

FRA ÅPNE TIL LUKKEDE MATERIAL- OG
PRODUKTSTRØMMER – BETRAKTNINGER
RUNDT SLØYFEBEGREPET

Kjetil Røine
Sigurd Støren
Jan Tore Solstad
Frode Syversen
Monica Hagen
Solveig Steinmo
Margit Hermundsgård
Morten Westberg
Jørgen Svanqvist

Program for Industriell økologi
Rapport nr: 3/2001

Rapporter og meddelelser fra

Program for industriell økologi (IndEcol) Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU)

Rapport nr. 3/2001
ISSN 1501-6153
ISBN 82-7948-013-7
Revidert utgave, sept. 2001

Redaktør:
Professor Helge Brattebø, Programleder (IndEcol)

Layout ansvarlig:
Harriet B Dahl, Kontorleder (IndEcol)

Rapporter og meddelelser kan bestilles fra:

Program for industriell økologi (IndEcol),
Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU)
7491 Trondheim
Tlf.: 73598940
Fax.: 73598943
Internett: www.bygg.ntnu.no/indecol

Pris: NOK 100,-
Opplag rev. utg.: 100

FORORD

Denne rapporten er skrevet i forbindelse med Case 06 "Principles of good practise towards loop closing" i P2005 Industriell økologi (Brattebø og Hanssen 2000). Målsettingene for prosjektet (Case 06) har vært i) å formulere kriterier for vellykkede lukkede sløyfer (kretsløp) og ii) å gi bidrag til metodikk og retningslinjer for etablering av lukkede kretsløp. Prosjektet har derfor vært rettet mot å gi en grunnleggende forståelse av begrepet lukkede sløyfer, og å fremskaffe kunnskap og prinsipper om *hvordan* lukkede sløyfer kan oppnås.

Case 06 har inngått som delaktivitet i kjerneprosjektet "Øko-effektive resirkuleringssystemer og produsentansvar" som er særlig fokusert på å utvikle kunnskap om hvordan (den fysiske) etterbruksfasen bør etableres, utvikles og drives. Tiltak i etterbruksfasen skal hindre at produkter eller materialer ender utilgjengelig på deponi eller som utslipp til luft og vann, og etablering av sløyfer kan betraktes som en sentral strategi for å oppnå dette. Strategier for etablering av sløyfer handler imidlertid også i vel så stor grad om tiltak i design- og produksjonsfasen der premissene for gjenvinning legges.

Dette har vært et industricase, med HÅG (Jørgen Svanqvist, Morten Westberg og Kjersti Kviseth), Plastretur (Frode Syversen), Tomra (Solveig Steinmo) og Polimoon (Monica Hagen) som aktivt deltakende bedrifter. Prosjektdeltakere fra NTNU har vært prosjektleder Sigurd Støren ved Institutt for maskinkonstruksjon og materialteknikk/IndEcol, Margit Hermundsgård fra IndEcol/Institutt for anvendt språkvitenskap, Kjetil Røine fra IndEcol/Institutt for vassbygging, samt Jan Tore Solstad fra HiST. Prosessen med å skrive dette notatet har vært betydelig tverrfaglig, da det både har vært et bedriftsmessig og akademisk ståsted, og et samfunnsvitenskapelig og naturvitenskapelig ståsted.

I arbeidet med denne rapporten har vi gjennomført intervjuer av ulike bedrifter. Dette har vært verdifulle studier, og vi vil derfor rette en stor takk til Svein Markussen og Tormod Fredriksen i Xerox Norge, Egil Moldestad i Think Nordic, Hans Løken og Ole Viggo Svendsen i El-retur og Carl Ludvig Kjeldsen i Hydro Aluminium Rolled Products, som alle har bidratt med tid og informasjon knyttet til temaet lukkede sløyfer.

Vi vil til slutt takke kollegaer ved NTNUs Program for industriell økologi (i særdeleshet Helge Brattebø, Jørund Buen, Arne Eik, Hilde N. Opoku og Martina Keitsch), samt John Ehrenfeld ved TUDelft og Rene Kleijn ved CML i Leiden i Nederland for verdifulle kommentarer i avsluttende fase av arbeidet.

SAMMENDRAG

Denne rapporten forsøker å gi et bidrag til å forstå begrepet ”lukkede sløyfer”. Lukking av sløyfer er i industriell økologi-litteraturen sett på som en svært viktig strategi for å bevege et samfunn i retning bærekraftighet. Det er imidlertid gjort få studier av hva dette i praksis innebærer: Hva forstår vi med en lukket sløyfe? Hva slags sløyfer finnes? Hva er en god sløyfe? Hvordan skal vi i praksis kunne oppnå gode sløyfer? For å finne svar på noen av disse spørsmålene har vi i denne rapporten tatt utgangspunkt i tre ulike perspektiver: i) et geografisk multinivå-perspektiv, ii) et materialflyt-perspektiv og iii) et produktsystem-perspektiv. På denne måten har vi forsøkt å forstå den faktiske materialflyten i samfunnet og mellom samfunnet og naturen.

Når et produkt går rett fra bruksfase til deponi, uten at noen deler av produktet benyttes om igjen, eksisterer det en *åpen strøm*. Dersom noe av dette produktet ikke havner på deponi, men blir gjenvunnet for å bli benyttet på nytt, eksisterer det en *sløyfe* for denne delen av produktet. Det kan være mer eller mindre grad av *lekkasje* fra denne sløyfen. Dersom alt blir gjenvunnet, har vi ingen lekkasje og dermed en *lukket sløyfe*. Blodkretsløpet i menneskekroppen er et eksempel på en lukket sløyfe. En *lukket strøm* er det samme som en lukket sløyfe.

Det finnes ulike typer sløyfer, og i denne rapporten er det skilt mellom prosesssløyfer, produktsløyfer og produktsystemsløyfer. En lukket *prosesssløyfe* oppstår dersom det ikke er utslipp fra en prosess, for eksempel fra resirkuleringsprosessen av skrapaluminium til ”nytt” aluminium. En *produktsløyfe* oppstår dersom hele eller deler av et produkt benyttes om igjen i samme type produkt. Komponenter i Xerox kopimaskiner som brukes på nytt igjen, er eksempel på dette. En produktsløyfe kan, avhengig av hvilken gjenvinningsstrategi som velges, bestå av ombruk, reparasjon, gjenvinning eller energiutnyttelse. En *produktsystemsløyfe* oppstår når materiale fra et produktsystem benyttes i et annet produktsystem. Når toneren i Xerox kopimaskiner benyttes som fargestoff i skokrem, har vi en slik sløyfe. En slik sløyfe er det samme som en *kaskade*. Generelt kan det derfor sies at vi har å gjøre med en sløyfe dersom produkter eller deler av produkter benyttes om igjen til nye formål.

For å vurdere kvaliteten på en sløyfe benyttes det ulike begreper; vellykket sløyfe, god sløyfe og lukket sløyfe. Det er foreslått 5 kriterier som gir uttrykk for denne kvaliteten: i) kvantiteten av det som gjenvinnes, ii) kvaliteten på det som gjenvinnes, iii) tap av kvalitet i den nye bruken av materialet, iv) mengde resirkulert materiale i det nye produktet og v) ressursforbruk i sløyfen. Dersom det er den totale miljøbelastningen som ønskes redusert, må disse

kriteriene operasjonaliseres etter hvilken produkttype, materialtype og volum som eksisterer.

Det er videre foreslått noen strategier for å forbedre kvaliteten på sløyfen. Disse er basert på forståelse av hvilke krefter som virker på det systemet som studeres; naturkrefter, strukturelle krefter (som infrastruktur, politikk gjennom lover og regler, økonomisk system og kultur) og krefter forårsaket av aktørers beslutninger og handlinger. Det er disse handlingene som skaper dynamikken i systemet. Det er skilt mellom de strategier som myndighetene kan iverksette og de strategiene som enkeltbedrifter, sektorer eller hele næringslivet kan iverksette. Det er også gjort et skille mellom hvor i livsløpet til produktene strategiene kan rettes. En bedrift kan følge økodesign strategien slik at dette legger til rette for at produktet kan gjenvinnes etter brukstiden er over. Myndighetene har implementert forlenget produsentansvar som en strategi for å opprette systemer og infrastruktur som gjør det faktisk mulig å resirkulere produkter.

INNHALDSFORTEGNELSE

FORORD	I
SAMMENDRAG.....	III
INNHALDSFORTEGNELSE	V
TABELL- OG FIGURLISTE	IX
1 INNLEDNING	1
1.1 Et utgangspunkt: Industriell økologi	1
1.2 Dagens virkelighet – noe statistikk, politikk og eksempler på sløyfer.....	2
1.3 Problemstillinger i rapporten	6
1.4 Et gjennomgående case – Xerox kopimaskiner.....	7
1.5 Terminologi.....	8
1.6 Struktur på rapporten.....	10
2 JORDENS GEOGRAFI ”STRUKTURERT” SOM ET FLERNIVÅ-SYSTEM.....	13
2.1 Geografiske enheter på mange nivå.....	13
2.2 Tomra-maskinen i et flernivå-system	15
3 MATERIALFLYT – NATURLIG OG INDUSTRIELL METABOLISME	21
3.1 Massebevaringsloven og termodynamikkens 1. og 2. lov	21
3.2 Naturlig metabolisme.....	22
3.3 Industriell metabolisme.....	24
3.4 Interaksjonen mellom naturen og teknosfære	27
3.5 Industriell økologi – en måte å tenke for å bedre interaksjonen	30
4 PRODUKTER OG PRODUKTSYSTEMER.....	33
4.1 Innledning	33
4.2 Integrasjon av produktsystemer i produksjons- og bruksfasen.....	33
4.3 Integrasjon av produktsystemer i etterbruksfasen.....	35
4.4 Produktsløyfer.....	38
4.4.1 Materielle sløyfer	39

Innholdsfortegnelse

4.4.2	Immaterielle sløyfer.....	43
4.5	Prosess sløyfer	45
5	KREFTER, AKTØRER OG DYNAMIKK.....	47
5.1	Innledning	47
5.2	Naturkrefter	47
5.3	Strukturelle krefter i samfunnet.....	47
5.4	Aktørers beslutninger, handlinger og drivkrefter.....	49
5.4.1	Innledning.....	49
5.4.2	Privatpersoner	50
5.4.3	Bedrifter.....	50
5.4.4	Myndigheter.....	52
5.5	Aktører skaper dynamikk og endringsprosesser.....	53
6	VURDERING AV KVALITETEN PÅ EN SLØYFE	55
6.1	Grunnlaget for å vurdere kvaliteten på en sløyfe.....	55
6.2	Naturressurstilnærming - material- og økologibetraktninger	57
6.2.1	Kaskadeteori og termodynamikk	57
6.2.2	Kriterier for vurdering av kvaliteten på en sløyfe.....	60
6.3	Økonomitilnærming	63
6.3.1	Ideell tilnærming.....	63
6.3.2	Operasjonalisering – kriterier for vurdering av sløyfer.....	65
6.3.3	Bedriftsstrategisk tilnærming	66
6.4	Evaluering av produktsystemet til Xerox kopimaskin.....	66
7	STRATEGIER OG HANDLING FOR IMPLEMENTERING AV GODE SLØYFER.....	71
7.1	Hva utløser endringsprosesser - strategier og handling for endring.....	71
7.1.1	Innledning.....	71
7.1.2	Myndighetsinitierte strategier og handlinger	72
7.1.3	Bedriftsinitierte strategier og handlinger	77
7.1.4	Forbrukerinitierte handlinger og strategier	78
7.2	Avgjørende faktorer for valg av strategi for lukking av sløyfer	79
7.2.1	Type materiale	79
7.2.2	Type produkter	81
7.2.3	Volumet av det som skal håndteres.....	83

Innholdsfortegnelse

7.3	En mulig metode for lukking av material- og produktstrømmer	84
7.3.1	Bakgrunn	84
7.3.2	Struktur og enkeltelementer i metoden	85
8	KONKLUSJON.....	91
9	REFERANSER.....	93
	APPENDIKS 1: BEGREPSAPPARAT	99
	APPENDIKS 2: BESKRIVELSE AV PRODUKTSYSTEMET TIL XEROX KOPIMASKIN.....	103
	APPENDIKS 3: EL-RETURS INNSAMLINGSSYSTEM FOR EE- PRODUKTER.....	111

TABELL- OG FIGURLISTE

Tabell 1: Hva Xerox kopimaskin er avhengig av for å yte tilfredsstillende funksjon

Tabell 2: Forlenget produsentansvar i Norge

Tabell 3: De enkelte delaktivitetene i metoden for lukking av material- og produktstrømmer

Figur 1: Utvikling av BNP og totale avfallsmengder i Norge

Figur 2: Endringsprosessen som er ønskelig å oppnå

Figur 3: Produktsløyfen for en Xerox kopimaskin

Figur 4: Eksempel på en åpen strøm

Figur 5: Eksempel på en sløyfe med lekkasje

Figur 6: Forholdet mellom et definert system, input, output og systemets omgivelser

Figur 7: Jordens "geografi" strukturert som et flernivåsystem med enhetens tilnærmede størrelsesorden

Figur 8: Det store og det lille kretsløpet i Tomras produktsystem

Figur 9: Mann-maskin sampillet; møtet mellom brukt boks/flaske og Tomramaskin

Figur 10: Tomramaskin i dagligvarebutikk

Figur 11: Karbonets kretsløp

Figur 12: Modell for materialstrømsanalyse i et geografisk definert område

Figur 13: Forholdet mellom biosfæren, litosfæren, atmosfæren og teknosfæren

Figur 14: Et vilkårlig åpent system med lukkede strømmer og med tilførsel og tap av ressurser.

Figur 15: Industriell økologi; Behovet for samspill mellom teknologisk og institusjonell forbedring

Figur 16: Xerox-maskinens og A4-papirets produktsystemer

Figur 17: Ulike sløyfer i flere produktsystem

Figur 18: Ulike faser i planlegging, utbygging og drift av et produktsystem

Figur 19: De første fasene i en produktsløyfe

Figur 20: Ulike gjenvinningsalternativer for lukking av produktkretsløp

Figur 21: Kobling av ressurskvalitet med høyere kaskadenivå eller andre sløyfer

Figur 22: Alternativer som må vurderes for videre vei i kaskaden

Figur 23: Forholdet mellom tap av materialkvalitet og antall sykluser

Figur 24: Diagram for vurdering av godheten på en sløyfe

Figur 25: Samspillet mellom ulike aktører for å utløse endringer

Figur 26: Dynamikken i et definert system

Tabell- og figurliste

Figur 27: Forlenget produsentansvar i en politisk implementeringsprosess

Figur 28: Klassifisering av Jordens substanser og materialer

Figur 29: Produkter i et tidsperspektiv

Figur 30: Forslag til strategier for gjenvinning

Figur 31: Produktsystemet for Xerox kopimaskin

1 INNLEDNING

1.1 Et utgangspunkt: Industriell økologi

Denne rapporten handler om sløyfer. Dersom deler av et produkt ikke havner på deponi, men blir gjenvunnet for å bli benyttet på nytt, eksisterer det *en sløyfe* for denne delen av produktet. Det kan være mer eller mindre grad av *lekkasje* fra denne sløyfen. Dersom alt blir gjenvunnet, er det ingen lekkasje og dermed en *lukket sløyfe*. Blodkretsløpet i menneskekroppen er et eksempel på en lukket sløyfe. En *lukket strøm* er det samme som en lukket sløyfe. For å uttrykke kvaliteten på en sløyfe benyttes begrepet gode sløyfer eller vellykkede sløyfer.

Innen konseptet industriell økologi, som det seneste tiåret har fått stor internasjonal oppmerksomhet, er sløyfegrepet helt sentralt. Industriell økologi som tankesett innebærer nemlig for det første at samfunnsmessig virksomhet og individuelle aktiviteter i størst mulig grad bør etterligne biologiske og økologiske systemer, og for det andre at vår aktivitet på Jorden er tett integrert med de naturlige økosystemer: "...[I]ndustrial ecology is a framework for thinking about and organizing human social production/consumption systems in ways that resemble natural, dynamically stable ecosystems. Further, at some appropriate scale, this idea considers human societies to be part of and operating within the natural ecosystem" (Ehrenfeld 1995, s 34). De naturlige øko-systemer er kjennetegnet ved at det ikke er noen "avfallsprodukter" i vår forståelse av ordet ettersom det er organismer og mekanismer som håndterer disse som en naturlig del av økosystemet. Det er blant annet dette industriell økologi som tankesett søker å oppnå; sløyfer ved at vi mennesker sørger for å bruke avfallsprodukter til noe nyttig og positivt.

Industriell økologi må forstås som en måte å tenke på for å bevege et samfunn i retning bærekraftighet: "We can learn from and emulate dynamically stable ecosystems as a model for organizing social activities" (Ehrenfeld 1995, p 35). Målet er bærekraftighet, og industriell økologi "tilbyr" en måte å tenke på som har potensialet til å oppnå dette. Modellen for tenkingen finner vi i de naturlige økosystemer. I dette bildet er lukkede sløyfer viktig¹.

¹ Som vi skal komme tilbake til i kapittel 6, har samfunnsøkonomene en noe annen tilnærming. De sier at målet er å forvalte knappe ressurser på en slik måte at ressursene benyttes der de gjør best/mest nytte for seg. I en slik tankegang kan lukking av sløyfer være en riktig strategi. Forutsetningen er at nytten ved å gjøre dette er større en ulempene som forårsakes. Det er verdien som vi mennesker setter på nytten og ulempene som avgjør dette.

Lukkede sløyfer finnes i naturen i "de store kretsløpene" som oksygenkretsløpet, karbonkretsløpet og nitrogenkretsløpet. Tilsvarende finnes små kretsløp både innen mikrobiologien og i vår egen menneskekropp.

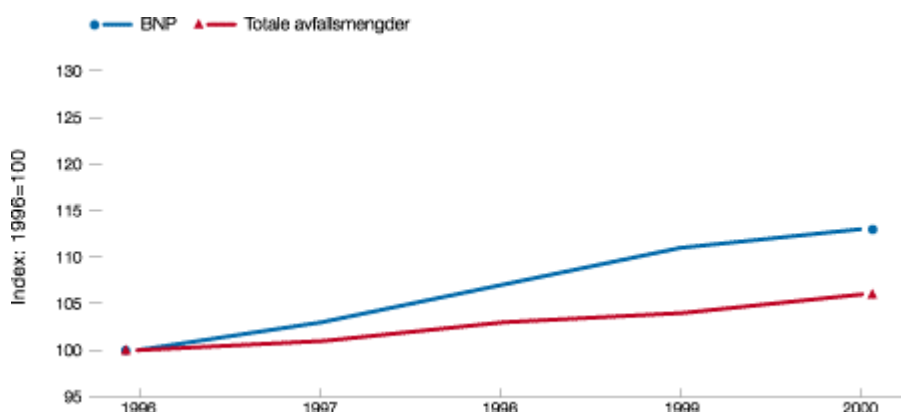
Det er på mange måter et system ala blodstrømmen i menneskekroppen som vi ønsker å oppnå. Vi mennesker er helt avhengig av at blod transporteres gjennom blodårene for at kroppen skal fungere som den skal. Blodets funksjon er å transportere næring til celler og avfallsstoffer til utskilling. Det samme blodet strømmer hele tiden i en sløyfe gjennom årene, fra hjerte som pumpestasjon til kapillarrør der næring blir tatt opp og tilbake til hjertet igjen med rensing underveis. Det er en lukket strøm, en lukket sløyfe, et kretsløp. Gjennom tilførsel av næring (ressursforbruk) blir røde blodlegemer dannet noe som "forny" blodet. Gjennom rensing av blodet i nyrene holdes blodet fri for avfallsstoffer, og dette vedlikeholder "kvaliteten" på blodet. Videre vil utilsiktede "lekkasjer" fra sløyfen (blødninger) være helt nødvendig å stoppe, og tilførsel av nytt blod blir nødvendig dersom blodtapet har vært betydelig. Tilsvarende blodstrømmen i vår egen kropp, er det uendelig mange strømmer av materialer og produkter i samfunnet som har til oppgave å holde samfunnet igang. Disse materialene og produktene gjør nytte for seg gjennom bruken av dem, men i motsetning til blodet inngår de i liten grad i lukkede sløyfer. Det "renses" (gjenvinnes) ikke i tilsvarende grad for fremtidig bruk, og inntak av "næring" i form av ressurser til å drive samfunnet er stort – og økende. Det samme er avfallsmengdene fra det.

1.2 Dagens virkelighet – noe statistikk, politikk og eksempler på sløyfer

Etter andre verdenskrig har vi i Vesten opplevd en vedvarende økning i forbruk av og belastning på våre naturressurser. I 1999 var Norges totale energiforbruk $1,05 \cdot 10^{18}$ J, noe som tilsvarte 0,25 % av verdens totale energiforbruk, til tross for at vi kun har 0,07 % av verdens befolkning (SSBa 2000, s 46). Fra 1978 til 1998 økte det totale energiforbruket i Norge med 1,4 % årlig. Forbruket av materialer har økt tilsvarende. I 1996 oppstod 6,5 millioner tonn avfall (ekskludert stein, løsemasser og liknende) (SSBa 2000, s 137), og i 2000 var dette steget med drøye 5 % (MD 2001, s 73). Fremskrivninger viser at i 2010 vil totale avfallsmengder være steget med 22 % sammenlignet med 1996 (Bruvoll og Ibenholt 1999). Utslipp av klimagasser i Norge har økt med over 9 % fra 1990 til 1999 (SSBa 2000, s. 20). Tilsvarende tall om de samme trendene finnes også fra andre vestlige land (Adriaanse et.al 1997, Hille 1997, Matthews et. al 2000).

Dersom vi ser nøyer på tall fra avfallssektoren², forteller de oss at utslipp av metan fra deponi har økt med 13,1 % fra 1986 til 1998, men at de har sunket med 2 % fra 1996 til 1998. Metanutslipp fra deponi stod for 7,1 % av totale utslipp av klimagasser i Norge i 1998 (SSBa 2000, s 133). De genererte mengder avfall kommer fra ulike sektorer, hvor bygg (23 %), husholdning (21 %) og industri (38 %) i 1998 var de mest betydelige (SSBa 2000, s 138-139). Fra 1996 til 2000 har andel avfall til sluttbehandling blitt redusert fra 50 % til 47 %, mens andel gjenvinning har økt tilsvarende fra 50 % til 53 % (totalt 3,47 millioner tonn i 1998) (MD 2001, s 73). I samme periode har materialgjenvinningen økt fra 2 millioner tonn i 1996 til 2,3 millioner tonn i 1998. Mengde forbrenning med energiutnyttelse har vært tilnærmet konstant i denne perioden (MD 2001, s 74).

Hva er så grunnen til denne utviklingen i ressursforbruk og avfallsmengder? Innledningsvis kan det pekes på to årsaker. For det første er det en nær sammenheng mellom økonomisk aktivitet på den ene siden og ressursforbruk og avfallsmengder på den andre (Voet 1996, MD 2001). Den økonomiske utviklingen de seneste årene har vært betydelig med en økning i BNP i Norge på 14 % fra 1996 til 2000 (MD 2001). Nylige studier viser at selv om materialforbruket per BNP synker, så øker det totale forbruket og de totale utslippene (Matthews et. al 2000, MD 2001). Dette er vist i Figur 1 nedenfor.



Figur 1: Utviklingen av BNP og totale avfallsmengder i Norge (MD 2001)

Dette gir politiske utfordringer: i) Hvordan skal materialene holdes så lenge som mulig i systemet, det vil si i økonomien, og ii) hvordan skal konsekvensene av det fremtidige avfallet reduseres? I Norge er det nå et

² Med avfall menes her avfall i fast form. Det vil si at utslipp til luft og vann ikke regnes i generert mengde avfall. Dette faste avfallet resulterer imidlertid siden i utslipp til luft og vann, eksempelvis gjennom metanutslipp og sigevann med tungmetaller fra deponier.

miljøpolitisk mål om at "veksten i generert mengde avfall skal være vesentlig lavere enn den økonomiske veksten" (MD 1999, s. 73; MD 2001, s. 70). Dette betyr at en ønsker å frikoble disse to faktorene fra hverandre ved at det skal brukes mindre ressurser for hver verdienhet som skapes. I Stortingsmelding 8 (1999-2000) og Stortingsmelding 24 (2000-2001) heter det også at Regjeringen går inn for at maksimum 25 % av alt avfall kan gå til deponi eller til forbrenning uten energiutnyttelse innen år 2010 (MD 1999, s. 73; MD 2001, s. 70). Disse politiske målene kan oppnås blant annet gjennom i større grad å lukke material- og produktstrømmene. Dette innebærer i korte trekk at produkter, komponenter og materialer i istedenfor å gå til deponi brukes om igjen i nye produkter (HÅG-stolen Scio lages av resirkulert plast fra bruskorker) eller gjennom eierskifte (brukt-biler).

Den andre årsaken til utviklingen som er beskrevet over, er den rikdommen vi nå har i Norge. Denne rikdommen gjør at vi har råd til å kaste produkter som er funksjonelt fullt brukbare, men som av motemessige eller av andre psykologiske årsaker ikke lenger er ønsket. Dette står i sterk kontrast til land i den tredje verden. En historie fra India forteller om en fattig og sulten mann som vandret rundt for å tjene til livets opphold. Gjennom en liten jobb tjente han 1 rupee (omtrent 25 øre). Han bestemte seg for å kjøpe to bananer for pengene. Han spiste den ene og kastet bananskallet fra seg på bakken. Da han snudde seg rett etterpå, så han en annen mann som plukket opp bananskallet og begynte å spise på det. Denne mannen var altså enda fattigere, hadde behov for mat, og satte derfor en verdi på bananskallet. Historien illustrerer at både den økonomiske velstanden i et land, og etterspørselen i markedet er sentrale faktorer, både som drivkrefter og barrierer for å redusere avfallsmengdene. I India, i motsetning til Norge, er velferdsnivået og fordelingen av rikdom slik at det å ta vare på alle ressurser er en naturlig del av samfunnet. Dette innebærer at det som er samfunnsøkonomisk riktig å gjøre ett sted ikke nødvendigvis er riktig å gjøre et annet sted, selv om ressursforbruket og miljøbelastningen er den samme³.

Miljøbelastninger er knyttet til menneskelige handlinger. For det første skjer dette gjennom vårt daglige forbruk av produkter for å tilfredsstille våre behov. Dette resulterer for eksempel i utslipp av svevestøv, CO₂ og NO_x fra biltrafikk og utslipp av tilsvarende gasser fra produksjonen av energi som går til oppvarming av boliger, matlaging, varmtvann og til bruk elektrisk utstyr (PC). For det andre er det utslipp med tilhørende miljøkonsekvenser knyttet til fremstilling og produksjon av de materialer, komponenter og produkter som vi bruker for å tilfredsstille våre behov, som det å lage biler. For det tredje, og dette er hovedtemaet i denne rapporten, er det miljøkonsekvenser som følge av

³ Historien viser også at hvilken definisjon av avfall som benyttes, er opplagt avgjørende for hvilke strategier som skal benyttes. Hensikten er imidlertid ikke bare å behandle avfall på en riktig måte, men å øke nytteverdien og anvendelsen av de materialer og produkter som allerede er i markedet/økonomien.

"vår daglige kasting" av forbruksvarer som mat, emballasje (plast, metall, papp osv), avisepapir, elektrisk utstyr, klær osv. Dette er alle materialer og produkter som i all hovedsak går rett til avfall, men som alle har potensiale til å bli gjenvunnet og brukt om igjen. Våre rutiner og handlingsmuligheter gjør imidlertid at dette ikke skjer i praksis. En måte å endre dette på er å opprette rutiner slik at materialer og produkter går i og utgjør naturlige sløyfer, Denne rapporten skal omhandle hva som skjer med produkter etter at besitteren av produktet ikke lenger bruker det. Fokuset er altså ikke utslipp fra selve bilkjøringen, men hva som skjer med bilen etter at den ikke funksjonelle levetiden til bilen er over.

Det finnes noen eksempler på tilsynelatende gode material- og produktsløyfer i Norge (og ellers i den vestlige verden). Eksempelene kan klassifiseres etter hvem som er initiativtakerne til å opprette gode sløyfer; privatpersoner, bedrifter eller myndighetene. For privatpersoner er kanskje det beste eksempelet materialet gull. Dette benyttes blant annet i smykker, og selv om et gullsmykke blir ødelagt, er det helt naturlig for oss å gå til gullsmed enten for å få reparert det eller for å få smeltet det om til et nytt smykke. Så og si alt gullet som er i markedet resirkuleres på et eller annet vis, og det er slik sett ingen "lekkasje" fra sløyfen. Gullet har dermed fått en ny bruksverdi, og det kan sies at materialkretsløpet er lukket. Gullsløyfen er etablert av seg selv grunnet den økonomiske verdien som dette materialet har. En datamaskin der softwaren og hardwaren oppgraderes er et annet eksempel på en forlengelse av levetid og dermed en bedret utnyttelse av ressursene, som et alternativ til at hele datamaskinen kastes og ny maskin må kjøpes. Barneklær som går i arv innen familie, blant venner eller andre kjente er også et eksempel på lukkede produktkretsløp.

Xerox er et eksempel på en bedrift som selv har tatt initiativet til og opprettet et tilbaketakingssystem for alle sine produkter (Markussen 2000). Xerox transporterer alle sine produkter til et felles europeisk gjenvinningsanlegg i Venray i Nederland, der kopimaskinene demonteres, komponenter som har tilfredsstillende høy kvalitet og som kan brukes om igjen i nye maskiner, blir skilt ut og benyttet på nytt, og materialer som kan resirkuleres separeres og sendes til prosessanlegg som faktisk gjør dette. Xerox tjener penger på å benytte gamle komponenter om igjen fremfor å kjøpe jomfruelige komponenter, og de tjener også penger på å selge materialene i maskinen videre til gjenvinningsbedrifter.

Det finnes også eksempler der miljøvernmyndighetene, eller industrien selv etter press fra/ avtaler med miljøvernmyndighetene, har tatt initiativet til og fått implementert systemer som legger til rette for ombruk og gjenvinning. Et eksempel er ordningen med pantestystem for ombruksemballasje. Det er nå en returprosent på over 95 %, noe som betyr at det meste av denne emballasjen brukes flere ganger, og behovet for å bruke jomfruelige ressurser reduseres betraktelig. I den senere tid har det vært stor diskusjon om nytten av de

returordningene som er etablert for ulike typer emballasje (plast, papp, papir, metall osv) som en konsekvens av forhandlede avtaler mellom Miljøverndepartementet og produsentene, importører og brukere av denne emballasjen. (Hjellnes Cowi 2000). Uenigheten ligger i hvilken metode som benyttes, en samfunnsøkonomisk tilnærming eller livsløpsanalyser (Bruvoll 1998, Hanssen 1998a).

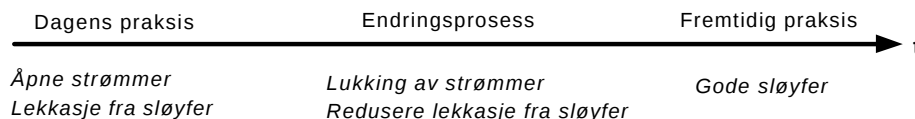
1.3 Problemstillinger i rapporten

I et industriell økologi-perspektiv er det interessant å studere nærmere hvordan vi kan forstå sløyfegrepet som en viktig del av og forutsetning for å bevege samfunnet i retning bærekraftighet. Vi har en intuitiv forståelse av hvordan en sløyfe fungerer, jamfør blodkretsløpet. Men hvordan kan vi karakterisere de sløyfene som er beskrevet foran? En IKEA-sofa der det reklameres med at det er mulig å skifte trekk på sofaen slik at det blir en ny farge, inngår denne i en god sløyfe? En HÅG-stol som er laget av bruskorker; hva slags sløyfe er dette, og hva er kvaliteten på den? Henriksen (1999) har vist en rekke eksempler på produkter som tilsynelatende inngår i sløyfer, for eksempel fleecegensere som er laget av resirkulert plast eller yoghurt begre som kan brukes om igjen.

Med dette som utgangspunkt ønsker vi i denne rapporten å diskutere hvordan vi kan forstå materialflyten i samfunnet som grunnlag for å etablere og lukke sløyfer. Følgende spørsmål blir sentrale:

1. Hva er en sløyfe, og hvilke typer sløyfer finnes?
2. Hvordan kan kvaliteten på en sløyfe vurderes?
3. Hvordan kan gode sløyfer etableres og forbedres, hva vil være gode sløyfeløsninger for bedrifter, og hva er metodene for å finne disse løsningene?

Hensikten med denne studien kan dermed sies å være å *belyse og å øke forståelsen av sløyfegrepet*. Gjennom dette skal studien også øke kunnskapene om hvordan få igang den endringsprosessen som er vist i Figur 2 nedenfor. Til dette trengs virkemidler og strategier for å gjennomføre endringer.

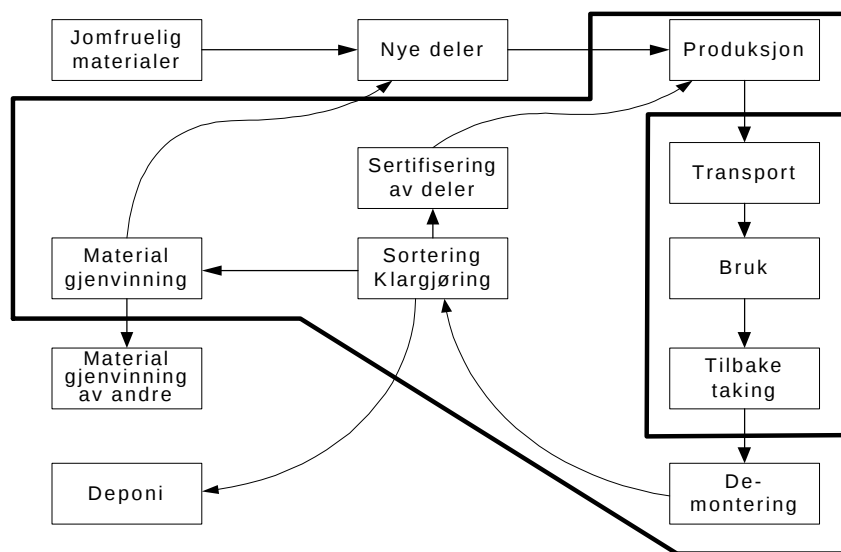


Figur 2: Endringsprosessen som er ønskelig å oppnå.

Eksempelene foran viser at det er behov for å fokusere på minst to ulike tilfeller der det ikke er en optimal sløyfe. Det første tilfelle er der hvor alt materiale og alle produkter går rett fra forbruker og til deponi. Det er en åpen strøm, og det finnes ikke en infrastruktur eller incitament for at dette skal være annerledes. Det andre tilfelle er der hvor det eksisterer en sløyfe, men bare deler av materialstrømmen brukes om igjen eller resirkuleres. Det er med andre ord en lekkasje fra sløyfen.

1.4 Et gjennomgående case – Xerox kopimaskiner

Vi vil i denne rapporten benytte et gjennomgående case. Det er valgt å se på en Xerox kopimaskin. Årsaken er at denne inngår i Xerox' eget gjenvinnings- og sløyfesystem som er et godt eksempel på lukket sløyfe. Gjenvinnings- og produksjonsfasilitetene i Venray i Nederland er sentrale i dette systemet. Figur 3 nedenfor viser livsløpet til en Xerox kopimaskin. Aktivitetene innenfor den heltrukne tykke linjen skjer alle i Venray.



