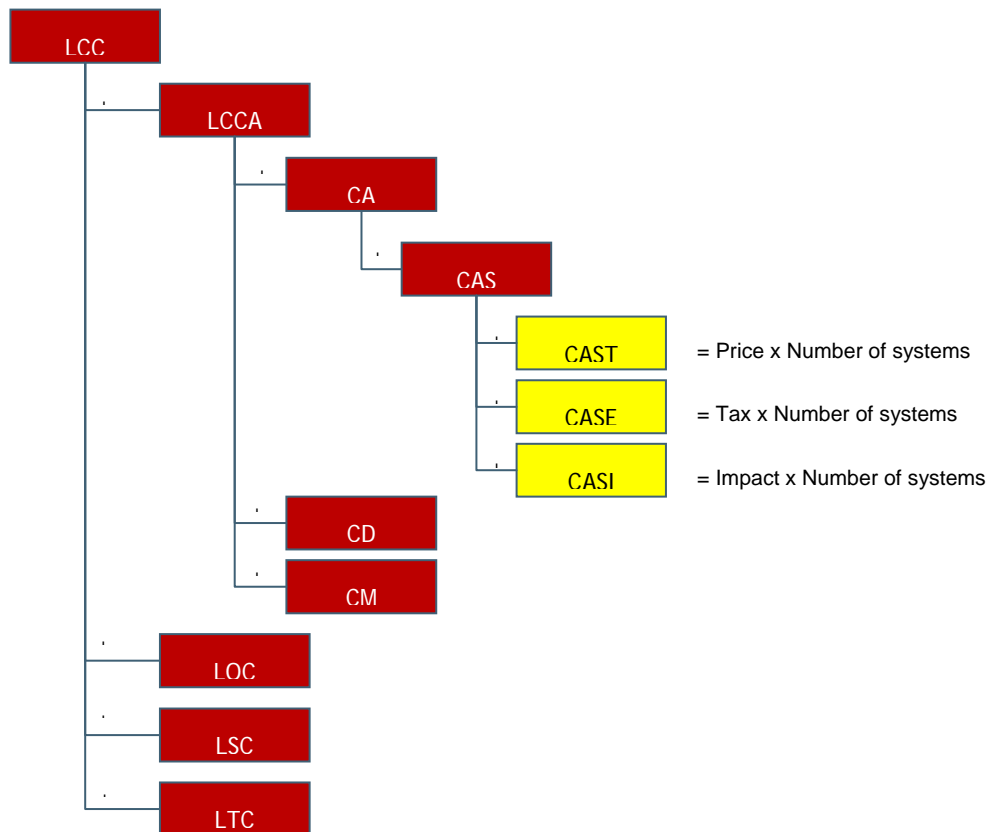
Företaget Systecon har utvecklat det LCC-verktyg CATLOC som sedan länge har använts av FMV för att jämföra olika alternativ vid t. ex. val av design, underhållskoncept, leverantör m. m. i olika upphandlingar. Det var därför praktiskt att utgå från detta inarbetade verktyg och låta Systecon vidareutveckla det med implementering av en miljömodul.

CATLOC är uppbyggt enligt en trädstruktur där användaren själv bestämmer strukturen beroende på problemställning. Denna struktur kan sedan sparas som en mall och återanvändas i flera olika beräkningar. De fyra huvudgrenarna i trädstrukturen, baseras på faser i livscykeln, som beskrivs i figur 2.



Figur 2. De fyra huvudgrenarna i Miljö-LCCs trädstruktur.

Det går sedan att stega sig ner i denna trädstruktur där indataparametrarna återfinns längst ner följt av beräkningsformler (se figur 3). I traditionell LCC är kostnaderna endast nedbrutna till en enda gul box medan de i Miljö-LCC är uppdelade i tre olika enligt strukturen i figur 1.



Figur 3. Ytterligare nedbrytning av trädstrukturen i Miljö-LCC.

Det går sedan att presentera kostnaderna antingen i en enda stor klumpsumma eller uppdelat enligt trädstrukturen. Det finns 5 grunddimensioner som kostnaderna kan presenteras enligt. Dessa 5 dimensioner är:

1. **Material** - enheter som ingår i systemet eller objektet
2. **Station** - olika platser/enheter där t. ex. underhåll sker eller objektet kan användas
3. **Åtgärd** – förebyggande åtgärd eller underhåll på systemet/objektet
4. **Tid** – olika fördefinierade tidsperioder
5. **Resurser** – olika resurser som behövs för användning eller underhåll av system/objekt

Resultaten kan t. ex. presenteras beroende på hur de fördelar sig över tiden eller över olika platser där objektet används o. s. v.

