

Miljøprojekt Nr. 528 2000

Livscyklusvurdering i virksomheders miljøindsats

Erfaringer fra farve- og lakfabrikken Teknos Schou A/S

Claus Werner Nielsen
COWI

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Indhold	Side
Baggrund	
1 Om denne rapport	7
2 LCA - en kort introduktion	9
3 Hvordan kommer man i gang med en LCA?	11
3.1 Hvorfor LCA?	11
3.2 Hvad skal man bruge LCA til?	11
3.3 Valg af produkt	11
3.4 Organisering af arbejdet	12
3.5 Valg af fremgangsmåde	14
3.6 EDB-værktøjer?	14
4 Dataindsamling	17
4.1 Generelt	17
4.2 Fremstilling	18
4.3 Brug	19
4.4 Bortskaffelse	19
4.5 Råvarer	21
4.6 Transport	22
5 Vurdering	25
5.1 Miljøscreening	25
5.2 UMIPs vurderingsmetode	28
6 Handlingsplan	32
7 Bilag Projektartikel	33

Baggrund

I december 1995 fik farve- og lakfabrikken Teknos Schou A/S i Vamdrup, Vejle Amt og COWI et tilskud fra Rådet vedrørende genanvendelse og rene- re teknologi til at gennemføre et projekt med titlen: "Livscyklusvurdering hos Teknos Schou A/S".

Projektet var et lokalt demonstrationsprojekt, der bl.a. skulle vise hvordan arbejdet med miljøgennemgange og miljøstyring på mindre virksomheder naturligt kan udvides til også at omfatte livscyklusvurdering af produkterne ved brug af de værktøjer, der er udviklet under UMIP-projektet¹.

Projektet skulle endvidere forsøge at definere myndighedernes bidrag til LCA-arbejdet.

Endelig skulle projektet give Teknos Schou A/S kendskab til og mulighed for at arbejde med livscyklusvurdering af udvalgte produkter.

Det har ikke været hensigten med projektet at beskrive værktøjer der kan anvendes til miljømærkning eller sammenlignende livscyklusvurderinger mellem konkurrerende produkter.

Derimod var det tanken at projektet skulle anvendes i Green Network sammenhæng med henblik på at udbrede anvendelsen af livscyklusvurderinger i de virksomheder der er tilsluttet netværket.

Målet er at virksomhederne får et redskab til løbende forbedringer af egne produkter og processer.

Projektet og nogle af resultaterne herfra er nærmere beskrevet i den artikel der er indsat som bilag.

¹ UMIP-projektet er et projekt der handler om Udvikling af Miljøvenlige IndustriProdukter. Projektet er gennemført af Institutet for Produktudvikling på DTU i samarbejde med Grundfoss A/S, Danfoss A/S, Gram A/S, KEW Industri A/S og Bang & Olufsen A/S.

1 Om denne rapport

Denne lille rapport er rettet mod de personer (direktion, miljøansvarlig m.fl.) som har besluttet sig for at gå i gang med et LCA-arbejde.

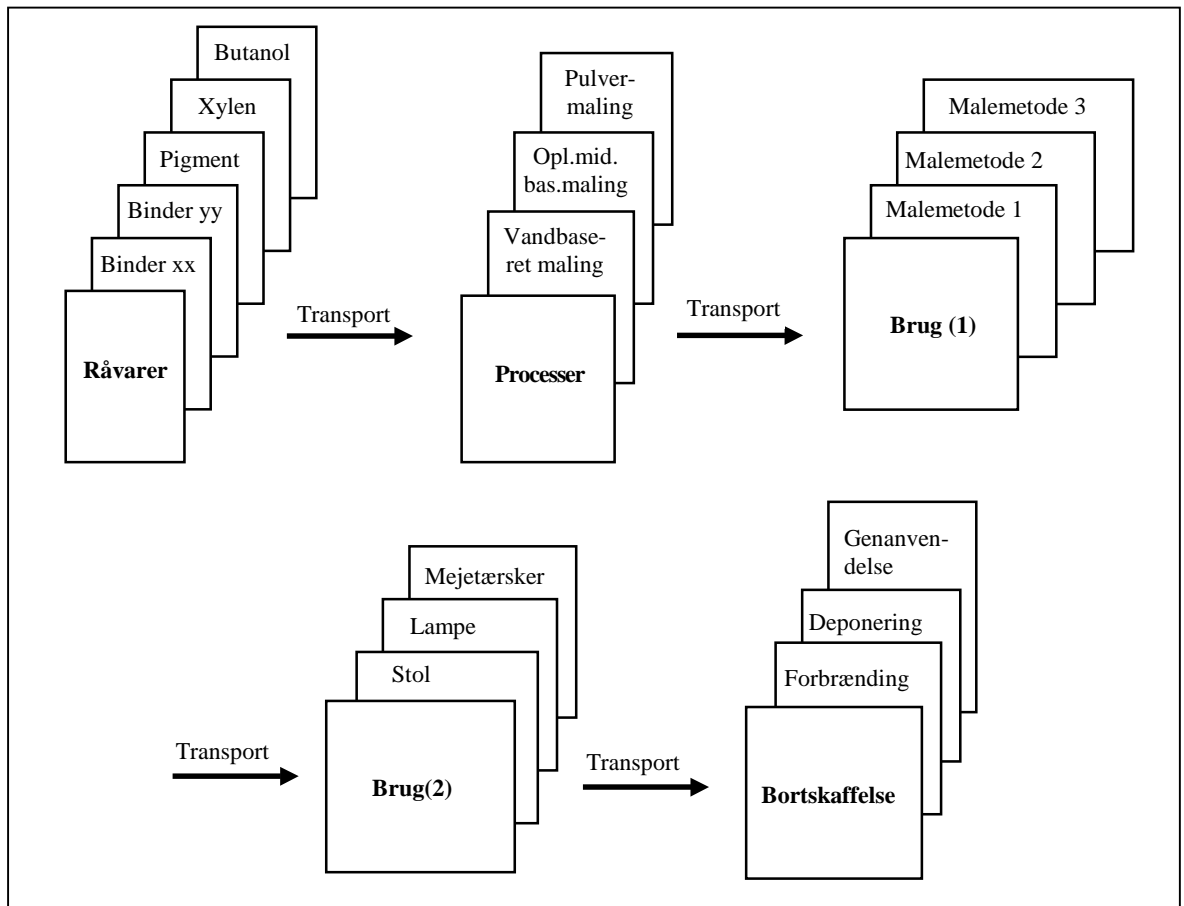
Rapporten giver, på baggrund af erfaringerne fra Teknos Schou A/S, et eksempel på, hvordan man kan gennemføre en produktorientering af miljøindsatsen på mindre og mellemstore virksomheder.

Teknos Schou A/S er, udover at det er en mellemstor virksomhed, specielt ved at være en ordreproducerende farve- og lakfabrik, der har et meget stort antal produktnumre, der hver består af 20-40 forskellige råvarer. Produktet "maling" er endvidere ikke en færdigvare i sig selv. Dvs. eksemplet omhandler specielt en *mindre, kemisk* virksomhed, der producerer *halvfabrikata*.

Rapporten indeholder:

- forslag til planlægning og organisering af et LCA-projekt som forudsættelse af en miljøgennemgang
- en rimeligt detaljeret beskrivelse af hvordan man samler data om miljøbelastninger i de forskellige faser af et kemisk produkts livscyklus
- en beskrivelse af hvordan data kan sammenlignes og miljøvurderes ved brug af den model der er udviklet i UMIP projektet
- en beskrivelse af hvordan LCA kan anvendes i arbejdet med miljøforbedring af produkter og processer på en farve- og lakfabrik

Eksempel 1: Livscykluselementer i malingers livsforløb



2 LCA - en kort introduktion

Princippet i en LCA er enkelt - og kan forstås ud fra nedenstående figur 1:

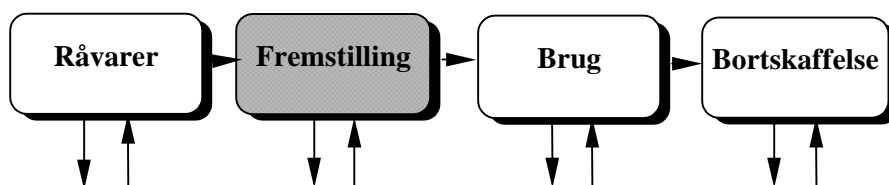


Fig. 1 *Et produkts livscyklusfaser*

Ethvert produkt har et livsforløb der strækker sig over de 4 faser: Råvarer, fremstilling, brug og bortskaffelse. Ved hver af de 4 faser optræder miljørelationer (ressourceforbrug, miljø- og arbejdsmiljøpåvirkninger) der knytter sig specielt til produktet.