Figur 3: Produktsløyfen for en Xerox kopimaskin

Produksjon av en kopimaskin skjer etter just-in-time prinsippet, og enten nye eller brukte komponenter (deler) benyttes til å sette sammen en maskin (van der Velde 2000). Det stilles selvsagt like store krav til kvaliteten på en brukt komponent som til en ny. Innen 48 timer etter at bestillingen på en ny maskin er mottatt, skal maskinen være hos kunden. I bruksfasen er kopimaskinens funksjon å forsyne kunden med dokumenter, og i følge ett av Xerox miljømål, er dette det eneste kunden skal sitte igjen med. Funksjonen som en Xerox

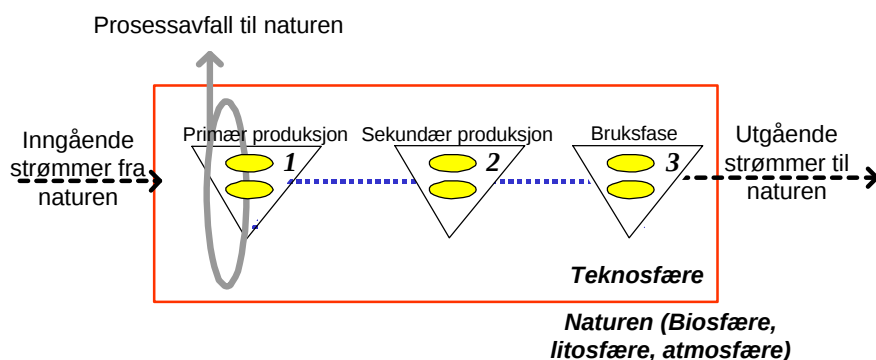
kopimaskin yter, stimulerer til økt papirforbruk, og i følge Xerox egne beregninger tilsvarer papirforbruket 64 % av det totale energiforbruket (Hendrix 2000). Dette er definert som utenfor Xerox ansvarsområde.

Xerox har etablert et system for reparasjon og vedlikehold, et system for innsamling av tonerkassetter (som er det eneste avfallet fra selve maskinen i forbruksfasen, dersom "feilkopiert" papir ikke regnes med), og et system for innsamling av selve kopimaskinen når denne ikke fungerer lenger og den ikke er mulig å reparere ute hos kunden. Da blir den transportert til Venray for mulig reparasjon eller, dersom dette ikke går, demontering. Under demonteringen skilles først ut de komponenter som kan benyttes i nye maskiner. Disse vaskes, tørkes, testes og sertifiseres, for så å ende på lager for produksjon. De komponentene som ikke kan brukes på nytt, skilles etter materialtyper og selges til andre materialgjenvinnere. Noen av disse komponentene materialgjenvinnes ved anlegget i Venray. De resterende, som ikke kan gjenvinnes, sendes til deponi. Målet er at ikke noe skal sendes til deponi (Hendrix 2000). I 1999 ble 7,2 vekt-% av en kopimaskin sendt til deponi, mens over 80 % av en ny maskin består av tidligere brukte komponenter. Det sies imidlertid lite om utslipp til luft og vann. Statistiske komponenter kan benyttes om igjen tilnærmet uendelig mange ganger, og ombruk er således kun begrenset av at det er behov for den aktuelle komponenten i de nye maskinene som produseres. Erfaringsmessig benyttes disse om igjen opptil 7 ganger. Dynamisk komponenter kan benyttes om igjen 2-3 ganger. Testing av disse komponentene før de på ny inngår i produkter er en svært kritisk fase av gjenvinningsprosessen.

I Appendiks 2 er det en mer utfyllende beskrivelse av dette caset.

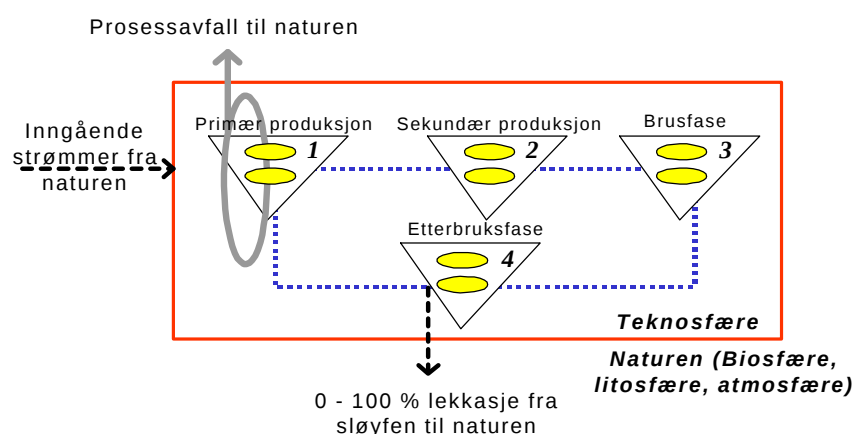
1.5 Terminologi

Terminologisk sett kan vi skille mellom to ulike uttrykk; i) å lukke strømmene og ii) å lukke sløyfene. Figurene 4 og 5 illustrerer forskjellen mellom disse to. Dersom vi har åpne strømmer, innebærer dette at alt materiale, det vil si hele produktet, går rett til deponi etter bruk, og ingenting benyttes til andre formål.



Figur 4: Eksempel på en åpen strøm

Å lukke strømmene betyr at ikke alt lenger går til deponi, men at noe av produktet også går til gjenvinning. Det etableres en sløyfe for denne delen av produktet. Dersom vi har åpne produktsløyfer, innebærer dette at noe av produktet, eksempelvis plasten i en Xerox kopimaskin, benyttes til andre og nye formål etter at bruksfasen til kopimaskinen er over, mens andre komponenter i maskinen, eksempelvis elektroniske deler, går rett til deponi. Å lukke sløyfen innebærer å redusere lekkasjen fra gjenvinningsprosessen som Xerox kopimaskinen blir gjenstand for, ved blant annet å forsøke å bruke elektronikk komponenten eller deler av de materialene som er der, til samme og nye formål. Sløyfen er lukket når alt blir gjenvunnet, altså ikke noe svinn i gjenvinningsprosessen. Dette er vist i figur 5 under. Det er også viktig å poengtere at begrepet "lukket sløyfe" beskriver en tilstand, mens begrepet "å lukke en sløyfe" beskriver prosessen som har som mål å oppnå en lukket sløyfe.



Figur 5: Eksempel på en sløyfe med lekkasje

Lukkede sløyfer er et godt innarbeidet begrep innen industriell økologi og annen miljørettet litteratur. I dette notatet vil vi imidlertid også benytte begrepet "gode sløyfer" for å kunne beskrive kvaliteten på en sløyfe. Grunnen til denne utvidelsen av begrepsbruken er at kvaliteten på en sløyfe ikke bare er avhengig av i hvor stor grad sløyfen er lukket, men også kvaliteten på det som gjenvinnes.

I slike betraktninger er systemdefinisjon og systemgrenser viktig. Som figur 5 over viser, er systemet definert som teknosfære og omgivelsene som naturen. Naturen består av biosfære (der alt levende er), litosfæren (der alle mineraler og metaller i jordskorpen er) og atmosfæren (der det luftlaget som omkranser Jorden er). På et aggregert nivå innebærer å lukke strømmene eller sløyfene at mindre materiale forlater teknosfæren (økonomien). I kapittel 4 skal vi nyansere og disaggregere dette ved å se på hvilke mulige sløyfer som kan etableres innen teknosfæren.

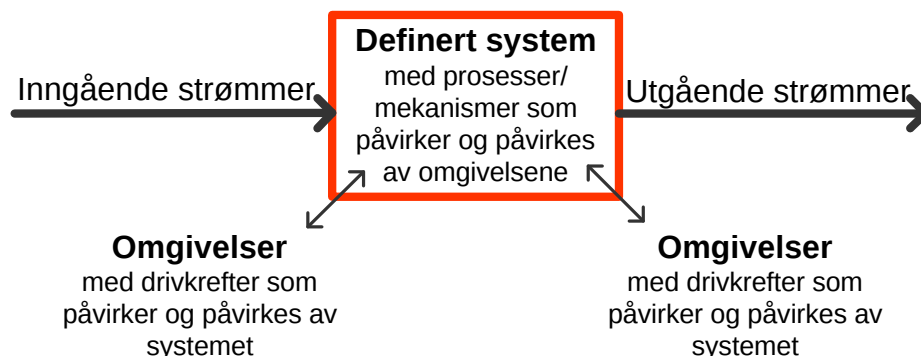
På engelsk benyttes begrepene "open loop recycling" og "closed loop recycling". Førstnevnte dreier seg om å resirkulere eksempelvis en plastpose, der materialene ikke nødvendigvis benyttes til å lage nye plastposer, men kan inngå i mer enn ett produkt (Ekvall og Tillmann 1997). Sistnevnte dreier seg følgelig om at det resirkulerte materiale fra plastposen inngår i produksjonen av nye produkter av det samme slaget, i dette tilfellet plastposer. Å lukke strømmene og å lukke sløyfene er ikke avhengig av at materiale går til samme anvendelse.

I beskrivelsen av et produkts livsløp vil vi benytte betegnelsene produksjonsfase, bruksfase og etterbruksfase.

Det vises ellers til Appendiks 1 der definisjoner av de mest sentrale begrepene står listet opp.

1.6 Struktur på rapporten

Strukturen i denne rapporten kan leses utfra innholdsfortegnelsen. I kapittel 2, 3 og 4 vil vi ta utgangspunkt i henholdsvis et geografisk perspektiv, et materialperspektiv og et produktperspektiv. Felles for alle disse perspektivene er at de kan beskrives utfra input-output betraktninger som vist i Figur 6 nedenfor:



Figur 6: Forholdet mellom et definert system, input, output og systemets omgivelser

Systemet kan defineres akkurat slik vi ønsker, og, som vi skal se i kapittel 2, kan dette med en geografisk tilnærming være alt fra hele jordkloden, til kontinenter, nasjoner, lokalsamfunn og til det enkelte individ. Inne i systemet skjer det prosesser og mekanismer drevet fram av både indre (fra det definerte systemet) og ytre (fra omgivelsene) drivkrefter. Ved å utvide systemgrensene vil deler av det som tidligere var omgivelser bli inkludert i systemet. Prosessene og mekanismene inne i systemet blir mer komplisert.

Massebevaringsloven ($\text{Inn} = \text{Ut}$) er utgangspunkt for kapittel 3 der forholdet mellom biosfæren, atmosfæren og litosfæren på denne siden og teknosfæren på den andre siden blir beskrevet. Naturlig metabolisme og industriell metabolisme blir beskrevet, og industriell økologi blir her fremsatt som en ny tenkemåte for å gjøre dette forholdet enda tydeligere. I kapittel 4 presenteres materialflyten i samfunnet ved å se på produktene som materialene inngår i. Kapittel 5 omhandler deretter hvilke krefter som virker på de systemene som er beskrevet i kapittel 2, 3 og 4 for å få en forståelse av hvordan etablering og forbedring av sløyfer kan skje. I kapittel 6 diskuteres hvordan vi skal vurdere kvaliteten på en sløyfe, og det foreslås noen kriterier som kjennetegner en god sløyfe. I kapittel 7 kommer vi inn på mulige strategier og handlinger fra ulike aktører for å oppnå gode sløyfer.

I Appendiks 2 og 3 er det beskrivelser av henholdsvis Xerox gjenvinningssystem for kopimaskiner og El-returs innsamlingssystem for EE-produkter i Norge, som eksempler på systemer som skaper lukkede sløyfer.

2 JORDENS GEOGRAFI ”STRUKTURERT” SOM ET FLERNIVÅ-SYSTEM

For å kunne beskrive og forstå mekanismer og forhold tilknyttet sløyfebegrepet, er det nødvendig å ha en systemtilnærming fra flere innfallsvinkler:

- Jordens geografiske, politiske og organisasjonsmessige oppbygging og struktur
- Materialstrømmene i verden, dvs den industrielle metabolismen
- Produkt- og produktsystemene og deres samspill

Innenfor disse innfallsvinkler vil mekanismer og betingelser for forandring og dynamikk kunne kartlegges og beskrives.

Dette kapitlet vil omhandle ”Jordens geografi som et flernivå-system”. Dette omfatter i første rekke den rent fysiske og organisatoriske oppbygging av Jorden. Det vil også innbefatte de politiske og økonomiske organer og beslutninger, avtaler og regelverk på de forskjellige nivåer, og den innflytelse det har på forandlingsprosessene. Først vil en generell beskrivelse bli gitt, og deretter illustreres dette ved hjelp av en Tomra-maskin.

2.1 Geografiske enheter på mange nivå

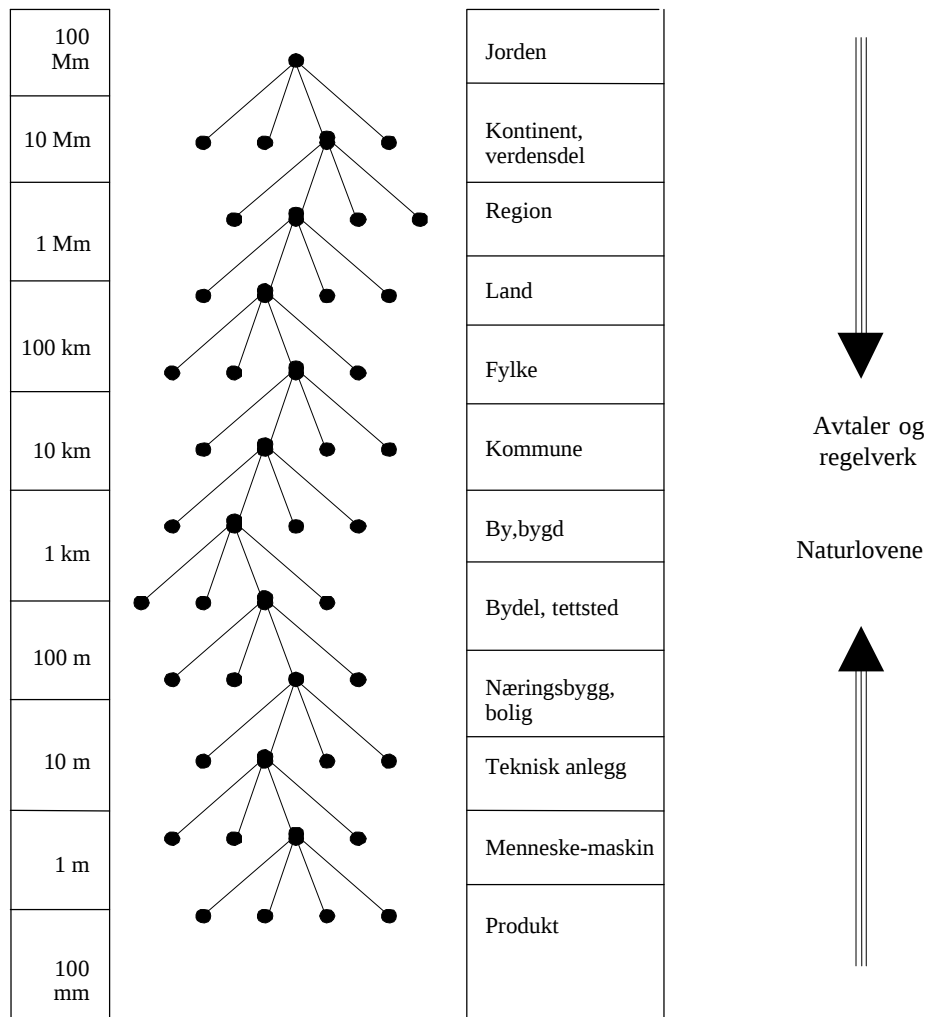
Figur 7 viser skjematisk hvordan verden kan struktureres som et flernivå system. Jorden er oppdelt i kontinenter eller verdensdeler. Disse er igjen oppdelt i regioner bestående av flere land. Innen et land er det fylker oppdelt i kommuner. Innen kommunene er det byer og bygder som igjen oppdelt i bydeler og tettsteder. Her eksisterer næringsbygg og boliger og tekniske systemer og produkter hvor mennesker lever og arbeider. Alle disse geografiske nivåene kan betraktes som et definert system med tilførsel, utslipp og omgivelser som vist i Figur 6 foran.

Transport-, vann- og avløp-, energi- og informasjonssystemer binder de ulike nivåene sammen og inngår i det som samlet kan betegnes som samfunnets infrastruktur. Innenfor denne infrastrukturen drives produksjon, drift, service og gjenvinning/deponi

Hva som foregår av aktiviteter, hva som produseres og forbrukes, hva som bringes inn- og ut av materialer, produkter, avfall og utslipp fra den enkelte enhet er regulert av mange parametere: Det er politiske beslutninger tatt på mange nivå; fra bydelsråd/borettslag til by, kommune, fylke, land, regioner og opp til internasjonale institusjoner som FN. Det er nasjonale og multinasjonale selskapers og offentlige institusjoners beslutninger og

aktiviteter. Og det er enkeltmenneskets beslutninger og handlinger basert på behov, ønsker, holdninger, preferanser og økonomisk handlekraft.

Det som her er beskrevet, er i første rekke teknosfæren og de menneskelige aktiviteter tilknyttet den, tilpasset de forutsetninger og de ressurser naturen har gitt. Geografisk sett, er teknosfæren tett innvevd i naturen, og biosfæren spesielt. Det er utvikling av samspillet mellom teknosfæren og biosfæren for å sikre en bærekraftig utvikling av begge sfærer som er det sentrale tema for industriell økologi, med lukking av materialstrømmer som en nødvendig forutsetning.



Figur 7. Jordens “geografi” strukturert som et flernivå-system, med enhetens tilnærmede størrelsesorden

I en materialstrømsanalyse, som blir behandlet i neste kapittel, velges et geografisk område der materialstrømmer analyseres. Infrastruktur og alle nivåer under det nivået som analyseres innenfor de geografiske systemgrenser, vil danne den fysiske struktur for materialstrømsanalysen. Nivået over den valgte enhet, vil danne omgivelsene til systemet.

Ved analyse av produkter og produktsystemer (se kapittel 4) følges et produkt gjennom sitt livsløp. Et enkelt produkt, fra råmaterial til gjenbruk eller deponi, vil ofte involvere nivå på et høyere nivå (import av råvarer for eksempel, eller eksport av produktet over hele verden). En bærekraftig fremtid vil muligens kreve at hele produktlivet og produktsystemet opererer på det lavest mulige nivå; lokale råvarer og lokal bruk og gjenbruk.

Kvantitative modeller for å simulere alternative utviklingslinjer for samfunnets infrastruktur på de forskjellige nivåene, vil bli viktige aktiviteter tilknyttet studie av bærekraftige scenarier.

2.2 Tomra-maskinen i et flernivå-system

Tomra Systems ASA er en norsk bedrift med sine teknologiske røtter i det tidligere NTH-miljøet i Trondheim, der et optisk/elektronisk gjenkjenningssystem for returflasker ble utviklet. Bedriften ble grunnlagt i 1972 av Tore og Petter Planke. I dag ledes bedriften av Erik Thorsen, bedriften har ca 1800 ansatte, med en omsetning på 2.2 milliarder NOK (1999). Bedriften har en verdensomspennende virksomhet tilknyttet design, produksjon, leveranser, drift og service av returautomater (RVM ”reverse vending machines”) for glassflasker, plastflasker og aluminiumsbokser. Hovedmarkedene i dag er Europa og USA.

Tomra har formulert som sin misjon: ”Helping the World Recycle”, med en visjon om å være ”Verdens ledende tilbyder av løsninger som gjør det attraktivt for folk å returnere emballasje for gjenbruk og gjenvinning.”

I 1999 ble 2.5% av verdens drikkevareemballasje håndtert av Tomras produkt- og tjenestetilbud. Med bakgrunn i notatet ”En verden av muligheter” (Tomra 1999), ser vi på sammenhengen mellom geografisk (eller topologisk) strukturering i flere nivå og Tomras beskrivelse av sin virksomhet og strategi.

Drikkevareemballasje for øl- og mineralvann i form av glassflasker, plastflasker og aluminiumsbokser er de viktigste emballasjeelementene som returneres gjennom Tomra-maskinene. Med referanse til Figur 5, så er det laveste nivået ”Nivå 1: Produktnivået” Det er to forskjellige produktsystemer; på den ene siden glassflasken, plastflasken (PET) og aluminiumboksen, mens på den andre siden selve Tomra-maskinen. Det er her derfor to former for materialstrømmer som kan betraktes: (i) Strømmene av glass, plast og aluminium knyttet til produksjon, bruk og gjenvinning av flasker og bokser (”Det store kretsløpet”) og (ii) Strømmene av materialer som inngår i de

komponentene som Tomra-maskinen er bygget opp av (”Det lille kretsløpet”) Dette er vist i Figur 8 nedenfor.

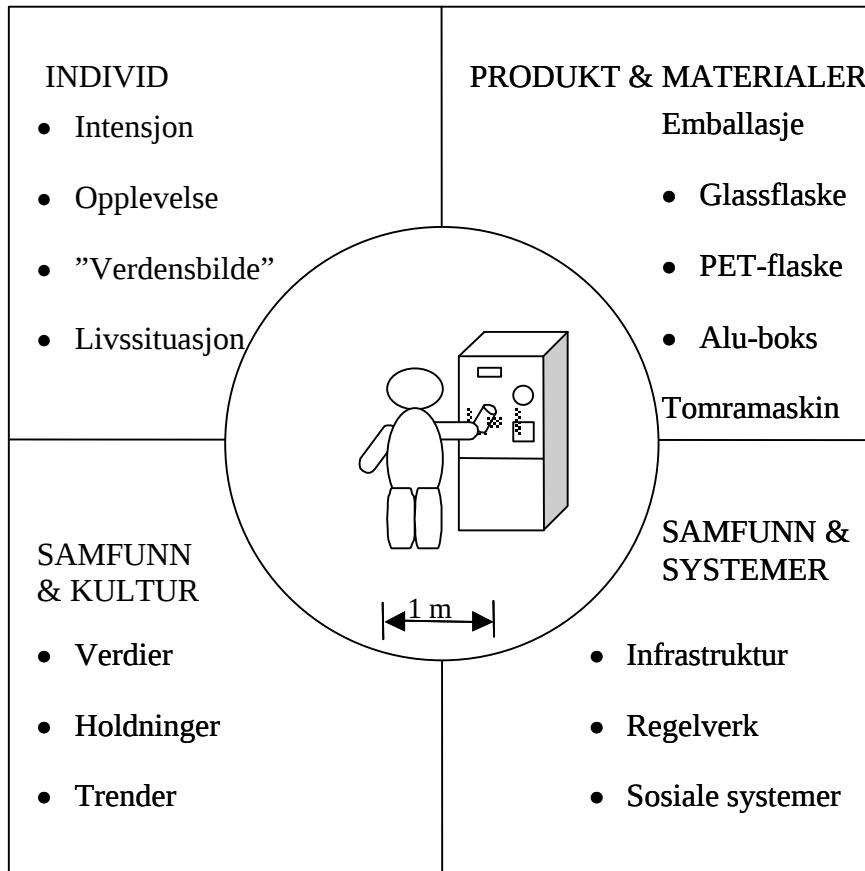


Figur 8: Det store og det lille kretsløpet i Tomras produktsystem

Det er *møtet* mellom Tomra-maskinen og den brukte flasken eller boksen som er nivå 2 (”Menneske/maskin-nivået”) i Figur 7: en person leverer en flaske eller en boks til maskinen. Det er dette møtet TOMRA har ambisjoner om å gjøre så attraktivt at folk over alt i verden foretrekker å komme til Tomra-maskinen med sin tomme emballasje og leverer flasken eller boksen til maskinen.

Som vist på Figur 9, er det mange betingelser for at dette skal kunne skje:

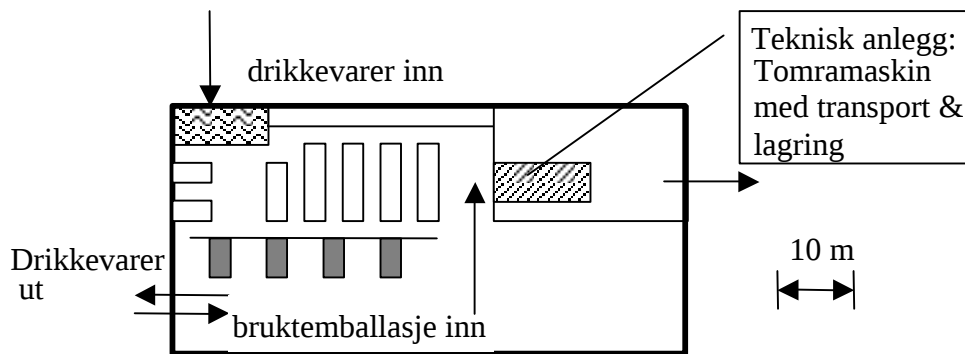
- Tomra-maskinens funksjonalitet, design og kommunikasjon med bruker
- Individets intensjoner, opplevelser, livssituasjon og behov
- De kulturelle verdier, holdninger og trender i lokalsamfunnet
- Samfunnets infrastruktur, regelverk og prioriteringer



Figur 9: Mann-maskin samspill; møtet mellom brukt boks/flaske og Tomra-maskin

Dette møtet mellom menneske og maskin vil arte seg forskjellig i forskjellige deler av verden. Figur 10 viser eksempel fra en dagligvareforretning eller kiosk. Dette representerer nivå 3 "Teknisk anlegg", og det vil her være Tomra-maskinen med sortering, transport, stabling/prosessering og lagring av innkommet emballasje. Nivå 4, "Næringsbygg/bolig", er dagligvareforretning/ kiosk.

Innenfor en "Bydel eller tettsted" (nivå 5, figur 7) vil innbyggere kjøpe drikkevarer i dagligvarebutikken/kiosken, konsumere innholdet og bringe den tomme emballasjen tilbake til butikken, møte Tomra-maskinen, og avlevere tomflasker og bokser. I byen eller bygden (nivå 6) vil det være et system av dagligvarebutikker/kiosker med et transportsystem for utlevering av drikkevarer og innsamling av tomemballasje.



Figur 10 Tomra-maskin i dagligvarebutikk

Innenfor de geografiske/politiske enheter kommune (nivå 7), fylke (nivå 8) og land (nivå 9) vil politiske beslutninger, spesielle naturlige, økonomiske og kulturelle forutsetninger, infrastruktur, befolkningstetthet, osv., styre hvordan et leveranse- og innsamlingssystem vil funksjonere. Her vil bryggeri eller tapperi befinne seg, med gjenbrukssystemer for glass- og PET-flasker, muligens også gjenvinningssystemer for aluminium, plast og glass. Pantesystemet for drikkevaremballasje, som er bestemt av myndighetene, gjør eksistensen av Tomra-maskinen berettiget.

Dersom det for eksempel finnes lokale ”mikrobryggerier”, vil kanskje lokalt emballasje/gjenbrukssystem begrenset innenfor et mindre geografisk område kunne funksjonere effektivt.

Effekten av beslutninger som tas på nasjonalt nivå, kan være dramatisk. I Danmark er det forbudt å benytte engangsemballasje, f.eks. aluminiumsbokser, mens Sverige har utviklet verdens mest effektive system for lukning av materialstrømmer for aluminiumsbokser. Hva er årsaken til denne forskjell i løsninger? I de enkelte land i Europa er det individuell brukspraksis, mål og løsninger for innsamling, gjenbruk/resirkulering. I flere tilfeller vil returnert skrap måtte eksporteres ut av et land, og nye flasker eller bokser importeres tilbake til landet for tapping og distribusjon.

Innefor høyt industrialiserte regioner som EU-landene og USA, eller de folkerike regioner/land med sterk utviklingstakt som Kina og India (nivå 10, figur 7), vil det kreves spesielle løsninger med basis i de regelverk, tradisjoner, kulturer og levemåte og utviklingstakt som der finnes. Her vil de globale selskaper som Coca-Cola, Heineken og andre ha betydelig påvirkning i utviklingen, og det er her på dette nivå at Tomra vil ha store utfordringer i å tilpasse løsninger som fungerer i de forskjellige deler av verden.

På dette nivå må også beslutninger om verdikjeden (livsløpskjeden) for Tomra-maskiner tas; fra materialleverandører, underleverandører, montasje og drift av Tomra-maskiner, til service, innsamling/demontasje av utrangerte maskiner, gjenbruk av systemer og komponenter og gjenvinning av materialer

tas. I kapittel 4 vil løsninger for Xerox kopimaskiner bli beskrevet, og disse kan muligens bli en prototyp for effektiv lukking av komponent og materialstrømmer for masseproduserte og komplekse tekniske systemer, slik også Tomra-maskinen er.

På de øverste nivåer, kontinenter, verdensdeler og hele kloden (Nivå 11 og 12) vil de langsiktige strategier for utvikling av bærekraftige samfunn formuleres. Her må bedriftens verdigrunnlag og økofilosofi (F.eks. Arne Næss’ 8 punkter for dyp økologi) bli bærende for bedriftens tenkning og bevissthetsnivå.

Det kan synes som om Tomra gjennom sin misjon, visjon, verdisystem og sin stadig dypere innsikt i de tolv nivåer som er beskrevet foran, inspirerer og gir energi til ansatte, ”stakeholders”, industripartnere, myndigheter og universiteter slik at bedriften er i ferd med å bli en sentral global aktør i etablering av ”gode sløyfer”.

3 MATERIALFLYT – NATURLIG OG INDUSTRIELL METABOLISME

I forrige kapittel så vi på hvordan verden (teknosfæren) kan beskrives utfra ulike geografiske nivåer. I dette kapittelet skal vi se på forholdet mellom teknosfæren og naturen, og spesielt på materialflyt og stoffomsetning i naturlige og industrielle systemer. Med industrielle systemer menes alle aktiviteter og prosesser som er initiert og drevet av mennesker, i den hensikt å tilfredsstille menneskelige behov. Industrielle systemer er således ikke begrenset til næringslivets virksomhet i industrielle anlegg som for eksempel et kjemisk prosessanlegg. Vi kan beskrive materialflyt og stoffomsetning med utgangspunkt i massebevaringsloven (Lavoisier 1789). Materialer kan enten finnes i en beholdning (stock) eller på vei mellom disse, det vil si i strømmer (flows). Materialer som tilføres et system (input) transformeres til en annen kvalitet, og enten akkumuleres materialer i systemet eller så forlater de systemet (output). I naturlige økosystemer er denne transformasjonen kalt for naturlig metabolisme. Tilsvarende stoffomsetning skjer også i industrielle systemer, og Ayres (1989) kalte dette for industriell metabolisme. Industriell metabolisme er beskrevet som "the economy's metabolism, in terms of materials mobilisation, use and excretion to create "technomass", is compared with the use of materials in the biosphere to create biomass. The economy thus is viewed only in terms of its materials stocks and flows". (Voet og Kleijn 2000)

I kapittel 3.1 vil massebevaringsloven og termodynamikkens 1. og 2. lov presenteres. Kapittel 3.2 omhandler naturlig metabolisme og den dynamikken som der skjer. I kapittel 3.3 skal vi tilsvarende beskrive industriell metabolisme. I kapittel 3.4 vil industriell metabolisme og naturlig metabolisme bli sett i sammenheng. Til slutt, i kapittel 3.5 skal vi se på industriell økologi som en måte å tenke på for å bedre interaksjonen mellom naturen og teknosfæren. I dette kapittelet vil vi for enkelthets skyld benytte begrepet "naturen" som en samlebetegnelse på biosfæren, litosfæren og atmosfæren.

3.1 Massebevaringsloven og termodynamikkens 1. og 2. lov

Massebevaringsloven, som den ble formulert av Lavoisier, forteller at "mass can never be lost in a physical or chemical process – apart from energy-mass exchanges." (Kleijn 2000). Lavoisier skrev at "We may lay it down as an

incontestable axiom, that, in all operations of art and nature, nothing is created; an equal quantity of matter exists both before and after and experiment, the quality and quantity of the elements remains precisely the same; and nothing takes place beyond changes and modifications in the combination of these elements” (Hudson 1992). Einstein beskrev sammenhengen mellom materiale og energi som $E=mc^2$. Termodynamikkens 1. og 2. lov beskriver henholdsvis energien bevarelse og energiens forfall. Termodynamikkens 1. lov sier at ”For et lukket system er endringen i systemets (indre) energi U lik summen av tilført varme Q og tilført arbeid W ” (Skogestad 2000). Energi finnes i mekanisk, potensiell, termisk eller kjemisk form og kan aldri forsvinne annet enn til en annen form. Mens termodynamikkens 1. lov sier noe om *mengde* energi, forteller termodynamikkens 2. lov om materialets evne til å utføre arbeid på omgivelsene: ”Det finnes ingen prosess hvis eneste resultat er å omdanne varme fullstendig til arbeid” (Skogestad 2000). Dette omhandler dermed materialets *energikvalitet* (eksergi). I enhver transformasjonsprosess i et lukket system er det tap av eksergi (økende entropi). Tilsvarende som det er et mål å lukke materialstrømmene, er det et mål å minimere tap av eksergi (oppretholde evnen til å utføre arbeid på omgivelsene). Ettersom denne evnen er avhengig av omgivelsene, er det viktig til enhver tid å velge omgivelser som minimerer tap av denne evnen. Dette kalles energikaskader. Sauar (1998) har vist at optimal energiutnyttelse oppnås ved å ha så like drivende krefter som mulig gjennom hele kaskaden.

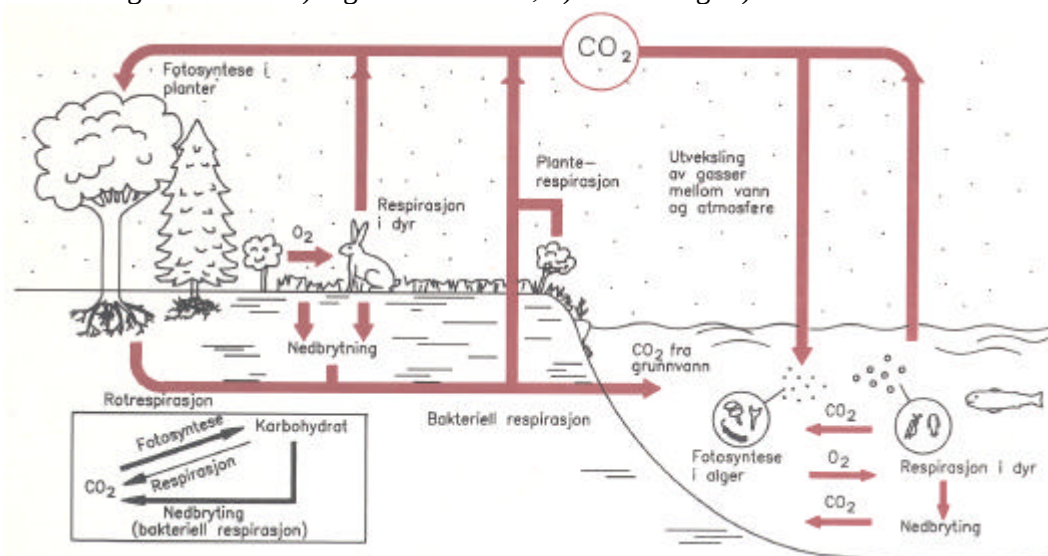
3.2 Naturlig metabolisme

Naturen er bygget opp av og består av grunnstoffer. Grunnstoffer kan opptre i ren form som stabile enheter (og kalles edelstoffer) eller de kan inngå i stabile forbindelser med andre stoffer. I naturen finnes både stabile og ustabile forbindelser, og det er de ustabile forbindelsene som gjør at naturens økosystemer blir dynamiske. Det foregår en kontinuerlig endring i naturens forbindelser. Dette kan kalles for stoffomsetning eller metabolisme. Ettersom vi har med naturens stoffomsetning å gjøre, kan den betegnes for naturlig metabolisme. De beste eksemplene på naturlig metabolisme er kretsløpene som grunnstoffene nitrogen, oksygen og karbon inngår i. Kretsløpet for karbon er vist i Figur 11 nedenfor. Det ”området” hvor økosystemene eksisterer og alt ”levende” i naturen er, kalles biosfæren. Atmosfæren inngår også i disse kretsløpene.

Dette kretsløpet kan betraktes på flere nivåer. På et mikronivå finner vi bakterier som sørger for nedbrytning av organisk materiale, mens vi på makronivå finner eksempelvis skog. Det som driver dette kretsløpet fremover, er produsenter, konsumenter og nedbrytere som ved tilførsel av energi fra

solen (som utløser effekter som fotosyntese, vind, høytrykk og lavtrykk) gjør at karbonatomene stadig inngår i nye forbindelser. Dette er et finurlig, selvregulerende og sammensatt økologisk system.