Genom att analysera resultatet finns det möjlighet att på ett enkelt sätt t. ex. identifiera kostnadsdrivare, effekt av olika scenarier m. m.. Det går att göra känslighetsanalyser och analysera vad som händer om någon parameter ändras. Vilka kostnader påverkas och varför? Data från CATLOC går att föra över till kalkylarksprogram som exempelvis Excel där data kan bearbetas och t. ex. tredimensionella diagram göras.

Användandet av CATLOC är en iterativ process. Det är möjligt att gradvis förbättra och förfina indata allteftersom. Det går också att aktivera/inaktivera olika formler eller grenar i trädet beroende på vilken typ av upphandling som är aktuell. Tanken är att verktyget Miljö-LCC skall vara generellt och att det i huvudsak endast är indataparametrarna som skall behöva ändras mellan olika upphandlingar.

3 Värderingskriterier

En klassisk livscykelanalys ger en beskrivning av den miljöpåverkan en viss produkt orsakar under hela sin livscykel. För att omvandla från kvantiteter av olika typer av emissioner eller annan miljöpåverkan till kostnader behöver någon typ av värderingskriterier för miljöpåverkan göras.

Vid KTH har man utarbetat viktningsfaktorer för ett antal effektkategorier (kategorier av miljöeffekter som t. ex. global uppvärmning) enligt en modell som de valt att kalla EcoValue 09[1]. Modellen baseras på allmänhetens vilja att betala för att undvika skador på miljön som innebär välfärdsförluster för den enskilda individen. För att ta reda på detta har omfattande förfrågningsunderlag begärts in från olika grupper i samhället. För miljöskador relaterade till:

- Hälsoeffekter
- Olika föroreningar
- Effekt på skörden
- Marknära ozon

har resultat från ett flertal andra forskargrupper studier använts, medan resultaten inom områdena:

- Övergödning
- Försurning

baserats på egna förfrågningar.

De viktningsfaktorer som arbetet resulterat i finns redovisade i tabell 1. I tabellen anges max- och minvärden. Dessa är identiska för effektkategorierna övergödning och försurning men skiljer sig något åt för övriga områden. Anledningen till spannet i värdena för övriga områden är att det har använts resultat från flera olika källor som sedan analyserats och sammanställts. Beroende på vilken källa som används fås därför olika resultat.

Tabell 1. Viktningsfaktorer för ett antal effektkategorier enligt EcoValue 09.
Hur tabellvärdena är framtagna redovisas i referens [1].

EcoValue09	Min.	Max.
Energiresurser (kr/MJ)	0,004	0,24
Global uppvärmning (kr/kg CO ₂)	0,10	2
Fotokemisk oxidation (kr/kg C ₂ H ₄)	14,00	40
Försurning (kr/kg SO ₂)	30,00	30
Övergödning (kr/kg PO ₄)		
Havet	160,00	160
Sötvatten	70,00	70
Allt	218,00	218
Human förgiftning (kr/kg 1,4-diklorbensen utsläppt till jordbruksmark)	0,004	12

4 Miljöbelastningskostnader

Miljöbelastningskostnader har beräknats för ett antal ämnen som ingår i det studerade objektet för fallstudien (SEP). Dessa redovisas i appendix 1 och är till skillnad från miljöavgifter och miljöskatter en skuld som byggs upp under hela livscykeln för den studerade försvarsmaterielen. Denna kostnad betalas inte av FM utan av oss alla genom försämrad hälsa, boendemiljö, möjligheter till rekreation m m. Avsikten är att vid upphandling värdera även denna kostnad för att stimulera att mera miljövänliga alternativ väljs. Genom att synliggöra och kostnadsvärdera miljöbelastningar stimuleras leverantörer att använda miljövänliga komponenter, processer och energikällor vid tillverkning av sina produkter och även minimera energianvändning.

För att bestämma miljöbelastningskostnaderna för enskilda ämnen som ingår i SEP:n har det gjorts en LCA med hjälp av beräkningsverktyget SimaPro 7 (PRé Consultants, Amersdorf, Nederländerna). I SimaPro finns databaser där det för ett stort antal ämnen och produkter gjorts en analys av miljöbelastningen under olika faser i ämnena/produkternas livscykel. För varje ämne eller produkt finns det dessutom ett antal olika dataset där det varierar vilka processer (t. ex. brytning av mineral, härdning av plaster) som ingår, i vilken del av världen dessa processer sker, vilken teknik som används, vilken källa uppgifterna är hämtade ifrån, vilken energikälla som används o. s. v. Vilket dataset som väljs kan ha stor betydelse för slutresultatet och bör utvärderas nog.