Hver af ovenstående kasser kan bestå af flere led, hvor forskellige virksomheder bearbejder råvarer til halvfabrikata, der igen bearbejdes til færdigvarer. For en maling vil brugsfasen f.eks. både omfatte påføring af maling og brug af det malede produkt, som vist i eksempel 1 på modstående side.

Mellem hver af kasserne og indenfor kasserne optræder miljøbelastninger fra transport af råvarer, færdigvarer og affald.

Ved en LCA foretages en systematisk kortlægning af miljørelationerne i alle led og en vurdering af hvor forbedringer kan gennemføres med størst effekt.

3 Hvordan kommer man i gang med en LCA?

3.1 Hvorfor LCA?

I forbindelse med miljøindsatsen på virksomhederne er det forebyggende element blevet styrket. Tidligere var renseløsninger meste almindelige. Herefter blev det til renere teknologi i produktionen - og nu til renere teknologi i udformning og planlægning af produktet. *Livscyklusvurderinger er blevet centrale.*

For både virksomheder og myndigheder er livscyklusvurderinger vigtige fordi de sikrer at miljødiskussionen retter sig mod de reelle miljøproblemer, uanset grænser. For virksomhederne er de også et vigtigt værktøj til at "være klædt på" i diskussionen med kunder og konkurrenter.

For virksomheder der er miljøcertificeret efter EMAS er det et krav at man skal vurdere underleverandørerne. Dette er en væsentlig tilskyndelse til at påbegynde LCA-arbejde i produktkæden.

3.2 Hvad skal man bruge LCA til?

Der er efterhånden enighed om at LCA kan bruges til følgende formål:

- Miljøforbedringer af processer og produkter i almindelighed
- Miljømærkning, f.eks. efter det nordiske Svanemærke eller EUs blomst
- Produktsammenligninger

3.3 Valg af produkt

Det er vigtigt at starte med det væsentlige.

For en virksomhed som Teknos Schou A/S, der producerer et stort antal forskellige malinger, vil valg af produkter der skal livscyklusvurderes være en vigtig opgave.

Kriterier for dette valg kan f.eks. være:.

- hovedprodukter som vil være af væsentlig økonomisk betydning for virksomheden i fremtiden.
- produkter der giver store miljøproblemer
- produkter hvor konkurrencen er stor

Alternativt kan vurderingen udføres på "gennemsnitsprodukter" der ikke er virkelige produktnumre, men stykket sammen som et gennemsnit af produkter der ligner hinanden (f.eks. en gennemsnitlig pulvermaling).

For at kunne sammenligne miljøbelastningerne, f.eks. før og efter en forbedring af produktet, skal miljøbelastningerne opgøres pr behovsopfyldelse eller med et andet ord pr. "funktionel enhed". For en maling kan det være "den mængde maling der skal til at dække 1 m² flade i 10 år".

Den funktionelle enhed er vigtig fordi et produkt kan ændre brugsegenskaber når det forbedres miljømæssigt. En malings levetid kan f.eks. reduceres hvis der udskiftes råmaterialer af arbejdsmiljøhensyn.

I første omgang kan det dog være nemmest at opgøre belastningerne pr. tons og derefter omregne til den aktuelle funktionelle enhed.

3.4 Organisering af arbejdet

LCA-arbejde vil typisk udføres af en gruppe bestående af :

- miljøchef/miljømedarbejdere
- indkøbs/udviklings/salgsafdeling
- myndigheder
- evt. konsulenter

Miljøchefen/miljømedarbejderne er centrale i LCA-arbejdet. Miljøchefen vil i starten fungere som initiativtager og projektleder, indtil LCA bliver et integreret værktøj i produktion og produktudvikling. Det vil også normalt være her at alle informationer om produktionens miljøforhold samles.

Indkøbs/udviklings/salgsafdelingerne har kontakten til leverandører og kunder og skaffer oplysninger om råvarer og kravsspecifikationer til nye produkter.

Myndighedens rolle i arbejdet vil primært være formidling af erfaringer fra andre virksomheder, men kan også være at bidrage med lokale miljømæssige prioriteringer, som kan have betydning for hvordan de forskellige miljøbelastninger skal vægtes i forhold til hinanden.

Eksempel 2:

Fremgangsmåde ved LCA på Teknos Schou A/S

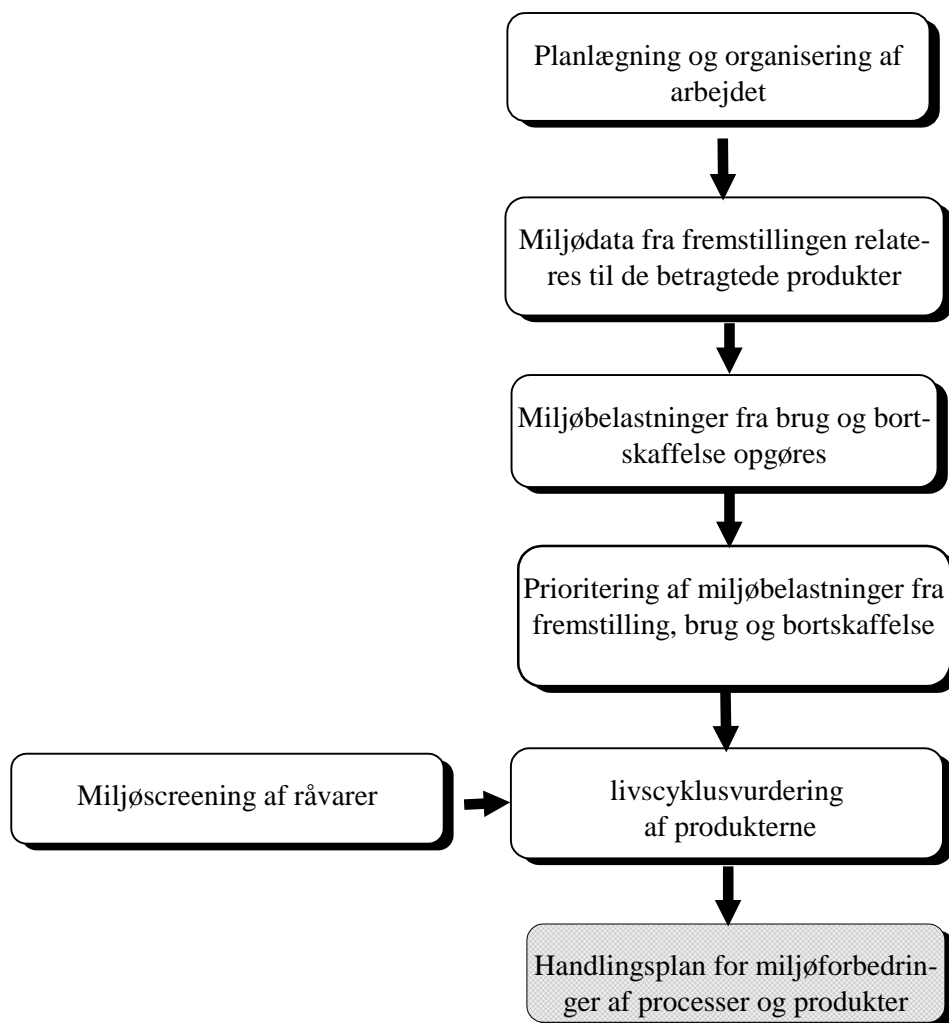
Projektet startede med at opgøre de miljøbelastninger som virksomheden selv har et ansvar for, dvs. miljøbelastninger fra fremstillingen af produkterne og de miljøbelastninger som virksomheden har et medansvar for, dvs. belastninger fra brug og bortskaffelse af produkterne.