Grunnstoffene kan være i både fast, væske eller gass form, og tilstanden avhenger av kokepunkt og smeltepunkt for de enkelte forbindelsene. Dette forandrer seg med hensyn på trykk og temperatur. De faste stoffene kan kategoriseres som i) organisk materiale, ii) metaller og iii) keramer.



Figur 11: Karbonets kretsløp Kilde: Pleym (1989, s. 20)

De organiske materialene består av karbonatomer. Dette er, kort fortalt, alt levende vi ser i naturen. I utgangspunktet er naturens økosystemer i stand til å håndtere utslipp av organisk materiale fra industrielle prosesser ettersom dette kan gå inn i de naturlige kretsløpene. Én grunn til at dette ofte ikke er tilfelle, er at utslippene inneholder forbindelser som eksisterer i naturen kun i svært små mengder og som selv i små mengder dermed er giftige. En annen grunn er at det slippes ut i utgangspunktet ikke giftige organiske forbindelser, i så store mengder at dette er med på å forrykke balansen i økosystemet. Utslipp av menneskeskapt CO_2 er et eksempel på dette.

Metaller og keramer er "døde" materialer og tilhører litosfæren. De opptrer i naturen som oksider, sulfider, silikater eller som rent metall. Metaller som finnes i rikelige mengder i jordskorpen og som danner sulfider eller lett løslige oksider, er essensielle for alt liv. For mennesker vil for lite av disse metallene skape mangelsykdommer (eksempelvis jern), mens for mye av dem kan skape forgiftning. Metaller som finnes i små mengder i naturen vil derimot kunne gi akutt forgiftning for både mennesker og for natur ved utslipp. Det er derfor ikke ønskelig at eksempelvis kvikksølv akkumuleres i

sløyfer; før eller siden vil det slippes ut til naturen, og da er konsentrasjonen så høy at det vil medføre alvorlig forurensning.

3.3 Industriell metabolisme

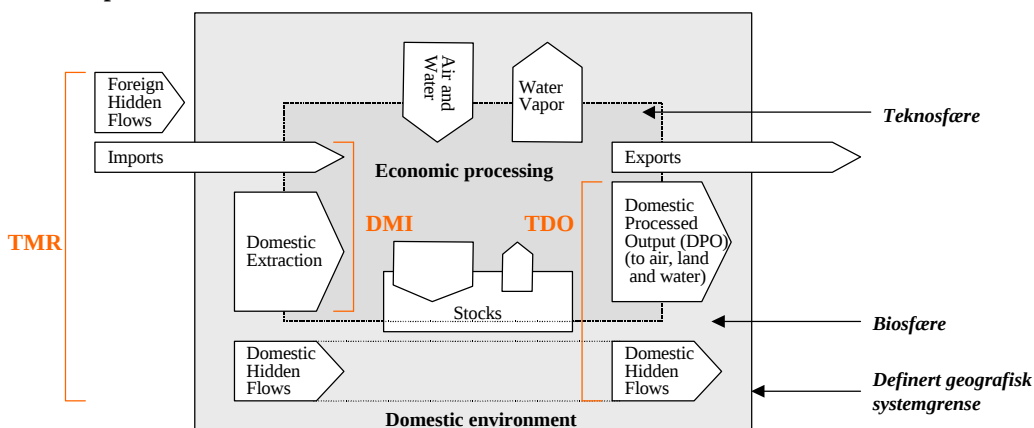
Økologer har i lang tid beskrevet omsetningen av grunnstoffer i naturlige økosystem. Eksempler på dette er som nevnt karbon-, nitrogen- og oksygensyklusen. Erkjennelsen av at disse grunnstoffene ikke bare inngår i de naturlige kretsløp, men også i industrielle prosesser i samfunnet, ledet Ayres (1989) til å introdusere begrepet industriell metabolisme. Dette fagområdet forsøker å kartlegge og forstå flyten og omsetningen av materialer og komponenter i et definert geografisk område⁴. Kunnskap om omsetningen av materialer og komponenter i samfunnet, det vil si hvordan materialflyten i den nasjonale økonomien er, danner grunnlaget for strategier og politiske virkemidler knyttet til forvaltning av ressurser. Industriell metabolisme er derfor et sentralt element innen industriell økologi (Erkmann 1997), og danner et naturlig rammeverk for studien av lukkede sløyfer.

Omfattende studier av klor i USA, Nederland og Vest-Europa er utført av henholdsvis Ayres (1997a, 1997b), Kleijn et. al (1997) og Kleijn og van der Voet (1998), mens stoffer som kadmium, kvikksølv, aluminium og phtalater, for å nevne noen, også har blitt gjenstand for undersøkelser (van der Voet et. al 1994, van der Voet et. al 2000). På et mer aggregert nasjonalt nivå er det gjennomført to studier ledet av World Resource Institute (WRI) i samarbeid med Department of Social Ecology, Universitetet i Wien i Østerrike, Wuppertal Institute i Tyskland, National Institute for Environmental Studies i Japan og CML Centre of Environmental Science i Nederland. Disse to studiene, *Resource Flows: The Material Basis of Industrial Economies* (Adriaanse et. al 1997) og *The Weight of Nations: Material Outflows from Industrial Economies* (Matthews et. al 2000), ser på mengde tilført, utslipp og akkumulert i de nasjonale økonomiene til USA, Østerrike, Tyskland, Nederland og Japan. Den første studien handler om input av materialer/naturressurser til økonomien, mens den andre handler om output av materialer fra økonomien og akkumulering i økonomien. Det er utviklet indikatorer om fysiske størrelser knyttet til økonomisk aktivitet, noe som er helt nødvendig for senere å kunne vurdere hvilke politiske virkemidler som må settes inn for å minske miljøbelastningen fra denne aktiviteten. Arbeidet har vært metodologisk banebrytende, både når det gjelder strukturering av de utallige grupper materialer som kan inkluderes og argumentasjon for hvilke

⁴ Annen relevant litteratur på området er Ayres og Simonis (1994), Ayres og Ayres (1996) og van der Voet (1996).

indikatorer som bør være med. Dette arbeidet har inspirert andre nasjoner, blant dem Sverige og Finland, til å starte med tilsvarende studier.

Figur 12 nedenfor viser modellen som er benyttet i de to WRI-studiene for å beskrive materialflyten i en nasjonal økonomi. Den viser hvilke materialstrømmer som kommer inn i (input), forlater (output) og akkumuleres i (stocks) en nasjonal økonomi. På tilførselssiden opereres det med samlebegrepet "Total Material Requirement" (TMR) som et uttrykk for samfunnets totale materialbehov. Dette består av det som utvinnes innenlands og det som importeres (til sammen DMI) og av innenlandske og utenlandske skjulte strømmer (hidden flows). De skjulte strømmene kommer aldri inn i økonomien, men må allikevel betraktes som materialstrømmer. Skjulte strømmer oppstår hovedsakelig ved masseforflytting forårsaket av aktiviteter knyttet til utvinning og innhøsting. En typisk skjult strøm forbundet med utvinning av eksempelvis kobber, er den massen som må flyttes på for å få ut kobberet, og som senere bare blir dumpet et eller annet sted. Jorderosjon er et annet eksempel der det er naturen selv, og ikke industrielle prosesser, som transporter materialene.



Figur 12: Modell for materialstrømsanalyse i et geografisk definert område. (Kilde WRI 2000).

Det er bare Direct Material Input (DMI) som entrer den nasjonale økonomien. Der foredles de til en kvalitet eller tilstand slik at de kan inngå i produkter som etterspørres. Materialene holder seg i økonomien ved at produkter gjenvinnes og ved akkumulering av materialer i langlivede produkter og infrastruktur. Materialene forlater økonomien ved utslipp til jord, vann og luft (DPO).

Vi ser av Figur 12 at det er et mål på et totalt aggregert nivå å kunne holde materialet så lenge som mulig i økonomien. På den måten kan behovet for inntak av jomfruelig materiale reduseres samtidig som utslipp til resipientressursene også kan reduseres. Dette gjelder imidlertid på aggregert nivå, ettersom det kan være svært ressurskrevende å holde ett materiale inne i

økonomien, og de ressursene som ville blitt brukt til dette måtte også på en eller annen måte holdes innenfor økonomien. Denne problemstillingen kommer vi tilbake til i kapittel 4.

WRI-studien (Matthews 2000) viser at material output (TDO = Total Domestic Output) varierer mellom 5 tonn per person per år i Japan og 25 tonn per person per år i USA. Samtidig viser studien at gjennomsnittlig oppholdstid for materialene i økonomien øker, noe som kommer av at det bygges stadig mer infrastruktur og produkter med lenger levetid, samt at det er økt resirkulering og ombruk. Til tross for dette, øker den totale gjennomstrømningen av materialer i økonomien. Denne stadige akkumulering av materialer i økonomien innebærer, i henhold til massebevaringsloven, at det fremtidige avfallsproblemet vil øke. En annen konklusjon fra studien er at det er luft (atmosfæren) som er den største mottaker av utslipp fra økonomien og ikke jord (deponier). I studien legges det også vekt på å kartlegge de produkter og strømmer som i sin natur ikke lar seg gjenvinne fordi de forbrukes og "ødelegges" gjennom bruk. Såpe er et eksempel på dette.

Alle de studiene som er omtalt hittil, baserer seg på det som med en fellesbetegnelse kalles materialstrømsanalyse (MFA = Material Flow Analysis/Accounting). MFA er en metode for å dokumentere materialstrømmer i den industrielle økonomien. Dette kan være både på nasjonalt-, sektor-, kommunalt- og bedriftsnivå. MFA baserer seg på massebevaringsloven, der inn = ut av et system er det grunnleggende faktum (Kleijn 2000). Det er vanlig å skille mellom bulk-MFA og stoffstrømsanalyse (= Substance Flow Analysis = SFA). I en bulk-MFA kartlegges alle materialstrømmer innenfor et definert område og aggregeres opp til én størrelse, oftest på vektbasis. Ayres og Ayres (1998, 1999) har imidlertid vist at eksergi også kan benyttes som måleenhet. I en bulk-MFA kommer man fram til en kvantitativ indikator for de fysiske materialstrømmene. Denne kan dermed gi informasjon om flyten av materialer i samfunnet, tilsvarende som gjøres for pengeflyten i økonomien (BNP).

I en SFA er hensikten å få oversikt over flyten av ett grunnstoff, for eksempel klor eller kvikksølv, gjennom økonomien. SFA er hovedsakelig interessant der stoffene har kvalitative skadevirkninger, eksempelvis miljø- og helseskadelige stoffer som tungmetaller.

MFA er ikke et verktøy for å måle og bestemme den miljømessige belastningen denne materialflyten har da den ikke vurderer potensiell miljøskade. For nærmere undersøkelser av potensiell miljøskade (som er et resultat av størrelse på utslipp, alvorligheten av det som slippes ut og det mottakende økosystemets evne til å håndtere utslipp med disse to egenskapene (kvalitet og kvantitet)), må det gjøres effektstudier der eksempelvis livsløpsanalyse (LCA) er et mye benyttet verktøy.

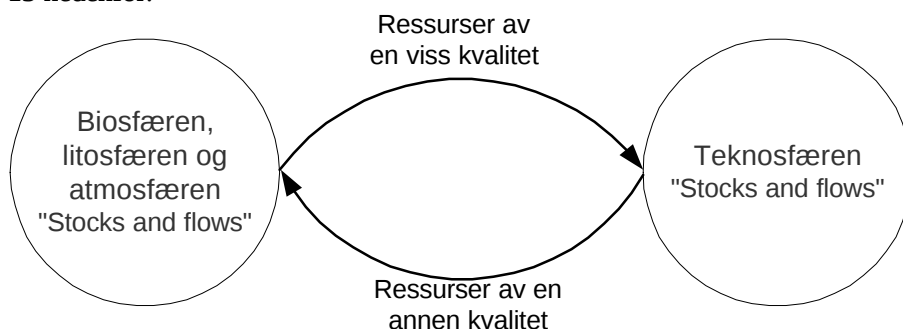
Det er ikke gjennomført tilsvarende studier i Norge. Det er derfor begrenset kunnskap om flyten av materialer gjennom hele den nasjonale

økonomien. Statistisk Sentralbyrå har imidlertid gjennomført noe tilsvarende på avfallsstrømmer (SSB 1998a, b, c; Rønningen 1999; SSB 1999a,b; SSB 2000b). Gjennom å anvende MFA i et kretsløpsperspektiv kan dette gi viktige innspill til preventiv avfallshåndtering og tiltak for avfallsreduksjon gjennom tiltak i design- og produksjonsfasen av et produkt. På den måten kan avfallspolitikk og produktpolitikk forenes.

3.4 Interaksjonen mellom naturen og teknosfære

Det er en interaksjon mellom naturen (biosfæren, litosfæren, atmosfæren) og teknosfæren ettersom menneskelige aktiviteter er basert på (for)bruk av naturressurser. Den tette interaksjonen vises særlig i primærnæringene (skogbruk, jordbruk og fiske). Der benyttes naturlige prosesser og mekanismer for å produsere sine varer. Dersom vi ser på fisk, produseres dette på to måter; 1) de naturlige prosesser som skjer i hav og ferskvann, og 2) de industrielle prosesser som skjer gjennom oppdrettsvirksomhet. Begge baserer seg på naturlige prosesser og egenskaper hos fisken og i økosystemet. Den første kan sies å tilhøre biosfæren, mens den andre tilhører teknosfæren. En fisk i Barentshavet er ikke med i det økonomiske systemet, eller i teknosfæren, før den blir fanget av fiskere. Dersom den samme fisken isteden hadde blitt spist av en større fisk ville den ikke vært i teknosfæren, men fortsatt i biosfæren, selv om den lider samme skjebne. Det er verdt å merke seg at det er fare for at de industrielle prosessene skal forskyve og forstyrre de naturlige prosessene, noe som illustrerer at enhver industriell prosess potensielt har skadevirkninger på naturlige økosystemer.

I kapittel 3.2 beskrev vi aktiviteter i naturen isolert sett. Det som skjer når vi "kobler på" teknosfæren er at materialer og energi flyter fra naturen til teknosfæren, hvor disse materialene foredles og benyttes i produkter og produktsystemer som tilfredsstiller menneskelige behov. Dette er vist i Figur 13 nedenfor.



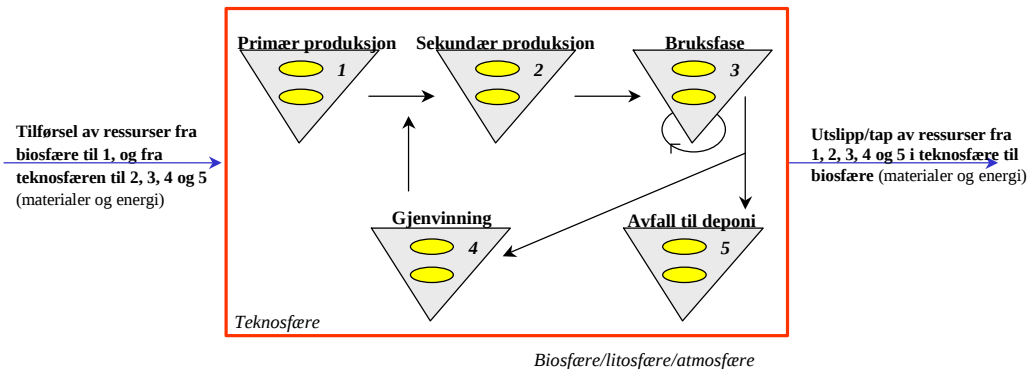
Figur 13: Forholdet mellom biosfæren, litosfæren, atmosfæren og teknosfæren.

Ettersom massebevaringsloven alltid gjelder, vil materialer som er input til teknosfæren før eller siden forlate teknosfæren igjen og bli tatt opp i naturen. Sløyfen mellom naturen til teknosfæren og tilbake til naturen igjen kan sees på den *store* sløyfen. Utfordringen er å kunne se hvilke sløyfer som bør og ikke bør opprettes i teknosfæren for å redusere belastningen på naturen. Industrielle sløyfer kan således aldri bli helt lukket. Spørsmålene er om biosfæren, litosfæren og atmosfæren klarer å forsyne teknosfæren med det som sistnevnte etterspør, og om biosfæren, litosfæren og atmosfæren klarer å håndtere de ressursene som teknosfæren sender ”i retur” (utslipp). I etableringen av produktsystem er det belastning/forstyrrelser på biosfæren både fordi det hentes ut ressurser og fordi det er utslipp til biosfæren. Utfordringen er med andre ord å redusere inntak av ressurser og å redusere utslipp. Dette kan gjøres ved å bruke de ressursene som tas inn i teknosfæren bedre. Problemet i dagens samfunn er at vi sender tilbake ressurser til biosfæren som er fullt brukbare til formål i teknosfæren. Vi har en åpen strøm.

Det er her naturlig å gå inn på hvorfor sløyfer er viktige å oppnå. I første rekke må dette sees i sammenheng med et mål om å oppnå en bærekraftig forvaltning av Jordens begrensede ressurser i forhold til den samlede aktiviteten på Jorden. Forurensningsproblemer og overforbruk av ressurser representerer betydelige tap av verdier både for nålevende og fremtidige generasjoner, og å lukke strømmen er en mulig strategi for å redusere dette verditapet. Generelt sett kan det sies at ressurser er tapt når de er utilgjengelige⁵ eller i en form eller av en kvalitet som ikke tilfredsstiller det behovet de i utgangspunktet skal dekke.

Antakelsen om Jordens begrensede ressurser beror på det faktum at Jorden er et lukket system når det gjelder materialer. Det er imidlertid åpent når det gjelder energi med tilnærmet ubegrenset tilgang på energi fra solen (Ayres 1978). Begrensede ressurser gjør det derfor nødvendig å ha en så god ressursutnyttelse som mulig. Dette kan blant annet oppnås ved å lukke materialstrømmene og systematisere energistrømmene på en slik måte at energikaskader oppnås og energikvaliteten utnyttes best mulig. Figur 14 nedenfor viser et vilkårlig åpent system med lukkede strømmen, der det må tilføres materialer og energi til hver fase av sløyfen for å drive denne rundt. Tilsvarende ser vi at fra alle faser av sløyfen er det utslipp av ressurser (materialer og energi) til omgivelsene (naturen).

⁵ Et bilvrak på et bilopphuggeri er tilgjengelig, den samme bilen på bunnen av Nordsjøen er ikke like tilgjengelig.



Figur 14: Et vilkårlig åpent system med lukkede strømmer og med tilførsel og tap av ressurser

Utfordringen er å kunne forvalte Jordens begrensede ressurser på en fornuftig måte. For å ha et mer bevisst forhold til hvilke ressurser det er snakk om, kan det være hensiktsmessig å skille mellom tre ulike typer ressurser som alle må forvaltes på en god måte:

1. De fornybare ressursene som tilføres systemet i Figur 14. Eksempler på fornybare ressurser er vind, sol, skog, fisk, dyr osv. I tilfellet fisk ser vi at både naturen (torsk i Barentshavet) og mennesker (oppdrettsfisk) kan sørge for fornyingen. Som fornybare ressurser regnes de som kan repetere seg selv, formere eller forplante seg. Det er dog viktig å være oppmerksom på at, dersom vi ser bort fra mutasjoner, selv ikke de fornybare ressursene kan begynne å eksistere på nytt dersom det genetiske materiale eller det siste individet av en art forsvinner. God forvaltning av disse ressursene innebærer at ressursuttaket/forbruket ikke må overstige rentene av naturkapitalen i det aktuelle lokale/regionale/nasjonale området.
2. De ikke-fornybare ressursene som tilføres systemet i Figur 14. Eksempler på ikke-fornybare ressurser er fossile brenslers og uorganisk materiale. Til tross for at vi regner eksempelvis metaller som ikke-fornybare ressurser, må vi være oppmerksom på, i henhold til termodynamikkens 1. lov, at materialer ikke kan forsvinne, de vil bare transformeres til en annen form eller "plasseres" slik at det ikke er tilgjengelig for menneskelige formål. God forvaltning av disse ressursene innebærer at ressursuttaket må vurderes i forhold til totalt tilgjengelige mengder av disse ressursene og i forhold til substitusjonsgraden av fornybare ressurser som dekker den samme funksjonen.
3. De resipient-ressursene i naturen som påvirkes som følge av utslipp fra systemet i Figur 14. Lokale og globale øko-systemer er eksempler på disse ressursene. God forvaltning av disse ressursene innebærer at

utslipp må vurderes utfra de aktuelle resipient-ressursenes evne til å håndtere utslippet, og utfra utslippets kvalitet (miljøgift versus lett-nedbrytbare forbindelser) og kvantitet (mengde). Dette er tilsvarende situasjonen når snø legger seg på hustak. Mer og mer snø kan legge seg på taket inntil et visst punkt da reisverket ikke tåler mer, og hele konstruksjonen blir ødelagt (også tilsvarende bufferegenskaper i kjemiske løsninger). Resipientens selvrensingsevne kan altså betraktes som en fornybar ressurs som utnyttes til nedbryting av utslippsmateriale fra produktsystemer. Vurdering av resipient-ressursens kapasitet bør relateres til hvilken anvendelse denne ressursen har.

Disse tre typer ressurser kan kalles for naturressurser. De to første gis verdi hovedsakelig på grunn av den mengde som er tilgjengelig (kvantitet), mens resipienten gis verdi etter hvilken kvalitet den har. Det er ikke mengden enkeltbestanddeler i et økosystem som gir dette systemet verdi, men derimot samspillet mellom disse og den funksjonen de til sammen yter (Kiushi 1997).

Hva er den beste måten å utnytte disse ressursene på? Det er ønskelig å minimere tilførsel av ressurser fra omgivelsene til å drive sløyfen rundt. Når disse ressursene imidlertid først er innlemmet i det økonomiske systemet (teknosfæren), må de utnyttes best mulig. Lukking av strømmene vil således redusere behovet for uttak av ressurser siden gjenvinning på en måte "forny" de ressursene som allerede er i systemet. Produktsystemet i Figur 9 er illustrert med et gjenvinningsledd, betegnet fase 4, og viser dermed et system med potensielt lukkede strømmer. Ettersom det alltid vil være et visst ressursforbruk for å gjennomføre gjenvinningen, vil det således alltid foretas en avveining (trade-off) mellom ressurser som kreves for å drive gjenvinningen i et produktsystem, og ressurser som spares ved faktisk å gjennomføre gjenvinningen⁶. Sekundær effektene av å gjennomføre en bestemt handling, må også med i regnestykket.

Her er det på sin plass å utdype industriell økologi som en måte å tenke på for å forbedre interaksjonen mellom naturen og teknosfæren.

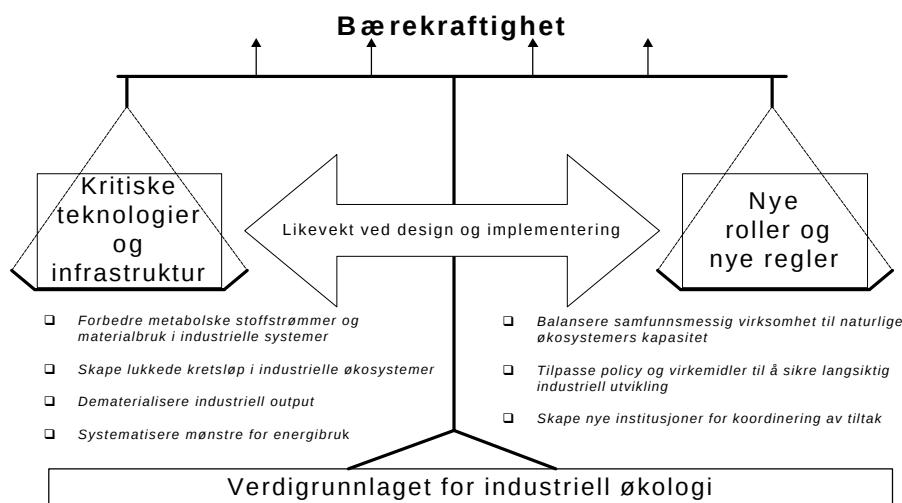
3.5 Industriell økologi – en måte å tenke for å bedre interaksjonen

Som en respons på forutsetningen om at Jorden har begrensede ressurser, er industriell økologi introdusert som et konsept, eller tenkemåte, som på en

⁶ For en diskusjon om det termodynamisk eller økonomisk sett er ønskelig med 100 % gjenvinning, se Georgescu-Rougen (1971) og Ayers og Ayres (1996)

helhetlig måte forsøker å svare på *hvordan* utfordringen om bærekraftighet skal møtes.⁷

Bærekraftighet krever riktig forvaltning av alle de tre typene ressurser nevnt over. De seneste årene fremstår industriell økologi som en mulig tilnærming til dette kravet. Industriell økologi som konsept henter inspirasjon fra det kanskje mest perfekte systemet som vi kjenner til, nemlig det naturlige økosystemet. Formålet er å kunne forme det industrielle samfunnet, bestående av næringsliv, myndigheter, forbrukere osv., etter de samme prinsippene som gjelder i naturen; interaksjon og samhandling, tilbakekoblingsmekanismer og dynamikk, solen som energikilde og intet avfall. Tankesettet som er bygget opp rundt disse prinsippene kalles industriell økologi. Ehrenfeld (1995) gjør en innholdsmessig todeling av industriell økologi: i) kritiske teknologier og infrastruktur⁸ og ii) nye roller og regler⁹. Dette er vist i Figur 15 nedenfor.



Figur 15: Industriell økologi; Behovet for likevekt mellom teknologisk og institusjonell forbedring

I den førstnevnte gruppen finnes elementer som beskriver de kritiske elementene utfra et teknologisk/fysisk perspektiv, som en idealtilstand der det

⁷ Industriell økologi er fortolket på mange måter. Noen mener det er synonymt med industriell metabolisme (Ayres 1999), mens andre igjen mener at industriell økologi konseptet har en iboende endringskraft (industrial transformation) som gjør det mer enn til et beskrivende konsept om dagens tilstand i et system.

⁸ Kritiske teknologier og infrastruktur inneholder elementene "forbedre metabolske stoffstrømmer og materialbruk i industrielle systemer", "skape lukkede kretsløp i industrielle økosystemer", "dematerialisere industrielle produkter" og "systematisere mønstre for energibruk"

⁹ Nye roller og regler inneholder elementene "balansere industriell ressursforbruk til naturlige økosystemers kapasitet", "tilpasse strategier til å stemme med langsiktig industriell utvikling" og "skape nye tiltaks-koordinerende strukturer"

industrielle systemet er mest mulig lik det naturlige økosystemet. Den andre gruppen er nødvendig for at det industrielle samfunnet skal kunne implementere dette. Til forskjell fra de naturlige økosystemer, som er selvregulerende, består det industrielle samfunn av aktører med ulike interesser og behov. Det trengs derfor både en aksept hos ulike aktører og en utforming av nye roller og nye regler som er konsistent med økologiske prinsipper og bærekraftighet. Til dette trengs strategier og virkemidler for å få gjennomført ønsket endring.

Ehrenfeld understreker at det må være en balanse mellom disse to gruppene. Etablering av sosiale institusjoner og rammevilkår som er bærekraftige, er like viktig som design av produkter og produksjonssystemer. Tilsvarende har Erkman (1997) kategorisert industriell økologi i to: i) industriell metabolisme og ii) industriell transformasjon. Både Ehrenfeld og Erkman hevder dermed behovet for endring.

Industriell økologi benytter naturlige økosystemer som modell for hvordan man kan designe og redesigne industrielle produkter, prosesser og infrastruktur. I kraft av å være et viktig prinsipp i - og kjennetegn ved - naturlige økosystemer, spiller lukkede materialsøyfer en sentral rolle også innen konseptet industriell økologi. Som nevnt tidligere, har litteratur innen fagområdet industriell økologi vært betydelig fokusert nettopp på kretsløp og lukking av material og energisøyfer, men den begrenser seg stort sett til å påpeke *behovet* for å gjennomføre en slik strategi (Ayres 1989, Frosch 1994, Ehrenfeld 1995). Som blant annet Erkmann (1997) poengterer, innbefatter imidlertid industriell økologi ikke bare industriell metabolisme, men også de endringsprosessene som er nødvendige for å kunne bevege seg i retning bærekraftighet.

Denne korte fremstillingen av industriell økologi viser en tydelig forbindelse mellom naturlige økosystemer og samfunnets økosystemer. De "naturgitte" ressursene må sees i sammenheng med samfunnets bruk av disse ressursene. Hvilken verdi som settes på ressursene, blir dermed viktig.

4 PRODUKTER OG PRODUKTSYSTEMER

4.1 Innledning

I forrige kapittel beskrev vi den totale materialflyten i et geografisk avgrenset område sett under ett. Bulk materialer er imidlertid sjelden sluttprodukter hos forbruker, men må foredles videre for å kunne bli dette. Gullsmykker og sølvbestikk er eksempler der disse metallene må viderebehandles for å kunne bli sluttprodukter hos forbruker. I de aller fleste tilfellene er imidlertid produkter et resultat av at flere foredlede materialer settes sammen til komponenter som igjen settes sammen til et endelig produkt. I en Xerox kopimaskin er materialene plast, jern, kobber, glass osv. utgangspunkt for å produsere komponenter som rammeverk, elektronikk, glassplate, lyspære osv. Disse komponentene integreres så i det endelige produktet. I dette kapittelet skal vi se på hvordan materialflyten kan beskrives gjennom å betrakte produkter og produktsystemer, og hvordan vi på bakgrunn av dette kan identifisere ulike sløyfer.

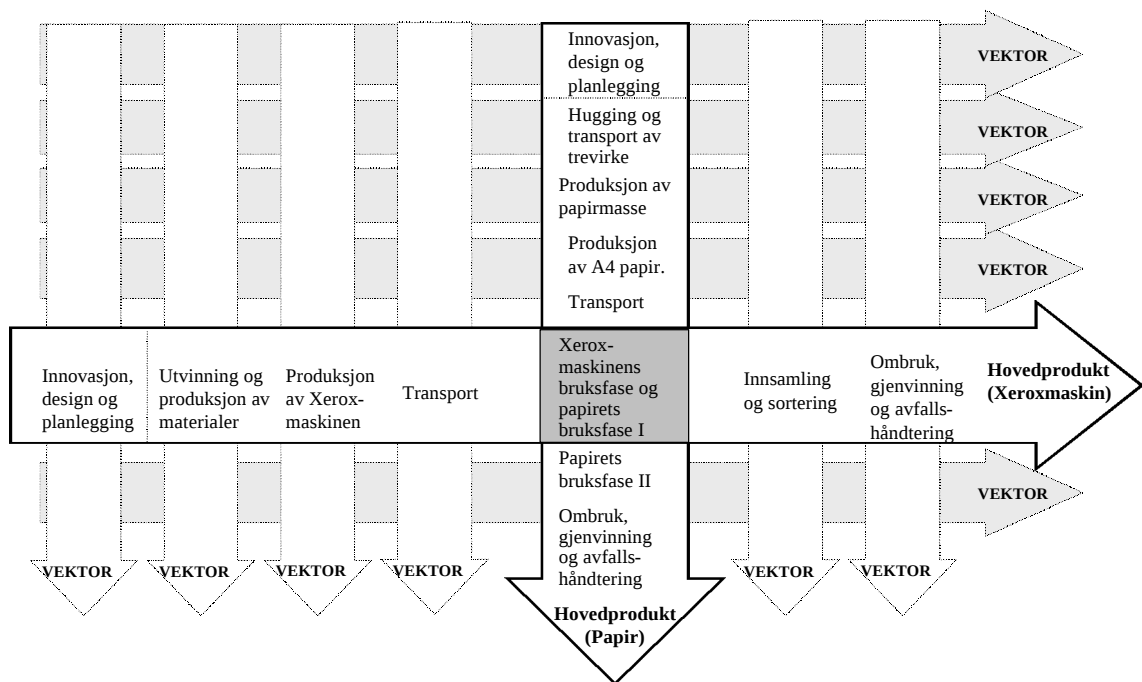
Produkter er designet og fremstilt for å utføre en funksjon og tilfredsstille et behov. Ved å fokusere på produkter og produktsystemer øker for det første bedre forståelsen av hva som skal håndteres i et gjenvinningssystem enn dersom vi kun ser på materialflyten. For det andre rettes fokuset mot funksjonen som produktet skal utføre, noe som gjør at en i designfasen av produktet kan ta inn hensyn til at produktet ikke bare skal tilfredsstille et behov i bruksfasen, men også at det skal inngå i et gjenvinningssystem senere i livsløpet. Dette er økodesign med fokus på etterbruksfasen.

I kapittel 4.2 presenteres hvordan ulike produkter og produktsystemer er avhengig av hverandre for at produktene skal yte en bestemt funksjon (i bruksfasen). I kapittel 4.3 snakker vi om hvordan produkter og produktsystemer er avhengig av hverandre for at faktisk lukking av produktsløyfene skal oppnås. I kapittel 4.4 går vi nærmere inn på produktsløyfer og til slutt i kapittel 4.5 på prosessløyfer.

4.2 Integrasjon av produktsystemer i produksjons- og bruksfasen

Et produkts livsløp består av flere faser. I produksjonsfasen foregår fremstilling av både materialer, komponenter og selve produktet, samt transport mellom disse leddene og ut til salgssted. I bruksfasen yter produktet den funksjonen som den er tiltenkt. I etterbruksfasen håndteres produktet (og

materialer og komponenter) etter at den funksjonelle levetiden er over. Et produkt ”drives framover” i sitt livsløp av andre produkter og prosesser¹⁰. For at et produkt skal kunne fungere i bruksfasen, er det altså avhengig av andre produkter og prosesser både på veien fram til og i bruksfasen. Dersom vi betrakter Xerox maskinens bruksfase, ser vi at denne fasen er avhengig av papir for å få et håndfast dokument, av elektrisitet for å drive maskinen og av toner for at det skal komme trykk på papiret¹¹. I Figur 16 under er det vist hvordan livsløpene til produktene A4-papir og Xerox kopimaskin krysser hverandre i begge bruksfaser. Tilsvarende krysser andre produkters livsløp andre steder på kopimaskinens livsløp, betegnet med de vertikale vektorpilene. Disse er omtalt som vektorer ettersom det for eksempel i fasen ”Produksjon av Xerox-maskin” er mange produkter som bidrar til at denne fasen kan gjennomføres, jamfør Tabell 1 nedenfor.



Figur 16: Xerox-maskinens og A4-papirs produktsystemer

Hovedproduktet (Xerox kopimaskin) og de produktene og faktorene som alle bidrar til at hovedproduktet fyller sin funksjon, kan kalles et produktsystem

¹⁰ Dette er analogt til hva som skjer i et prosessanlegg under fremstillingen av eksempelvis et kjemisk produkt.

¹¹ Tilsvarende kan det sies om andre produkter; Biler krever veier, et fjernsyn krever TV-programmer og infrastruktur for overføring av signaler og en stiftmaskin krever stifter osv.

(Lindhqvist 2000). Ethvert produkt kan derfor sies å ha sitt eget produktsystem, og i samfunnet er produktsystemer integrert i nettverk som illustrert i Figur 16. Økonomer benytter kryssløpsanalyser for å vise dette nettverket og denne avhengigheten. Som vist i kapittel 2, kan hovedproduktet i produktsystemet eksistere innenfor et geografisk område (Xerox-maskinen), eller så kan hovedproduktene være av større geografisk omfang (infrastruktur som veinett, jernbane, tele- og kommunikasjonssystemer og systemer for energiforsyning er eksempler på dette). Uansett hvor lite hovedproduktet er vil det imidlertid alltid være avhengig av produkter av større geografisk omfang. Dette er vist i Tabell 1 nedenfor.