Kvantiteten av de emissioner, energianvändning och andra negativa miljöeffekter som uppstår under hela livscykeln (framställning, förädling, användning och terminering) för en produkt bestäms vid en LCA. För att underlätta analys och presentation av resultaten är det vanligt att de olika miljöbelastningarna indelas i olika effektkategorier enligt förvalda karaktäriseringsmetoder i SimaPro. Den metod som vi har använt oss av för karaktärisering är CML-2-baseline 2000 [2] eftersom effektkategorierna där stämmer väl överens med dem i EcoValue09. De effektkategorier som vi har hämtat resultat ifrån för bestämning av miljöbelastningskostnader är:

- Global uppvärmning
- Human förgiftning
- Fotokemisk oxidation
- Försurning
- Övergödning

För bestämning av de energiresurser som används har metoden Cumulative energy demand [3] använts. Vid karaktäriseringen sker en beräkning av det

relativa bidraget från olika typer av emissioner och resursanvändning till en specifik effektkategori genom multiplikation med en karaktäriseringsfaktor. Både emission av metan och CO₂ (koldioxid) kan t. ex. bidra till effektkategorin global uppvärmning men de har olika relativt bidrag och därmed olika karaktäriseringsfaktorer.

För att underlätta jämförelsen mellan olika resultat och för att få något känt att relatera till, används ofta normerade värden istället för absoluta värden vid presentationen av värdena för de olika effektkategorierna. De värden som beräknats för fallstudien (se appendix 1) anges t. ex. i kg ekvivalenter av olika ämnen som CO₂, 1,4-diklorbensen, C₂H₄ (eten), SO₂ och PO₄ (svavel och fosfor) per kg av ett visst ämne eller komponent.

I tabell A-C i appendix 1 kan ses att miljöbelastningen inom en och samma effektkategori skiljer sig åt mellan olika dataset av samma ämne. Beroende på vilket dataset som används fås därmed olika värden på den totala miljöbelastningskostnaden för samma ämne. Det är därför mycket viktigt att noga ta reda på vilka processer som ingår (t. ex. endast framställning eller även förädling) för vilken del av världen datasetet är applicerbart (brytning av mineral kan t. ex. ske på olika sätt i olika delar av världen), vilka energikällor som har använts, om återvunnet material har använts etc. För att erhålla entydiga indataparametrar i Miljö-LCC återstår en del arbete med att välja ut det mest representativa datasetet för varje enskilt ämne.

Värden på miljöbelastningen för respektive effektkategori multipliceras med motsvarande viktningsfaktor från EcoValue09. Miljöbelastningskostnaderna för varje effektkategori har sedan summerats enligt ekvation 1 nedan och maxvärdet har använts som indataparameter i Miljö-LCC.

$$Total\ miljöbelastningskostnad = \sum Mb_{effektkategori} \times vf_{effektkategori} \quad (1)$$

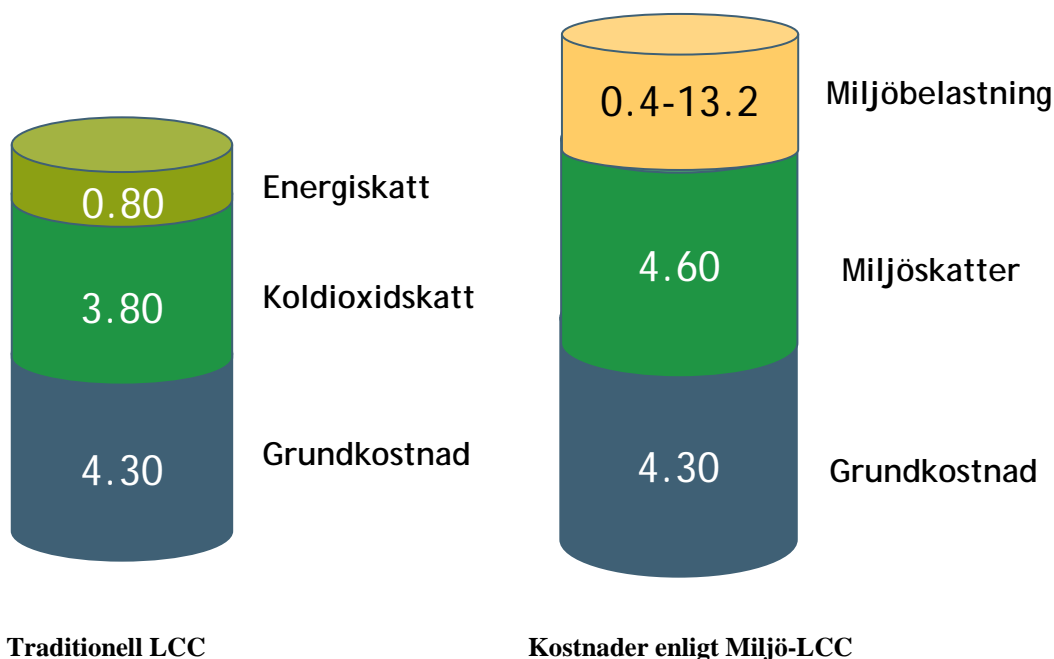
Mb står här för miljöbelastning och *vf* för viktningsfaktor. Dessa värden behöver bara beräknas en gång och sparas sedan i en mall i CATLOC och kan därmed återanvändas vid flera upphandlingar.