Disse data blev miljøvurderet og prioriteret med henblik på at udpege processer og råvarer der medfører de største miljøproblemer i disse 3 faser.

Herefter blev der foretaget en overordnet vurdering (screening) af miljøbelastninger ved fremstilling af alle råvarer der indgår i produkterne, med henblik på endelig udvælgelse af de råvarer der skulle livscyklusvurderes mere detaljeret. Ved denne screening blev der kun anvendt lettilgængelige miljødata om råvarerne.

Den samlede livscyklusvurdering omfattede således fremstilling, brug og bortskaffelse samt udvalgte råvarer og deres eventuelle alternativer.

Handlingsplanen omfattede procesforbedringer i fremstilling, brug og bortskaffelse af produkterne og substitution af de mest miljøbelastende råvarer.



Især i starten af et LCA-projekt kan det være en fordel at anvende konsulenter, dels til opbygning af den database der skal være basis for arbejdet og dels til at træne medarbejdere i brug af LCA-værktøjer og EDB-modeller.

3.5 Valg af fremgangsmåde

Det er vigtigt at vælge en fremgangsmåde så der opnås størst mulig miljøeffekt for mindst mulig indsats.

Man kan starte med vurderinger på et overordnet, kvalitativt niveau og gradvist detaljere og kvantificere analysen. F.eks. kan man starte med:

- at definere den funktionelle enhed
- at opgøre sammensætningen af produktet
- at beskrive produktionsflowet for produktet
- at opgøre energiforbruget kvantitativt og miljø- og arbejdsmiljøbelastninger kvalitativt

For en maling kan man endvidere vælge en metode hvor man tager udgangspunkt i det kendte, nemlig ens egen produktion og derefter gradvist kortlægger miljøbelastninger der ligger længere og længere væk fra produktionen. Denne metode der blev anvendt i Teknos projektet er beskrevet i eksempel 2.

3.6 EDB-værktøjer?

Anvendelse af EDB-værktøjer er ikke absolut nødvendigt men vil selvfølgelig lette arbejdet meget. F.eks. vil hele miljøvurderingen af de mest almindelige emissioner kunne ske automatisk ud fra viden indsamlet en gang for alle. De fleste EDB-modeller indeholder også en database over livscyklusdata for udvalgte stoffer, materialer og energiformer.

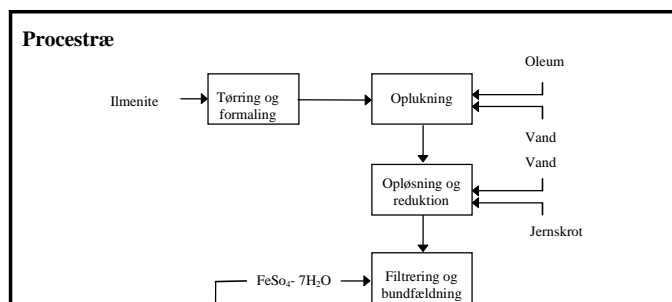
En gennemgang af de EDB-værktøjer der er på markedet pt. findes i ².

I forbindelse med UMIP-projektet er der udviklet en et dansk LCA-værktøj der har været afprøvet i Teknos-projektet (i en demoversion).

² M. Mencke and Gary A. Davis: Evaluation of Life Cycle Assessment Tools. The University of Tennessee, Center for Clean Products and Clean Technologies and Bruce W. Vigon, Battelle, Strategic Environmental Management. Canada, August 1996.

Eksempel 3: Dataindsamling ved LCA

Procestræ for fremstilling af TiO₂



Miljøpåvirkninger - kvalitativ

Procestrin	Råvareforbrug	Energiforbrug	Luft-emissioner	spildevand	affald
Tørring og formaling	Ilmenit	xx	Støv		metallisk jern
Oplukning	Oleum Vand	x			
Opløsning og reduktion	Jernskrot Vand	x			
Filtrering og bundfældning		x			jernsulfat

Miljøpåvirkninger - kvantitativ

Hydro
Filtrer
Calcini
Forma

Emissioner	Sulfatmetoden g/tons TiO ₂
Emissioner til luft:	
Carbonmonoxid (CO)	2.900
Carbondioxid (CO ₂)	4.684.590
Hydrogenchlorid (HCL)	0
Nitrogenoxider (NO _x)	11.240
Svovldioxid (SO ₂)	95.520
Uspec. partikler	14.060
Hydrocarboner	33.090
Emissioner til vand:	
Suspenderet stof (SS)	2.060
Chlorid (Cl)	60
Uspec. metaller	59.000
Uspec. opløst stof	4.190
Fe (jern)	412.000
H ⁺ (hydrogenioner)	93.940
Uspec. olie	70
Sulfat (SO ₄ ²⁻)	912.050
Affald:	
Uspec. volumenaffald	1.814.030

4 Dataindsamling

4.1 Generelt

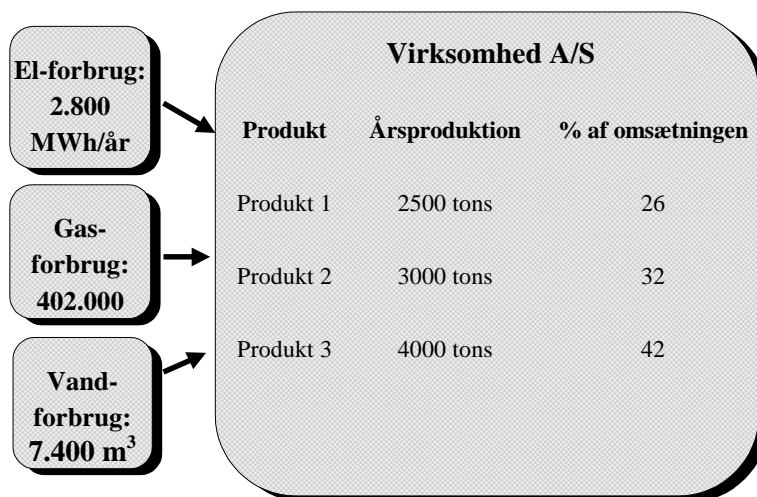
Ideelt set bør alle livscyklusfaser kortlægges lige grundigt. I praksis vil der imidlertid være stor forskel på tilgængeligheden af data. F.eks. er virksomheden selv herre over data vedrørende fremstillingsprocesserne og kan forholdsvis nemt skaffe data om brugs- og bortskaffelsesfaserne. Data om råvarer, f.eks. til maling, vil derimod ofte være vanskeligere at få. Men dette kan dog ændre sig med tiden, efterhånden som der opbygges databaser over de fleste grundkemikalier.

Eksempel 3 på modstående side viser et forslag til en generel fremgangsmåde ved dataindsamlingen.

- produktets livsforløb beskrives ved et såkaldt "procestræ" der kan være mere eller mindre detaljeret. Procestræet beskriver ved navn processer og råvarer der anvendes gennem livsforløbet (eksempel 3 viser kun procestræ for fremstillingsfasen)
- miljøbelastninger beskrives kvalitativt ved hver enkelt trin i procestræet for at sikre at man får det hele med
- der sættes tal på miljøbelastningerne i det omfang det er muligt og tallene sammenfattes til en samlet beskrivelse af miljøpåvirkninger ved produktet.

Rækkefølgen i indsamlingen af data kan f.eks. være som vist i eksempel 2, hvor man starter med fremstilling, brug og bortskaffelse og herefter vurderer råvarer. Denne rækkefølge har vist sig at være praktisk ved malingsprodukter, som består af et meget stort antal råvarer med komplicerede livsforløb, men kan måske være u hensigtsmæssig ved andre produkttyper, hvor der er ganske få råvarer.