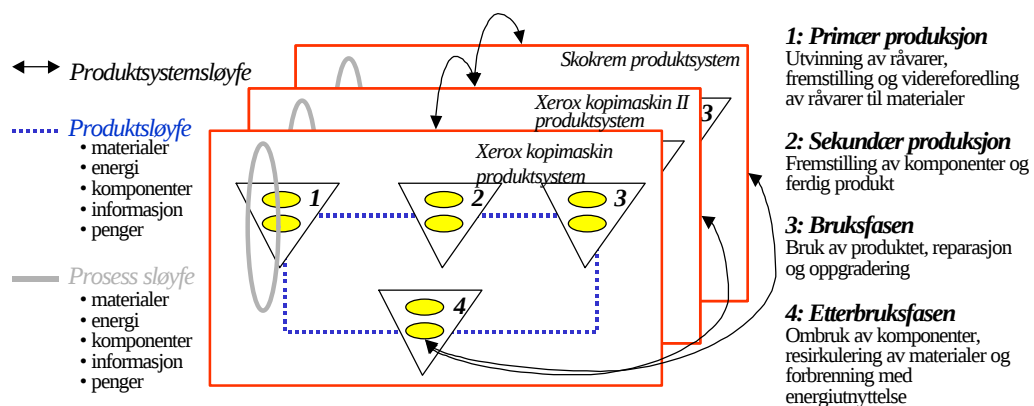
Tabell 1: Hva Xerox kopimaskin er avhengig av for å yte tilfredsstillende funksjon

Livsløpet til Xerox kopimaskin	En kopimaskin er avhengig av	Som igjen er avhengig av	Som igjen er avhengig av	Som igjen er avhengig av
Innovasjon, design og planlegging	Ideer, lokaler, testutstyr,	Bygningsmaterialer, materialer til testutstyr, transport av testutstyr	Transport, produksjon av bygningsmaterialer	Utstyr for produksjon av bygningsmaterialer
Utvinning og produksjon av materialer	Oljeproduksjon	Oljerigger	Produksjon av oljerigger,	Betong, sement, armeringsjern
Produksjon av Xerox-maskinen	Plastkomponenter, elektronikk	Videreforedling av metaller til komp.	Produksjon av bulkmetaller	Utvinning av metall
Transport	Lastebiler	Bensin	Raffineri	Oljeproduksjon
Bruksfase	Papir	Papirfabrikk	Elektrisitet	Strømproduksjon
Innsamling og sortering	Sorteringsteknologi	Sorteringsmaskiner	Produksjon av sorteringsmaskiner	Materialer til sorteringsmaskiner
Ombruk, gjenvinning og avfallshåndtering	Oppgraderingsteknologi	Kunnskap	Utdanning	Skolebygg

4.3 Integrasjon av produktsystemer i etterbruksfasen

Ved opprettelse av lukkede sløyfer, skjer en integrasjon av flere produktsystemer i etterbruksfasen. En Tomra maskin håndterer (i sin bruksfase) drikkevareemballasje i dennes etterbruksfase. Hensikten er å la drikkevareemballasjen inngå i et system for gjenvinning (lukking av sløyfer), og her er altså Tomra-maskinen en viktig teknologisk innretning for å oppnå dette. Tomra-maskinen kan selv, når dens bruksfase er over, inngå i et tilsvarende gjenvinningssystem.

Integrasjon av produktsystemer med fokus på etterbruksfasen er vist i Figur 17 under. Figuren viser flere produktsystemer, med en type Xerox-maskin, en annen type Xerox-maskin og skokrem som hovedprodukter. Som nevnt i innledningen, kan en Xerox maskin, når dens levetid er over, bli demontert og noen av komponentene kan benyttes på nytt enten i den samme type kopimaskin eller i andre typer kopimaskiner som Xerox produserer. Toneren, som er forbruksvare i kopimaskinens bruksfase, kan benyttes i et annet produktsystem, eksempelvis som fargestoff i sort skokrem. Det er slik sett en integrasjon mellom flere produktsystemer, og oppholdstiden til materialene som komponentene laget av, blir lenger i det økonomiske systemet¹².



Figur 17: Ulike sløyfer i flere produktsystem

Dersom vi går nærmere inn på Figur 17 ser vi at hovedproduktet (Xerox kopimaskin) danner en produktsløyfe som inkluderer alle fasene i produktets livsløp (1, 2, 3 og 4 i figuren). En snever definisjon av en produktsløyfe kan derfor sies å være at materialer og komponenter holder seg innenfor det samme produktsystemet. Prosessene i produktsystemet danner prosessløyfer. Prosessløyferne opererer innenfor samme geografisk området eller innenfor samme fase av et produkts livsløp. I både produkt- og prosessløyferne er det strømmer av materialer, komponenter, energi, penger og informasjon. Figur 17 viser også at flere produktsystem kan være forbundet med hverandre gjennom at enten produkt- eller prosessløyferne er integrerte. Vi får da et nettverk av sløyfer, og dette er hva Hanssen (1998b) kaller et industriell økologi nettverk (produktsystemsløyfer). Dette representerer en utvidet definisjon av produktsløyfer, nemlig at materialer og komponenter ikke må

¹² Dette er analogt til integrasjon av ulike prosess strømmer som er i geografisk nærhet til hverandre, og som integreres i såkalte økoparker (Ehrenfeld og Gertler 1997) for å utnytte ressursene bedre.

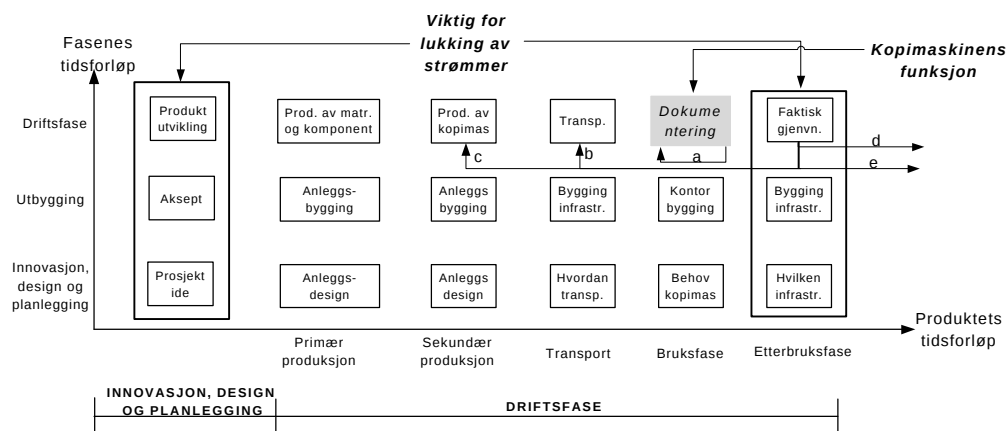
holde seg innenfor samme produktsystem, men at de må holde seg innenfor økonomien (teknosfæren)

I Figur 17 ovenfor forutsettes det at de ulike produktsystemene eksisterer. Det er med andre ord den operative driftsfasen som er beskrevet. Det er imidlertid ikke nødvendigvis slik at alle prosesser allerede er utviklet og bygget. Dette er særlig gjeldende for prosesser, hjelpeprodukter og infrastruktur for gjenvinning. Derfor er det helt nødvendig å understreke behovet for å planlegge, designe og bygge ut, på tilsvarende måte som vi må gjøre med hovedproduktet, slik at det legges til rette for at hovedproduktet eksempelvis kan gjenvinnes. Dette kan sees på som prosessdesign. Det er helt nødvendig at både produktdesign og prosessdesign gjennomføres, og at de sees i sammenheng.

Figur 18 nedenfor viser, med en Xerox kopimaskin som eksempel, at både hovedprodukt og prosesser i dennes livsløp har en planleggings/design fase, en utbyggingsfase og en driftsfase. Disse ulike fasene må være integrert for at produktsystemet som helhet skal fungere som det skal. For at produksjonen av kopimaskinen skal være mulig, må det være bygget produksjonsanlegg for dette, og for å bygge produksjonsanlegg må det være planlagt og designet hvordan dette skal gjøres. Det er også verdt å legge merke til i figuren at alle prosessene som er tegnet inn, er etablert for at produktets funksjon skal utføres, og at i hver av boksene er det både produkt- og prosessløyfer med tilhørende organisasjon, infrastruktur og institusjoner. Den drivende kraften er at funksjonen "dokumentasjon" er etterspurt. Ulike strategier og handlinger må velges i de ulike prosessene for at funksjonen skal oppfylles. Tilsvarende er det viktig at det er etablert en infrastruktur og et system for hvordan Xerox-maskinen skal håndteres etter at den er ferdig med sin "egentlige" funksjon, nemlig å dokumentere. Dette er vist i den vertikale firkanten lengst til høyre. I mange tilfeller er innovasjonen og utbyggingen fram til bruksfasen allerede gjennomført. I de fleste tilfeller der det ikke eksisterer en sløyfe, kommer dette av at det ikke eksisterer et faktisk gjenvinningssystem, og da har det heller ikke vært gjennomført hverken design eller utbygging. Xerox har gjort dette, mens de fleste andre bedrifter har det ikke.¹³

¹³ Det er i denne sammenhengen forlenget produsentansvar er introdusert for nettopp å opprette dette.

Produkter og produktsystemer



Figur 18: Ulike faser i planlegging, utbygging og drift av et produktsystem

Et produkts eksistensberettigelse avhenger om det klarer å dekke det behovet det er ment å tilfredsstille. Mest nærliggende er å se på Xerox-maskinens funksjon som å "dokumentere gjennom å kopiere". I et videre perspektiv kan vi imidlertid også si at Xerox-maskinen skal bidra til at mennesker får tilgang på informasjon og kunnskap på en enkel måte. Det kan altså skilles mellom en indre og en ytre funksjon som ikke nødvendigvis er motstridende. For å kunne finne de miljømessig beste løsningene er det nødvendig å kunne se på begge.

Vi har hittil beskrevet produktsystemsløyfer. I de to neste kapitlene vil vi gå nærmere inn på to andre typer sløyfer, nemlig produktsløyfer og prosesssløyfer. Produktsløyfer dannes når vi oppnår en lukket strøm ved å følge produktet gjennom hele dets livsløp og over i nye livsløp uten at materialene som produktet består av, forlater økonomien. Eksempelvis oppnås en produktsløyfe for Xerox-maskinen når komponenter fra en maskin benyttes i en ny maskin (komponenten kommer tilbake til en fase den tidligere har vært i et annet produkt). En prosesssløyfe, derimot, etableres når avfall fra en prosess benyttes i den samme eller andre prosesser. Det vil for eksempel oppstå en prosesssløyfe når kjølevannet fra produksjonen av aluminium som skal brukes i en av Xerox kopimaskin, benyttes til å varme opp bygninger.

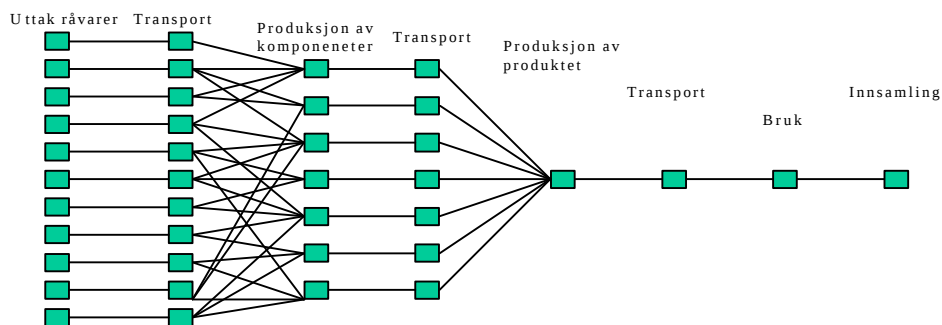
4.4 Produktsløyfer

En snever definisjon av produktsløyfer er at materialene eller komponentene skal benyttes om igjen i det samme type produkt som det opprinnelig var i. Dette omtales som "closed loop recycling". Som vi har vist foran, er det imidlertid nødvendig å se på hvordan materialer og komponenter kan benyttes i andre typer produkter også. På denne måten blir beskrivelsen av en

produktsløyfe i større grad rettet mot hvilke veier materialene og komponentene tar i og mellom forskjellige produktsystemer. Dette er "open-loop recycling". Utfordringen blir dermed å finne de beste veiene for et materiale, en komponent eller et produkt å gå for at dette skal være miljømessig optimalt.

4.4.1 Materielle sløyfer

Figur 19 nedenfor viser de første fasene i et produkts livsløp. Oppholdstiden for et produkt i bruksfasen er avgjørende for hvor lenge de ulike materialene er i økonomien. Plastmateriale i bæreposer har en levetid i bruksfasen på anslagsvis en måned, mens plast benyttet i bygningsmasser har levetid på flere tiår. Alt materiale som tilføres teknosfæren vil før eller siden forlate det som avfall og gå inn i naturen. For å bedre ressursutnyttelsen før materiale igjen tilføres biosfæren, er forlenget levetid, ikke bare til produktet, men også til materiale gjennom resirkulering, en nyttig strategi. Hensikten med resirkulering er å etablere økonomisk aktiviteter som holder materialene og produktene lenger i det økonomiske systemet, og å gjøre utslippet fra det økonomiske systemet så skånsom som mulig når det først blir avfall.



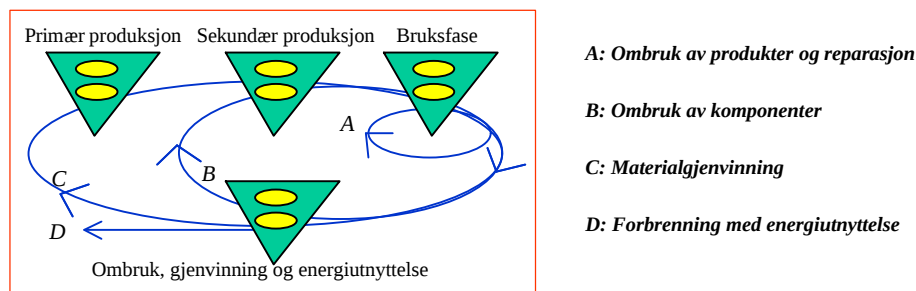
Figur 19: De første fasene i en produktsløyfe

Det kritiske startpunktet for faktisk opprettelse av produktsløyfer er når et produkt ikke lenger er i bruk eller ikke lenger er nyttig for eieren av produktet. Vedkommende står da overfor flere alternativer til hva som kan skje med produktet, og det er her selve lukkingen av sløyfen kan skje. Som nevnt over, finnes det for flere produkter allerede gjenvinningssystemer som kan ta seg av disse på en god og miljøriktig måte. Det er imidlertid viktig å være klar over at en gjennom produktdesign og prosessdesign kan legge til rette for at lukkingen av sløyfen skal skje mest mulig hensiktsmessig.

Lukking av produktsløyfen kan redusere miljøkonsekvensene av fast avfall, samtidig som miljøkonsekvensene fra utslipp til luft og vann isolert sett

øker. Forbrenning av avfall er det mest opplagte eksempelet på dette. Dersom man forbrenner avfallet med energiutnyttelse, vil det fortsatt være reduserte mengder av fast avfall og økte mengder av utslipp til luft, men samtidig vil utslipp til luft også kunne reduseres som en konsekvens av at det slippes ut mindre til luft grunnet redusert behov for energiproduksjon¹⁴. Det vil således alltid være en avveining mellom gevinster og kostnader som ligger til grunn for hva en faktisk skal gjøre. Her skal vi se litt nærmere på *hvilke* alternative veivalg en kan gjøre for produktet når det er hos sluttbruker og det ikke lenger fungerer som det skal.

Å etablere produktsløyer innebærer å hindre at materialer eller produkter ender på deponi (og deretter ut i naturen), men isteden sørge for at dette gjenvinnes og anvendes i ny produksjon der materialer, komponenter, produkter og energi erstatter jomfruelig ressurser. Figur 20 nedenfor viser en oversikt over hvilke alternative veivalg som finnes innenfor kategorien produktsløyer: A) Ombruk av produkter, reparasjon og oppgradering, B) ombruk av komponenter, C) materialgjenvinning og D) forbrenning med energiutnyttelse.



Figur 20: Ulike gjenvinningsalternativer for lukking av produktkretsløp

I tillegg til disse alternativene finnes ytterligere to mulige veier å gå for et produkt etter endt levetid. Den første er, som nevnt tidligere i dette kapittelet, til andre produktsystemer, og den andre er til deponi. Hvilke strategier som skal velges, og på hvilket grunnlag dette skal skje, avhenger av hvilket produkt, produktgruppe med tilhørende materialer og komponenter som det er snakk om. Igjen vil vi bruke Xerox-maskinen som et eksempel på hvilke alternative veier (og behandlingsmåter) som er aktuelle for et produkt å følge etter at eieren av produktet ikke lenger har bruk for det.

Bruksfasen: Oppgradering, reparasjon og ombruk

Alt som gjøres av strategier i bruksfasen bidrar til å forlenge levetiden til produktet. Dette kan enten være gjennom oppgradering, reparasjon eller ombruk. Dette vises som alternativ A i Figur 20 over. For en kopimaskin sin del kan oppgradering av programvaren være et tiltak som forlenger levetiden

¹⁴ Dette forutsetter et perfekt marked der tilbud og etterspørsel alltid er i balanse.

og øker funksjonaliteten til produktet, eksempelvis ved at kopimaskinen også blir en skriver, faksmaskin og scanner. Et tilsvarende eksempel kan være en bil som både må repareres, være på servise og kanskje oppdateres (eksempelvis med ny katalysator eller nye vinterdekk). For oss som brukere av en kopimaskin er reparasjon en velkjent strategi for å få maskinen til å yte den funksjonen som den skal. Servise kan også inkluderes i dette. Servise kan samtidig sees på som preventivt reparasjonsarbeid. Ombruk av hele produktet kan enten være at produktet brukes til den samme funksjonen eller at hele produktet får en ny anvendelse. Dersom en kopimaskin eller en bil skifter eier, kan det sies at levetiden til disse to produktene forlenges ved at det kommer til nytte for personer som har bruk for disse. Bruktbilmarkedet er stort og illustrerer at selv om det er noen som ikke har bruk for et produkt lenger, så er det andre som ser verdien i det. Vi kan si at den tekniske levetiden i disse tilfellene er lenger en den funksjonelle levetiden for enkeltpersonene. Bruk av bruskasser til å frakte leskedrikk og bruk av bestikk og tallerkener er også et eksempel på ombruk av produkter, selv om dette er iboende i hensikten til produktet at dette skal gjøres.

I etterbruksfasen I: Ombruk av komponenter

Strategi B i Figur 20 over omhandler ombruk av komponenter. Når servicefolkene ikke klarer eller ønsker å reparere kopimaskinen hos kunden, eller når kunden har behov for en maskin med andre/flere funksjoner, går kopimaskinene inn i Xerox' gjenvinningssystem. Gjenvinningssystemet defineres som all behandling av kopimaskinen som skjer etter bruksfasen, det vil si når kunden ikke lenger eier maskinen¹⁵. I figur 18 er dette boksen øverst til høyre, "Faktisk gjenvinning". I Figur 18 er det identifisert 4 ulike ruter som materialer og komponenter i produktet kan ta i etterbruksfasen. Dette er reparasjon (b), gjenbruk av komponenter i nye Xerox maskiner (c), gjenbruk av materialer i andre produkter som Xerox ikke produserer (d) og materialer og komponenter til deponi (e).

Det første som skjer med kopimaskinene når de kommer til Venray, er at de blir klassifisert etter kriterier bestemt av produksjonsenheten. Gamle maskiner som ikke produseres lenger, og som har komponenter som ikke lenger er i bruk, demonteres og alt går til materialgjenvinning slik at materialene kan gjenvinnes og inngå i andre produktsystemer. Resten går til deponi. Nye maskiner blir enten sendt til reparasjon eller til demontering for komponentgjenvinning. Det er mange maskiner som kommer til Venray for reparasjon, og som regel er det problemer knyttet til elektronikk eller software som servicefolkene i de enkelte land ikke kan løse.

¹⁵ Xerox tilbyr leasing, og i disse tilfellene eier Xerox maskinen hele tiden, og da blir tidspunktet som gjenvinningssystemet starter, når kunden ikke lenger besitter maskinen.

Produktene demonteres slik at det kun er rene komponenter og rene fraksjoner igjen. Disse vaskes, tørkes og kvalitetskontrolleres og dermed klargjort for bruk i nye produkter. Xerox stiller like krav til kvalitet på komponenter som er gjenvunnet, som til nye komponenter. Gjenvunnede komponenter holdes på lager tilsvarende nye komponenter.

I etterbruksfasen II: Materialgjenvinning

Materialgjenvinning, som er det samme som resirkulering, er vist i Figur 20 som strategi C. Gjenvinning, på engelsk "recovery", er fellesbetegnelsen for det som skjer med et produkt dersom det ikke havner på deponi, mens resirkulering blir bare benyttet om materialgjenvinning. Et materiale er resirkulert når det er benyttet i et nytt produkt. Således er et materiale ikke resirkulert dersom det ikke finnes avsetningsmarkeder for det. Kjemisk gjenvinning, der molekylstrukturene brytes ned og bygges opp igjen, er en annen mulighet for gjenvinning.

Dersom delkomponenter i Xerox kopimaskin i sin helhet ikke kan inngå i nye produkter, demonteres maskinene som ved komponentgjenvinning (helt rene fraksjoner) for materialgjenvinning. Metallet selges, glasset inngår i nye produkter (isolasjon og veier), toner inngår i skokrem, platen materialgjenvinnes, osv. Xerox materialgjenvinner lite selv, men selger i hovedsak materialene videre til bedrifter som gjør dette. Det er ikke noe problem å få avsetning for materialene og komponentene. Xerox har som mål at tilnærmet alle kopimaskinene som kommer til Venray, skal benyttes på nytt, enten som komponenter i nye Xerox maskiner eller som materialer i andre produkter. Det er ikke vært mulig å få vite hva slags materiale som utgjør de 5 % som går til deponi. Av forbruksvarene er det bare toneren som behandles videre av Xerox. Toneren blir benyttet i nye produkter, blant annet som fargestoff i skokrem. Toneren havner dermed ut i naturen igjen, men mindre konsentrert enn dersom tonerkassetten hadde blitt kastet, og samtidig erstatter man jomfruelig fargestoff. Dette kan sees på som en god sløyfe. Det er god økonomi i denne sløyfen, og det er heller ikke avsetningsproblemer for toneren.

Upcycling og downcycling er to mye brukte engelske ord knyttet til resirkulering, på norsk henholdsvis oppgradering og nedgradering. Hva som menes med dette, er avhengig av både systemdefinisjonen og hva man sammenligner med. Som utgangspunkt kan det sies at all form for behandling av et produkt eller materiale før og etter bruksfasen, kan sees på som oppgradering, sett i forhold til kvaliteten på produktet eller materiale før behandlingen. All resirkulering blir dermed oppgradering, og kan sammenlignes med oppstrømsaktivitetene som skjer ved foredling av jomfruelige råmaterialer til ferdig materialer eller produkt. Kvaliteten på resirkulert materiale sammenlignet med kvaliteten på jomfruelig materiale er imidlertid som regel lavere, og vi kan dermed hevde at det over materialets

livsløp har skjedd en nedgradering av materialkvaliteten. Definisjonen av kvalitet er imidlertid viktig, og kan defineres som "the capacity to perform various tasks at various degrees of difficulty". Dette betyr at jo flere "handlinger" et materiale kan utføre eller inngå i, jo høyere kvalitet har det. Som regel reflekteres dette også i prisen på materialet.

I etterbruksfasen III: Forbrenning med energiutnyttelse

Forbrenning med energiutnyttelse er en annen behandlingsform for avfall. I Xerox-maskinen kan eksempelvis plasten brennes og den indre energien i plastmaterialet kan frigjøres til å drive en turbin eller til å varme opp vann for fjernvarmeanlegg. Det som skjer når plasten brennes, er at det håndfaste materialet er tapt for alltid ved at det har gjennomgått en irreversibel prosess og blitt omdannet til en annen form, energi. Denne energien kan benyttes og utnyttes på mange måter der anvendelse av kaskadeprinsippet er vist å være det mest energieffektive.

Denne energien erstatter dermed annen energi, eksempelvis energi produsert fra vannkraftverk eller energi produsert fra kullkraftverk. Hva som erstattes, er helt avgjørende for miljøgevinsten ved å forbrenne.

Når er en produktsløyfe lukket?

Det er viktig å understreke at komponenter eller produkter fra et produkt eller produktsystem, ofte inngår i andre typer produkter og produktsystemer. Produkt- og komponentsløyfen kan ansees som lukket så sant produktet eller komponenten forblir tilgjengelig for, og faktisk benyttes til, fremtidige formål. Det som gjenvinnes, kan inngå i: en prosessløyfe (eksempelvis forbrenning av materialer med energiutnyttelse), den samme produktsløyfen ("closed loop recycling") eller i andre produktsløyfer (nettverk; "open-loop recycling").

En kan også spørre om "sløyfe" er det rette navnet på det en har når et materiale går fra å være i et produktsystem til et annet, ettersom en streng definisjon av sløyfer er "tilbake til utgangspunktet". Det kan imidlertid forsvares dersom vi ser på teknosfæren under ett, for da vil materialene gå i en lukket krets (sløyfe) så lenge det holder seg innenfor teknosfæren. Betydningen av lukkede sløyfer må i så måte forstås på et aggregert globalt nivå, jfr. kapittel 2.

4.4.2 Immaterielle sløyfer

Økonomisløyfer

Til enhver prosess i produktsystemet følger det en verdistrøm. Oppgradering av produktet fra utvinning av materialer, via primær og sekundær produksjon til endelig klargjøring av produktet for salg, øker markedsverdien av produktet. Når produktets funksjonelle levetid er over, og etterspørselen etter

produktet dermed opphører, reduseres markedsverdien til null¹⁶. Selv om markedsverdien er null, kan imidlertid produktet representere verdier for samfunnet (samfunnsøkonomisk verdi). Denne kan enten være positiv eller negativ. For eksempel kan produktet etter å ha havnet i deponi, representere en negativ verdi for noen i form av å være en kilde til forurensing. En oppgave blir da å utvikle systemer som hindrer at slike produkter akkumuleres på deponi. Dette kan oppnås ved å etablere infrastruktur for resirkulering og avsetningsmarkeder for resirkulert materiale. Produktet tilføres da en markedsverdi og blir økonomisk interessant for videre utnytting heller enn å havne på deponi. Slik lukkes verdistrømmen og de økonomiske sløyfer gjenopprettes. Det må imidlertid nevnes at ved all gjenvinning er det et ressursforbruk knyttet til innsamling, sortering og faktisk gjenvinning, og dette må tas med i regnestykket for hvilken gjenvinningsstrategi som bør velges.

Kommunikasjonssløyfer

En annen type sløyfe som vi ønsker å omtale i dette kapittelet, er kommunikasjonssløyfene, da det også er flyt av kunnskap og informasjon mellom aktørene.

Å forbedre de immaterielle sløyfene vil si at flyten av kunnskap og informasjon skjer på en slik måte at effekten av en handling samsvarer med formålet med handlingen¹⁷. Videre innebærer det også at både sender og mottaker oppfatter budskapet som formidles, på samme måte. For at det hele skal kunne betraktes som en sløyfe, må det også være en respons (feedback) fra mottaker tilbake til avsender.

Igjen vil vi benytte kopimaskin fra Xerox som eksempel. I utvikling og design av kopimaskinen legges det vekt på å tilfredsstille de funksjoner som andre aktører i kretsløpet setter krav om. I en miljøsammenheng kan dette være at kopimaskinen brukes på en miljømessig riktig måte, eller at den i etterbruksfasen kan resirkuleres. For at det potensialet som Xerox legger i sitt produkt på disse områdene, skal utnyttes mest mulig, er det viktig at det er tilfredsstillende kommunikasjon mellom Xerox og forbruker, mellom Xerox og bedrifter i etterbruksfasen og forsåvidt mellom forbrukere og bedrifter i etterbruksfasen. Hvordan kan kommunikasjonen og forståelsen mellom disse aktørene forbedres slik at produktsløyfene kan lukkes? På denne måten blir de kommunikasjonssløyfene et *virkemiddel* for å oppnå lukkede produktstrømmer.

¹⁶ Dette til forskjell fra situasjonen i mange fattige land. Der er det etterspørsel etter slik EoL-produkter, eksempelvis på søppelfyllinger, fordi fattige mennesker kan tjene penger på å sortere og levere produkter til gjenvinning. Disse menneskene er på mange måter samfunnets "resirkulerere" som dermed bidrar til å lukke sløyfene.

¹⁷ Korresponderer til "effectiveness"

4.5 Prosess sløyfer

Som nevnt over, består et livsløp av flere prosesser/faser (1, 2, 3 og 4 i Figur 17) som hver og en "driver" produktet fremover i livsløpet. I hver prosess er det forbruk av materialer og energi som benyttes til å foredle produktet, og på denne måten øke produktets verdi. De material-, komponent- og energistrømmene som finnes i hver prosess/fase, utgjør materielle prosesssløyfer. Selve produksjon av Xerox kopimaskiner en slik prosess. Lukking av prosesssløyfer innebærer at kvantiteten og kvaliteten i material- og energistrømmene i størst mulig grad utnyttes, slik at utslipp til jord, vann og luft, samt energiforbruket, minimeres. Det vil imidlertid alltid være utslipp i en eller annen form fra enhver prosess og fase.

Som nevnt i kapittel 1, er det å redusere lekkasje fra produktsløyfen i etterbruksfasen viktig for å lukke denne sløyfen. Dette kan oppnås ved i størst mulig grad å lukke prosesssløyfene i etterbruksfasen. Hydro Aluminium Holmestrand som produserer aluminium fra skrap, har en strategi som innebærer å lukke de interne strømmene på anlegget og dermed sørge for at mest mulig av skrap aluminiumet som kommer inn til Holmestrand også forlater det i en foredlet form (Kjeldsen, 2000). Konklusjonen er at å lukke prosesssløyfen i etterbruksfasen vil redusere lekkasjen fra produktsløyfen og dermed bidra til å lukke denne sløyfen.

Historisk sett har det vært stort fokus på prosesssløyfer og prosessstilnærming. Basert på dette finnes strategier, eksempelvis renere produksjon og "null-utslipp", som skal redusere utslipp og ressursforbruk i selve produksjonsfasen. Prosesssløyfer kan også eksistere innenfor et begrenset geografisk område, for eksempel NTNU, Trondheim kommune, i en bedrift (integreerte prosessenheter som for eksempel Statoils oljeraffineri på Mongstad) eller en samling bedrifter (industriparker ala Kalundborg). I det siste eksempelet foregår en utveksling av materialer og energi mellom ulike prosesssløyfer ved at biprodukter eller avfall fra en prosess blir føde eller råstoff i en annen prosess. Dette innebærer at det ikke nødvendigvis er en fordel å designe et anlegg slik at det produserer minst mulig biprodukter, så fremt disse biproduktene kan anvendes i en andre prosesser. (Ehrenfeld og Gertler 1997). Erfaringer fra Tjeldbergodden på Nord-Møre viser nettopp dette. Metanolanlegget er så optimalisert at det ikke er mye avfallsstrømmer å utnytte for andre bedrifter.

Selv om det er ønskelig å kunne lukke så mange strømmer som mulig, er det i mange tilfeller faktisk ikke mulig. Et godt eksempel er utslipp av materiale som resultat av bruken av et produkt. Under bilkjøring vil gummi (og metall når piggdekk brukes) slites av under bruk, og dette er "utslipp" som er umulig å samle opp eller å resirkulere. Tilsvarende vil eksempelvis skokrem alltid slites av ved bruk av sko, og skismøring vil slites på skiturer.

Dette materiale er dermed spredd i naturen og ikke mulig å samle opp og holde i økonomien.

5 KREFTER, AKTØRER OG DYNAMIKK

5.1 Innledning

I de to foregående kapitlene har vi beskrevet materialflyten i samfunnet fra to ulike perspektiver, et materialperspektiv og et produktperspektiv. Det ble tegnet opp et bilde av materialer som foredles til å inngå i komponenter og senere i produkter som igjen skal oppfylle en bestemt funksjon. I dette kapitlet skal vi ta for oss hvilke krefter som påvirker disse ulike fasene og hvilke krefter som er iboende i systemet som helhet, og som dermed til sammen er med på å bestemme hvilken vei produktet følger gjennom livsløpet. Hva er det eksempelvis som avgjør at en Xerox maskin blir gjenvunnet, mens kopimaskiner fra andre produsenter ikke blir det?

Vi vil i det følgende skille mellom tre kategorier av krefter: i) naturkrefter, ii) strukturelle krefter og iii) enkeltaktørers krefter som bidrar til å endre de strukturelle kreftene. Alle disse kreftene er med på å bestemme dynamikken i det systemet som vi studerer.

5.2 Naturkrefter

De kreftene som finnes i naturen er bestemmende for våre menneskelige aktiviteter. Vi kan skille mellom kjemiske (termodynamikk), fysiske (gravitasjon og friksjon) og biologiske (drifter og fotosyntese) krefter. Teknologer og ingeniører benytter lover om disse kreftene i arbeidet med å bygge produkter, prosessanlegg, infrastruktur og lignende. Produksjon av aluminium og plast for bruk i Xerox kopimaskin baserer seg på dette gjennom henholdsvis elektrolyseprosesser (utnytter de kjemiske ladningene i aluminiumatomene) og destillasjon (utnytter organiske komponenters forskjellige kokepunkt).

5.3 Strukturelle krefter i samfunnet

De strukturelle kreftene har oppstått som en konsekvens av tidligere beslutninger og handlinger foretatt av aktørene i samfunnet. Gjennom fysiske, politiske, økonomiske og kulturelle strukturer oppstår det krefter som virker bestemmende på handlingsrommet som aktører har, og som både direkte og indirekte virker på Xerox-systemet.

De fysiske kreftene oppstår som følge av et systems fysiske struktur. Typiske fysiske strukturer er energisystemer, vann- og avløpssystemer, transportsystemer, kommunikasjonssystemer og bygninger, det vil si alt som er "langlivede" produkter der materialer er konserverte. For gjenvinning av Xerox kopimaskin er man for eksempel avhengig av en infrastruktur for transport som faktisk gjør det mulig å samle inn maskinene. Måten dette transportsystemet er organisert (strukturet) på, kan enten være til hinder for eller stimulere til effektiv innsamling¹⁸. Denne strukturen er "fast" og kan derfor sies å utgjøre en konserverende kraft. Energiforsyningssystemet i Norge er basert på overføring av elektrisitet over lange distanser. Den konserverende kraften som ligger i strukturen i energiforsyningssystemet, er såpass sterk at det å få etablert et desentralisert energisystem basert på vannbåren varme, krever store omstruktureringer og er dermed vanskelig. Vi har det vi kan kalle for teknologiske innelukkinger. Disse fysiske strukturenes fleksibilitet avgjør hvor lett det er å gjøre endringer. I den enkelte bedrift kan eksempelvis eksisterende teknologi (materialkvalitet, produktkvalitet, produksjonskvalitet) i industrielle prosesser regnes innenfor denne type strukturelle krefter.

Det er imidlertid ikke bare de fysiske strukturene som er bestemmende for om et produkt blir gjenvunnet eller ikke. De politiske strukturene har også stor betydning. Innenfor de politiske strukturene finner vi først og fremst lover og reguleringer, som Storting og Regjering benytter for å styre samfunnet i en retning som de ønsker. Skatter og avgifter kan inkluderes under dette, og det samme må forlenget produsentansvar og forhandlede avtaler. De til enhver tid gjeldende lover og regler kan regnes å utgjøre lovstrukturen i et land. Når det gjelder gjenvinning og opprettelse av lukkede kretsløp, er for eksempel sluttbehandlingsavgiften, som ble opprettet i Norge i 1999, med på å styre produktstrømmen vekk fra deponi og til gjenvinning. Videre vil en generell materialavgift på alle jomfruelige materialer som utvinnes gjøre det mer attraktivt, det vil si mer økonomisk, for mange aktører å benytte gjenvunnet framfor jomfruelig materiale. I et slikt perspektiv må lønnsomhetsbegrepet forstås som en konsekvens av de økonomiske, lovmessige og fysiske rammebetingelsene som til enhver tid gjelder. Forlenget produsentansvar som en miljøpolitisk strategi er med på å stimulere næringslivet til å opprette gjenvinningssystemer, det vil si fysiske strukturer, for å gjøre gjenvinning mulig. Norske myndigheters forskrift om innsamling av elektriske og elektroniske produkter og avtale med importører og produsenter av slike produkter, er et eksempel på dette (MD 1998a,b). En Xerox kopimaskin kan nå enten inngå i dette nye systemet eller i Xerox' eget innsamlings- og gjenvinningssystem.