5 Fallstudie - SEP

För att provköra testversionen av Miljö-LCC har SEPen valts som en fallstudie. FOI och FMV har därför besökt Hägglunds i Örnsköldsvik för att ta reda på bakgrundsfakta om fordonet som exempelvis vilka komponenter/ämnen som ingår, vad som krävs för drift och underhåll m m. Vi diskuterade också utformning av det förfrågningsunderlag som kommer att skickas ut till möjliga leverantörer vid en upphandling för att sedan användas som indata i Miljö-LCC.

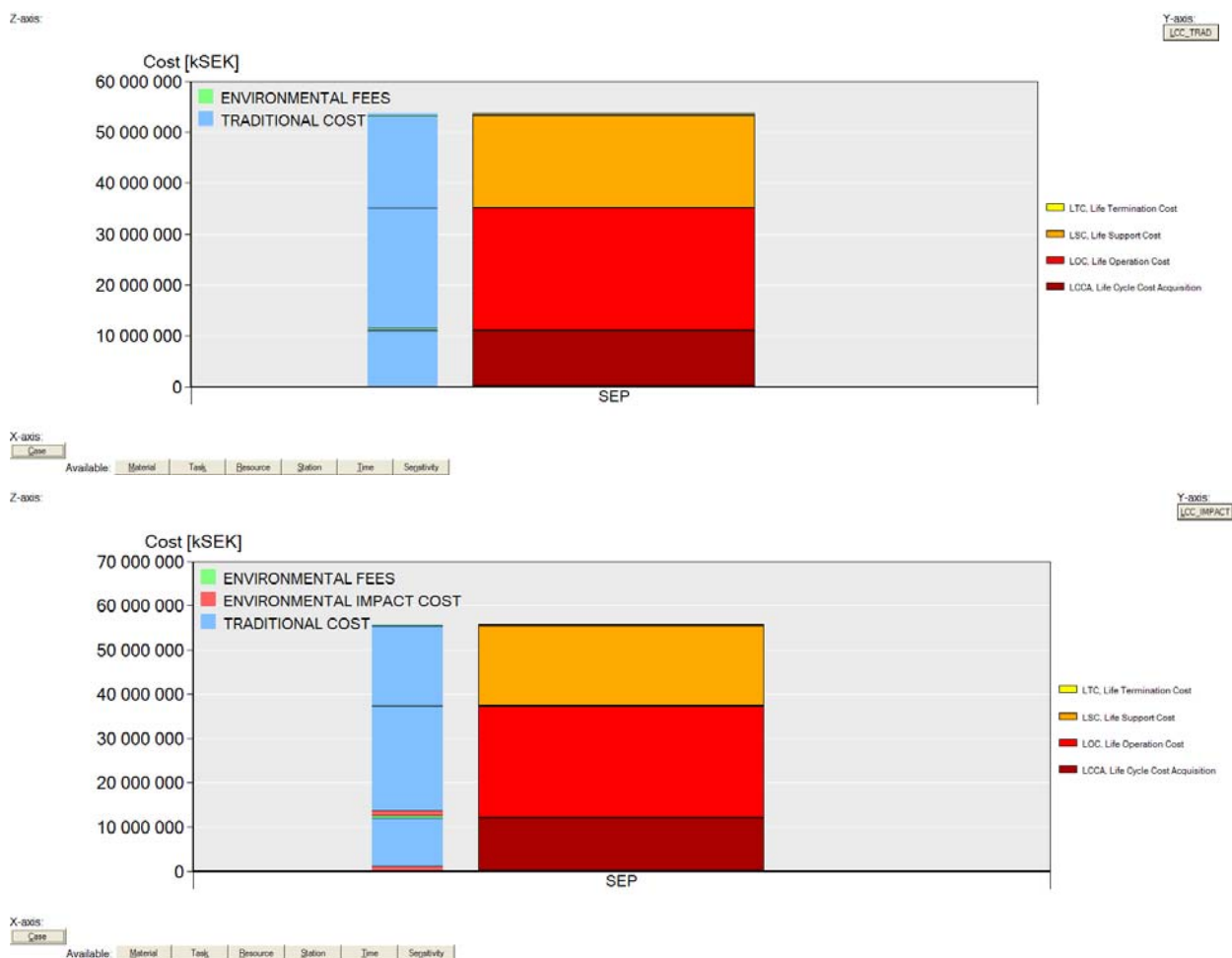
Baserat på denna diskussion samt erfarenhet från tidigare upphandlingar har FMV utformat en första version av förfrågningsunderlag. Det är viktigt att så mycket information som möjligt kommer med för att kunna göra en rättvis jämförelse mellan olika alternativa system/produkter. För att undvika missförstånd och felaktigt ifyllda uppgifter får samtidigt formuläret inte vara för komplicerat och omfattande. Det måste t. ex. framgå om leverantören har använt återvunnet material och miljövänliga komponenter, processer eller energislag.