Eksempel 4: Simpel fordeling af miljøbelastninger på produkter



Produkt 1:

Specifikt elforbrug: 26% af $2.800 \text{ MWh/år} = 728 \text{ MWh/år}$,
 728 MWh til produktion af $2500 \text{ tons} \sim$
 $0,3 \text{ MWh/ton}$

Specifikt gasforbrug: 26% af $402.000 \text{ Nm}^3/\text{år} = 104.500 \text{ m}^3/\text{år}$,
 104.500 Nm^3 til produktion af 2500 tons
 \sim $42 \text{ Nm}^3/\text{tons}$

Specifikt vandforbrug: 26% af $7.400 \text{ m}^3/\text{år} = 1.924 \text{ m}^3/\text{år}$
til produktion af $2500 \text{ tons} \sim$ $0,8 \text{ m}^3/\text{tons}$
osv.

4.2 Fremstilling

Virksomheden er selv herre over hvor detaljeret den vil opgøre miljødata for produktionen. Normalt vil der allerede findes data for totale miljøbelastninger for virksomheden, f.eks. fra miljøansøgninger eller miljøredegørelser og det vil være et spørgsmål om at fordele disse belastninger ud på produkter.

Det har i praksis vist sig, at det kan være nødvendigt at gennemgå disse data kritisk når de skal anvendes til livscyklusvurderinger, fordi kravene til kvantificering og detaljeringsgrad er større i livscyklusvurderinger end i miljøstyringsprojekter generelt. Det kan derfor anbefales at planlægge dataindsamling til miljøstyringsprojekter således at de senere kan anvendes til LCA-arbejde.

Da der kan bruges megen energi på disse detailopgørelser (især hvis man har et stort produktsortiment), vil det være formålstjenligt at starte med en meget overordnet fordeling af samlede forbrug og emissioner, f.eks. efter produkternes andel af den samlede omsætning. Denne vil i første omgang kunne bruges til en sammenligning af størrelsesordenen af miljøbelastningerne med de andre livscyklusfaser. Se eksempel 4 på modstående side.

Hvis denne sammenligning viser at fremstillingen er af væsentlig betydning, vil en mere præcis fordeling af miljøbelastningerne være relevant, f.eks. ved en detaljeret gennemgang af processerne som vist i eksempel 3.

Arbejdsmiljø udgør et specielt problem i LCA, fordi måling af arbejdsmiljøbelastninger normalt ikke kan gennemføres indenfor de økonomiske og tidsmæssige rammer der er til rådighed i et LCA-forløb. Det er som regel nødvendigt at basere sig på kvalificerede skøn og vurderinger ud fra lignende tidligere målinger.

4.3 Brug

Miljøbelastninger i brugsfasen vil normalt være knyttet til et forbrug af forskellige former for driftsmidler, f.eks. forbrug af vand og brændstoffer eller til afsmitning/afdampning af kemikalier eller til affald som f.eks. brugte dæk fra biler.

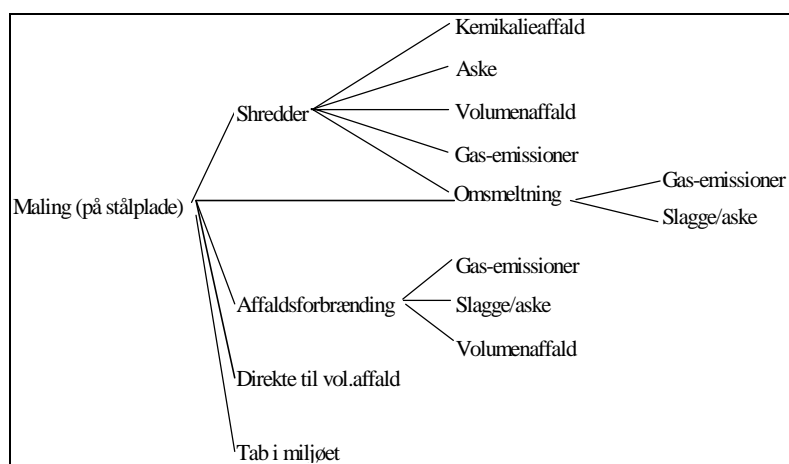
Størrelsen af disse belastninger vil oftest være kendt af producenten, idet de kan være afgørende for produkternes pris eller salgbarhed. Typisk vil disse data være opgivet i salgsbrochurer og lignende.

Undersøgelser af afdampning, allergi eller lignende indeklima-problemer kan undersøges efter de standarder der ligger fra Dansk Indeklima Mærkning.

4.4 Bortskaffelse

Alle produkter bortskaffes på et eller andet tidspunkt ved forbrænding, deponering eller genanvendelse.

Eksempel 5: Bortskaffelsesveje for maling på en stålplade



For at kunne opgøre miljøbelastningerne ved et produkts bortskaffelse er det nødvendigt at kende bortskaffelsesvejene for produktet og den miljøbelastning produktet forårsager ved hver enkelt type af bortskaffelse. Eksempel 5 på modstående side viser et eksempel på typiske bortskaffelsesveje i Danmark for maling på en stålplade

Fordelingen på bortskaffelsesformer må i høj grad bero på et skøn fordi der ikke findes præcise opgørelser over sammensætning af affald på materialer eller produkter.

I første omgang må man skønne over hvordan bortskaffelsen af produktet fordeler sig procentvis på affaldsfraktioner, f.eks. dagrenovation, storskrald, industriaffald etc. og derefter undersøge hvordan disse fraktioner bortskaffes. (ved varer der eksporteres er det selvfølgelig bortskaffelsen i det pågældende land der undersøges).

Forbrænding

Hvis produktet brændes er den primære miljøbelastning luftforurening og aske/slagge. En opgørelse af hvor meget CO₂, NO_x, SO₂ osv. der dannes ved forbrændingen kan evt. skønnes ved at få foretaget en grundstofanalyse af produktet ved elementaranalyse og røngtenflourisensanalyse som er billige og hurtige analyser (1-2000 kr/prøve), men med usikkerheder på 20-30%.

Deponering

Hvis produktet deponeres vil en type miljøbelastning være, at der optages volumen til deponeringen. Der vil selvfølgelig kunne være andre belastninger som dannelse af forurenede perkolat der opsamles og behandles i renseanlæg, men belastninger af denne type kan ikke kvantificeres endnu til brug for LCA, fordi det ikke er muligt at udtale sig om sammensætningen af det perkolat der dannes fra et givet produkt, blandet op med andet affald i en losseplads.

Genanvendelse

Miljøbelastninger fra genanvendelse skyldes de bearbejdningsprocesser som det kasserede produkt gennemgår før det kan genanvendes. F.eks. giver omsmelting af stål på Stålvalseværket anledning til et energiforbrug, men det erstatter energiforbruget ved fremstilling af en tilsvarende mængde jomfrueligt stål. Da det kræver betydeligt mere energi at fremstille jomfrueligt stål end at omsmelte stål bliver nettoregnskabet et negativt energiforbrug.

Data fra disse genanvendelsesprocesser kan evt. fås hos genanvendelsesfirmaerne via deres grønne regnskaber.

Eksempel 6: LCA - oplysninger for kemikalier

Da det endnu kan være svært at få LCA-oplysninger fra kemikalieproducenterne er man ofte henvist til at skønne belastningerne teoretisk. Netop ved kemikalier er dette en mulighed fordi produktionen foregår via et sæt velbeskrevne kemiske reaktionsligninger. Følgende måde blev anvendt til at beskrive hærderen TGIC på Teknos Schou A/S:

1. Opstil procestræ

```

    graph BT
      Cyanursyre --> TGIC
      Epichlorhydrin --> TGIC
  
```

2. Opskriv alle reaktionsligninger

$$\text{C}_3\text{H}_3\text{N}_3\text{O}_3 + 3 \text{C}_3\text{H}_5\text{ClO} \rightarrow \text{C}_{12}\text{H}_{15}\text{N}_3\text{O}_6 + 3 \text{HCl}$$

(Cyanursyre) (Epichlorhydrin) (TGIC) (saltsyre)

3. Opstil massebalance for alle trin ved hjælp af støkiometrien

Input:

1 mol Cyanursyre	= 129 g
+ 3 mol Epichlorhydrin	= 276 g
	405 g

Output:

1 mol TGIC	= 297 g
+3 mol saltsyre	= 108 g
	405 g

4. Ud fra massebalancen bestemmes både råvareforbrug og tab pr. tons

produkt

```

    graph TD
      Cyanursyre[0,43 tons Cyanursyre] --> TGIC[1 tons TGIC]
      Epichlorhydrin[0,93 tons Epichlorhydrin] --> TGIC
      TGIC --> Saltsyre[0,36 tons saltsyre som affald]
  
```

4.5 Råvarer

Der er 3 hovedkilder til oplysninger om råvarer:

- alm. håndbogslitteratur og speciallitteratur
- offentlige databaser/internet
- råvareleverandørerne

Håndbogslitteratur

Ved hjælp af almindelig håndbogslitteratur vil det normalt være muligt at beskrive hvordan råvaren udvindes og fremstilles og beskrive kvalitativt hvilke ressourceforbrug, miljø- og arbejdsmiljøpåvirkninger der optræder i dette forløb. Relevante håndbøger er f.eks.:

- George T. Austin: Schreve's Chemical Process Industries. Fith Edition
- Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Fifth Completely Revi-sed Edition, V
- Kirk Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology, Forth Edition, New York 1983

Det er vigtigt at anvende flere af disse kilder samtidig, idet beskrivelserne i de forskellige håndbøger ofte supplerer hinanden. Som en rettesnor kan man regne med at det tager 2-3 dage pr. råvare der skal beskrives.