¹⁸ Ønsket om effektiv transport i Norge kan sies å være hovedargumentet for å bygge broer og tunneler der det tidligere har vært fergeforbindelse eller svingete veier.

Det er mange som hevder at den frie markedsøkonomien i seg selv består av strukturelle krefter. Dette er ofte referert til som "markedets usynlige hånd" og innebærer at det økonomiske systemet har en egendynamikk som "lever sitt eget liv". Xerox kopimaskin er opplagt en del av dette systemet.

I et samfunn er det også sterke kulturelle krefter. Foruten tradisjonelle kulturelementer som kunst, musikk og teater regnes her også religion, vitenskap, utdanning og media innenfor kulturbegrepet. Generelt kan det sies at disse kreftene kan ha sin basis i enten tradisjoner eller trender. Det vestlige samfunnet har lenge hatt, og har så absolutt fortsatt, en tradisjon på å kaste forbruksvarer etter at det ikke var behov for varene mer. Nå er det imidlertid en trend, særlig blant de unge som ikke har blitt så sosialisert inn i den før nevnte tradisjonen, at forbruksvarer skal ombrukes og gjenvinnes, og husholdningsavfall skal kildesorteres og gjenvinnes. Dette er eksempler på at det som er sosialt akseptert i et samfunn, er svært styrende for eksempelvis et produkt blir gjenvunnet eller ikke. Det handler om våre daglige rutiner og vaner. Disse kulturelle kreftene utgjør "usynlige" strukturer i samfunnet og er svært bestemmende for aktørers handlingsrom.

De strukturelle kreftene kan altså både være drivkrefter og barrierer for handling. Dersom vi ser det som er til hinder for handling, kan dette deles inn i teknologiske, økonomiske, organisatorisk, institusjonelle, juridiske og infrastrukturelle barrierer. Alle disse barrierene kan eksistere på ulike nivåer (internasjonalt nivå, nasjonalt nivå og bedriftsnivå), jamfør kapittel 2.

5.4 Aktørers beslutninger, handlinger og drivkrefter

5.4.1 Innledning

Hittil har vi snakket om naturkrefter og strukturelle krefter som kan kalles for statiske krefter. Ethvert system er imidlertid mer eller mindre dynamisk, og dette kommer hovedsakelig av ulike aktørers beslutninger og handlinger. Aktørers beslutninger og handlinger kan enten gjøres gjennom å endre strukturene som beskrevet over (radikalt), eller å foreta handlinger innenfor de gitte strukturer (inkrementelt). Aktørene i denne sammenhengen kan være både enkeltindivider (privatpersoner), bedrifter, frivillige organisasjoner og myndigheter. Alle disse aktørene har et mer eller mindre veldefinert mål, eller funksjon, og denne funksjonen skal oppfylles best mulig gjennom de beslutninger som tas av enkeltpersonene i organisasjonen eller av organisasjonen som helhet. Disse beslutningene vil så igjen kunne påvirke strukturen i de systemene og kreftene som nevnt over. Vi oppnår dermed et dynamisk system der samspillet mellom ulike aktører og deres beslutninger fører til stadige endringer i systemet. Spørsmålet blir dermed, igjen, hvordan

disse kreftene som er beskrevet over, kan samkjøres og benyttes for å oppnå lukkede kretsløp.

5.4.2 *Privatpersoner*

Privatpersoners beslutninger og handlinger er et produkt av mange faktorer. Først og fremst må det være en drivkraft for handling. Dette er ofte bestemt av deres mål, hensikt eller funksjon. Dette igjen kan sies å være bestemt av hvilke verdier som denne personen har. Dette kan dermed knyttes til moral, etikk og ansvarsfølelse. Det er på dette grunnlaget vi tar våre daglige avgjørelser; om vi skal kildesortere, om vi skal ta toget istedenfor bilen, om vi skal reise på sydenferie osv. Kreftene beskrevet over kan imidlertid alle sees på som rammebetingelser for hvilket handlingsrom vi som enkeltpersoner har. Tradisjonen med å kaste forbruksvarer kan sees på som en konsekvens av at selv om vi som enkeltpersoner *ønsker* å gjenvinne produktene, så har det ikke vært ordninger, systemer og infrastruktur som har gjort det mulig for oss å oppfylle ønskene våre. Dette bringer oss over på hvordan vi som aktører kan handle for å påvirke de kreftene og konserverende strukturene som kan gjøre ønsket om gjenvinning mulig. Opprettelsen av gjenvinningssystemer (som en konsekvens av for eksempel forlenget produsentansvar) er et eksempel på dette.

Den enkeltes handlinger er et resultat av enten rasjonelle eller irrasjonelle handlinger, der sistnevnte type ikke er lett å forutsi. Derfor er det de rasjonelle handlingene som vi betrakter her. Hva som er rasjonelt, avhenger av hvilke interesser og referansepunkt den som fatter beslutningen har. TV-bilder og egne opplevelser om for eksempel høstens uvær på Østlandet kan påvirke enkeltpersoner slik at de enklere ser sammenhengen mellom egne aktiviteter og klimaendringer. Hensikten med strategier knyttet til etablering av gode sløyfer, vil blant annet være å legge til rette for at det blir lettere å gjøre de rasjonelle og riktige valgene. Effekten av en strategi er imidlertid helt avhengig av hvordan beslutningstakere, enkeltbedrifter og enkeltindivider, reagerer på strategien. Dersom den aksepteres, er mulighetene for å lykkes langt større enn dersom den ikke aksepteres.

5.4.3 *Bedrifter*

I bedrifter tas beslutninger og gjennomføres handlinger for å oppfylle de mål, hensikter og funksjoner som bedriften har og ikke nødvendigvis de mål som en ansatt som privatperson har. Drivkrefter er motivasjonen for å kunne gjøre endringer i en ønsket retning kan, og disse kan finnes både internt i bedriften

og eksternt utenfor bedriften. Det samme gjelder for barrierene, som er de hindringer som gjør at det blir vanskeligere å gjennomføre ønskede strategier og handlinger.

For enhver bedrift er konkurransekraft både på kort og lang sikt en viktig drivkraft. Kortsiktig økonomisk gevinst er nødvendig for å tilfredsstille avkastningskrav, samtidig som dette gir et handlingsrom som gjør det mulig å foreta langsiktige investeringer. Økt konkurransekraft kan generelt sagt oppnås gjennom å redusere utgiftene og å øke inntektene fra virksomheten. Xerox' strategi om å ta tilbake produktet og utnytte komponenter og materialer på nytt, vil for det første redusere utgiftene til innkjøp av nye komponenter. Dette innebærer at produktene deres kan enten bli billigere og dermed bli mer konkurransedyktige i forhold til konkurrentene, eller de kan ha den samme prisen og dermed øke fortjenesten per solgte produkt. For det andre fører Xerox' strategi til at de også får inntekter fra salg av de materialene som går til materialgjenvinning. For det tredje kan denne miljøprofilen appellere til de miljøbevisste kundene slik at de foretrekker Xerox kopimaskin fremfor en kopimaskin fra Xerox' konkurrenter. Dette vil igjen øke inntektene. Slik sett kan det sies at en slik strategi både vil appellere til de som er ute etter billigste produkt og til de som er ute etter et miljøprofilert produkt. Posisjonering i markedet, gjennom et godt omdømme og fremtidsrettede produkter, skaper mer langsiktighet i virksomheten. "The tripple bottom line", som inkluderer økonomisk ansvar, miljøansvar¹⁹ og samfunnsansvar²⁰, er viktig med sikte på å skape en god konkurransekraft ut fra et langsiktig perspektiv (McIntoch et. al 1998).

De ansatte utgjør gjennom deres kunnskaper også en viktig intern drivkraft, sammen med organisasjonens evne til å utnytte denne kraften gjennom innovasjon, kontinuerlig læring, kreativitet, tverrfaglige beslutningsprosesser og samhandling.

De viktigste eksterne drivkreftene er dagens og forventet fremtidig press fra markedet, fra myndighetene og fra interesseorganisasjoner, samt konkurranse fra andre bedrifter. Preferanser fra finansinstitusjoner begynner også å få merkbar betydning, selv om dette i Norge så langt ikke er spesielt utbredt (Willums 2000). Et godt forhold til kunder og marked er viktig for å kunne tilpasse produkter til individuelle behov og for å opprette en kundelojalitet. Det er også viktig å tilpasse seg trender i tiden, både fra markedet og myndigheter, nasjonalt og internasjonalt. Den økonomiske globaliseringen er en slik trend, som særlig virker inn på eksportrettede og internasjonalt konkurranseutsatte bedrifter. Denne trenden kan være både drivkraft og barriere, alt etter hvilken bransje bedriften er i, og evnen til å respondere på denne utfordringen.

¹⁹ Miljøansvar kan eksempelvis vises gjennom forlenget produsentansvar

²⁰ Samfunnsansvar (Corporate social responsibility)

Nye holdninger til miljøutfordringen er et eksempel på at en tidligere barriere er blitt en drivkraft (Porter og van der Linde 1995). Det som for enkelte bedrifter kan være drivkrefter, kan også være barrierer for andre. En viktig og vanlig intern barriere er konserverende tankestrukturer, eller begrensningene i fantasi og omstillingsevne hos ansatte og organisasjonen som helhet. Mangel på markedspress er her avgjørende. Erfaring viser at press fra mange hold på lederene i bedrifter, særlig de små og mellomstore, gjør at det ikke er tid til å tenke på langsiktige tiltak. Manglende motivasjon, oppmerksomhet, kunnskap eller virkelighetsforståelse resulterer i at faktiske muligheter ikke utnyttes. I et lengre tidsperspektiv kan man si at barrieren ofte er at det fokuseres for mye på å gjøre de etablerte tingene riktig, i stedet for å gjøre de nye og riktige tingene. Lav risikovilje m.h.t. å forlate oppgåtte spor er dessverre et vanlig fenomen. En kortsiktig økonomisk horisont er en annen vanlig og viktig barriere mot å gjennomføre de endringene som på lang sikt likevel vil vise seg å være nødvendige.

5.4.4 Myndigheter

Myndighetene, det vil si politikere og forvaltningen, har også spesielle mål. Dette kan for eksempel være å påse at Norge utvikler seg i en retning som er ønskelig og ansvarlig i forhold til de enhver tid gjeldende normer og verdier i samfunnet. Myndighetenes beslutninger er avgjort med på å understreke dynamikken i samfunnet. De virkemidlene som myndighetene rår over for å regulere samfunnet, er blant annet skatter og avgifter, lover og regler, informasjon og kunnskapsheving, faktiske investeringer i infrastruktur osv. Dersom vi ser på behovet for en tilfredsstillende ressursforvaltning, både i forhold til de behov som måtte eksistere i markedet og de behov som "miljøet" i seg selv har (jfr. de tre typene ressurser i kapittel 3.3), kan vi nevne hovedsakelig to styringsmekanismer i et gitt system:

Et selvregulerende system der markedet, det vil si samspillet mellom tilbud og etterspørsel under gitte rammebetingelser, selv klarer å regulere dette på en tilfredsstillende måte. Økende knapphet på ressurser fører til økende priser på disse ressursene. Dette kan sies å være gjeldende særlig for de to førstnevnte ressursene i kapittel 3.3 der vitenskapen i større grad vet ressursgrunnlaget (troverdigheten av informasjonen er relativt høy).

Et system som ikke er selvregulerende, og der det derfor er behov for regulering. I praksis betyr dette virkemidler og rammebetingelser som styrer material- og energistrømmene i riktig retning. Markedet har ikke i så stor grad evne til å regulere resipient-ressursene nevnt i kapittel 3.4, da konsekvensene av utslipp og avfall er langt vanskeligere å forutse, blant annet grunnet manglende forståelse for økosystemers dynamikk (eksempelvis bufferegenskaper), tidsforsinkelser (effektene av utslipp i dag vises først om

mange år), samt manglende tilbakekoblingsmekanismer som gjør at enkeltpersoner ikke ser konsekvensene av egne handlinger på det ytre miljøet (miljøproblemer er nesten alltid uforutsette konsekvenser av en handling).

5.5 Aktører skaper dynamikk og endringsprosesser

Det kan sies at det er fire faktorer som påvirker enkeltaktørers beslutninger og handlinger; i) naturkrefter, ii) strukturelle krefter, iii) andre aktørers faktiske eller forventede handlinger og iv) enkeltaktørens faktiske målsetting, hensikt, verdier eller moral. Enkeltaktørers beslutninger og handlinger vil være drivkrefter og rammebetingelser for andre aktørers handlinger og beslutninger. Dette samspillet utgjør kjernen i et dynamisk samfunn. Aktørers tidligere beslutninger og handlinger har resultert i de strukturene og kreftene som virker i dag, mens framtidige handlinger og beslutninger kan endre disse og sørge for at det er dynamikk i systemet. Dersom det ikke hadde vært noen drivkrefter eller motivasjon til handling og endring hos aktørene, ville strukturene blitt bevart som de er. Dette forutsetter at det i strukturene ikke er en egendynamikk som i seg selv skaper og fremmer endringer.

Som sagt er forholdet mellom de ulike aktørene det mest avgjørende for dynamikken i et system. Det klareste eksempelet på dette gjenspeiler seg gjennom tilbud og etterspørsel av en vare. Dersom det er stor etterspørsel etter resirkulert plast, vil markedskreftene virke slik at flere ser nytten i å kunne gjenvinne plast. Denne etterspørselsdrevne virksomheten bidrar til å lukke sløyfene. Som nevnt i kapittel 4, er det for å kunne gjennomføre endring ikke bare snakk om den faktiske gjennomføringen av endringen, men også planlegging og utbygging av infrastruktur, organisasjon og institusjoner som støtter opp om og legger til rette for at endring og faktisk forbedring kan skje.

Dynamikken mellom aktørene krever at næringsliv, myndigheter, forbrukere og organisasjoner i større grad inngår i et bredt og aktivt samarbeid. Denne form for samhandlingsdynamikk stiller nye krav til kompetanse og strategier hos bedriftene. Kiushi (1997) hevder at det ikke er verdien på hvert enkelt individ som skaper den totale verdien i et økosystem, men snarere den samhandlingen som foregår mellom individene som skaper verdien. Dette vil tilsvarende gjelde for enkeltvirksomheter i et økologisk orientert industrielt samfunn. Ehrenfeld (1997) hevder i forlengelsen av dette at nettopp sammenheng, fellesskap og samarbeid ("connectedness, community and cooperation") vil være viktige karaktertrekk ved et industri-økologisk samfunn.

6 VURDERING AV KVALITETEN PÅ EN SLØYFE

6.1 Grunnlaget for å vurdere kvaliteten på en sløyfe

Motivasjonen for å opprette og å lukke sløyfer er ønsket om redusert miljøbelastning fra menneskelige aktiviteter. Som vi har sett i tidligere kapitler, er det flere måter å opprette en sløyfe på. I en produktsløyfe blir materialer og komponenter benyttet på nytt i det samme produktet (eller i den samme bedriften). Dette er således en "ekte" sløyfe. Innenfor samme produktsystem kan det også være flere sløyfer (oppgradering, ombruk, resirkulering osv). I en produktsystemsløyfe, derimot, går materialer fra ett produktsystem til et annet og benyttes på nytt der. Dette er således ikke en lukket sløyfe, men heller en materialstrøm som fortsatt holdes i økonomien ved å benyttes i andre typer produkter. Hovedregelen er altså at så lenge materialet *benyttes på nytt* i økonomien/ samfunnet, har vi med en sløyfe å gjøre.

I dette kapitlet skal vi diskutere hvordan kvaliteten på de ulike sløylene kan vurderes. Er det mulig å formulere noen generelle kriterier for hva som kjennetegner en god sløyfe? Hvilke sløyfer er å foretrekke, og hvilke bør helst unngås? Hvilke materialer er det ønskelig å holde i økonomien, og hvilke er det en fordel å unngå?

Det vi ønsker å si noe om, kan sammenlignes med når en lege stiller diagnose på sin pasient. Pasienten beskriver både sine symptomer og sin generelle livssituasjon, og på bakgrunn av dette og diverse tester kan legen stille en diagnose for hva som feiler pasienten. Diagnosen stilles utfra hva legen vet er normaltilstanden (dvs. referansetilstanden) hos et friskt menneske. Legen har noen kriterier for hva som kjennetegner et friskt menneske. Tilsvarende ønsker vi å finne fram til kriterier som sier noe om hva som er normaltilstanden for et "friskt" system med lukkede sløyfer. Hvilke kriterier som bør gjelde for material- og produktsløyfer, er imidlertid ikke så lett å si ettersom dette avhenger av hvilke verdier som legges til grunn hos den som vurderer. Dersom vi forfølger pasient-lege eksempelet, vil en person som oppfattes å ha en mental sykdom, bli gitt diagnosen utfra medisinske kriterier, men også utfra hva som er de gjeldende normer og verdier i samfunnet. Dette er opplagt mer sosialt og subjektivt betinget, da ikke bare "objektiv" legevitenskap ligger til grunn for vurderingene. Innenfor den rasjonalitet det eksisterende paradigme tegner opp, kan man finne kriterier for hva som kjennetegner et friskt menneske. Dette argumentet kan overføres videre til vitenskapen der det, ifølge Kuhn (1962), alltid er et regjerende paradigme som danner grunnlaget for hva som er normalt og rasjonelt. Det er imidlertid

gjennom å bryte ut av denne normalvitenskapen, gjennom å foreta et paradigmeskifte, at vitenskapen og forståelsen av verden kommer videre. Ehrenfeld (1995) hevder at industriell økologi representerer et slikt nytt paradigme i hvordan tilnærme seg miljøutfordringene.

Som nevnt i innledningen, benytter vi i denne rapporten begrepet "gode sløyfer" i tillegg til begrepet "lukkede sløyfer". Dersom vi kun skulle se på i hvor stor grad en sløyfe er lukket, ville for eksempel resirkuleringsgrad være en naturlig indikator. Hvor mye som resirkuleres, er imidlertid ikke et uttrykk for den totale miljøytelsen fra sløyfen. Kvaliteten er på det som resirkuleres og hvor mye ressurser som benyttes for å oppnå denne kvaliteten og kvantiteten har også betydning. De kriteriene som vi ønsker å komme fram til, skal altså fortelle oss noe om kvaliteten på en sløyfe. Men tilsvarende som legen må vite at blodtrykket hos pasienten skal ligge innenfor visse verdier for at vedkommende skal kunne erklæres frisk, må også våre kriterier operasjonaliseres i hvert tilfelle. Denne operasjonaliseringen kan skje ved å vurdere om sløyfen *i seg selv* er god (en absolutt vurdering) eller om den er god *i forhold til* det som er alternative veivalg, jamfør kapittel 4. Det siste er det enkleste. For å kunne vurdere kvaliteten på en sløyfe må systemet defineres entydig slik at det er klart hvilken sløyfe som skal vurderes. Noen alternative sløyfer, med utgangspunkt i Xerox systemet, kan være:

1. Produksjon av kopimaskin – funksjon – materialgjenvinning av x % – ny bruk – deponi
2. Produksjon av kopimaskin – funksjon – reparasjon – funksjon – oppgradering – funksjon – ombruk av x % komponenter og materialgjenvinning – ny kopimaskin – funksjon – deponi
3. Produksjon av kopimaskin – funksjon – materialgjenvinning av x % – ny bruk i annet produktsystem – materialgjenvinning av x % – ny bruk i tredje produktsystem – deponi

Livsløpsanalyse (LCA) vurderer miljøbelastningen fra et definert system, for å tilfredsstille en bestemt funksjon. I de tre eksemplene over benyttes materialene/komponentene flere ganger og til ulike situasjoner, og det er ikke produktets funksjon som er det interessante, men hvordan materialene benyttes. Økonomiske livsløpsvurderinger (Life cycle cost = LCC) er blitt benyttet i kombinasjon med LCA for å få frem livsløpskostnadene ved å oppfylle den samme funksjonen. Noen vil hevde at også god økonomi i sløyfen er et helt nødvendig kriterium for at sløyfen skal være god. Kostnytte analyser er mye brukt til å bedømme dette, da disse gir en vurdering av hva som vil være best forvaltning av gitte ressurser gitt visse forutsetninger og teknologi. Vi vil i dette kapitlet presentere en miljøtilnærming og en økonomitilnærming til hva som kan karakterisere en god sløyfe.

6.2 Naturressurstilnærming - material- og økologibetraktninger

6.2.1 Kaskadeteori og termodynamikk

Når sløyfene lukkes, innebærer dette at lekkasjer fra sløyfen i etterbruksfasen reduseres. Like viktig for kvaliteten på en sløyfe er imidlertid hvordan det som gjenvinnes faktisk (bør) anvendes videre. Det en ønsker å oppnå med å opprette og å lukke sløyfer, er å redusere inntak av jomfruelig materiale til teknosfæren og redusere utslipp per tidsenhet til naturen. Dette kan oppnås ved at ressurser som allerede er i økonomien utnyttes på best mulig måte, samtidig som det totale ressursforbruket for å oppnå dette blir minst mulig. Samfunnet og de prosessene som skjer der, kan sees på som et prosessanlegg, kun med den forskjellen at distansene mellom prosessenhetene er noe lengre i samfunnet enn i et prosessanlegg. Slike prosessanlegg er optimalisert med tanke på produktkvalitet og ressursforbruk. Eksempelvis er varmevekslere, som er motstrøms integrert med hverandre basert på pinch-teknologi (Lindhoff et. al 1982), bare en av mange måter å utnytte energiresursene på. Varme strømmer overfører energi til kaldere strømmer. Dette baserer seg på kaskadeteori og termodynamikk. Kaskade betyr at man utnytter ressursene stegvis, og tar med seg alle potensielle anvendelsesområder "på veien" til likevektstilstanden. Mengde tilgjengelig energi som kan utføre arbeid på omgivelsene, i dette tilfelle strømmen i den kaldere varmeveksleren, kalles eksergi og er et uttrykk for energikvalitet.

Et nyttig prinsipp i forbindelse med energikaskader er fremsatt av Sauar (1998). Sauar viser at den mest effektive måten å bruke energi på, er å ha mest mulig like drivende krefter gjennom hele prosessen. Dette prinsippet kan forklares med det som skjer når vi vasker opp (for hånd). Vi vasker alltid det reneste først (glass) for deretter å ta mer og mer skitne ting inntil vi står igjen med gryter og kar. Det som oppnås med dette, er at forskjellen i renhetsgrad mellom vannet og det som skal vaskes opp, er mest mulig konstant. Det er forskjellen i renhetsgrad som er den drivende kraften og som dermed avgjør effekten av oppvasken (et vangglass vil antakeligvis bli *mer* skitten dersom det vaskes opp til slutt etter en større middag). Det samme prinsippet kan anvendes i eksempelvis oppvarming av hus. I Norge benyttes høyverdig elektrisitet til å varme opp hus til 23°C. Dette er "råflott" ettersom det er stor forskjell mellom de drivende kreftene (temperaturen i huset og den evnen elektrisitet har til å utføre arbeid). Energisystemer bør designes som energikaskader med like drivende krefter gjennom hele kaskaden. Dette betyr at man bruker elektrisitet til elektrolyse i metallproduksjonen, høytrykksdamp (200°C), som har blitt dannet under metallproduksjonen, benyttes til plastproduksjon, mens lavtrykksdamp (60°C), som igjen har blitt dannet

under plastproduksjonen, benyttes til oppvarming av hus. På den måten utnyttes den samme energien flere ganger, men på flere nivåer ettersom behovet for energi er forskjellig fra nivå til nivå (fra høyverdig energi til lavverdig energi).

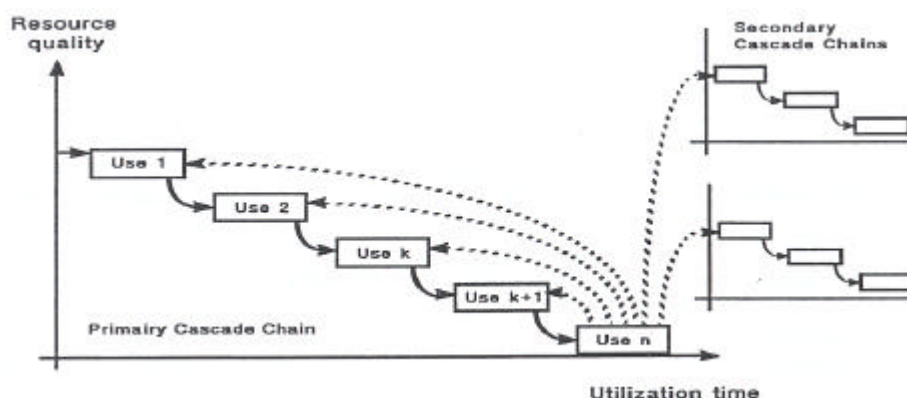
Hvordan kan en slik tankegang overføres til det å utnytte materialressurser? O'Connelly (1998) har i sin avhandling benyttet eksergi som et mål på ressursforbruk, mens Ayres og Ayres (1998) har som nevnt benyttet eksergi som måleenhet i materialstrømsanalyser. Her vil vi imidlertid ta tak i kaskadeteorien. Sirkin og Houten. (1993) har utviklet teori om ressurskaskader og har i den forbindelse formulert 4 prinsipper for kaskader:

1. Hensiktsmessig tilpasning – tilpasse ressurskvaliteten til behovene (Appropriate fit – harmonising resource-quality with task demands)
2. Forsterkning – maksimere nytteeffektene av ressurskvaliteten (Augmentation – maximising the utility effects of resource-quality)
3. Logiske forbindelser – optimal effektiv ombruk av ressurser (Consecutive re-linking – optimising the efficiency of resource re-use)
4. Balansere metabolismen – etablere en balanse mellom hastigheten på ressursforbruk og hastigheten på ressursdannelse. (Balancing resource metabolism – establishing a balance between the rate of resource consumption and the rate of resource regeneration)

Ressurskvalitet er et sentralt begrep. Sirkin har definert det som "an expression of a capacity to perform various tasks at various degrees of difficulty". Dette innebærer at jo flere anvendelsesmuligheter en ressurs har, jo høyere kvalitet har den. "The highest quality resources are reserved for the most demanding tasks first – at the beginning of the cascade. The less demanding the task, the lower down the cascade it gets placed". Dette er innholdet i det første prinsippet nevnt over. Forøvrig har Onno-Sven Tromp innført begrepet "sustainable quality" som innebærer at "Materials have a high sustainable quality if they show high recyclability and can easily be recycled with high recycling rates. (Tromp 1995, s 155).

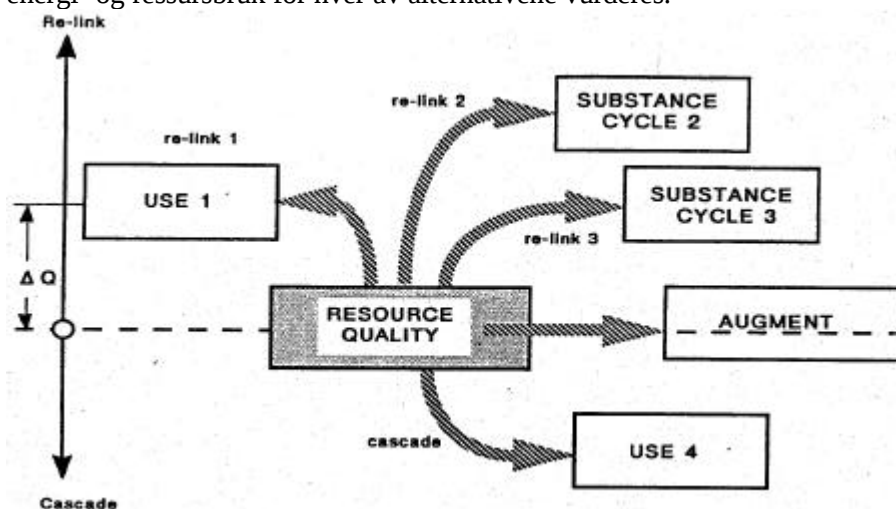
Det andre prinsippet handler om at jo lenger og jo mer fullstendig en ressurs kan bli utnyttet, jo bedre er det. Ressursutnyttelse har ikke bare å gjøre med hvor godt ressurskvaliteten brukes per tidsenhet (appropriate fit), men også hvor lenge og hvor mye den er brukt. Reparasjon, vedlikehold, oppgradering og kortere steg (hopp nedover) i kaskadene er noen av strategiene for dette.

Det tredje prinsippet handler om å velge den optimale veien for ressursen å gå. Dette er vist i Figur 21 under.



Figur 21: Kobling av ressurskvalitet med høyere kaskadenivå eller andre sløyfer

Prinsippet innebærer resirkulering av ressurskvalitet fra et lavere nivå til et høyere nivå i samme eller andre kaskader. Dette er vist i Figur 22 nedenfor. Det må samtidig skje en kontinuerlig vurdering av de alternativene som Figur 21 viser; i) samme kaskade, ii) oppgradering i samme kaskade iii) overføring til andre kaskader eller iv) reparasjon. For å finne det beste alternativet må energi- og ressursbruk for hver av alternativene vurderes.



Figur 22: Alternativene som må vurderes for videre vei i kaskaden

De tre første prinsippene handler om hvordan ressursutnyttelsen skal bli best mulig i teknosfæren. Det fjerde prinsippet handler om forholdet mellom teknosfæren og naturen, og at ressursforbruket ikke må overstige naturens kapasitet.

6.2.2 Kriterier for vurdering av kvaliteten på en sløyfe

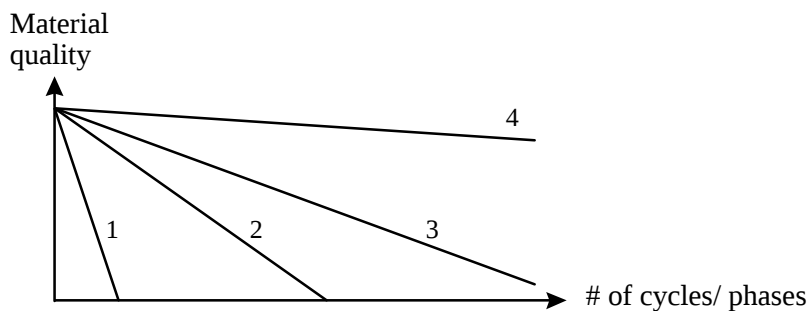
Basert på det som er nevnt foran, kan det sies at gode sløyfer beskriver en tilstand i et system der materialer, komponenter eller produkter er knyttet til hverandre på en slik måte at de gjøres *tilgjengelige* for fremtidig bruk i samme type eller nye typer produkter eller produktsystemer. Det dreier seg om å gjøre "ikke-fornybare ressurser fornybare". Det er imidlertid ressurskrevende å få til dette. Dersom materialer og produkter kastes på deponi, blir de mindre tilgjengelig (selv om kobber nå utvinnes fra deponi fordi konsentrasjonen av kobber er høyere her enn i naturen). Materialer blir også mindre tilgjengelige dersom de slippes ut til luft eller til vann. Som tidligere nevnt og som vist gjennom kaskadeteorien, er tilgjengelighet til materiale og degradering av kvalitet to viktige faktorer. På bakgrunn av kapittel 4 og kaskadeteorien er det nedenfor formulert 5 kriterier for vurdering av kvaliteten på en sløyfe. For alle kriteriene er det viktig å være klar over hvilken systemdefinisjon som en har, om det begrenser seg til ett produktsystem eller om det også sees på sammenhengen mellom ulike produktsystem når kvaliteten skal vurderes. Generelt kan vi si at vi søker å oppnå en situasjon der sløyfen går rundt og rundt med så lite tilførsel av energi og materialer og så lite utslipp fra sløyfen som mulig i et livsløpsperspektiv, gitt at de behov og funksjoner som sløyfen skal tilfredsstille er oppfylt. Sløyfen skal "drives rundt" så effektivt som mulig. Dette er utfra en tanke om at de ressurser som først er utvunnet skal utnyttes maksimalt.

Kriterium 1: Kvantiteten av det som gjenvinnes.

Dette er et opplagt kriterium. Jo mer som gjenvinnes og benyttes på nytt, jo mer lukket er sløyfen og jo mindre tap har en fra sløyfen. Første forutsetning for å oppnå høy kvantitet er at produkter og materialer samles inn. I forskriften om produsentansvaret elektriske og elektroniske produkter i Norge, er en innsamlingsgrad på 80 % innen utgangen av 2004 det eneste kvantitative målet (MD 1998a). I andre forskrifter og avtaler er det kvantitative mål på hvor mye som faktisk gjenvinnes. Det er verdt å merke seg at noe ikke er gjenvunnet før det faktisk er benyttet om igjen i nye produkter. En mulig operasjonalisering av dette kriteriet kan være å spørre: Kan hele eller deler av produktet repareres eller brukes om igjen? Hva er gjennomsnittlig levetid (eksempelvis i forhold til andre produkter som levere den samme funksjonen)? Hvor mye av ulike typer materialer som kommer inn på markedet, er benyttet i ny produkter siden? Hva er forholdet mellom mengde resirkulert og mengde til deponi av de ulike materialene? Hva er forholdet mellom mengde gjenvunnet og mengde til forbrenning av de ulike materialene? Hvor mange ganger kan de ulike materialene resirkuleres? Hva er potensielle side-effekter som følge av gjenvinningen?

Kriterium 2: Kvaliteten på det som gjenvinnes

Tilgjengeligheten av et materiale eller produkt er en kvantitativ indikator. En annen indikator på kvaliteten på en sløyfe, er kvaliteten på materialet eller produktet som gjenvinnes. Som nevnt over, er ressurskvalitet i kaskadeteori definert som antall anvendelsesområder for denne ressursen. For energi- og materialkaskader må både energien og materialet forringes i små steg av gangen. Dette øker mulighetene for å ”repetere” sløyfen mange ganger I selve gjenvinningsprosessen er det dermed viktig at så høy kvalitet som mulig oppnås. Dette er blant annet avhengig av teknologi tilgjengelig for å gjenvinne. Dersom kvaliteten på det som resirkuleres er høy, er det større sjanse for at dette materiale klarer å konkurrere ut jomfruelig materiale. Videre vil en høy kvalitet også føre til at materiale kan resirkuleres flere ganger. Figur 23 nedenfor viser at det bør være et mål å minimere degraderingen av materialkvaliteten for dermed å kunne la materiale gå i så mange faser og sløyfer som mulig.



Figur 23: Forholdet mellom tap av materialkvalitet og antall sløyfer

Det er opplagt at alternativ 1 (typisk forbrenning) ikke er å foretrekke fremfor alternativ 4, sett utfra et kaskade perspektiv.

Jomfruelig plast kan benyttes i produkter der det er store krav til kvalitet. Ettersom kvaliteten på plasten forringes etter hvert som det resirkuleres, kan 1. gangs resirkulert plast brukes til produkter med et visst kvalitetskrav. Ved 2. gangs resirkulering kan det anvendes til formål med enda lavere kvalitetskrav. Slik kan det fortsette helt til det ikke lenger er mulig å tilfredsstille kvalitetskravene for noe produkt. Det regnes med at plast kan materialgjenvinnes 5-6 ganger før kvaliteten er så dårlig at det må energigjenvinnes. Ved energigjenvinning blir plasten gjort utilgjengelig for fremtidige praktiske formål. Ved å følge prinsippet om å bruke materialkvaliteten som akkurat tilfredsstiller de kravene som foreligger, oppnås en effektiv praksis.

Disse betraktningene må ligge til grunn for valg av strategier for etablering og lukking av sløyfer. Som Stahel (1994) argumenterer for, er det

miljømessig sett riktig, utfra termodynamikkens 2. lov, å velge den strategien som krever minst innsats av energi og materialer. Sløyfene blir "kortest" mulig, noe som reduserer produksjonen av entropi.