De största bidragen till miljöbelastning för SEP är olika typer av metaller och plaster som komponenter i själva fordonet, resor i samband med anskaffningen samt diesel, oljor och fetter vid drift och underhåll. De miljöbelastningskostnader som har använts vid fallstudien finns redovisade i tabell A-C i appendix 1. I figur 4 illustreras hur kostnaderna för enskilda ämnen delas in i de tre olika kostnadskategorierna, här applicerat på diesel.



Figur 4. Illustration av skillnad i bestämning av kostnader för dieselanvändning mellan traditionell LCC och Miljö-LCC.

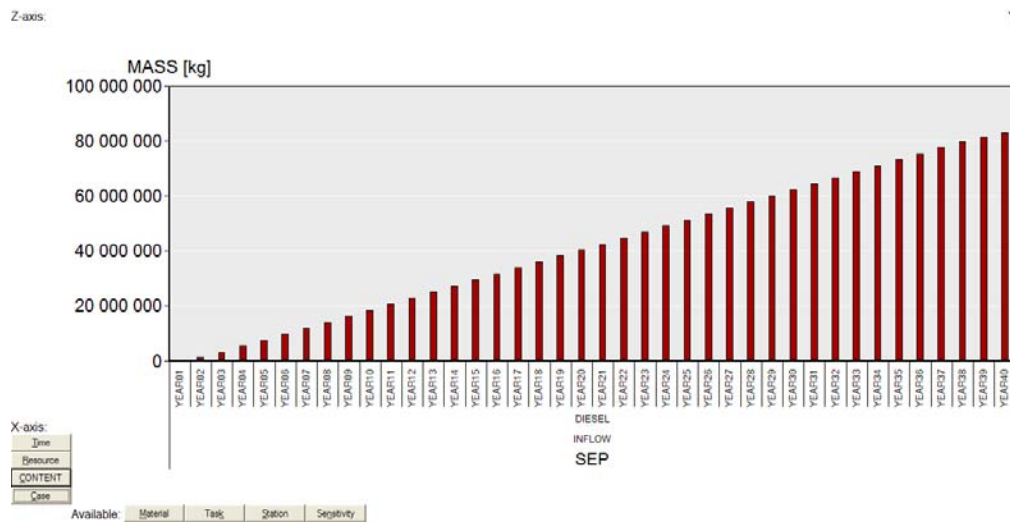
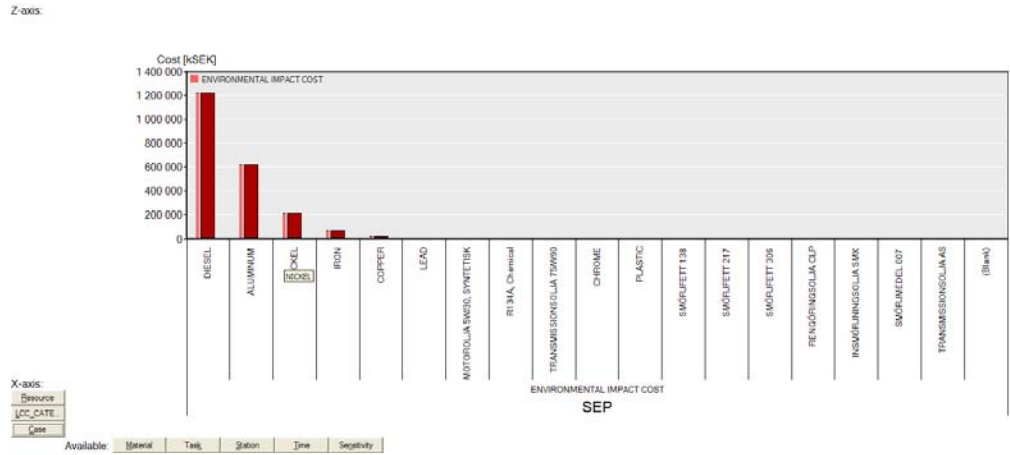
Resultaten från beräkningarna i Miljö-LCC kan sedan presenteras på en mängd olika sätt enligt de 5 grunddimensionerna som beskrivits i avsnitt 2. I figur 5 ges ett exempel på resultat från fallstudien där traditionell LCC jämförs med Miljö-LCC.