Normalt vil der kun kunne findes få miljømæssige data i disse håndbøger.

Offentlige databaser

Der findes et stort antal offentlige databaser som indeholder livscyklusdata for forskellige stoffer. De fleste er dog knyttet til forskellige beregningsmodeller og kræver at man køber modellen før man får adgang til data.

Eksempler på sådanne databaser er:

- UMIPTOOL (Danmark)
- Boustead (England)
- Buwal 250 (Schweitz)
- IWAM (Holland)

En større gennemgang af de databaser der pt. er på markedet internationalt findes i referencen omtalt i fodnote 2 på side 15.

Internettet er også en mulighed for at hente data. F.eks. har USEPA lagt en stor emissionsdatabase kaldet AP 42 på nettet. Den er offentligt tilgængelig og indeholder emissionsfaktorer for forskellige materialetyper.

Råvareleverandører

For visse råvarer foreligger der livscyklusanalyser udarbejdet af leverandørerne i salgsmæssigt øjemed. Hvis sådanne analyser ikke er udarbejdet vil råvareleverandørerne ofte være tilbageholdende med at give oplysninger af frygt for at skade salget af produktet. Leverandørerne er dog ofte villige til at kommentere oplysninger og livscyklusvurderinger man selv har udarbejdet.

4.6 Transport

Miljøbelastninger fra transport optræder mellem alle livscyklusfaserne.

Råvarer

Ved udvinding og fremstilling af råvarer er der en række transportprocesser involveret. I det omfang oplysninger om råvarer baseres på tidligere LCA studier vil emissioner fra transport normalt være medtaget. Hvis transport ikke er med i data, vil en opgørelse af bidraget herfra kun kunne opgøres med stor vanskeligheder (f.eks. som anført nedenfor).

Fremstilling og brug

Distribution af de færdige produkter til kunderne indebærer miljøbelastende transport. Belastninger herfra kan kun opgøres overslagsmæssigt ved at antage gennemsnitlige transportafstande med forskellige former for transportmidler.

Ved produkter der udelukkende afsættes i Danmark kan f.eks. antages en gennemsnitstransport på 100 km med lastbil.

Miljøbelastningerne fra transport afhænger desuden af hvor mange tons der transporteres. Miljøbelastningerne opgøres således pr. ton x km (tonkm).

Disse miljøbelastninger (emissioner af NO_x, CO₂, HC mv.) kan beregnes vha. standardnøgletal, f.eks. de transportemissionsfaktorer der er indlagt i UMIP-projektets database eller i Trafikministeriets pc-model TEMA.

Bortskaffelse

Beregning af miljøbelastninger fra bortskaffelse af produktet kan i princippet gøres som ovenfor. Blot er det nu afstande fra bruger til det typiske bortskaffelsessted der opgøres. Hvis produktet bortskaffes som almindeligt affald kan der f.eks. regnes med en transport på 10-15 km med lastbil.

Hvis produktet bortskaffes til særlig behandling eller genanvendelse på anlæg der kun findes en til to af i Danmark vil det være rimeligt at regne med samme miljøbelastninger som ved distribution af produktet fra producenten.

Eksempel 7: Screening af råvarer til maling

	Energi- forbrug	Ressource- forbrug	miljøfarlige stoffer luft	miljøfarlige stoffer vand	Sum
TiO ₂	1	5	2	1	9
Xylen	2	1	1	3	7
Alkyd	3	3	2	2	10
N-butanol	4	2	1	4	11
Polyester	5	6	2	4	17
Acryl	6	4	2	4	16
CaCO ₃	7	6	2	4	19
vand	8	6	-	-	-

Forklaring til tabellen:

De råvarer der får den laveste sum i tabellen er vurderet som de råvarer der belaster miljøet mest ved fremstilling af råvaren.

Energiforbrug: Råvarerne i tabellen er opstillet i rækkefølge efter energiforbrug, således at TiO_2 der har det største energiforbrug får 1 point og vand der har det lavest energiforbrug får 8 point.

Ressourceforbrug: Ved ressourceforbrug er der kun taget hensyn til forbrug af ikke-fornyelige ressourcer, dvs. mineraler, råolie og naturgas. Råvarerne i tabellen er rangordnet ud fra summen af forbruget af mineraler, råolie og naturgas ved fremstilling af 1 kg råvare, jr. oplysninger i litteraturen, dog således at:

- Rutil/Ilmenit vægtes med en faktor 1/150 (forsyningshorisont 150 år), forbruget er sat til 1kg/kg TiO_2 .
- råolie vægtes med en faktor 1/43 (forsyningshorisont 43 år) og
- naturgas vægtes med en faktor 1/60 (forsyningshorisont 60 år)

Miljøfarlige stoffer, luft: Det er kun ved Xylen og Butanol der er fundet en emission af miljøfarlige stoffer (H_2S). Begge disse råvarer gives derfor 1 point og resten 2 point.

Miljøfarlige stoffer, vand: TiO_2 får 1 point fordi der sker en temmelig stor udledning af metaller til vand, herunder Cr og Hg ved produktion af TiO_2 . Alkyd får 2 point pga. udledning af både små mængder metaller og ammoniak til vand. Xylen får 3 point pga. udledning af små mængder metaller. For øvrige stoffer findes der ingen oplysninger om udledning til vand ved fremstilling af råvaren og de får derfor 4 point.

5 Vurdering

Data om input og output fra de forskellige livscyklusfaser skal miljøvurderes, dvs. miljøeffekterne skal beregnes og sammenlignes.

Erfaringer fra Teknos-projektet har vist at der er brug for miljøvurdering på 2 niveauer, henholdsvis en meget overordnet, screeningsbetonet miljøvurdering og en detaljeret miljøvurdering baseret på EDB-værktøj.

5.1 Miljøscreening

Ved miljøscreening forstås en meget hurtig livscyklusvurdering baseret på rimeligt let tilgængelige data og i nogle tilfælde en simpel miljøvurdering som kan bruges til en første, grov udvælgelse, f.eks. af råvarer der bør vurderes nærmere (I tilfælde, hvor data foreligger, kan en miljøvurdering efter UMIPs metode dog også være hurtig).