Det kan være vanskelig å operasjonalisere materialkvalitet²¹. Det kan baseres på verdi i markedet, på eksergibetraktninger²², på egenskapene til materialet og på nytten og anvendeligheten av materiale etter at det har blitt resirkulert. Hvis derimot oppgaven er å lukke produktstrømmen, er operasjonaliseringen lettere. Produktkvalitet kan nå bli beskrevet som funksjonalitet, og forbedring av funksjonalitet til et produkt, for eksempel gjennom å oppgradere programvaren i en Xerox kopimaskin, er en god strategi.

Kvaliteten på det som gjenvinnes bestemmes også av de materialer som en ikke ønsker skal være der. Akkumulering av for eksempel tungmetaller er ikke å foretrekke da disse ofte er miljø- og helseskadelige. Akkumulering over tid medfører oppkonsentrasjon av disse stoffene, noe som dermed også øker miljø- og helsefaren. Å unngå akkumulering av tungmetaller er i følge El-retur det beste kjennetegnet på en god sløyfe, jfr. Appendiks 3. Voet og Kleijn (2000) har vist at det er minst 5 forhold som genererer problemer for samfunnet når en ser på resirkulering. Disse er i) akkumulering, ii) spredte utslipp, iii) tillegg til naturlige kretsløp, iv) opphopning av giftige forbindelser i materialkretsløp og v) sterk interaksjon mellom strømmer i økonomien.

Kriterium 3: Tap av kvalitet i den nye bruken av materialet

Kriterium 2 sier noe om kvaliteten på det som kommer ut fra selve gjenvinningsprosessen. Like viktig er det imidlertid å se hvilke kvalitetstap som oppstår når dette materiale senere benyttes i nye produkter. Høy kvalitet i resirkuleringen betyr ikke noe dersom materialet benyttes til et lavkvalitets produkt siden.

Systemdefinisjonen er her viktig. Dersom materiale benyttes i samme produktsystem, vil det være lite tap av kvalitet. Dette kriteriet er derfor spesielt viktig ved anvendelse i et nytt produktsystem

Kriterium 4: Mengde resirkulert materiale i det nye produktet

Dersom vi har en lukket sløyfe slik at materialer benyttes om igjen i samme type produkt, vil kriteriene 1 og 2 beskrive kvaliteten på sløyfen. Dersom materialene imidlertid benyttes i et nytt produktsystem, kan et kjennetegn på kvaliteten på den sløyfen som dette nye produktet inngår i, beskrives blant annet gjennom hvor mye resirkulert materiale som benyttes. Spørsmålet er om

²¹ Se for eksempel Tromp (1995) for en diskusjon av dette.

²² Ifølge Connelly (1998), vil "an exergy-based definition of [resource] consumption provide a basis for developing an exergy-based definition of resource cycling - the cycling of material exergy".

den samme funksjonen til produktet kan leveres med mindre bruk av jomfruelig materiale.

Think el-bil sees på som et godt miljøprodukt, men det benyttes ikke resirkulert materiale i denne bilen. Derfor vil de score lavt på dette kriteriet.

Kriterium 5: Ressursforbruket i sløyfen

Dette kriteriet handler om hvor mye ressurser som forbrukes til å oppnå den kvaliteten og kvantiteten som er i sløyfen. Ideelt sett bør ressursforbruket være på et minimum slik at "sløyfen går av seg selv" og kan repeteres flere ganger. Det vil således være en avveining mellom gevinstene ved å oppnå en viss kvalitet og kvantitet på resirkulert materiale (unngått utvinning av jomfruelig materiale og unngått utslipp til naturen) og de økonomiske og miljømessige kostnadene ved selve resirkuleringen. Ressursforbruket må sees i et helhetlig perspektiv der alle produktsystemene tas med i betraktningen. Hva som er best anvendelse av ressursene som er tilgjengelig avhenger av hvilke alternative produktsystemer som finnes. Det kan for eksempel være slik at det er lurt å investere mer ressurser i design og produksjonsfasen til livsløpet til et produkt, dersom dette gjør det enklere og mindre ressurskrevende å reparere, bruke om igjen eller resirkulere produktet senere i livsløpet.

En operasjonalisering av dette kriteriet må basere seg på livsløpsbetraktninger/ livsløpsanalyser der sentrale spørsmål er: Hva er ressursforbruket ved å gjenvinne? Hva er gevinsten ved å gjenvinne? Hvor i kjeden kan effektiviteten forbedres?

6.3 Økonomitilnærming

6.3.1 Ideell tilnærming

Som tidligere nevnt, er lukking av sløyfer en strategi for å redusere verditap. Hva som legges i verdibegrepet, blir dermed av sentral betydning.

Rene markedsøkonomiske verdier kan observeres direkte gjennom markedsprisene. Slike verdier realiseres direkte gjennom markedsmekanismene. Men markedet fanger ikke opp alt av verdi i samfunnet. Mange goder som har verdi for oss, finnes det ikke markeder for, som for eksempel ren luft. Denne ufullstendigheten ved markedet går under betegnelsen markedssvikt. Markedssvikt er av særlig betydning når det gjelder verdier knyttet til miljø. I noen tilfeller kan riktignok markedsmekanismene spille på lag med miljøet. For eksempel kan det være bedriftsøkonomisk lønnsomt å resirkulere bestemte produkteter slik at markeder for resirkulerte produkter dannes uten noen større markedskorrigerende inngripen fra

myndighetene. I tillegg til forhold på tilbudssiden (produsentenes teknologi og kostnadsforhold) så er forbrukernes betalingsvilje av avgjørende betydning for om slike miljøverdier realiseres i markedet. Tilbudsside- og etterspørselssideforhold utgjør til sammen markedspotensialet for resirkulering. For eksempel resirkuleres gull fordi det har en høy markedsverdi.²³ Markedsaktørene tilpasser seg best mulig i forhold til sine preferanser, og ressursene blir effektivt utnyttet i markedsøkonomisk forstand.

I mange tilfeller er imidlertid markedsmekanismene i konflikt med miljøpolitiske mål. Markedstransaksjoner vil svært ofte ha verdimeslige konsekvenser, eksempelvis forurensning, som er eksterne eller irrelevante for beslutningstakerne i markedet. Individuer som ikke har innflytelse på eller tilgang til de markedene der produktet omsettes (eksterne aktører), kan allikevel bli påvirket av markedstransaksjonene. Denne formen for markedssvikt bringer oss inn på såkalte *eksternalitetsproblemer*. Vi kan tenke oss at eksterne aktører (for eksempel fremtidige generasjoner) assosierer negativ verdi til et produkt som, når dets funksjonelle levetid er over, havner på deponi og bidrar til miljøforurensning. Resirkulering, med følgende reduksjon av løpende utslipp, kan dermed representere verdigevinster for disse eksterne aktørene selv om det for den enkelte bedrift ikke nødvendigvis er en lønnsom strategi. I en betraktning om hva som er lønnsom ressursbruk for samfunnet som helhet, må slike eksternaliteter korrigeres for; eksternalitetene må internaliseres i markedet.

Teorier om markedets ufullstendighet, som for eksempel eksternalitetsproblematikken, søker i hovedsak å synliggjøre at rene markedsverdier (priser) ikke fanger opp alle relevante forhold når det gjelder hva som er av verdi for samfunnet som helhet. Håndtering av eksternaliteter kan imidlertid ikke løsrives fra spørsmål og vurderinger av rent normativ karakter. Hvilket verdigrunnlag skal vi bygge på? Hvordan skal vi definere hva som er av verdi for samfunnet som helhet? Her blir man nødvendigvis også stilt overfor spørsmål om hvordan verdikonflikter og fordelings- og avveiningsproblematikk skal håndteres. Hvem skal/bør for eksempel ansvarliggjøres i forhold til produkters etterbruksfase (jfr. diskusjon om forlenget produsentansvar)? Ansvarsplassering vil legge direkte føringer på de økonomiske rammebetingelsene for ulike aktører i produktsløyfen og dermed også på fordelingen av nytte og kostnader mellom disse. Videre må vi kanskje godta noe miljøforurensning for at vi skal kunne ha en akseptabel materiell levestandard. Og på samme vis; noen materielle goder må vi kanskje avstå fra for å oppnå et tilfredsstillende rent miljø. Kort sagt: *Målet* må være formulert. Det er nettopp i denne prosessen begrepet samfunnsøkonomisk verdi får sin substans. Dette målet vil definere hva som er den beste samfunnsøkonomiske tilpasning.

²³ Et annet fortrinn med gull som resirkuleringsobjekt er at verdien ikke forringes ved resirkulering.

6.3.2 Operasjonalisering – kriterier for vurdering av sløyfer

Når målet er formulert, så blir neste steg å operasjonalisere samfunnsøkonomiske verdier. Dette må ligge til grunn for anvendt forskning innenfor økonomi. Her er det et mangfold av ulike tilnæringsmåter.

Ulike nytte-kostnadsanalyser innenfor samfunnsøkonomien representerer ulike operasjonaliseringsmåter. Her søker man å estimere alle relevante verdikomponenter av et prosjekt, produkt og/eller produksjonsmåte som ikke fanges opp i markedsprisene. Hva som inkluderes/ikke inkluderes, hvem som inkluderes/ikke inkluderes og hvordan ting inkluderes i en slik analyse, vil selvsagt være av stor betydning for konklusjonen og er dermed gjenstand for heftig diskusjon og uoverensstemmelser (jfr. diskusjonene om resirkulering versus forbrenning med energiutnyttelse (Bruvoll 1998, Hanssen 1998)). I særdeleshet er aspekter knyttet til volumet på den økonomiske aktiviteten (skala) problematisk (Daly og Cobb 1989). Globale negative miljøeffekter i forbindelse med høyt aktivitetsnivå er vanskelig å måle og å identifisere kildene til og utelates oftest fra nytte-kostnadsanalysen. Man tar altså i praksis skalaen for gitt. Dette medfører i en avveining mellom nytte og kostnad i forbindelse med et bestemt prosjekt at en utvikling som setter større krav til materiell levestandard og en raskt økende befolkning påvirker hva som er en miljømessig optimal situasjon. Nytte-kostnadsanalyser i en økonomi med raskt voksende befolkning vil ettersom tiden går nedjustere kravet til hva som er en "optimal miljøstandard". Internalisering av eksternaliteter vil være utilstrekkelig for å sikre en bærekraftig ressursforvaltning når sentrale miljøeffekter (verdier) er utelatt.

En rekke problemer dukker opp i forbindelse med operasjonaliseringen. Det vil generelt være stor usikkerhet knyttet til hvordan økologiske systemer vil oppføre seg i fremtiden. Ulike prinsipper og metoder kan legges til grunn for å håndtere operasjonaliseringen med tanke på disse problemene. Føre var prinsippet og ulike risikokalkuleringer kan legges til grunn. Det vil også være usikkerhet knyttet til fremtidige generasjoners preferanser. Det er ikke nødvendigvis slik at de preferansene vi i dag tillegger fremtidige generasjoner, er de "riktige". Det er heller ikke slik at alt som har verdi for oss, nødvendigvis må kvantifiseres og omregnes i kroner og øre i operasjonaliseringsprosessen. Vi kan innenfor slike økonomiske modeller operere med ulike typer for absolutte beskrankninger (fysiske standarder).

Et relevant spørsmål vil alltid være om de anvendte samfunnsøkonomiske modeller er utviklet på en slik måte at de reflekterer de mål som er satt. En viktig vei fremover vil være å videreutvikle operasjonaliseringsmetoder som kan gi oss en stadig bedre veiledning i viktige samfunns- og miljøspørsmål.

Intensjonen har imidlertid vært å problematisere slik at problemstillingene er klarere. Vi kan imidlertid så langt konkludere med at selv om det kan være samfunnsøkonomisk lønnsomt å ha lukkede sløyfer, er det altså ikke noen automatikk i at dette realiseres i markedet. Derfor må politiske og økonomiske virkemidler tas i bruk for å korrigere markedet. Dette kommer vi tilbake til i kapittel 7.

Utfra dette kan det sies at det viktigste samfunnsøkonomiske kriteriet knyttet til vurdering av kvaliteten på en sløyfe, er at det må være en avveining mellom de ulike verdiene som gjelder for alle aktørene i samfunnet, og dette er med på å definere hva som er en god eller dårlig sløyfe.

6.3.3 Bedriftsstrategisk tilnærming

Utfra det ovennevnte kan det fra et bedriftsstrategisk perspektiv formuleres følgende kriterier for implementering av en "god sløyfe":

1. Bedriften skaper konkurransefortrinn ved å benytte resirkulert materiale og komponenter i sine produkter, inkludert et økonomisk lønnsomt produkt- og materialgjenvinningssystem.
2. Der er tilstrekkelig tilgjengelighet av og kvalitet på gjenvunnet råmateriale, samt robusthet og fleksibilitet i prosess- og produktdesign, som sikrer bedriftens langsiktige tilpasningsdyktighet
3. Miljøbelastninger, material- og energibruk for en funksjonell enhet er redusert i forhold til alternative løsninger.(Dokumentert gjennom LCA)
4. Sløyfen fører til reduksjon av samfunnsmessige omkostninger og redusert bruk av ikke-fornybare ressurser, slik at samfunnets infrastruktur på en naturlig måte tilpasses lukkede materialstrømmer.

6.4 Evaluering av produksystemet til Xerox kopimaskin

Vi tar utgangspunkt i de 5 kriteriene formulert over:

- Kvantiteten av det som gjenvinnes
- Kvaliteten av det som gjenvinnes
- Tap av kvalitet i den nye bruken av materialet
- Mengde resirkulert materiale i det nye produktet
- Ressursforbruket i sløyfen

Når det gjelder kvantiteten på det som gjenvinnes, kan dette operasjonaliseres på (minst) to ulike måter. Det første er mengde gjenvunnet i

forhold til mengde inn til gjenvinningssystemet. Det andre er mengde gjenvunnet i forhold til mengde som sendes ut på markedet. I det siste tilfellet vil tap av effektivitet i bruksleddet, eksempelvis gjennom at maskinene ikke leveres tilbake etter bruk, være inkludert. Begge forholdstallene gir en pekepinn på hvor godt systemet er i forhold til mengde gjenvunnet. Ettersom Xerox har høy tilgang på produkter for gjenvinning (de har full kontroll over hvor Xerox maskinene står) er det sannsynlig at disse to indikatorene på gjenvinningsgrad ikke er så forskjellige. Dette kan sies å gjelde spesielt for Norge der også El-retur systemet sørger for god innsamling. Xerox har som endelig mål at ingenting skal på deponi. Xerox oppnådde i 1999 en returprosent på 65. I 1999 sendte de 7,4 % av det som kom inn til gjenvinningsbedriften i Venray til deponi. Resten ble gjenvunnet, enten ved at komponenter ble benyttet på nytt eller at materialene ble resirkulert. En annen nyttig indikator er derfor forholdet mellom komponentgjenvinning og materialgjenvinning. Dette forholdet er 1:7. Det ville også vært nyttig å få oversikt over mengde og type materialer som materialgjenvinnes, mengde og type komponenter som klargjøres for ny bruk og mengde og type materialer som havner på deponi, men dette har vi ikke fått. Videre ville det være naturlig å inkludere mengden av det som repareres og oppgraderes hos kunden som en del av gjenvinningsgraden, men det er mest hensiktsmessig å skille dette fra det som skjer i selve gjenvinningssystemet.

Når det gjelder kvaliteten på det som gjenvinnes, så er det viktig å skille mellom materialgjenvinning og komponentgjenvinning. Komponentgjenvinning gir liten degradering av kvalitet. Dette viser seg også gjennom at Xerox stiller de samme krav til kvalitet hos gjenvunnede komponenter som til helt nye. Ettersom alle maskiner demonteres i helt rene fraksjoner, gir dette potensialet for høy kvalitet på materialet som gjenvinnes. Det viser seg også at det ikke er noe problem for Xerox å få avsetning for alle materialtyper (unntatt de 7,4 % som går til deponi) og at de tjener penger på virksomheten, noe som også betyr at de får relativt sett god pris på det. Hver komponent blir merket når det har blitt gjenvunnet, men det blir ikke registrert hvor mange ganger en komponent kan gjenvinnes.

Når det gjelder tap av kvalitet i den nye bruken av materiale, er det for komponentene ikke noe slikt tap ettersom Xerox benytter disse komponentene i den samme funksjonen, i kopimaskiner. Når det gjelder tap av kvalitet i den nye bruken av materialer, har det ikke lyktes å få oversikt over hvilke alternative kaskader som finnes for disse materialene. Når glasset benyttes i veimerking og toner i skokrem, synes imidlertid dette som en god anvendelse av disse materialene.

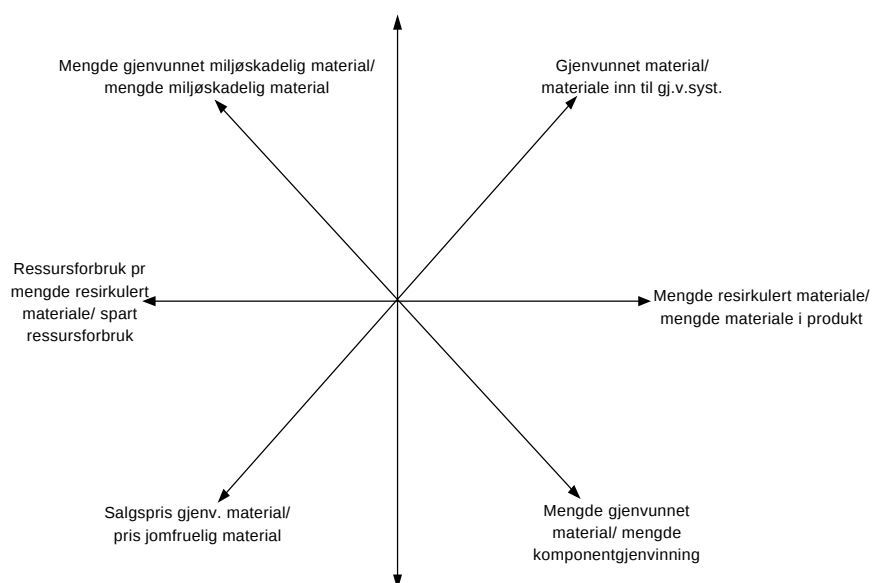
Xerox opplyser at i gjennomsnitt består en Xerox kopimaskin av 80 % vektprosent gjenvunnet materiale. Dette kan ansees som relativt mye tatt i betraktning kopimaskinens komplekse konstruksjon.

Når det gjelder ressursforbruket i sløyfen, er vurderinger av dette avhengig av om hvilket system vi definerer. Skal det være ressurseffektiviteten kun i gjenvinningssystemet? Skal det være ressurseffektiviteten i hele produktsystemet? Eller er det snakk om ressurseffektiviteten i et nettverk av produktsystemer? Det er to mulige fortolkninger av ressurseffektiviteten i det definerte systemet. Det kan være et uttrykk for hvor ressurskrevende det er å oppnå den kvaliteten og den kvantiteten på det som gjenvinnes (altså kun kostnadene ved dette). Referansepunktet her kan være BAT eller politiske mål. Alternativt kan det være snakk om å gjennomføre avveininger (trade-off) mellom gevinstene (reduisert uttak av jomfruelige materiale, reduserte utslipp osv) ved å gjennomføre en aktivitet og tapene (ressursforbruk ved selve gjenvinningen) ved de gjenvinningsaktivitetene som gjøres. Belastningsstudier (impact assessment studies) er nødvendige for å avgjøre dette.

Kvalitativt kan det sies at

- Garantien om at alle maskiner skal tas tilbake er ikke nødvendigvis så ressurseffektiv.
- Garantien om utelukkende rene fraksjoner er veldig arbeidskrevende og ikke nødvendigvis så ressurseffektiv
- Selve gjenvinningsprosessen i Venray er arbeidskrevende, ikke energikrevende. Slik sett blir ressurseffektiviteten høy, mens øko-effektiviteten ikke blir så høy
- For hele produktsystemet resulterer gjenvinningen et redusert inntak av jomfruelige materialer
- Maskiner sendes for lett til Venray for reparasjon, mens det heller kunne vært gjort "on location". Dette er ikke ressurseffektivt.
- Ettersom alle maskiner kommer tilbake til Venray, har de veldig god kontroll på produktet, og produktene er dermed tilgjengelige for å kunne håndteres på en god måte. Dermed er det en stor fordel at produksjonen av nye maskiner og demontering av gamle foregår på samme sted. Dette gir små transportavstander.

Vurdering av kvaliteten på en sløyfe



Figur 24: Diagram for vurdering av kvaliteten på en sløyfe

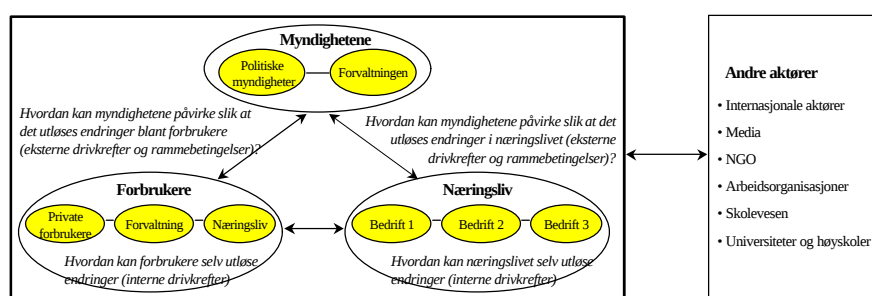
Denne figuren viser noen mulige indikatorer på godheten av en sløyfe. Indikatorene må vurderes utfra avstanden fra origo, der kort avstand betegner god kvalitet. Indikatorene er uavhengige. Det er derfor verdt å merke seg at det ikke er det totale arealet innenfor et området avgrenset av tenkte linjer mellom punktene på linjene som indikerer godheten av systemet, men altså avstanden fra origo og ut til punktet.

7 STRATEGIER OG HANDLING FOR IMPLEMENTERING AV GODE SLØYFER

7.1 Hva utløser endringsprosesser - strategier og handling for endring

7.1.1 Innledning

I et industriell økologi perspektiv er det ønskelig å etablere og forbedre sløyfer. Utfordringen er dermed å finne ut hva som utløser de endringsprosesser som etablerer og forbedrer sløyfer. Som vist i kapittel 5, er det enkeltaktører og samspillet mellom disse som utgjør dynamikken og dermed endringsprosessene i samfunnet. Figur 25 nedenfor viser dette.



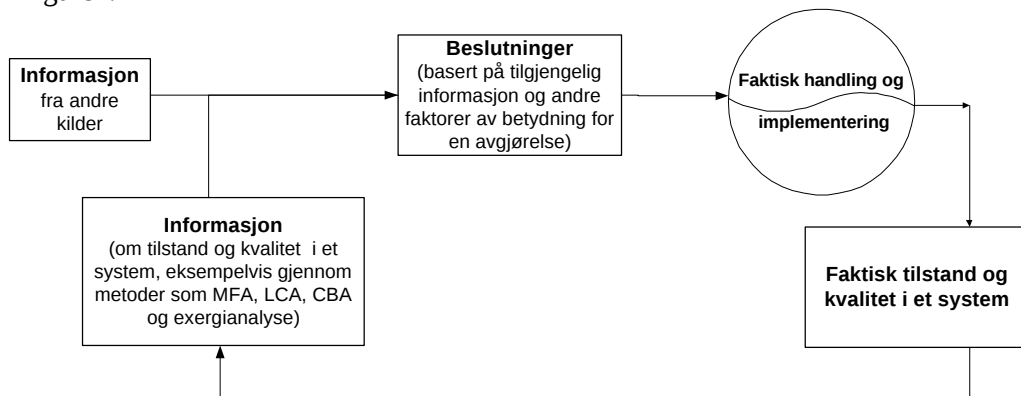
Figur 25: Samspillet mellom ulike aktører for å utløse endringer

For at beslutninger skal tas og handlinger gjennomføres, må det være en (initierende) drivkraft hos en eller flere av aktørene. Det kan skilles mellom situasjoner der det for bedriftene per i dag ligger en umiddelbar økonomisk gevinst ved å gjennomføre endringer, og situasjoner der det ikke gjør det. For førstnevnte situasjon er det næringslivet selv som i hovedsak kan initiere og gjennomføre de endringene som kan gjøres. Xerox er et eksempel på en bedrift som har sett økonomisk gevinster i å etablere egne gjenvinningssystemer og interne sløyfer, og hjulpet av visjonære ledere og et stort produksjonsvolum, ble dette en realitet (Markussen 2000). Det er imidlertid ikke åpenbare argumenter for enkeltbedrifter til å ta initiativet overfor Miljøverndepartementet eller andre konkurrenter for å få opprettet et kollektivt innsamlings- og gjenvinningssystem for sine kontorstoler.

Der det ikke er umiddelbar økonomiske gevinst å hente, må derfor myndighetene i større grad være med å initiere endringsprosessen. Det er

essensielt å understreke at det ikke nødvendigvis må være de samme aktørene som initierer handlinger og de som faktisk gjennomfører dem. Forlenget produsentansvar som miljøpolitisk strategi er et eksempel på at myndighetene tar initiativ til å få opprettet kollektive gjenvinningssystemer, mens det er næringslivet som faktisk implementerer dette.

Figur 26 nedenfor viser forholdet mellom stasjonær tilstanden i et system (for eksempel hvordan gjenvinningen av Xerox kopimaskiner nå skjer) og implementering av endring i dette systemet (hvordan endringsprosessen skjer for at gjenvinning skal foregå på en annen måte). Informasjon om den faktiske tilstanden eller kvaliteten på et gitt system, sammen med annen relevant informasjon som for eksempel politiske strømninger, markedstrender osv, samt beslutningstakers egen hensikt og målsetting, fører til at det tas beslutninger om hva som skal gjøres. Beslutningen i seg selv resulterer ikke umiddelbart i endringer i det faktiske systemet. Beslutningen må implementeres gjennom strategier og faktisk handling. Dette er vist i sirkelen i figuren.



Figur 26: Dynamikken i et definert system

I dette kapittelet skal vi se nærmere på hva myndigheter, bedrifter og forbrukere kan gjøre av beslutninger og faktiske handlinger for å etablere og forbedre lukkede sløyfer.

7.1.2 Myndighetsinitierte strategier og handlinger

Generelt sett kan det sies at enhver inngripen fra myndighetene i samfunnets og markedets dynamikk skjer fordi de ønsker å styre samfunnsutviklingen i en retning som ivaretar de overordnede samfunnsmålene. Virkemidlene som myndighetene har er administrative virkemidler (for eksempel informasjon eller innføring av lover og reguleringer) eller økonomiske virkemidler (skatter,

avgifter, subsidier og andre støttetiltak gjennom statsbudsjettet). Virkemidlene kan rettes både mot næringsliv og mot forbrukere, jamfør Figur 25 over.

Ulike departementer har forskjellige virkemidler å benytte. Det har i denne sammenhengen inntil nylig vært vanlig å skille mellom næringspolitikk og miljøpolitikk. Næringspolitikk legger forholdene til rette for at næringslivet får incitamenter til å gjøre investeringer, innovasjoner, teknologiske utviklinger og dermed bidra til økonomisk vekst. Miljøpolitikk, derimot, har vært rettet inn mot å begrense handlingsrommet for næringslivet, og dermed legge hindringer i veien for fri markedsutfoldelse. Industriell økologi som konsept kan sies å bidra til å forene næringspolitikk og miljøpolitikk gjennom at det stimuleres til miljørettede innovasjoner både på produkt- prosess- og systemnivå. Dersom det stimuleres til utvikling av gjenvinningsindustri i Norge, både gjennom teknologiutvikling og organisatorisk utvikling, kan dette være med på å "forlenge" verdikjeden. Tomra er et eksempel på at det skjer verdiskapning i etterbruksfasen. Handels- og næringsdepartementet har forøvrig utarbeidet en miljøhandlingsplan der de forsøker å se nærings- og miljøpolitikk i sammenheng. Hvilke virkemidler har så myndighetene for å fremme dette gjennom å stimulere til lukking av sløyfer?

De økonomiske virkemidlene som myndighetene har i forhold til opprettelse og lukking av sløyfer er tidligere omtalt i kapittel 5. Effekten av ulike økonomiske virkemidler vil avhenge av markedsmekanismene. Generelt vil økonomiske virkemidler kunne skape incentiver til å opprette markeder for produkter som tilfredsstiller kriteriene for gode sløyfer. I forhold til bedriftene kan en mulig strategi for å oppnå dette være å regulere bedriftenes økonomiske rammebetingelser på en slik måte at de finner det lønnsomt å satse på produkter basert på resirkulert materiale. Likeledes kan det tenkes at forbrukerne er villige til å betale mer for resirkulerte produkter (gitt lik kvalitet) på grunn av at produktet representerer en positiv miljøprofil. En utvikling mot mer miljøvennlige preferanser blant forbrukerne kan videre tenkes å stimulere bedrifter til å utvikle teknologi mer i samsvar med prinsippene for lukkede sløyfer for å styrke sine fremtidige markedsandeler. Dette bare som et eksempel på at interaksjonen mellom produsenter og forbrukere kan ha stor betydning for rammevilkårene for opprettelse og lukking av sløyfer. Avgifter og subsidier av ulike slag, rettet mot produsent eller forbruker, er mer konkrete og tradisjonelle eksempler på relevante økonomiske virkemidler.

I det følgende vil vi gå litt nærmere inn på forlenget produsentansvar som grunnleggende strategi for å opprette og å lukke sløyfer. Forlenget produsentansvar har det siste tiåret blitt innført i stadig flere land, spesielt i Europa, og for stadig flere produkttyper, med emballasje som den viktigste. Tabell 2 viser på hvilke produkttyper hvor det eksisterer et forlenget produsentansvar i Norge per i dag.

Tabell 2: Forlenget produsentansvar i Norge

Produkttype	Virkemiddel	Målsetting
Kartonger	frivillig avtale 1995	50 % materialgjenv. og 10 % energigjv.
Batterier	forskrift (1990) + avtale (1993 og 2000)	95 % innsamling og gjenvinning
Drikkekartong	frivillig avtale 1994	60 % mataterialgjenvinning
Plastemballasje	avtale 1995	30 % materialgjenv. og 50 % energigjenv.
EE-produkter	forskrift + avtale 1998	80 % innsamling
Metallemballasje	frivillig avtale 1995	60 % materialgjenvinning
Glassemballasje	ingen avtale/ forskrift	79 % materialgjenvinning
Bølgepapp-emballasje	frivillig avtale 1995	65 % materialgjenv. og 15 % energigjenv.
Dekk	forskrift + avtale 1995	

Forlenget produsentansvar er en miljøpolitisk strategi for å rette på feil i markedet i forhold til de samfunnsmessige mål som gjelder,²⁴ og skal internalisere miljømessige eksternaliteter for å oppnå samfunnsøkonomiske effektive løsninger²⁵. Forlenget produsentansvar operasjonaliseres gjennom konkrete virkemidler som skal gi næringslivet incentiver og frihet til å velge passende strategier slik at de politiske målene nås.²⁶ Det kan derfor sies å være en myndighetsstrategi med konsekvenser for næringslivet, og ikke en næringslivsdrivet strategi for å posisjonere seg i markedet.²⁷ Det er allikevel, som tidligere nevnt, mange selskaper som frivillig har utviklet egne produsentansvarlignende strategier for deres egne produkter, gjennom å tilby å ta tilbake produktene fra kundene og ombruk og resirkulering strategier for disse produktene. Xerox er tidligere nevnt. Teppeselskapet Interface er et annet eksempel, Polimoon et tredje. Denne frivillige praksisen er dermed en del av selskapenes strategi drevet frem av bedriftsøkonomiske argumenter uten direkte påvirkning fra myndighetene.

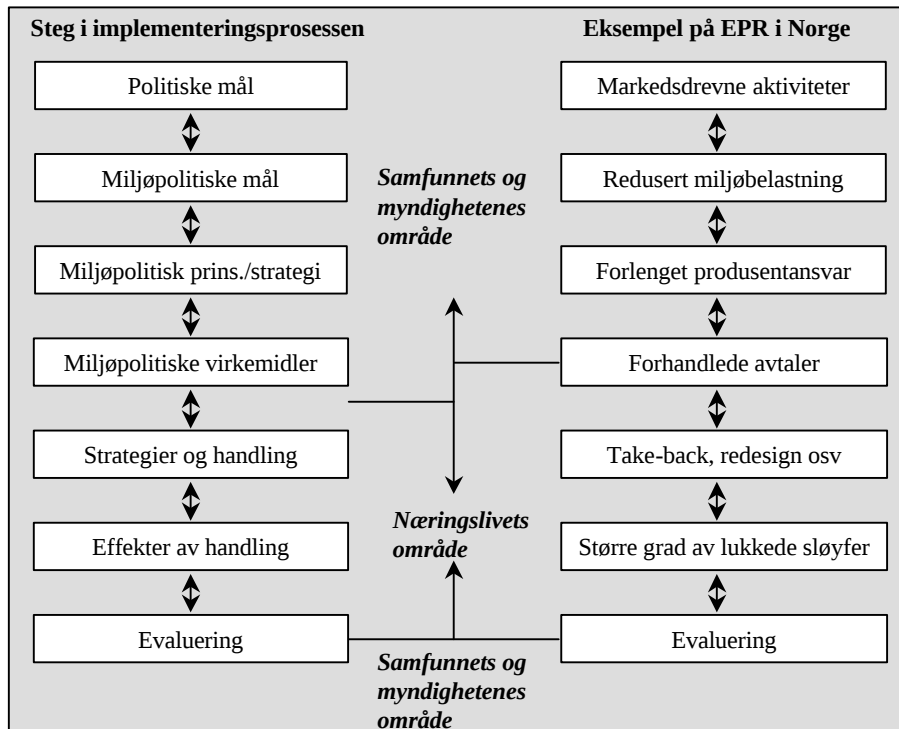
²⁴ Forlenget produsentansvar kan både sees på som en myndighetsstrategi (Harrison 1999) og som et bredt prinsipp for å utforme spesifikke virkemidler (Davis 1998). Her vil vi omtale det som en strategi, uten at vi har tatt stilling til om det er et miljøpolitisk prinsipp også.

²⁵ Se for eksempel Baumol and Oates (1988).

²⁶ Dette kan være incentiver for teknologisk innovasjon, men også incentiver for mer fundamentale endringer som tar opp spørsmål som: "Hva skal bedriften produsere, hva skal forbrukerne kjøpe, bør forbrukerne eie produktene selv, eller bør det være leasing ordninger slik at kunden kjøper produktets funksjon? (Ehrenfeld 1995).

²⁷ Det er ingen grunn til å anvende forlenget produsentansvar på et materiale som diamanter ettersom markedsmekanismene for etterbruksfasen fungerer utmerket for diamanter.

Gitt at forlenget produsentansvar er en myndighetsstrategi, viser Figur 27 nedenfor forholdet mellom forlenget produsentansvar og andre steg i en politisk implementeringsprosess. Figuren viser både hva som myndighetene i hovedsak er ansvarlig for og hva som er næringslivets ansvar. Venstre del av figuren viser en generell beskrivelse av den politiske prosessen, mens høyre side viser et eksempel fra implementering av forlenget produsentansvar for plastemballasje i Norge.



Figur 27: Forlenget produsentansvar i en politisk implementeringsprosess.

Øverst finner vi at de politiske målsettingene, for eksempel mer markedsbaserte aktiviteter, fører til visse miljøpolitiske mål, for eksempel redusert miljøbelastning, redusert ressursforbruk eller redusert avfall på deponi, som igjen er implementert gjennom visse miljøpolitiske strategier. Forlenget produsentansvar er et eksempel på en slik strategi. Strategien resulterer i konkrete miljøpolitiske virkemidler, for eksempel forhandlede avtaler eller forskrifter. Iboende i disse virkemidlene er det ulike incentiver for aktørene i næringslivet til å vedta strategier og gjennomføre konkrete handlinger for å imøtekomme virkemiddelet. Opprettelsen av innsamlings- og gjenvinningsordninger er eksempler på dette. Disse handlingene har visse effekter, for eksempel større grad av lukkede sløyfer. Til slutt må disse handlingene og effektene av dem evalueres opp i forhold til de politiske

målene som gjelder. Hvordan denne evalueringen skal gjennomføres er et interessant metodisk spørsmål. Våren 2000 gjennomførte Miljøverndepartementet en evaluering av virkemidlene for emballasje i Norge (Hjellnes Cowi 2000). Toveispilene mellom boksene i figuren indikerer interaksjon mellom aktivitetene i boksene og at implementeringsprosessen er en iterativ prosess.