Figur 5. Exempel på resultat från fallstudien. Resultaten i den övre bilden är från traditionell LCC medan Miljö-LCC har använts i den undre bilden.

En del ämnen används och förbrukas under systemets/produktens livscykel (t. ex. diesel vid drift) medan andra används och sedan kan återanvändas (t. ex. stål i karossen). Det måste löna sig för leverantören att använda sig av återvunnet och återvinningsbart material. Processen för hur återvinning hanteras i Miljö-LCC är dock inte färdigutvecklad utan behöver utvecklas mera så att det tydligt framgår ur resultaten om återvunnet material har använts och om material som inte förbrukas kan återvinnas vid avvecklingen av produkten/systemet.

I figur 6 ges exempel på hur resultaten kan presenteras enligt olika grunddimensioner.



Figur 6. Exempel på hur resultaten kan presenteras enligt olika grunddimensioner. I övre bilden presenteras miljöbelastningskostnaderna per miljöbelastande ämne. I den undre bilden presenteras hur dieselförbrukningen varierar kumulativt under den tidsperiod SEPen används.

6 Fortsatt arbete

Det återstår en del arbete innan verktyget är helt färdigutvecklat. Det arbete som är planerat under 2010 är:

1. Successiv utökning av antalet miljöbelastningskostnader för ämnen som ger hög miljöbelastning ("skall"- ämnena i Försvarssektorns kriterier för kemiska ämnen) samt vanligt förekommande ämnen i försvarsmateriel i hela dess livscykel **(FOI)**.
2. Dokumentation och kvalitetssäkring av hur miljöbelastningar (genom SimaPro 7) som miljöbelastningskostnaderna baseras på bestäms så att entydiga värden för varje ämne/produkt erhålls **(FOI)**.
3. Val av data och eventuell uppdatering av beräkningssteget i SimaPro där karaktäriseringen av olika emissioner och andra miljöeffekter till indelning i olika effektkategorier sker **(KTH)**.
4. Komplettera den databas i SimaPro som byggts upp för ammunition så att den gäller för försvarsmateriel i allmänhet **(FOI)**.
5. Identifiera olika miljöskatter och miljöavgifter som nu ingår i de traditionella kostnaderna för att förbättra LCC-modellen och undvika dubbelräkning **(FOI och KTH)**.
6. Vidareutveckla värderingsmetoden EcoValue09 så att den även inkluderar ekotoxicitet och på sikt eventuellt även buller och markanvändning **(KTH)**.
7. Stödja FN-FOI samarbetet "Collaboration on Environment and Health in peace missions" i deras arbete med "grön upphandling" **(FOI)**.
8. Metodik för hantering av återvinning av material i Miljö-LCC **(FOI, KTH och FMV)**.
9. Förfina utformningen av frågeformulär som skall skickas till leverantörer vid en upphandling **(FMV)**.
10. Evaluera juridiska aspekter på användning av metoden och det resultat som den ger **(FMV)**.
11. Utkast till en gemensam vetenskaplig artikel om metoden **(FOI och KTH)**.
12. Prata med kontaktpersoner inom fordonsindustrin för att göra en översikt över metoder och resultat från motsvarande arbete inom deras bransch med syftet att identifiera de viktigaste aspekterna **(KTH)**.
13. Dokumentation för användning och framtagning av verktyget med alla dess delprocesser **(FOI, KTH och FMV)**.
14. Delta vid en skarp upphandling av försvarsmateriel och göra en ekonomisk bedömning av miljöpåverkan under materielens hela livscykel **(FOI, KTH och FMV)**.
15. Undersöka förutsättningar för att bli ansvarig redaktör för försvarsmateriel i den internationella livcykelanalysdatabasen Ecoinvent **(FOI och KTH)**.