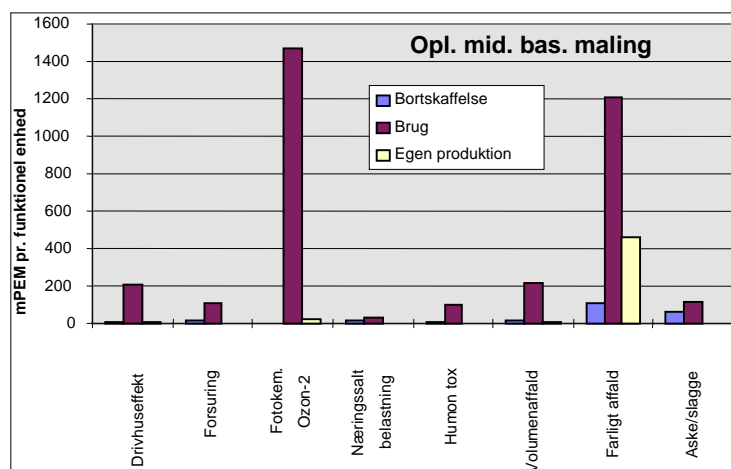
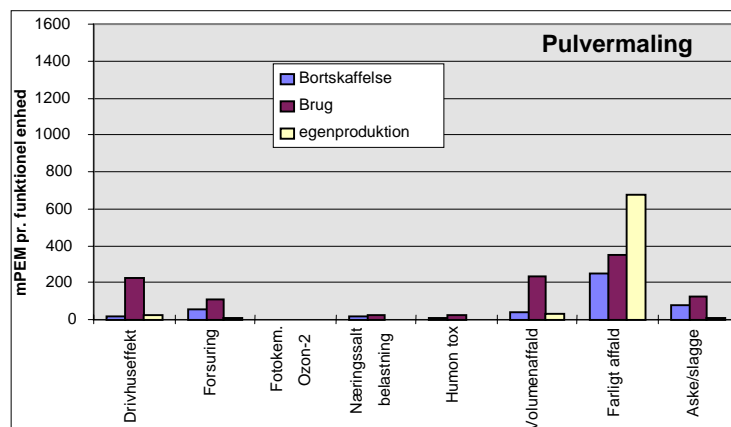
De kriterier der blev anvendt i miljøscreeningen af råvarer på Teknos Schou A/S var:

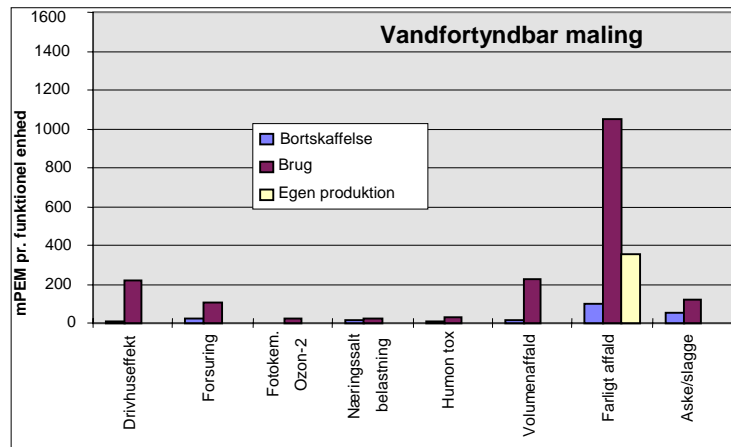
- et vægtekriterie, f.eks. frasorteres alle råvarer der udgør < 1% af produktet
- en overordnet vurdering af materiale- og energiforbrug samt udledning af farlige stoffer til luft og vand. Data baseres på databaser eller litteratur over tidligere livscyklusanalyser
- en vurdering af om råvaren medfører særlige miljøproblemer ved fremstilling, brug og bortskaffelse

Eksempel 7 på modstående side viser et eksempel på en simpel, overordnet vurdering af materiale- og energiforbrug samt udledninger for udvalgte råvarer til fremstilling af maling. Dette kan bruges til at udvælge f.eks. de 2 mest belastende råvarer (TiO₂ og Xylen i eksempel 7) til en detaljeret livscyklusvurdering.

Eksempel 8: Ydre miljøeffekter ved 3 typer maling

I nedenstående 3 figurer er vist potentielle ydre miljøeffekter/ton ved fremstilling, brug og bortskaffelse af 3 forskellige typer maling. Miljøeffekterne er beregnet ved hjælp af UMIPTOOL





5.2 UMIPs vurderingsmetode

I UMIP-projektet er der udviklet en detaljeret miljøvurderingsmetode som ligger i forlængelse af kortlægningen. Metoden er baseret på de 3 trin:

Klassificering
Normalisering og
Vægtning

klassificering

De opgjorte forbrug/emissioner klassificeres efter de miljøeffekter de giver anledning til (23 forskellige typer), f.eks. samles alle stoffer der kan give drivhuseffekt i en gruppe. Alle disse emissioner omregnes til samme enhed, f.eks. ækvivalent tons CO₂ for stoffer der giver drivhuseffekt.

Normalisering

Belastningspotentialer beregnes vha. personækvivalent-begrebet, dvs. en given emission divideres med f.eks. emissionen på verdensplan/antal mennesker i verden. Resultatet bliver at alle miljøbelastninger omregnes til samme enhed, nemlig personækvivalent (PE).

Vægtning

Endelig foretages en vægtning af belastningspotentialerne i forhold til hinanden, dvs. belastningspotentialerne ganges med en vægtningsfaktor hvis størrelse afhænger af hvor alvorlig den pågældende effekt er. For ressourceforbrug er faktoren f.eks. 1/forsyningshorisonten.

I UMIPTOOL foregår disse beregninger automatisk ud fra de tabeller over klassificerings-, normerings- og vægtningsfaktorer der er lagt ind i programmet. Dvs. man behøver kun at indtaste de forskellige emissioner. Programmet udregner herefter miljøeffekt-potentialerne som vist i eksempel 8 på modstående side.

Simuleringer

En af fordelene ved at foretage ovennævnte miljøvurderinger ved hjælp af et PC-værktøj, er at der hurtigt kan udføres miljøvurderinger på forskellige simulerede emissionsdata. Følsomhedsanalyser hvor man afprøver konsekvenserne af forskellige ændringer af sammensætning og størrelse af emissioner kan f.eks. udføres på få minutter. Dette er en vigtig del af livscyklusvurderingen fordi man herved kan få et indblik i hvilke parametre der har afgørende indflydelse på resultatet.

**Eksempel 9:
Sammenligning af normaliserings- og vægtnings-
faktorer i 2 LCA-modeller**

Miljøeffekt	Normaliserings- faktor UMIP kg/indbygger/år	Normalise- ringfaktor SimaPro kg/indbygger/år	Vægnings- faktor UMIP	Vægnings- faktor SimaPro
Drivhuseffekt	8700	13072	1,3	2,5
Ozon- nedbrydning	0,202	0,926	23	100
Fotokemisk ozondannelse	20	17,9	1,2	2,5
Forsuring	124	113	1,3	10
Næringsalte	298	38,2	1,2	5

Diskussion af UMIPs metode

UMIPs vurderingsmetode følger de internationale retningslinier for livscyklusvurdering anbefalet af SETAC. Normaliserings- og vægtningsfaktorerne er ikke nødvendigvis de samme som findes i andre modeller. Normaliseringen i UMIPs metode tager hensyn til om den pågældende emission er et dansk -, et EU- eller et globalt problem.

Vægtningfaktorerne er imidlertid rent danske, idet vægtning sker i forhold til målsætningerne i de danske miljøhandlingsplaner og de internationale miljøaftaler Danmark har indgået med andre lande.

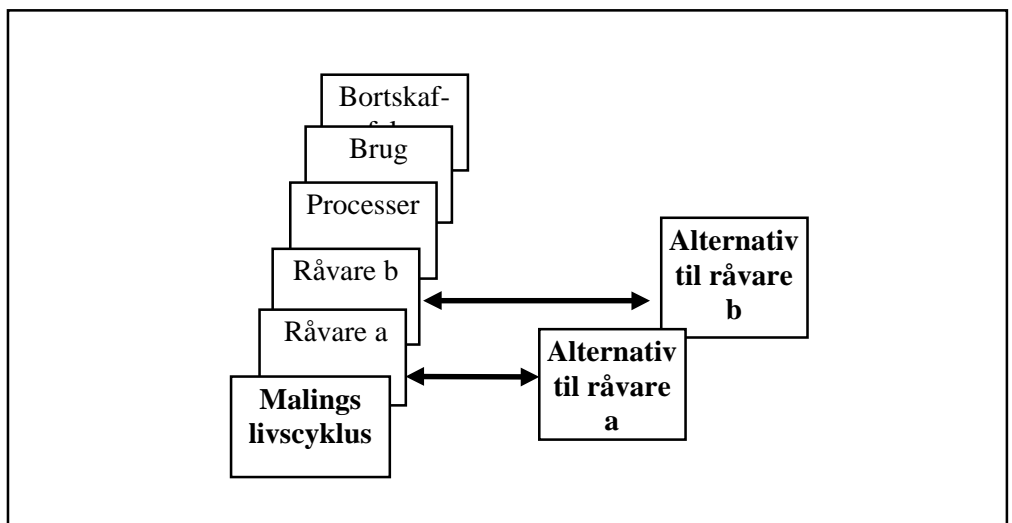
Det betyder f.eks. at miljøpåvirkninger vil blive vurderet anderledes efter den hollandske model SimaPro end efter UMIPs metode som vist i eksempel 9 på modstående side.