Som konkret eksempel på innføringen av forlenget produsentansvar, skal vi nevne ordningen for EE-produkter i Norge. 16.3. 1998 ble "Forskrift om kasserte elektriske og elektroniske produkter" vedtatt. Forskriften er fastsatt av MD, og den regulerer krav og plikter til mottak, innsamling, gjenvinning og annen forsvarlig behandling av EE-avfall. Målet er at skal minst 80 % av EE-avfallet være samlet inn innen 1. juli 2004. Det er etablert to materialselskap, Hvitevareretur og Elektronikkretur, og disse to selskapene har som oppgave å etablere et retursystem for EE-produktene som de "forvalter". De to selskapene har gått sammen under fellesbetegnelsen El-retur for å gjøre dette. For å sikre seg mot gratispassasjerer, inngikk MD og produsenter/importører en avtale for å hindre gratispassasjerer i systemet. Innsamlingssystemet som El-retur organiserer, gjelder for de produsenter/importører som har tilsluttet seg materialselskapene gjennom avtale mellom materialselskapene og de enkelte produsenter/importører. Dette betyr at de som ikke er med på denne returordningen, ikke får anledning til å benytte retursystemet, og må, i følge forskriften, etablere sitt eget system og rapportere til SFT de resultatene de oppnår. Xerox gjør dette for de produktene som de har utenfor El-retursystemet. Norge var forøvrig det første landet som vedtok en slik forskrift, slik at erfaringsgrunnlaget ikke var all verdens. Se forøvrig Appendix 3 for nærmere beskrivelse av El-retur systemet.

Det bedriftsspesifikke Xerox-systemet og det kollektive El-retur systemet søker begge å bidra til å lukke sløyfene. Den viktigste forskjellen er at Xerox håndterer produktene sine selv, mens El-retur bare samler inn og selger materialer videre. Det er flere årsaker til at Xerox er med i El-returs system. For det første vil de ha kontroll med det som skjer der, for på den måten å kunne være informert om tiltak/forslag som har innvirkning på Xerox' virksomhet. For det andre er det opplagt produkter/komponenter som ikke er så interessante for Xerox, og disse skyfles dermed inn i El-retur systemet. For det tredje er det kunder som bytter Xerox-maskiner med andre produsenter, og disse Xerox-maskinene må på en eller annen måte sikres en innsamling dersom garantien fra og troverdigheten i markedet til Xerox skal opprettholdes. For det fjerde er det reklame for Xerox å kunne vise til at de også er med på det kollektive systemet. Her ser vi litt av kjernen av problemstillingen mellom bedriftsspesifikke og kollektive systemer: De førstnevnte tar ut det som det er økonomi å ta hånd om, mens de produktene som det er vanskeligere å tjene penger på, overlates til det kollektive. Dermed

blir det en "kunstig" utgift for de kollektive systemet, og mulighetene for at dette skal kunne være økonomisk drivverdig reduseres. Det er imidlertid interessant om disse to systemene allikevel klarer å være komplementære slik at begge kan tjene penger, men med forskjellige organisering.

Et annet virkemiddel som myndighetene har, er å bidra med direkte finansiell støtte til å opprette infrastruktur eller produksjonsanlegg som er nødvendig for å lukke sløyfer. I 1994 bidro Miljøverndepartementet med 15 millioner kroner slik at Folldal Kommune kunne omstille seg fra gruvedrift til plastgjenvinning (Folldal Gjenvinning).

7.1.3 *Bedriftsinitierte strategier og handlinger*

Selv om myndighetene har mulighet til å påvirke gjennom virkemidler og policy og gjennom faktisk utbygging av infrastruktur, er det slik at det meste av den faktiske aktiviteten skjer på mikronivå, altså på bedriftsnivå. I forbindelse med lukking av sløyfer er det naturlig å dele inn i tre hovedgrupper av bedrifter.

1. Bedrifter som opererer i etterbruksfasen, det vil si den fasen av kretsløpet som faktisk sørger for gjenvinningen. Eksempler på dette er Hydro Aluminium Holmestrand som kun bruker aluminiumsskrap til å fremstille "ren" aluminium, Tomra som leverer maskiner for innsamling av drikkevareemballasje, Frelsesarmeen som samler inn og selger klær og Folldal Gjenvinning som produserer pellets fra brukt plastemballasje.
2. Bedrifter som produserer eller importerer de produktene som (etter hvert) skal gjenvinnes. Eksempler på dette er kontorstolprodusenten HÅG og plastkanneprodusenten Polimoon.
3. Bedrifter som har koordinerende funksjoner i å få opprettet og drevet systemet for lukking av sløyfer. Eksempler på dette er Plastretur som er ansvarlig for å organisere systemet for innsamling og gjenvinning av plastemballasje og El-retur som er ansvarlig for å organisere systemet for innsamling av elektriske og elektroniske produkter.

Gjenvinningsbedrifter er nødvendigvis svært viktige i arbeidet med å etablere gode sløyfer. Slike bedrifter har en helt parallell funksjon til det tradisjonelle produksjonsbedrifter har; materialer og produkter/komponenter skal foredles slik at dette kan benyttes igjen i nye produkter. Det er her både kvantiteten, kvaliteten og ressurseffektiviteten i gjenvinningsleddet bestemmes. Både teknologi, organisering, innsamling, sortering, samarbeid med leverandører av "råvarer" og produksjonsutstyr er avgjørende for hvor godt resultatet blir. Lukking av prosesssløyfer, som Hydro Aluminium Holmestrand er en eksponent for, er her viktig.

Det som også er avgjørende for hvor god sløyfen kan bli, er hvor godt produktene som gjenvinningsbedriftene mottar er tilrettelagt for gjenvinning. Dermed er produksjonsbedriftene betydelige premissleverandører. Gjennom innovasjon og teknologisk utvikling av miljøriktige produkter kan bedrifter bedre miljøytelsen til sine produkter. Økodesign er spesielt fremhevet som en god strategi for dette (Brezet og van Hemel 1997). Gjennom økodesign kan det legges til rette for enklere innsamling, demontering, resirkulering, ombruk osv. Think's elbil er et eksempel på et produkt der det er lagt til rette for dette gjennom materialvalg, antall komponenter osv. Selv om disse aspektene er integrert i elbilen, er det foreløpig ikke, unntatt for batteriene som er underlagt produsentansvaret for oppladbare batterier (MD 2000), et system som faktisk kan gjennomføre resirkuleringen. Det er altså verdt å merke seg at økodesign strategien ikke tar inn over seg behovet for å etablere prosesser og produkter for faktisk å kunne gjenvinne. Den legger bare til rette for at så kan skje.

Derfor er det nødvendig å ha de bedrifter som kan organisere de systemene som skal ta hånd om gjenvinningen. Enkeltvis er som regel ikke bedriftene stor nok til å etablere sitt eget gjenvinningssystem, og kollektive gjenvinningsordninger ala de som finnes for ulike typer emballasje, er et mulig alternativ. Materialselskapene er organisasjoner som ikke har avkastningskrav, men som har som oppgave å smøre gjenvinningssystemet slik at penger flyter fra oppstrømsfasen i livsløpet (produksjonsfasen) til nedstrømsfasen (etterbruksfasen).

Felles for alle bedriftene omtalt her, med unntak av materialselskapene, er at de skal tjene penger på sin totale virksomhet. Investeringer i design for gjenvinning og i gjenvinningssystemer kan isolert sett være en utgiftspost i mange år, men totalt for bedriften kan dette ha en positiv effekt gjennom eksempelvis økt salg og goodwill i markedet. Dette handler om risikovurderinger som hver enkelt bedrift gjør innenfor de til hver tid gjeldende reguleringer og rammebetingelser som myndighetene og markedet setter.

7.1.4 Forbrukerinitierte handlinger og strategier

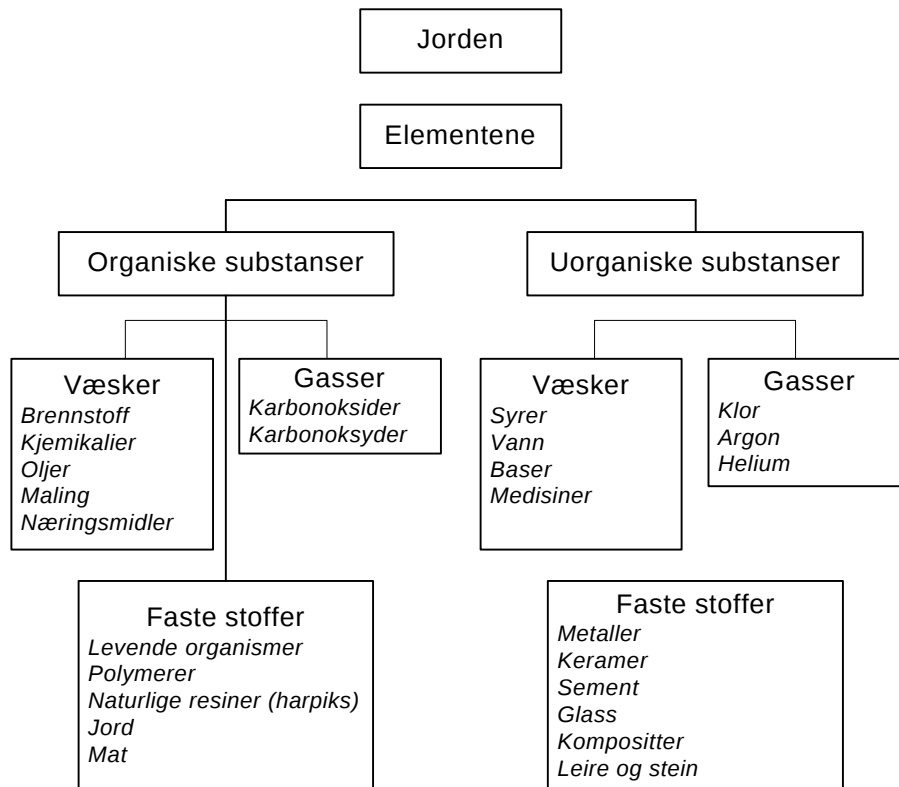
Forbrukere både i husholdninger og i næringslivet har stor påvirkningskraft for hvor god en sløyfe kan bli. For Plastretur er den største utfordringen å få samlet inn nok av den plastemballasjen som er i markedet. Gjenvinningsbedriftene har kapasitet til å ta imot mer. El-retur hevder tilsvarende at det er store mengder EE-produkter som havner på kjellere og loft og som dermed ikke kan samles inn. Dermed blir forbrukernes sortering og levering av produktene helt avgjørende for hvor effektivt et gjenvinningssystem, og dermed en sløyfe, kan være.

7.2 Avgjørende faktorer for valg av strategi for lukking av sløyfer

I etableringen og forbedringen av sløyfer må beslutningstakere på alle nivåer ha god nok informasjon om alle relevante forhold slik at de, utfra deres ståsted, interesser og verdier, kan ta de riktige beslutningene. Nå er imidlertid det industrielle samfunn svært komplekst der svært forskjellige produkter og produktsystemer er gjensidig avhengig av hverandre, og det kan synes vanskelig å si noe generelt om hva som kjennetegner en god sløyfe, og *samtidig* gi tilstrekkelig konkret informasjon til beslutningstakerne. Hovedgrunnen til dette er at hva som er en riktig strategi å følge er avhengig av svært mange ulike faktorer, som for eksempel, hvordan omgivelsene er (biologiske systemer på Antarktis er ikke like robuste som i Sør-Norge), hvilke produkter vi har med å gjøre (langlivede produkter krever andre strategier enn kortlivede), hvor stort volum de finnes i (gjenvinning synes lettere i Oslo enn i Finnmark) og hvilke materialer disse produktene er satt sammen av (produkter med spesiallegeringer og kompositter er ikke like egnet for materialgjenvinning som organiske materialer og "commodity"-metaller). Nedenfor vil vi komme inn på noen faktorer som er avgjørende for hvilken strategi som bør velges for lukking av sløyfer.

7.2.1 *Type materiale*

Hvilke veivalg som er å foretrekke er først og fremst avhengig av hvilke produkter og materialer det er snakk om. Produkter er sammensatt av materialer, og derfor er det naturlig å ta utgangspunkt i sistnevnte. Ulike typer materialer har forskjellig påvirkning på miljøet. Giftstoffer som akkumuleres i næringskjedene har større belastning enn for eksempel pukk og grus. Men begge er materialer. Figur 28 nedenfor viser en måte å klassifisere de forskjellige materialer i organiske og uorganiske substanser. Disse kan være væsker, gasser eller faste stoffer. Eksempler på disse er listet opp i figuren. De materialene som benyttes til å lage produkter, er vanligvis faste stoffer, selv om væsker og gasser ofte er en del av et teknisk system (Smøremidler i en tannhjulsoverføring, trykksatt helium i en Stirlingmotor, o.s.v.).



Figur 28: Klassifisering av Jordens substanser og materialer

Ofte inndeles de faste stoffer som benyttes i produkter i 4 hovedgrupper:

1. Polymerer (termoplast, herdeplast, gummi, elastomerer)
2. Metaller (lettmetall-legeringer, jern og stål, tungmetaller og de edle metaller)
3. Keramer og glass
4. Kompositter (polymerer forsterket med glassfiber eller karbonfiber, metaller forsterket med keram-partikler, metall/polymer laminater, armeringsjern i betong, osv)

Det skilles ofte mellom konstruksjonsmaterialene (“Engineering materials”) og de elektroniske/magnetiske materialer (“Functional materials”). Hver av de fire materialgruppene ovenfor, vil ha spesielle egenskaper og krav tilknyttet materialstrømmer og lukking av sløyfer. Polymerer er organiske materialer som kan brytes ned og gå inn i naturens økosystemer. Her vil det ikke være opplagt om hva som er riktig med hensyn på nedbrytning, energigjenvinning eller materialgjenvinning.

Metalliske materialer, derimot, som er utvunnet fra jordskorpen eller havet, bør holdes lengst mulig i teknosfæren gjennom omsmelting eller komponentgjenbruk. Dette gjelder for metaller som finnes i store mengder (som magnesium, aluminium, jern), metaller det er knapphet på (som kopper, platina, sølv, gull), og metaller som er giftige i konsentrerte mengder (kvikksølv, krom, bly, kadmium).

Råstoffer for produksjon av keramer og glass finnes i store mengder i naturen, her vil ofte engangs gjenbruk i form av planeringer og fyllinger være det mest økonomiske uten at det belaster naturen.

Kompositter er sammensetninger av materialer fra de forskjellige materialgrupper, og det vil ofte være vanskelig å skille disse materialene fra hverandre ved materialgjenvinning. Dette kan føre til at kompositter vil få begrenset utbredelse dersom ikke spesielle gjenvinningsmetoder utvikles.

7.2.2 *Type produkter*

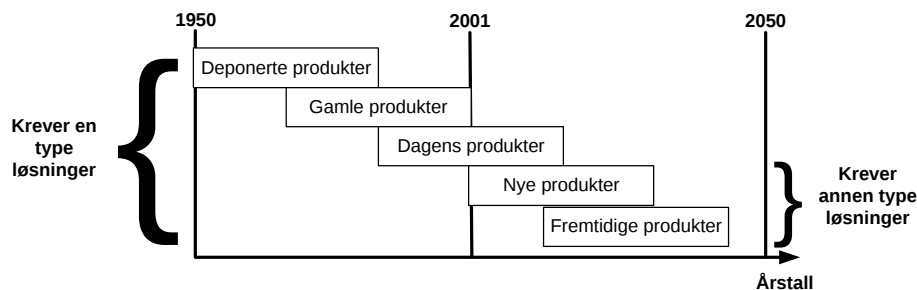
Hvilken strategi som bør velges for å etablere eller forbedre en sløyfe, avhenger også av hva slags produkt som inngår i sløyfen. Det er opplagt at et kortlivet produkt som plastposer krever andre innsamlingsrutiner og gjenvinningsordninger enn et langlivet og komplisert produkt som en kopimaskin. Dette er avgjørende for hvorvidt gjenvinningssystemet skal organiseres som et kollektivt system, som for eksempel Plastretur gjør med plastemballasje, eller om det skal organiseres som et bedriftsspesifikt system som for eksempel Xerox har. Nedenfor vil vi liste opp noen kjennetegn ved produkter som det må tas hensyn til ved valg av strategi.

Levetiden til produktet har stor betydning. Plastemballasje har kort levetid noe som betyr at det tar omtrent 1 måned fra produktet er på markedet og til det er blitt til søppel igjen. Dette innebærer at det hele tiden vil være en rask responstid. Noe annerledes er det med mer langlivede produkter som Xerox-maskinen, Tomra-maskinen eller en Think elbil. Det tar mange år fra disse produktene er på markedet til det skal avfallhåndteres. Dette gjør at tidsforsinkelsen er atskillig lengre og at et resirkuleringssystem må håndtere det som kom på markedet for 10 år siden og ikke det som kommer nå. Dette skaper oppstartsproblemer for nye produkter. Eksempelvis har Tomra og HÅG problemer med å samle inn mange nok av sine produkter til at resirkulering lønner seg (Steinmo et. al 2001, Hagen 2001).

Avgjørende for valg av strategi for lukking av sløyfer er hvorvidt produktet er typiske forbruksvarer eller mer "bedriftsvarer" som kopimaskin eller Tomra-maskin. Forbruksvarer spres til mange flere enn en bedriftsvare og er dermed vanskeligere å ha kontroll over. Innsamlingen blir vanskeligere og en er prisgitt at forbrukerne er motivert til å kildesortere. Innsamling av

elektriske og elektroniske artikler viser seg vanskelig da forbrukerne aktivt må bringe produktet til el-forretningen.

Et annet aspekt som må vurderes ved etableringen av strategier for å lukke sløyfer, er om det er nye eller gamle produkter som skal håndteres. I et tidsperspektiv kan vi snakke om deponerte, gamle, dagens, nye og fremtidige produkter, som illustrert i Figur 29 nedenfor. Det er klart at gamle produkter der en ikke kan påvirke produktutformingen og materialvalg, har et atskillig mer begrenset handlingsrom for gjenvinning enn hva tilfelle er med nye produkter som i større grad kan designes for resirkulering. Det er her også viktig å understreke nødvendigheten av fleksible gjenvinningsløsninger som gjør at gjenvinningssystemet lett kan tilpasse seg endrede produkter og produksammensetninger. Nettopp fordi det er vanskelig å forutse hva som vil være morgendagens produkter, er fleksibilitet i gjenvinningsløsningene enda viktigere.



Figur 29: Produkter i et tidsperspektiv

Andre hensyn å ta ved valg av strategi for lukking av sløyfer er blant annet hvorvidt det er bruk av fossile brenslers i bruksfasen (dersom det er det, vil det være hensiktsmessig å kunne skifte ut eller oppgradere teknologien ofte grunnet forbedret teknisk effektivitet (Hanssen 1998b)), om det allerede eksisterer et gjenvinningssystem som også kan håndtere det aktuelle produktet (vanlig plast kan inngå i gjenvinningssystemet for plastemballasje), om produktet kan oppbevares lenge på lager etter bruk, uten at det forringer mulighetene for gjenvinningsiden (matavfall kan av hygieniske grunner ikke ligge for lenge, mens for eksempel plastemballasje kan gjøre det), og om avstanden mellom produsent/tilbaketaker og forbruker er så stor at transportutgiftene blir høye (Bør Tomra ta tilbake sine maskiner fra USA for å gjenvinne de i Norge, eller bør maskinene gå til materialgjenvinning i USA?).

Figur 30 nedenfor viser hvilke strategier som finnes i etterbruksfasen for et produkt.

effektivt. Dette står i motsetning til for eksempel Tomra som ikke har tilgang på et tilsvarende volum. Nå skal det imidlertid nevnes at Tomra oppgraderer sine maskiner over modem fra hovedkontoret i Asker, og er dermed med på å forlenge maskinens levetid. Dette er så absolutt med på å lukke sløyfen. Når slik oppgradering ikke lenger er mulig, må maskinen håndteres, og det er her volumet er for lite til at det skal være lønnsomt å etablere et tilbaketakingssystem som Xerox har for sine maskiner.

7.3 En mulig metode for lukking av material- og produktstrømmer

7.3.1 *Bakgrunn*

I dagens samfunn er det mange systemer som har åpne og lineære material- og produktstrømmer, og som dermed representerer en redusert ressurseffektivitet og en for høy miljøbelastning gjennom hele dets livsløp, både i produksjon, i bruksfasen og når produktet har blitt avfall. Vi vil her presentere en mulig metode for å etablere og å lukke material- og produktsløyfer. Det som oppnås ved å gjennomføre dette, er at mengde avfall som går til deponi reduseres, og isteden inngår materialer og produkter/komponenter i et kretsløp der de benyttes på nytt slik at ressursene i større grad utnyttes.

Metoden skal i første rekke veilede enkeltbedrifter i prosessen mot en industriell virksomhet preget i størst mulig grad av lukkede material- og produktsløyfer. Den skal gi retningslinjer for hvordan enkeltbedriftene *selv* kan operasjonalisere denne målsettingen. Figur 1 viser en oversikt over den endringsprosessen som er ønskelig å få initiert og gjennomført. Den initielle kraften kan enten komme fra bedriften selv eller eksternt gjennom marked eller myndigheter.

Det finnes allerede noen metoder og verktøy for tilstøtende tematikk, eksempelvis økodesign-manualen som ble utviklet av Delft University of Technology for UNEP (Brezet og van Hemel 1997). Denne manualen er imidlertid utelukkende opptatt av design av hovedproduktet, der det legges til rette for at det skal være mulig å resirkulere det. Manualen sier lite om hva som må etableres av støttefunksjoner, infrastruktur og rutiner i etterbruksfasen for faktisk å kunne klare å gjennomføre gjenvinning og dermed bidra til å lukke material- og produktstrømmene.

Hensikten med denne metoden kan derfor oppsummeres til å være et hjelpemiddel for

1. å avgjøre godheten i eksisterende materialstrømmer
2. i større grad å oppnå gode sløyfer

7.3.2 Struktur og enkeltelementer i metoden

I dette kapittelet vil vi presentere strukturen og enkeltelementer i metoden. Endringsprosessen som er ønskelig å gjennomføre ble vist i Figur 1, mens strukturen i metoden er vist i Tabell 3 nedenfor. Verktøyet skal være til hjelp for å gjennomføre forbedringer i et system, å gjøre et system "friskere". Denne prosessen kan derfor sammenlignes med det å gjøre en syk person frisk der pasienten i vårt tilfelle er bedriften og legen er metoden. Personen må først erkjenne at han er syk (motivasjon for endring). Han kan enten regne med at kroppen leger seg selv, eller at dette er såpass alvorlig at han må ha hjelp utenfra, og da fortrinnsvis av en lege (som dermed har verktøyets rolle). Hos legen må han beskrive både sine symptomer og sin generelle livssituasjon (systembeskrivelse for å stille diagnose og for å foreslå endringer). På bakgrunn av dette kan legen stille en diagnose for hva som feiler pasienten. Diagnosen stilles utfra hva legen vet er normaltstanden (dvs. referansetilstanden) hos et friskt menneske (i vår metode tilbys kriterier for hva som er normaltstanden for et "friskt" system med gode sløyfer). Når diagnosen er stilt, må legen kunne benytte seg av det pasienten forteller om symptomer og sin livssituasjon for å kunne finne ut hva som er årsakene til sykdommen (årsaker og barrierer fra å være frisk). På bakgrunn av dette kan legen foreslå hva som må gjøres for å eliminere disse årsakene (endringsstrategier). Det er dermed opp til pasienten å gjennomføre disse faktiske endringsstrategiene. Tiden vil vise om disse strategiene har hatt positiv virkning, og pasienten må tilbake til kontroll hos legen for å sjekke om så er tilfelle (evaluering og måling).

I eksempelet nevnt over tilsvarende pasienten "hovedproduktet" som skal forbedres gjennom prosessen. Legen og den kunnskapen og de hjelpemidlene han rår over, representerer støttefunksjoner som bidrar til at dette blir mulig. Det synes derfor opplagt at det må fokuseres på å gjøre forbedringer både på selve hovedproduktet og på støttefunksjonene for at det skal være mulig å oppnå ønsket resultat. Forbedringer hovedproduktet kan sies i hovedsak å være et bedriftsmessig anliggende. Forbedringer og utvikling av nye støttesystemer (infrastruktur og institusjoner) må antakeligvis i større grad skje på samfunnsnivå, så sant det ikke er snakk om rene bedriftsinitierte tiltak som eksempelvis Xerox har satt igang.

Det er i utgangspunktet hovedproduktssløyfen, og ikke prosessløyfene, som skal lukkes. Det vil alltid være en trade-off mellom de ressurser som må tilføres systemet i hver enkeltprosess, og det dette ressursforbruket vil medføre av reduserte utslipp senere. Eksempelvis kan det være lett å lukke en bestemt prosessløyfe, men dette kan medføre at det blir vanskeligere å lukke produktssløyfen senere.

Tabell 3 viser en skjematisk oversikt over hvilke delprosesser som denne metoden er basert på. Det er gjort et skille mellom hva metoden skal bidra

Strategier og handling for implementering av gode sløyfer

med og hva bedriftene selv skal utføre. Metoden består av 7 steg. Strukturen er bygget opp som tradisjonell problemløsning i en bedrift.

Tabell 3: De enkelte delaktivitetene i metoden for lukking av material- og produktsløyfer

	AKTIVITET	METODENS BIDRAG	BEDRIFTENE SKAL
1.	Beskrivelse av dagens system	Gi retningslinjer for å beskrive systemet; aktører, material- og pengestrømmer	Faktisk <u>gjennomføre</u> beskrivelsen av eget system
2.	Diagnose av dagens system knyttet til lukkede sløyfer	Gi kriterier for hva som er gode sløyfer, retningslinjer for hvordan operasjonalisere disse kriteriene og hvordan gjennomføre diagnosen	<u>Operasjonalisere</u> kriteriene, identifisere funksjonskrav og indikatorer, definere ref. situasjon og gjennomføre en diagnose av dagens system
3.	Identifisering av årsaker og barrierer	Gi retningslinjer for hvilke mulige årsaker og barrierer som gjør at dagens system ikke er optimalt	<u>Identifisere årsaker og barrierer</u> som påvirker systemet, både de bedriften kan og ikke kan påvirke.
4.	Sette mål for forbedringene og definere referanseprodukt	Gi retningslinjer for hvordan sette disse målene	Definere prestasjonsmål og velge referanseprodukt
5.	Utvelgelse av endringsstrategier for å oppnå lukkede sløyfer	Gi forslag til strategier for lukking av sløyfer, og gi retningslinjer for å prioritering av disse strategiene	Velge strategier for endring på det strategiske, taktiske og operasjonelle nivået
6.	Gjennomføring av endringsstrategiene (tiltak)	Gi retningslinjer for dokumentering av tiltak	Gjennomføre tiltak
7.	Evaluering og måling	Gi retningslinjer for hvordan måle oppnådde resultater	Gjennomføre evalueringen

Stegene 1 - 3 skal avgjøre hvor vellykket de eksisterende sløyfene er ved å gi en generell beskrivelse av systemet, ved å diagnosere dagens system med tanke på lukkede sløyfer, og ved å identifisere de årsaker og barrierer som i dag eksisterer og som hindrer lukkede sløyfer. Stegene 4 – 7 omhandler hvordan gjennomføre endring i dagens system for i større grad å oppnå lukkede sløyfer. Nedenfor gis noen korte beskrivelser av de enkelte aktivitetene i metoden.

Beskrivelse av systemet

Først av alt må systemet defineres entydig. Nedenfor er noen momenter som kan inkluderes i en slik systembeskrivelse. Det må legges til at ikke alle momentene passer for alle typer systemer.

1. Hva er bakgrunnen for opprettelsen av produktsystemet?
2. Hvordan kan det fysiske hovedproduktet beskrives? (produktets funksjon, sammensetning, materialtyper (metaller, organiske stoffer, kompositter og keramer, og er disse knappe/"ubegrenset"), opprinnelse, produktutvikling, levetid, årsproduksjon og potensiale for resirkulering og gjenvinning)
3. Hvordan kan sløyfen, dvs resten av produktsystemet og gjenvinningssystemet beskrives? (hvem er aktørene, hvem finansierer det, beskrivelse av produktets vei gjennom kretsløpet, spesielle kjennetegn ved systemet (type produkter/materialer som inngår, mengde inn til gjenvinningssystemet, forholdet mellom mengde gjenvinning/mengde forbrenning/mengde deponi, mengde produkter/materialer som gjenvinnes, kvaliteten på det som gjenvinnes, ressursforbruk i gjenvinningssystemet, vurdering av nytteverdien ved dette gjenvinningssystemet, kollektivordning eller bedriftsspesifikk, forskning som gjøres på dette systemet)).
4. Hva er ressursforbruket og miljøutfordringene i sløyfen?
 - a. Vurdering av miljøprofilen til produktet, og spesielt hvorfor det miljømessig sett er fordelaktig å gjenvinne? Hvilke argumenter finnes for ikke å gjenvinne?
 - b. Vurdering av "miljøprofilen" til gjenvinningssystemet? Miljøbelastende aktiviteter vs miljøgevinster ved gjenvinning
5. Hvilke eksterne krefter påvirker sløyfen, og på hvilken måte de påvirker?
 - a. konkurrenter og samarbeidspartnere
 - b. lover og regler
 - c. press fra markedet

Diagnose av dagens system knyttet til kriterier for gode sløyfer

Hensikten med denne aktiviteten er å stille en diagnose på hvordan det eksisterende systemet er med hensyn på gode sløyfer. For å kunne stille denne diagnosen er det behov for å gjennomføre følgende 3 trinn:

1. Utvelgelse av kriterier for å vurdere dagens system
2. Retningslinjer for å operasjonalisere kriteriene til målbare indikatorer for den enkelte bedrift
3. Retningslinjer for å gjennomføre den faktiske diagnoseringen

Metoden skal hjelpe til å avklare hvor vellykket nåværende material- og produksløyfer er, forutsatt at det i det hele tatt eksisterer sløyfer, og hvordan man kan forbedre dem. Det er dermed behov for å sette opp kriterier for en vellykket sløyfe. På denne måten kan en vite hvilke mål en slik endringsprosess skal styres etter. I kapittel 6 ble det foreslått 5 kriterier.

Den andre oppgaven er å etablere retningslinjer for hvordan operasjonalisere de kriteriene som vi presenterer. Dette er nødvendig fordi kriteriene må tilpasses de enkelte tilfellene, og derfor må bedriftene definere sine egne indikatorer for hva som synes fornuftig i deres tilfelle. Metoden skal hjelpe til i denne operasjonaliseringen.

Den siste oppgaven er å gi retningslinjer for hvordan gjennomføre den faktiske diagnoseringen. Som vist i kapittel 6.5 vil vi ta utgangspunkt i Eco-design hjulet til UNEP slik at det ikke blir en rangering mellom de ulike kriteriene. Det viktigste er at det gjøres noe med de kriteriene som scorer lavt på diagnoseringen.

Identifisering av barrierer og årsaker til dagens systemtilstand

Gitt en bestemt diagnose for kvaliteten på en bedrifts virksomhet, og gitt at det er ønskelig å øke denne kvaliteten, er det behov for å identifisere de barrierer som eksisterer for å kunne forbedre sløyfen. Det er disse barrierene som vi må ta tak i for å bedre praksisen. Det kan være riktig å skille mellom barrierer som bedriften selv er herredømme over, og som de kan påvirke, og de barrierer som bedriften ikke selv er herredømme over. Mulige barrierer er foreslått i kapittel 5 og 7.

Sette mål for forbedringene og definere referansepunkt

Bedriften må selv bestemme hva som bør være forbedringsmålene og hva forbedringene skal sees i forhold til.

Utvelgelse av endringsstrategier for å oppnå vellykkede sløyfer

Når det er satt mål for forbedringene, er det nødvendig å ha strategier og virkemidler for *hvordan oppnå* en slik sløyfe. Her er det snakk om å se på alt fra strategier i design-, produksjons og etterbruksfasen, via strategier for å opprette resirkuleringssystemer, både myndighets- og bedriftsinitierte, til mer generelle reguleringer og rammebetingelser som kan være barrierer for å

oppnå lukkede sløyfer. Det kan også være nyttig å skille mellom de strategier som det er økonomi til for å gjennomføre for en bedrift, og de strategier som det ikke er det, og som dermed myndighetene i større grad må inn. Det kan være hensiktsmessig å dele strategiene inn i strategisk, taktisk og operasjonelt nivå.

Gjennomføring av endringsstrategier

Figur 26 viser denne aktiviteten gjennom sirkelen øverst til høyre, "Faktisk handling og implementering". Uten dette leddet kan det ikke skje endringer, og det er dette som er med på å skape dynamikken i systemet.

Evaluering og måling

Denne aktiviteten vil være mye lik aktivitet nr 2; "Diagnose av dagens system".

8 KONKLUSJON

Denne rapporten forsøker å gi et bidrag til å forstå begrepet ”lukkede sløyfer”. Når et produkt går rett fra bruksfase til deponi, uten at noen deler av produktet benyttes om igjen, eksisterer det en *åpen strøm*. Dersom noe av dette produktet ikke havner på deponi, men blir gjenvunnet for å bli benyttet på nytt, eksisterer det en *sløyfe* for denne delen av produktet. Det kan være mer eller mindre grad av *lekkasje* fra denne sløyfen. Dersom alt blir gjenvunnet, har vi ingen lekkasje og dermed en *lukket sløyfe*. Blodkretsløpet i menneskekroppen er et eksempel på en lukket sløyfe. En *lukket strøm* er det samme som en lukket sløyfe.

Det finnes ulike typer sløyfer, og i denne rapporten er det skilt mellom prosesssløyfer, produktsløyfer og produktsystemsløyfer. En lukket *prosesssløyfe* oppstår dersom det ikke er utslipp fra en prosess, for eksempel fra resirkuleringsprosessen av skrapaluminium til ”nytt” aluminium. En *produktsløyfe* oppstår dersom hele eller deler av et produkt benyttes om igjen i samme type produkt. Komponenter i Xerox kopimaskiner som brukes på nytt igjen, er eksempel på dette. En produktsløyfe kan, avhengig av hvilken gjenvinningsstrategi som velges, bestå av ombruk, reparasjon, gjenvinning eller energiutnyttelse. En *produktsystemsløyfe* oppstår når materiale fra et produktsystem benyttes i et annet produktsystem. Når toneren i Xerox kopimaskiner benyttes som fargestoff i skokrem, har vi en slik sløyfe. En slik sløyfe er det samme som en *kaskade*. Generelt kan det derfor sies at vi har å gjøre med en sløyfe dersom produkter eller deler av produkter benyttes om igjen til nye formål.

For å vurdere kvaliteten på en sløyfe benyttes det ulike begreper; vellykket sløyfe, god sløyfe og lukket sløyfe. Det er foreslått 5 kriterier som gir uttrykk for denne kvaliteten: i) kvantiteten av det som gjenvinnes, ii) kvaliteten på det som gjenvinnes, iii) tap av kvalitet i den nye bruken av materialet, iv) mengde resirkulert materiale i det nye produktet og v) ressursforbruk i sløyfen. Dersom det er den totale miljøbelastningen som ønskes redusert, må disse kriteriene operasjonaliseres etter hvilken produkttype, materialtype og volum som eksisterer.