Allt arbete som beskrivs i punkterna ovan kommer eventuellt inte helt att hinna slutföras under 2010 och kommer då att fortsätta under kommande år. För FOI är en fortsättning av projektet planerat under tre år och samarbetet med KTH är tänkt att fortsätta efter år 2010.

Regelbundna (ca 1 gång/månad) arbetsmöten kommer som tidigare att ske med representanter från FOI, KTH och FMV. Om behov finns av programmeringsarbete i CATLOC kommer det att ske av Systecon via FMV. Uppföljningsmöten där även FM är med kommer att hållas en gång i kvartalet.

7 Referenser

1. S. Ahlroth, "Developing a weighting set based on monetary damage estimates. Method and case studies", *Environmental strategies research – fms, Department of Urban studies, Royal Institute of Technology, Stockholm*, p 1-62 (2009).
2. Centre for Environmental Studies (CML), University of Leiden, Nederländerna (2001)
3. Swiss Centre for LCI, Duebendorf, Schweiz

Appendix 1

Miljöbelastningskostnader

Tabell A. Miljöbelastningskostnader beräknat genom summering av miljöbelastning för de olika effektkategorierna multiplicerat med respektive viktningfaktor. Miljöbelastningarna är beräknade med hjälp av SimaPro 7 och EcoValue 09 har använts som viktningmetod.

Ämne	Global uppvärmning* (kg CO ₂ eq)	Human förgiftning* (kg 1,4 diklorbensen eq)	Fotokemisk oxidation* (kg C ₂ H ₄)	Försurning* (kg SO ₂ eq)	Övergödning* (kg PO ₄ eq)	Energi-resurser** (MJ)	Total miljöbelastningskostnad (kr/kg av ämnet)	
							Min.	Max.
Stål I	1,23	0,285	0,00135	0,0143	0,0012	30,7	0,96	13,99
Stål (100 % recycled)	1,19	0,00273	0,000263	0,00632	0,00025	8,34	0,40	4,67
Stål (23 % recycled)	2,58	0,00391	0,000412	0,0103	0,000215	5,81	0,64	6,97
Järn	1,14	0,0525	0,000634	0,00514	0,000322	64	0,60	18,52
Järn (cast)	4,32	3,24	0,00215	0,0346	0,00111	65,7	2,02	64,65
Järn (crude)	2,1	1,8	0,00101	0,00744	0,000541	35,4	0,71	34,68
Koppar (primary)	6,4	8,25	0,0167	0,406	0,00202	27,8	13,64	131,76
Koppar I	7,54	0,147	0,0512	1,29	0,00331	95,3	41,27	81,19
Koppar (ETH T)	5,49	2,86	0,00687	0,168	0,00116	101	6,35	75,11
Aluminium (primary, Western Europe)	13,8	144	0,00429	0,0974	0,00424	98,5	6,26	1783,26
Aluminium (primary, Pechiney)	5,29	0,00239	0,00511	0,0421	0,00153	181	2,92	55,85
Aluminium (80 % recycled)	1,96	5,86	0,00094	0,0165	0,000555	17,8	0,92	79,17
Bly (ETH S)	1,15	54,1	0,000435	0,0105	0,000588	18,3	0,85	656,35
Bly (primary)	3,76	23,9	0,00181	0,0369	0,0017	1,87	1,98	296,32
Nickel (primary)	20,9	31,4	0,00834	0,176	0,0069	107	9,54	451,40
Nickel I	26,6	0,259	0,0793	1,97	0,0067	301	65,54	192,28
Krom (primary)	0,455	0,0762	0,0000395	0,000475	0,000042	0,168	0,07	1,89
Krom (ETH S)	15,5	34,7	0,00439	0,105	0,00363	248	6,68	511,04

*CML-2 baseline 2000 har använts som metod.

** Cumulative energy demand har använts som metod.

Tabell B. Miljöbelastningskostnader beräknat genom summering av miljöbelastning för de olika effektkategorierna multiplicerat med respektive viktningfaktor. Miljöbelastningarna är beräknade med hjälp av SimaPro 7 och EcoValue 09 har använts som viktningmetod.