Der er ikke nogen standardisering på dette område endnu og man kan derfor ikke sammenligne livscyklusvurderinger udført med forskellige modeller.

Det er derfor vigtig at vælge metode fra starten og så holde fast i denne metode for at kunne sammenligne og følge udviklinger, samt for at kunne redegøre for det anvendte vurderingsprincip.

Som ved alle andre modeller har UMIP også den svaghed at miljøeffekterne af affald ikke behandles detaljeret. De reelle sammenhænge mellem mængden af industriaffald og miljøbelastningerne ved forbrænding eller deponering af affaldet er ikke klarlagt endnu.

Eksempel 10: Simulering af miljøeffekter ved udskiftning af råvarer



Eksempel 11: Produktudvikling af en maling

Valg af råvarer	f.eks. anvendelse af stål i stedet for aluminium ved benyttelse af en rustbeskyttende maling. Stål giver andre miljøbelastninger end aluminium
Produktionsmetoder	f.eks. anvendelse af en maling der tåler efterfølgende formgivning af pladen. Herved reduceres spild da maling af store plane flader er lettere.
Brugsfasen	f.eks. anvendelse af en lak til reflektoren på en lampe, der reflekterer en større del af lyset, hvorved elforbruget til lampen reduceres.
Bortskaffelsen	f.eks. vil anvendelse af jern medføre andre miljøbelastninger ved bortskaffelse end aluminium.

6 Handlingsplan

Optimering af eksisterende produkter

Resultatet af livscyklusvurderingen kan i første omgang omsættes til en handlingsplan for optimering af de *eksisterende produkters miljøforhold* der både kan rette sig mod:

- valg af leverandører til eksisterende råvarer
- udformningen af processer og valg af hjælpestoffer ved fremstilling af produktet
- valg af optimal transportform ved distribuering af produktet
- evt. anbefalinger vedrørende brug og bortskaffelsesmetode (f.eks. som mærkning på produktet, tilbagetagningsordninger o.lign.)

Handlingsplanen er en udvidelse af de traditionelle miljøhandlingsplaner idet alle livscyklusfaser inddrages i vurderingen af de eksisterende forhold.

Produktudvikling

Anvendelsen af LCA i udviklingen af nye produkter kræver at der opbygges en samling af data i virksomheden der indeholder LCA-informationer om de vigtige råvarer, fremstillingsprocesser, anvendelser og bortskaffelsesmetoder.

Samarbejde med kunder

Disse oplysninger kan kombineres til samlede livscyklusbeskrivelser af forskellige produkter, og kan anvendes til udviklingsarbejde hvor forskellige alternative råvarer og processer afprøves som vist i eksempel 10 for en maling.

For produkter som f.eks. en maling der ikke i sig selv er en færdigvare vil produktudviklingen skulle ske i et snævert samarbejde med kunderne, idet malingens egenskaber vil have betydning for et produkts (f.eks. en lampes) levetid, materialevalg og fremstillingsmetode, og vil derved indirekte kunne påvirke miljøbelastninger som ikke stammer fra malingen i sig selv.

Eksempel 11 viser forhold der kan have betydning for kunderne ved produktudvikling af en maling.

Bilag. Projektartikel

Livscyklusvurdering af 3 typer metalmaling

Miljøbelastninger fra maling stammer kun i meget begrænset grad fra selve fremstillingen af malingen. Det er derimod produktionen af råvarerne og malearbejdet der giver de største miljøbelastninger. Sagt med andre ord er det vigtigt for en malingsproducent at arbejde med livscyklusvurderinger af produkterne, hvis de ønsker at udvikle mere miljøvenlige malinger. Maling er et meget sammensat produkt, der typisk består af 20-40 forskellige råvarer, der hver for sig har et kompliceret livsforløb. Det gør livscyklusvurderingen vanskelig og stiller store krav til dataindsamling. Dette projekt har imidlertid vist, at det er muligt at anvende livscyklusvurderinger til udvikling af maling med en systematisk fremgangsmåde og afgrænsning af opgaven, kombineret med brug af den vurderingsmetode og database der er udviklet i UMIP-projektet.

Afprøvning af UMIP-metoden på maling

Når vi snakker livscyklusvurderinger (forkortes LCA for det engelske life cycle assessment) har det været svært at finde brugbare værktøjer, der gav forståelige og anvendelige resultater med en overkommelig ressourceindsats. Miljøstyrelsen iværksatte derfor UMIP-projektet hvis mål var at udarbejde værktøjer og metoder som kunne reducere arbejdsindsatsen. Der er imidlertid behov for at vise hvordan UMIP-metoden kan tilpasses og anvendes på en mindre virksomhed og integreres i arbejdet med virksomhedens miljøstyringsarbejde.

Teknos Schou A/S, Vejle Amt og COWI har derfor med støtte fra Rådet vedrørende genanvendelse og renere teknologi gennemført et projekt med titlen "Livscyklusvurdering på Teknos Schou A/S". Projektet er et lokalt demonstrationsprojekt, der skal vise hvordan arbejdet med miljøgennemgang og miljøstyring på mindre virksomheder naturligt kan udvides til også at omfatte livscyklusvurdering af produkterne ved brug af de værktøjer der er udviklet under UMIP-projektet. Projektet skal også definere myndighedernes bidrag til livscyklusarbejdet, idet det er hensigten at demonstrationsprojektet skal bruges offensivt i Green Network samarbejdet og det miljøredegørelses-koncept der er udviklet her.

Fokus på fremstilling, brug og bortskaffelse

Projektet er en kortlægning og vurdering af miljø- og arbejdsmiljøbelastninger samt ressourceforbrug over hele livscyklus for henholdsvis en pulvermaling, en maling baseret på opløsningsmidler, og en maling, der kan fortyndes med vand. Vurderingen blev foretaget ved hjælp af UMIP-metoden, der omfatter både ressourceforbrug samt miljø- og arbejdsmiljøbelastninger, i alt 19 typer.

Fokus blev ved projektets start sat på opgørelse af miljø- og arbejdsmiljøbelastninger i faserne fremstilling, brug og bortskaffelse og der blev udpeget en række miljømæssige indsatsområder i disse 3 livscyklusfaser. Først herfter blev der på baggrund af en miljøscreening udvalgt 2 råvarer (pigmentet TiO₂ og hærderen TGIC) til en nærmere analyse. Årsagen til at denne lidt "bagvendte" fremgangsmåde var et ønske om at fokusere på de områder hvor virksomheden har et *direkte ansvar* (dvs. fremstilling, brug og bortskaffelse) og begrænse vurderingen af råvarer til de råvarer der har betydning for miljøbelastninger ved fremstilling, brug og bortskaffelse af malingen.

Vurderingsarbejdet krævede indsigt og mange data

De væsentligste konklusioner fra projektet er, udover de rent tekniske resultater, de erfaringer der er indsamlet ved brug af UMIP-metoden i praksis på en mellemstor virksomhed og en evaluering af virksomhedens, myndighedens og konsulentens forskellige roller i LCA-arbejdet.