Ämne	Global uppvärmning* (kg CO ₂ eq)	Human förgiftning* (kg 1,4 diklorbensen eq)	Fotokemisk oxidation* (kg C ₂ H ₄)	Försurning* (kg SO ₂ eq)	Övergödning* (kg PO ₄ eq)	Energi-resurser** (MJ)	Total miljöbelastningskostnad (kr/kg av ämnet)	
							Min.	Max.
Polyvinylklorid, granulat (PVC I)	1,95	0,0262	0,000697	0,0236	0,0021	46,1	1,56	16,47
Polyvinylklorid, granulat (PVC b I)	1,92	0,02	0,000357	0,0129	0,0017	56	1,18	18,29
Polyuretan, hardfoam (ETH S)	13,8	3	0,00293	0,067	0,00159	106	4,21	91,51
Polyuretan, rigid foam (P)	4,92	0,265	0,00157	0,0488	0,00404	1,05	2,86	15,68
Polyuretan, flexible block foam P	4,24	0,368	0,00103	0,0358	0,00491	1,34	2,59	15,40
Polykarbonat (PC I)	2,13	0,0491	0,000422	0,0216	0,00402	178	2,46	49,11
Polykarbonat (PC C)	1,36	0,024	0,000879	0,0284	0,00243	5,06	1,55	5,64
Polyamid (PA I)	7,93	1,35	-0,00086	0,0116	0,0025	158	2,31	70,84
Polystyren (GPPS B250)	3,14	0,236	0,00258	0,0764	0,00373	1,09	3,46	12,58
Polyester (sec; ERCOM)	0,137	0,016	0,00000874	0,000271	0,0000431	1,55	0,04	0,86
Polyeten, granulate average B250	2,3	0,165	0,000384	0,0139	0,00146	78,8	1,29	26,24
Polyeten, film (P)	6,42	0,386	0,00317	0,0767	0,0041	0,7	3,89	20,96
Polypropylen, granulate B250 (PP)	1,88	0,187	0,000568	0,0182	0,00133	0,81	1,04	7,06
Polypropylen (PP revised P)	1,78	0,0252	0,000547	0,0182	0,00133	0,81	1,02	4,91

*CML-2 baseline 2000 har använts som metod.

** Cumulative energy demand har använts som metod.

Tabell C. Miljöbelastningskostnader beräknat genom summering av miljöbelastning för de olika effektkategorierna multiplicerat med respektive viktningsfaktor. Miljöbelastningarna är beräknade med hjälp av SimaPro 7 och EcoValue 09 har använts som viktningsmetod.

Ämne	Global uppvärmning* (kg CO ₂ eq)	Human förgiftning* (kg 1,4 diklorbensen eq)	Fotokemisk oxidation* (kg C ₂ H ₄ eq)	Försurning* (kg SO ₂ eq)	Övergödning* (kg PO ₄ eq)	Energi-resurser** (MJ)	Total miljöbelastningskostnad (kr/kg av ämnet)	
							Min.	Max.
Diesel I	0,284	0,00531	0,0000886	0,00361	0,000378	46	0,40	11,87
Etylenoxid/glykol (ETH S)	2,63	49,6	0,0015	0,0223	0,000913	83,5	1,68	621,43
Elektronik för kontrollenheter	9,59	30,5	0,00355	0,0806	0,00608	218,04	5,75	441,40
Kolkraft Tyskland (1 TJ el.)	0,306	0,132	0,00003	0,000692	0,000052	3,54	0,08	3,08
Kärnkraft Tyskland (1 TJ el.)	0,00423	0,00423	0,00000151	0,000035	0,0000015	4,36	0,02	1,11
Olja Frankrike (1 TJ el.)	0,234	0,129	0,000126	0,00303	0,000067	3,21	0,14	2,90
Vindkraft Tyskland (1 TJ el.)	0,0079	0,00582	0,0000064	0,000041	0,0000028	0,131	0,00	0,12
Återvinning av Al	-9,38	-0,561	-0,00583	-0,151	-0,005	-125,13	-7,14	-61,38
Återvinning av stål	-0,336	0,199	-0,000409	0,000133	-0,000063	-96,29	-0,43	-21,42
Återvinning av PVC	0,243	0,653	-0,000112	-0,00797	-0,0013	-17,1	-0,57	3,69
Återvinning av övriga plaster	1,01	0,66	0,000194	0,00121	-0,000605	-51,36	-0,19	-2,47

*CML-2 baseline 2000 har använts som metod.

** Cumulative energy demand har använts som metod.