- UMIPs metode, og herunder specielt vurderingsdelen har vist sig at være et godt værktøj til LCA-arbejdet, også på mindre virksomheder. Det er dog et specialist værktøj der kræver både øvelse og miljømæssig indsigt
- , data indsamlet via en virksomheds miljøstyringssystem kan ikke altid opfylde kravene til data der skal bruges til livscyklusarbejde. Data i forbindelse med miljøstyring er ofte skønnede og vurderede hvilket gør, at de ikke altid lever op til de kvalitetskrav der er til livscyklusdata
- , en indledende screening, hvor man kun kigger på et overslag over de totale miljøbelastninger inden man går i detaljer med den enkelte fase, er vigtig, ellers kan der bruges meget tid på at fordele miljøbelastninger på processer og produkter, som i sidste ende viser sig at være helt uden betydning
- , Kvantificering af arbejdsmiljødata er et stort problem, bl.a. fordi BST's data ofte er subjektive (og fortrolige) skøn. Der findes endvidere stort set ingen oplysninger om arbejdsmiljø ved produktion af råvarerne. UMIP's metode der baseres på vurderinger af eksponering ved konkrete processer er kun anvendelig hvor man har adgang til processerne. Dette er normalt ikke tilfældet ved produktion af råvarerne som ofte foregår i andre lande. Her er man derfor henvist til en mere kvalitativ vurdering af indgående stoffer (mærkning) og farlige processer,
- det blev undersøgt om det var muligt at anvende lokale vægtningsfaktorer i vurderingen af affald fra fremstilling af maling hos Teknos Schou A/S. Dette skyldes at reduktion af affaldsmængder generelt er højt prioriteret i Vejle Amt. Det måtte dog konstateres at der ikke var tilstrækkeligt grundlag i Amtet på nuværende tidspunkt.

- Miljøbelastninger fra malearbejdet hos kunderne er vanskelige at opgøre, fordi de afhænger af hvilket maleudstyr kunden har. Der er desuden forholdsvis stor variation i miljøbelastninger fra de forskellige typer af udstyr. Det er derfor nødvendigt at foretage en afgrænsning af hvilke maleprocesser der skal beskrives.
- Der foreligger ingen præcis viden om stål kredsløbet i Danmark og endnu mindre viden om hvad der sker med malingen på stålet. Der er således store usikkerheder forbundet med at opgøre miljøbelastninger i bortskaffelsesfasen når det omhandler maling af stålflader,
- Der har været store vanskeligheder med at fremskaffe data vedrørende miljøbelastninger fra fremstilling af råvarer til maling, fordi kemikalieproducenterne endnu ikke er villige til eller kan levere oplysninger. Det forventes dog at det med tiden vil blive nemmere. Meget af arbejdet hviler derfor på tidligere udførte LCA'er eller de databaser som kan købes. Projektet har vist at det er muligt at komme forholdsvis langt ved sådanne rene litteraturstudier,

Projektet har vist at LCA-arbejde giver vidensopbygning hos forholdsvis få personer i virksomheden, idet det kræver en langvarig indsats at forstå metoder, dataværktøjer og datahåndtering. Det vurderes, at rådgiver kan spille en betydelig rolle for virksomheden ved opbygningen af det grundlæggende datamateriale og ved introduktion af metode og EDB-værktøjer til LCA. Når først dette "værktøj" er etableret på virksomheden, vil det være lettere at anvende i det daglige udviklings- og miljøvurderingsarbejde, uden brug af hjælp udefra.

Diskussion af myndighedernes rolle i LCA-arbejdet har vist at de:

- kan fungere som igangsættere/katalysatorer. En rolle der er kendt fra miljøstyringsarbejdet.
- kan bidrage med lokale målsætninger. Der vil ofte være nogle specifikke regionale miljøforhold, som der bør tages hensyn til. De regionale miljømål skal dog afvejes i forhold til det globale miljø.
- vil være diskussionspartnere i forhold til de vægtningsfaktorer, virksomheden benytter som beslutningsgrundlag. Der findes i dag flere forskellige vurderingsværktøjer - og der kommer sikkert flere. Disse vurderingsværktøjer har forskellige vægtninger af samme miljøforhold. Derfor vil det være fornuftigt, hvis myndighederne har en holdning til, om de benyttede vægtningsfaktorer er rimelige set i forhold til det, de konkret anvendes til,
- er interesserede i prioriteringer og målsætninger
- kan formidle dataflow og være verifikatorer af data. Myndighederne kan tænkes, på sigt, at få opbygget en viden om, hvor man kan finde pålidelige data. Desuden besidder myndighederne en viden om f.eks. affalds- og spildevandsdata,
- ofte besidder viden om kommende tiltag inden for miljølovgivningen, som vil være af interesse for LCA-arbejdet

- er netværksopbyggere og dermed kan sikre et generelt løft i LCA-arbejdet. Gennem netværk kan myndighederne også sikre at der sker en erfaringsopsamling til gavn for netværket,
- er vidensformidlere og kan formidle en produktorienteret miljøstyring.

Udpegning af indsatsområder og løsninger

Livscyklusvurderingerne i dette projekt kan ikke anvendes til en direkte miljømæssig sammenligning af de 3 typer maling, fordi der mangler data for en række af de råvarer malingerne er lavet af, men resultaterne kan anvendes til en udpegning af de væsentligste miljømæssige indsatsområder ud fra de data det har været muligt at skaffe og til udvikling af mere miljøvenlige malinger af alle 3 typer.

I figur 1 er vist en sammenstilling af ydre miljøbelastninger for de 3 konkrete malingstyper ved fremstilling, brug og bortskaffelse. Den funktionelle enhed i figuren er : "*Den mængde maling, der skal anvendes for at dække 1 m² metalflade*", hvilket svarer til ca. 135 g pulvermaling, 90 g opløsningsmiddelbaseret maling og 90 g vandfortyndbar maling, hvis de skal have samme levetid.

I livscyklusvurderinger foretages sammenligninger af forskellige alternativer ved at regne tilbage til en funktionel enhed, som beskriver det behov produkterne dækker, på en måde der muliggør sammenligninger.

Fig. 1 Vægtede miljøeffektpotentialer pr. funktionel enhed

Her kommer alle **diagrammer igen! Husk det**

En nærmere vurdering af hvilke stoffer og processer der bidrager til de viste miljøpåvirkninger samt en tilsvarende vurdering af arbejdsmiljøforholdene har peget på følgende som de væsentligste indsatsområder ved fremstilling, brug og bortskaffelse:

Malingstype	Største miljøpåvirkninger	Livscyklusfase
-------------	---------------------------	----------------

Pulvermaling	Allergi fra TGIC-hærder	Fremstilling
Opløsningsmiddelbaseret maling	Farligt affald, elforbrug og emission af opløsningsmidler	Brugsfasen
Vandfortyndbar maling	Farligt affald og elforbrug	Brugsfasen

For at arbejde videre med disse indsatsområder i fremstillings-, brugs- og bortskaffelsesfaserne er der gennemført en detaljeret "vugge til port" analyse af TGIC-hærderen og et alternativ, beta-hydroxyalkylamid, der muligvis er mindre miljøbelastende. Denne detaljerede analyse viste at det vil være en fordel at udskifte hærderen, idet arbejdsmiljøbelastningen reduceres og klassifikationen af pulveraffald ændres fra farligt affald til almindeligt affald forudsat alt TGIC substitueres.

En hurtig og grov miljøscreening af alle anvendte råvarer, som blev lavet som supplement til ovenstående vurdering, viste desuden at TiO_2 var en af de mest miljøbelastende råvarer at fremstille. Derfor blev der lavet en sammenligning af miljøbelastningerne ved brug af TiO_2 fremstillet efter henholdsvis *chloridmetoden* og *sulfatmetoden*.. Sammenligningen viste, at der ikke var markant forskel på de 2 fremstillingsmetoder. Sammenligningen viste endvidere at ganske små variationer i spormetalindholdet er afgørende for miljøvurderingen.

Filnavn: Miljønyt om teknos schou inkl artikel.doc
Bibliotek: G:\Teknos
Skabelon: P:\27142\PDOC\produktorientering.dot
Titel: Indholdsfortegnelse
Emne:
Forfatter: Miljøstyrelsen
Nøgleord: rapport
Kommentarer:
Oprettelsesdato: 02-06-99 13:55
Versionsnummer: 18
Senest gemt: 22-09-99 16:39
Senest gemt af: Medarbejder
Redigeringstid: 261 minutter
Senest udskrevet: 19-06-00 10:37
Ved seneste fulde udskrift
Sider:39
Ord:6.270 (ca.)
Tegn:35.741 (ca.)