Det er videre foreslått noen strategier for å forbedre kvaliteten på sløyfen. Disse er basert på forståelse av hvilke krefter som virker på det systemet som studeres; naturkrefter, strukturelle krefter (som infrastruktur, politikk gjennom lover og regler, økonomisk system og kultur) og krefter forårsaket av aktørers beslutninger og handlinger. Det er skilt mellom de strategier som myndighetene kan iverksette og de strategiene som enkeltbedrifter, sektorer eller hele næringslivet kan iverksette. Det er også gjort et skille mellom hvor i livsløpet til produktene strategiene kan rettes. En bedrift kan følge økodesign

Konklusjon

strategien slik at dette legger til rette for at produktet kan gjenvinnes etter brukstiden er over. Myndighetene har implementert forlenget produsentansvar som en strategi for å opprette systemer og infrastruktur som gjør det faktisk mulig å resirkulere produkter.

9 REFERANSER

- Adriaanse, A., S. Bringezu, A. Hammond, Y. Moriguchi, E. Rodenburg, D. Rogich & H. Schütz (1997): *Resource Flows: the Material Basis of Industrial Economics*. World Resources Institute, Washington DC.
- Ayres, R.U. 1978. *Resources, Environment, and Economics: Applications of the Material/Energy Balance Principle*. John Wiley & Sons. New York
- Ayres, R.U. 1989. *Industrial Metabolism*. In: Ausubel and Sladovich (eds): *Technology and Environment*, pp 23-49. Nat. Academy Press, Washington DC.
- Ayres, R. U and U.E. Simonis. 1994. *Industrial metabolism: Restructuring for sustainable development*. United Nations University Press. Tokyo.
- Ayres, R.U. and L.W. Ayres. 1996. *Industrial Ecology – Towards Closing the Materials Cycle*. Edward Elgar. Cheltenham. UK.
- Ayres, R.U. 1997a. The Life-Cycle of Chlorine, Part I. *Journal of Industrial Ecology*. 1 (1). MITPress. MA USA.
- Ayres, R.U. 1997b. The Life-Cycle of Chlorine, Part I. *Journal of Industrial Ecology*. 1 (2). MITPress. MA USA.
- Ayres, R.U. and L.W. Ayres. 1998. *Accounting for resources, 1: Economy-wide application of mass-balance principle to materials and waste*. Edward Elgar.
- Ayres, R.U. and L.W. Ayres. 1999. *Accounting for resources, 2: The life cycle of materials*. Edward Elgar.
- Ayres, R.U. 1999. Industrial metabolism. Presentation at “Industrial Ecology and Sustainability”. Troyes. France. 23.9.
- Baumol, H and W.E. Oates 1988. *The theory of environmental policy*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Brattebø, H. og O.J. Hanssen. 2000. *Productivity 2005 – Research plan P2005 Industrial Ecology*. IndEcol-report 1/2000. NTNU Industrial Ecology Programme. Trondheim
- Brezet, J.C. og C. van Hemel. 1997. *Ecodesign – A promising approach to sustainable production and consumption*. Paris. UNEP.
- Bruvoll, A. 1998. *The costs of alternative policies for paper and plastic waste*, 98/2, Statistics Norway, Oslo
- Bruvoll, A. og K. Ibenholt. 1999. *Fremskrivninger av avfallsmengder og miljøbelastninger knyttet til sluttbehandling av avfall*. Rapport 99/32. Statistisk Sentralbyrå. Oslo.
- Connelly, L.G. 1998. *Reconciling Consumption and Conservation: Using An Exergy-based Measure of Consumption to Strengthen The*

- Conceptual Framework of Industrial Ecology*. Doctoral Thesis. University of California at Berkeley.
- Daly, H. E. og Cobb, J. B. 1989. *For the common good*. Bacon Press, Boston
- Ehrenfeld, J. R. 1995. Industrial ecology: A strategic framework for product policy and other sustainable practices. In *Green Goods*, edited by E. Ryden and J. Strahl. Kretsloppdelegationen. Rapport 1995:5. Stockholm
- Ehrenfeld, J.R. 1997. *Putting the product into Production: Improving the likelihood of Achieving Sustainability*. Foredrag på NFR-konferanse "Brundtland rapport - 10 år etter" 3. 10. Oslo
- Ehrenfeld, J.R. og N. Gertler. 1997. Industrial Ecology in Practice – The Evolution of Interdependence at Kalundborg. *Journal of Industrial Ecology*. 1 (1). MITPress. MA USA.
- Ekvall, T. og A-M. Tillmann. 1997. Open-loop recycling: Criteria for allocation procedures. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. 2(3)
- Erkman, S. 1997. "Industrial ecology: A historical view", *Journal of Cleaner Production*, 5 (1-2): 1-10
- Frosch, R.A. 1994. Industrial Ecology: Minimizing the impact of industrial waste. *Physics Today* 47(11): s 63-68
- Georgescu-Rougen, N. 1971. *The Entropy Law and the Economic Process*. Cambridge Mass. Harvard University Press.
- Hagen, M. 2001. *Casestudie av Lilleborg-loopen*. Delrapport fra Case06 P2005. Program for industriell økologi. NTNU. Trondheim.
- Hanssen, O.J. 1998a. *En kritisk vurdering av SSBs rapport 98/2*. STØ, OR23.98, Fredrikstad, Norge
- Hanssen, O.J. 1998b. Sustainable product systems - experiences based in case projects in sustainable product development. *Journal of Cleaner Production*.
- Hendrix, R. *Closed Loop Supply Chain*. Presentation Slides. 2000. Xerox Europe. Venray, the Netherlands.
- Henriksen, A. 1999. *Database for closed-loop, product take-back systems*. Rapport fra P2005 Case06. Program for industriell økologi. NTNU. Trondheim
- Hille, J. 1997. *Den alternative nasjonalrapporten om Norges oppfølging av Brundtlandkommisjonen og Agenda 21*. Rapport 2/97. Framtiden i Våre Hender. Oslo.
- Hjellnes Cowi. 2000. *Avtaler om reduksjon, innsamling og gjenvinning av emballasjeavfall - En samfunnsøkonomisk vurdering av målsettingene og en vurdering av om virkemidler og systemer er hensiktsmessige og formålstjenlige*. Miljøverndepartementet. Oslo.
- Hudson, J. 1992. *The history of chemistry*. Hong Kong; MacMillan.

- Kiuchi, T. 1997. *What I Learnt from the Rainforest*. Key-note address i World Future Society. Washington D.C. Juli.
- Kjeldsen, C.L. 2000. Personlig kommunikasjon 1.9. Hydro Aluminium Holmestrand.
- Kleijn, R. 2000. IN = OUT – The trivial central paradigm of MFA? *Journal of Industrial Ecology*. 3(2&3).MITPress. MA USA.
- Kleijn, R., A. Tukker og E. van der Voet 1997. Chlorine in the Netherlands, An Overview. *Journal of Industrial Ecology*. 1(1). MITPress. MA USA.
- Kleijn,R. og E. van der Voet. 1998. *Materials Accounting as a tool for decision making in environmental policy – Chlorine in Western Europe*. Final report from ENV4_CT96_0230. CML. University of Leiden. Netherlands.
- Kuhn,T. 1962. *The structure of scientific revolutions*. The University of Chicago Press
- Lavoisier, A. 1789. *Traité élémentaire de chimie, présenté dans un ordre nouveau et d'après les découvertes modernes*. 2 vols., Paris: Chez Cuchet, reprinted (1965) Bruxelles: Cultures et Civilisations.
- Lindhoff,B., D.W. Townsend, D. Boland, G.F. Hewitt, B.E.A. Thomas, A.R. Guy og R.H. Marsland. 1982. *User Guide on Process Integration for the Efficient Use of Energy*. The Institution of Chemical Engineers.Warwick Printing Company. England
- Lindhqvist,T. 2000. *Extended producer responsibility in cleaner production*. IIIIE dissertation 2000:2. Lund University. Sweden.
- McIntoch, M., D. Leipziger, K. Jones og G.Coleman. 1998. *Corporate citizenship - Successful strategies for responsible companies*. Pitman Publishing. London
- Markussen, S. 2000. Personlig kommunikasjon. 24.8. Xerox Norge. Oslo.
- Matthews, E., C. Amann, S. Bringezu, M. Fischer-Kowalski, W. Hüttler, R. Kleijn, Y. Moriguchi, C. Otke, E. Rodenburg, D. Rogich, H. Schandl, H. Schütz, E. van der Voet & H. Weiss. 2000. *The weight of nations, material outflows from industrial economies*. World Resources Institute Report, Washington DC.
- MD. 1998a. *Forskrift om kasserte elektriske og elektroniske produkter*. Oslo
- MD. 1998b. *Forhandlet avtale mellom MD og "produsenter" om kasserte elektriske og elektroniske produkter*. Oslo
- MD. 1999. *Stortingsmelding 8 (1999-2000) – Regjeringens miljøvernpolitikk og rikets miljøtilstand*. Oslo
- MD. 2000. *Avtale om innsamling og gjenvinning av oppladbare batterier*. Oslo.
- MD. 2001. *Stortingsmelding 24 (2000-2001) – Regjeringens miljøvernpolitikk og rikets miljøtilstand*. Oslo
- Pleym, H. 1989. *Miljøstudier*. NKI Forlaget. Oslo

Referanser

- Porter, M. E. og C. van der Linde. 1995. Green and Competitive: Ending the Stalemate. *Harvard Business Review* (September-October): 120-134.
- Rønningen, O. 1999. *Totale avfallsmengder i Norge - Resultater og metoder*. Notat til Miljøverndepartementet 21.4.99. Statistisk Sentralbyrå.
- Sauar, E. 1998. *Energy Efficient Process Design by Equipartition of Forces: With Applications to Distillation and Chemical Reaction*. Doktor techn. avhandling, NTNU
- Sirkin, T og M. Houten. 1993. *Resource Cascading and the Cascading Chain – Tools for Appropriate and Sustainable Product Design*. IVAM-report 93/71. University of Amsterdam. Nederland.
- Skogestad, S. 2000. *Prosessteknikk – masse- og energibalanser*. Tapir Akademiske Forlag, Trondheim
- SSB. 1998a. Avfallsregnskap for metaller, 1992-1996. *Ukens Statistikk* 45/98. s.4-5.
- SSB. 1998b. Avfallsregnskap for våtorganisk materiale, 1996. *Ukens Statistikk* 26/98. s.6-7.
- SSB. 1998c. Avfallsregnskap for glass, 1996. *Ukens Statistikk* 15-16/98. s.6-7.
- SSB. 1999a. Avfallsregnskap for papir, 1997. *Ukens Statistikk* 4/99. s.6-7.
- SSB. 1999b. Avfallsregnskap for plast, 1986-1997. *Dagens Statistikk* 11.11.
- SSB. 2000a. *Naturressurser og miljø 2000*. Oslo
- SSB. 2000b. Avfallsregnskap for tre, foreløpige tall 1997. *Dagens Statistikk* 12.01.
- Stahel, W.R. 1994. The Utilization-Focused Service Economy: Resource Efficiency and Product-Life Extension. In B.R. Allenby og D.J. Richards (Red.) *The Greening of Industrial Ecosystems*. National Academy Press. Washington.
- Steinmo, S. M. Hagen og K. Røine. 2001. *Loopclosing for Tomra maskindør*. Delrapport fra Case06 P2005. Program for industriell økologi. NTNU. Trondheim.
- Tomra ASA. 1999. *En verden av muligheter*. Miljørapport. Asker.
- Tromp, O-S. 1995. *Towards sustainable quality – A methodological principle for sustainable management of material use*. Doctoral thesis. University of Groningen. Nederland.
- van der Velde, E. 2000. Personlig kommunikasjon 9.11. Xerox Europe Venray. Nederland.
- van der Voet, E. 1996. *Substances from cradle to grave: Development of a methodology for the analysis of substance flows through the economy and the environment of a region, with case studies on cadmium and nitrogen compounds*. Doctoral thesis, CML Leiden University. the Netherlands

Referanser

- van der Voet, E., J. B. Guinée og H. A. Udo de Haes (eds) 2000. *Heavy Metals: a Problem Solved?* Dordrecht, The Netherlands, Boston, MA, USA and London, UK: Kluwer Academic Publishers.
- van der Voet, E. , L. van Egmond, E.G.M. Kleijn &. Huppes. 1994. Cadmium in the European Community - a policy oriented analysis. *Waste Management and Research* 12, pp 507-526.
- van der Voet, E. og R. Kleijn. 2000. MFA and the precautionary principle. Presentert på SCOPE meeting Material Flow Analysis for Sustainable Resource Management. 23-24 November. Wuppertal.
- Willums, J. O. 2000. Foredrag på konferansen Øko-effektivitet og industriell utvikling. 22. mars. Oslo

Appendiks 1: Begrepsapparat

En sløyfe	En strøm som helt eller delvis er lukket. Det vil si at det er kontroll over hvor materiale befinner seg og at dette materiale et tilgjengelig for faktisk bruk.
Etablering av gode sløyfer	Med dette menes etablering eller forbedring av sløyfer som er gode i forhold til kriteriene om lukkethet (kvantitet), kvalitet og ressurseffektivitet i sløyfen. Etablering av gode sløyfer har tidligere vært omtalt som "Lukking av sløyfer"
Å lukke strømmene	Når det etableres sløyfer, lukkes strømmene.
Å lukke sløyfene	Når lekkasjer fra en eksisterende sløyfe reduseres, lukkes sløyfene.
Gode sløyfer	Dette er det vi ønsker å oppnå, nemlig ikke bare sløyfer, men gode sløyfer. Som nevnt over er det 5 kriterier som ligger til grunn for om sløyfen er god.
Industriell økologi	Et tankesett for å etablere og bedrive menneskelige aktiviteter etter prinsipper som finnes i naturen
Ressurs	Fra et naturvitenskapelig ståsted finnes 3 typer ressurser: De fornybare ressursene, de ikke-fornybare ressursene og resipient-ressursene
Resipient	Mottaker; i dette tilfellet naturen/økosystemer som mottaker av utslipp fra teknosfæren
Samfunnsøkonomisk effektivitet	En handling er samfunnsøkonomisk effektiv dersom den genererer større nytte enn kostnad for samfunnet. Hva som er nytte og kostnad, avgjøres gjennom operasjonaliseringen av begrepet. Begrepet samfunnsøkonomisk effektivitet i seg selv henspeiler bare på at verdirangeringer på samfunnsnivå generelt sett vil avvike fra verdirangeringer på mikronivå (bedrifter, forbrukere, husholdninger), hovedsakelig på grunn av at det er flere/andre aktører/roller

Appendiks 1: Begrepsapparat

	enn i betraktninger knyttet til bedriftsøkonomisk effektivitet
Bedriftsøkonomisk effektivitet	En handling er bedriftsøkonomisk effektiv dersom den genererer større nytte (inntekt) enn kostnad for bedriften i et tidsperspektiv som bedriften finner hensiktsmessig
Samfunnsøkonomisk optimalitet	En tilpasning der ingen ytterligere handlinger kan generere netto nytte for samfunnet.
Eksternalitet	En nytte eller kostnad, hovedsakelig for samfunnet, som ikke er inkludert i et bedriftsøkonomisk regnestykke
Øko-effektivitet	Øko-effektivitet uttrykker forholdet mellom nytten av en handling og miljøbelastningene ved å gjøre denne handlingen
Kretsløp	Lukket strøm. Kretsløp brukes hovedsakelig om det at materialer følger bestemte "ruter" fra et utgangspunkt og tilbake til dette utgangspunktet, eksempelvis karbonkretsløpet.
Livsløp	Livsløpet til et produkt går fra utvinning av råvarer, via produksjon, til bruk og til avfallshåndtering.
Produksjonsfase	Denne operative fasen av livsløpet inkluderer utvinning av råvarer, primærproduksjon, sluttproduksjon, distribusjon og salg, samt transport mellom de ulike leddene i fasen.
Bruksfase	Denne operative fasen av livsløpet inkluderer alle ledd fra transport for kjøp av produktet, hele perioden produktet blir benyttet og til den funksjonelle levetiden er over.
Etterbruksfase	Denne operative fasen av livsløpet inkluderer alle ledd fra og med at produktet er erklært unyttig, via innsamling, sortering og gjenvinning og til og med salg av det gjenvunnede materiale/energien igjen
Design- og utviklingsfase	Den fasen som danner grunnlaget for de operative fasene gjennom eksempelvis design, utvikling og/eller forbedring av produkter, prosesser og konsepter, testing, forskning, beslutninger og strategiske valg. Produksjonsfasen, bruksfasen og

Appendiks 1: Begrepsapparat

	etterbruksfasen har "hver sin" design- og utviklingsfase. I produksjonsfasen er det produsentene som er hovedaktørene, i bruksfasen er det forbrukerne som er hovedaktørene, mens i etterbruksfasen er det gjenvinningselskapene og eller materialselskapene som er hovedaktørene i design- og utviklingsfasen.
Utbyggingsfasen	Tidsrommet mellom beslutningen om å produsere et produkt, prosess eller system tas, og den faktiske produksjonen (og inntjeningen) kan starte
Produktsystem	Hovedproduktet og alle de faktorer (støttesystemer, infrastruktur, hjelpestoffer osv) som gjør at dette produktet drives framover i hele livsløpet.
Livsløpsanalyse	En systematisk analyse av potensiell miljøbelastning fra et produkt, produktsystem eller funksjon over hele livsløpet
Gjenvinning	Materialgjenvinning eller forbrenning med energiutnyttelse (recovery på engelsk)
Resirkulering	Materialgjenvinning (recycling)
Ombruk	Å bruke hele produkter eller komponenter i et produkt om igjen i samme eller andre applikasjoner (reuse)
Gjenvinningsstrategi	En måte å gjennomføre gjenvinningen av et materiale på, eksempelvis materialgjenvinning eller forbrenning med energiutnyttelse. Ombruk er ikke en gjenvinningsstrategi.
Oppgradering	Å forbedre kvaliteten/funksjonaliteten til et produkt eller et materialet slik at det når opprinnelig, eller bedre, kvalitet, i forhold til kvaliteten/funksjonaliteten til produktet eller materialet ved forrige gang det var ved "det samme punktet i livsløpet". Oppgradering er uavhengig av ressursforbruket ved å gjøre dette. Engelsk begrep: Up-cycling
Nedgradering	Det at kvaliteten/funksjonaliteten til et produkt eller et materialet forringes i forhold til den kvalitet/funksjonalitet som det

Appendiks 1: Begrepsapparat

	<u>opprinnelig</u> hadde. Engelsk begrep: Down-cycling
Prinsipper	Grunnregler innenfor industriell økologi, bl.a. gode sløyfer.
Kriterier	Avgjørende kjennetegn ved prinsippet gode sløyfer. Et kriterium kan være i form av et prinsipp. Men man bør unngå å kalle det prinsipp dersom det er mulig
Sjekkliste	En oversikt over de kriterier som stilles til prinsippet gode sløyfer. En liste man kan gå gjennom for å se om ens eget produkt produseres i ønskete former
Prosedyre	En framgangsmåte for å utvikle produkter som oppfyller kriteriene til gode sløyfer
Retningslinjer	Regler eller råd å rette seg etter.
Diagnose	Klarlegging av et fenomens natur ved hjelp av karakteristiske kjennetegn
Diagnoseverktøy	Et verktøy som hjelper en til å kartlegge et fenomens natur ved hjelp av kriterier
Manual	Håndbok med veiledning for utførelse av handlinger.
Indikatorer	Kjennetegn. I følge definisjonen kan indikatorer bety det samme som kriterier. I Case06 bruker vi kriterier som avgjørende kjennetegn, og indikatorer om operasjonaliseringen av disse kriteriene.

Appendiks 2: Beskrivelse av produktsystemet til Xerox kopimaskin

Innledning og kort sammendrag

Xerox, "The document company", ble grunnlagt i 1938 og var det første selskapet i verden som tilbød kopieringstjenester basert på optisk teknologi²⁸. Selskapet har gjennom mange tiår hatt som forretningsfilosofi at det eneste som kunden skal sitte igjen med, er selve dokumentet. Xerox tilbyr løsninger som gjør at avfall fra kopieringen skal håndteres på en forsvarlig måte. De tilbyr seg å ta tilbake alle Xerox kopimaskiner, inkludert forbruksvarer som toner, uavhengig hvor i verden maskinene befinner seg. Ved siden av at dette er en tjeneste som de tilbyr til sine kunder for forhåpentligvis å øke salget, er noe av årsaken til filosofien om at kopimaskinene, gjennom disses komponenter og materialene, har verdi også etter at den funksjonelle levetiden er over. Disse verdiene ønsker de å ta vare på, ettersom dette vil gi positivt utslag på bunnlinjen for Xerox. Xerox har derfor etablert et system for reparasjon, oppgradering, innsamling, ombruk og gjenvinning av sine produkter. Xerox forsøker dermed å lukke produktstrømmene slik at komponenter kan benyttes om igjen i Xerox' egne produkter eller at materialer kan benyttes om igjen i andres produkter. Denne studien søker å beskrive og evaluere det systemet som er etablert for å gjøre dette. Hvordan er det organisert? Hva er det som fungerer og hva er det som ikke fungerer? For å besvare disse spørsmålene er det gjennomført intervjuer med Xerox Norge ved Svein Markussen og Tormod Henriksen²⁹, og Xerox anlegg for produksjon og gjenvinning i Venray i Nederland er avlagt et besøk³⁰. Denne rapporten starter med en beskrivelse av det systemet som vi studerer. Deretter gjennomføres en evaluering av dette systemet etter visse kriterier for hva som karakteriserer en god sløyfe. Til slutt påpekes det noen årsaker til at systemet er blitt slik det er, og hva som kan gjøres for å forbedre dette.

Systembeskrivelse

Xerox tilbyr, som en av verdens ledende leverandører av dokumenteringstjenester, et bredt spekter av produkter til både storkunder og til privatpersoner. I denne systembeskrivelsen vil det ikke bli fokusert på ett

²⁸ Fotostatkopiering heter "xeroxing" på engelsk

²⁹ Intervjuet ble gjennomført 24.08.2000.

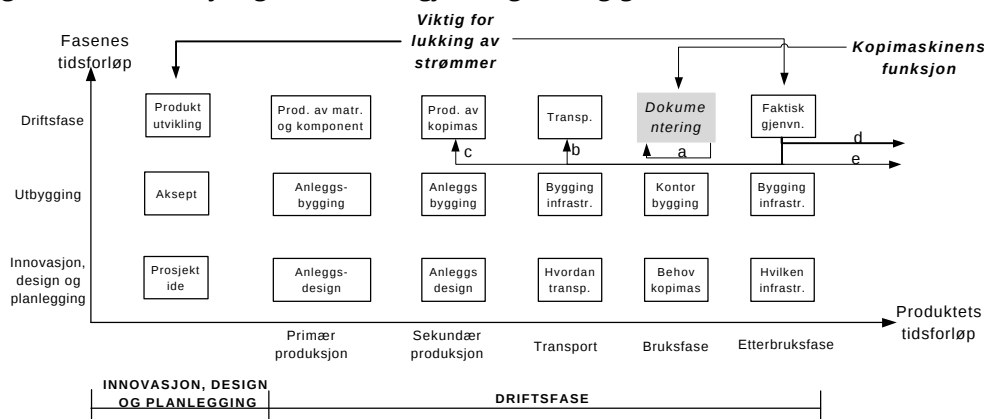
³⁰ Besøket i Venray, Nederland ble gjennomført 9.11.2000.

Appendiks 2: Beskrivelse av produktsystemet til Xerox kopimaskin

bestemt produkt. Hovedårsaken til dette er at gjenvinningssystemet, som er vår hovedinteresse, er i prinsippet likt for alle produktene. Systembeskrivelsen vil bli delt inn i beskrivelse av produktsystemet som helhet, av hovedproduktet og av gjenvinningssystemet.

Produktsystemet

Produktsystemet består av kopimaskinen som hovedproduktet og alle de prosesser og faktorer som bidrar til å "frakte" kopimaskinen gjennom dets livsløp³¹. Produktsystemet for kopimaskiner er vist i Figur 31 nedenfor. Figuren består av to akser der den ene viser *produktets tidsforløp* fra innovasjon og design til produksjonsfase, bruksfase og etterbruksfase for produktet, og den andre viser de ulike *prosessene i løpet av produktets livsløp*. Disse prosessene er også delt inn i innovasjon og design, utbygging og driftsfase. De enkelte boksene i figuren er betegnet som sorte bokser, men det er nødvendigvis mange prosesser innenfor disse, og de ulike prosessene innen og mellom de forskjellige boksene er gjensidig avhengig av hverandre.



Figur 31: Produktsystemet for Xerox kopimaskin

I et helhetlig perspektiv er det miljøbelastningene fra hele livsløpet til kopimaskinen som er interessant. I denne studien er fokuset i første rekke hva som kan gjøres for å få ned miljøbelastningene ved å lukke produktstrømmen, både i bruksfasen og i etterbruksfasen. *Strategier* for å gjøre dette finner vi, som figur 1 viser, i hele livsløpet.

³¹ "A product system means, besides the product as such, all the factors enabling the functionality of the product throughout its life cycle. It is necessary to with a product system approach in order to understand the link between a product and the function provided by the product". Lindhqvist (2000, s. 5)

Hovedproduktet

Dersom vi tar utgangspunkt i Figur 31 ovenfor, ser vi at den øverste horisontale linjen representerer det som vanligvis er forbundet med livsløpet til et produkt. Her har vi også inkludert design og produktutvikling (boksen til venstre). Dette er aktiviteter som danner hele grunnlaget for den faktiske produksjonen av og funksjonaliteten til kopimaskinen. Xerox har sin forskningsavdeling i England, men det skjer også betydelig produktutvikling knyttet til produksjonsanlegget og logistikk-senteret i Venray i Nederland. Det arbeides mye med produktutvikling i Xerox, og den teknologiske utviklingen har nødvendigvis resultert i at komponenter i gamle maskiner ikke alltid kan benyttes i nye. Det er allikevel god kommunikasjon mellom produktutviklerne og de som skal gjenvinne slik at Design for Environment aspektet lettere kan ivaretas.

I boksen til høyre for produktutvikling finner vi produksjon av materialer og komponenter. Xerox har siden starten i 1938 laget hundrevis forskjellige typer kopimaskiner, og tilbyr i dag et titalls ulike kopimaskiner for verdensmarkedet. Derfor er det vanskelig å beskrive generelt material- og komponentsammensetningen i maskinene, men visse likhetstrekk er det nødvendigvis. De viktigste materialene på vektbasis i en typisk kopimaskin (DC265) er plast (34 %), metall (45 %), glass (1 %), elektriske komponenter (18%) og toner (2 %). De materialene som det er viktigst å vite om rent miljømessige, er toner og tungmetaller i elektronikken. I utgangspunktet er alle materialene resirkulerbare, unntatt toneren.

Xerox produserer/monterer sine kopimaskiner for det europeiske markedet i Venray i Nederland. Produksjon her er basert på Just-in-time prinsippet. Dette innebærer at fra de mottar en bestilling til maskinen er hos kunden skal det ikke gå mer enn 48 timer. I løpet av disse 48 timene produseres maskinen med de spesifikasjonene som bestillingene inneholder, og komponenter til maskinen hentes fra lite lager bestående av nye og resirkulert komponenter. Samtidig som Xerox mottar en bestilling, får logistikk-selskapet som Xerox benytter seg av beskjed og sørger på denne måten for at det alltid er tilstrekkelig med komponenter på lager til noen dagers produksjon. Det er med andre ord så få komponenter som mulig på lager. Å sette sammen, teste og klarere en maskin for utsendelse til kunden tar ca 8 timer. Fra fabrikken i Venray transporteres kopimaskinene til kunder i hele Europa, hovedsakelig over land eller med fly, men noen ganger også med båt.

I kopimaskinens bruksfase er de miljøbelastende aktivitetene hovedsakelig knyttet til forbruk av papir, toner og energi. Ved bruk av kopimaskinen er det et jevnt forbruk av toner, og ved behov for ny toner kan kundene bestille dette hos de lokale servicefolkene som Xerox har avtale med. Servicefolkene bringer toner til kunden og tar med seg de tomme tonerkassetene. Det er også plassert ut esker hvor kunden kan oppbevare brukte tonerkassetter til

servicefolkene kommer og tar det med seg. Toner leveres ofte i forbindelse med vedlikehold på maskinen.

Vedlikehold på maskinene gjøres av servicefolkene enten til fast avtalte tider, eller når det måtte være akutte behov for det. Ut hos kunden kan det foretas enkle reparasjoner, skifte av enkeltkomponenter eller oppgradering av programvaren. Servicefolkene har et standard lager av reservedeler og komponenter, men får nye forsyninger fra Xerox Logistikkcenter i Venray dersom det skulle være behov for det. Xerox har utviklet sine produkter fra å være rene kopimaskiner til også å inkludere funksjoner som gjør det mulig å benytte maskinen som skriver, som scanner og som faksmaskin. Dette gjøres ved å oppgradere programvaren (softwaren) som er i maskinen. Selve maskinen står da uforandret, men programvaren oppgraderes slik at maskinen får flere/bedre funksjoner. Dette kan sies å være den korteste sløyfen som eksisterer, og som også er den mest miljøvennlige. Både gjennom vedlikehold, reparasjon og oppgradering forlenges levetiden til kopimaskinene. Rute a i Figur 31 viser dette.

Når det gjelder energi, er det installert hvilefunksjon på maskinene, slik at maskinen har et minimalt energiforbruk når den ikke er i bruk. Papirforbruket anser Xerox for å være utenfor sitt ansvarsområdet. Det er dog et faktum at kopimaskinene legger til rette for at det skal forbrukes papir, og at forbruket av papir har steget de seneste årene. Xerox er opptatt av bærekraftighet, men har ikke ennå funnet noen løsning på denne problemstillingen.

Gjenvinningssystemet

Når servicefolkene ikke klarer eller ikke ønsker å reparere kopimaskinen, eller når kunden har behov for en maskin med andre/flere funksjoner, går kopimaskinene inn i Xerox' gjenvinningssystem. Gjenvinningssystemet defineres som all behandling av kopimaskinen som skjer etter bruksfasen, det vil si når kunden ikke lenger eier maskinen³². På figur 31 er dette boksen øverst til høyre, "Faktisk gjenvinning". Vedlikehold og oppgradering av maskinen, som er beskrevet ovenfor, holdes dermed utenfor. I Figur 30 er det identifisert 4 ulike ruter som materialer og komponenter i produktet kan ta i etterbruksfasen. Dette er reparasjon (b), gjenbruk av komponenter i nye Xerox maskiner (c), gjenbruk av materialer i andre produkter som Xerox ikke produserer (d) og materialer og komponenter til deponi (e).

Xerox kopimaskiner fra hele Europa blir sendt til gjenvinningsanlegget i Venray i Nederland for å håndteres på en miljømessig forsvarlig måte. I Venray startet de i 1988 et betydelig gjenvinningsanlegg i nær tilknytning til

³² Xerox tilbyr leasing, og slik sett eier Xerox maskinen hele tiden, og da blir tidspunktet som gjenvinningssystemet starter, når kunden ikke lenger besitter maskinen.

logistikkssenteret og produksjonsanlegget for nye maskiner, slik at det nå er både produksjon av nye kopimaskiner og håndtering av gamle maskiner i Venray.

Fram til 1. juli 1998 ble alle Xerox kopimaskiner og tomme tonerkassetter i Norge sendt til Venray. Etter 1. juli 1998 etablerte El-retur et kollektivt system for innsamling av elektrisk og elektronisk avfall i Norge, som følge av forskrift og forhandlet avtale mellom miljøvernmyndighetene og produsenter og importører av EE-produkter. Det bedriftsspesifikke Xerox-systemet og det kollektive El-retur systemet søker begge å bidra til å lukke produktstrømmene, men den viktigste forskjellen er at Xerox håndterer produktene sine selv, mens El-retur bare samler inn og selger materialer videre. Xerox er med i El-returs system, og det er flere årsaker til dette. For det første vil de ha kontroll med det som skjer der, for på den måten å kunne være informert om tiltak/forslag som har innvirkning på Xerox' virksomhet. For det andre er det opplagt produkter/komponenter som ikke er så interessante for Xerox. Dette skyfles dermed inn i El-retur systemet. For det tredje er det kunder som bytter Xerox-maskiner med andre produsenter, og disse Xerox-maskinene må på en eller annen måte sikres en innsamling dersom garantien og troverdigheten i markedet skal opprettholdes. For det fjerde er det reklame for Xerox å kunne vise til at de også er med på det kollektive systemet. Her ser vi litt av kjernen av problemstillingen mellom bedriftsspesifikke og kollektive systemer: De førstnevnte tar ut det som det er økonomi å ta hånd om, mens de produktene som det er vanskeligere å tjene penger på, overlates til det kollektive. Dermed blir det en "kunstig" utgift for de kollektive systemet, og mulighetene for at dette skal kunne være økonomisk drivverdig reduseres. Det er imidlertid interessant om disse to systemene allikevel klarer å være komplementære slik at begge kan tjene penger, men med forskjellige organisering. Xerox er som sagt med på denne kollektive ordningen og velger selv hvilke maskiner som skal gå i deres eget system og hvilke som skal gå i El-retur systemet. Her skal vi kun omtale de maskinene som inngår i Xerox' egen sløyfe.

Transport til Venray foregår hovedsakelig med returlass, og slik sett er den relative økning i miljøbelastning knyttet til transport ikke så betydelig. Xerox Norge får betalt for å levere produkter til Venray, men må til gjengjeld selv finansiere innsamlingen i Norge.

Det første som skjer med disse maskinene er at de blir klassifisert etter kriterier bestemt av produksjonsenheten i Venray. Gamle maskiner som ikke produseres lenger og som har komponenter som ikke lenger er i bruk, demonteres og alt går til materialgjenvinning slik at materialene kan gjenvinnes og inngå i andre produktsystemer. Resten går til deponi. Nye maskiner blir enten sendt til reparasjon eller til demontering for komponentgjenvinning. Det er mange maskiner som kommer til Venray for reparasjon, og som regel er det problemer knyttet til elektronikk eller software

som servicefolkene i de enkelte land ikke kan løse. Det er en tendens til at maskiner sendes altfor lett til Venray.

Komponentgjenvinningen foregår ved at produktene demonteres slik at det kun er rene komponenter og rene fraksjoner igjen. Disse vaskes, tørkes og kvalitetskontrolleres og dermed klargjort for bruk i nye produkter. Xerox stiller like krav til kvalitet på komponenter som er gjenvunnet som til nye komponenter. Gjenvunnede komponenter holdes på lager tilsvarende nye komponenter.

Dersom delkomponenter i sin helhet ikke kan inngå i nye produkter, demonteres maskinene som ved komponentgjenvinning (helt rene fraksjoner) for materialgjenvinning. Metallet selges, glasset inngår i nye produkter (isolasjon og veier), toner inngår i skokrem, elektronikken går til materialgjenvinning eller forsvarlig deponering, plasten materialgjenvinnes, osv. Xerox materialgjenvinner ikke selv, men selger materialene videre til bedrifter som gjør dette. Hovedinntrykket er at det ikke er noe problem å få avsetning for materialene og komponentene, og dette betyr at materialene går den veien som det er økonomisk riktig å gå, ikke nødvendigvis der det er miljømessig riktig å gå. Sett i lys av lukkede material- og produktstrømmer kan det imidlertid synes som om det er en fordel at de inngår i nye produkter fremfor at de blir kastet. Igjen må avveilingen foregå mellom hva som er alternativene. Hvordan skal vi gjøre de miljømessige riktige alternativene til reelle valgbare alternativer?

Xerox har som mål at alle kopimaskiner som kommer til Venray, skal benyttes på nytt, enten som komponenter i nye Xerox maskiner eller som materialer i andre produkter. I 1999 var det 7,8 % som havnet på deponi, men det har ikke vært mulig å få vite om hva slags materiale dette er.

Dynamiske komponenter kan benyttes om igjen maksimum 2-3 ganger. Det gjennomføres såkalte signaturanalyser for å teste komponentene. Det samme skjer med elektriske komponenter. Statiske komponenter kan i utgangspunktet benyttes om igjen i det uendelige, men utskiftninger av hovedtypene av maskiner hvert 5-6 år gjør at komponentene ikke kan benyttes lenger enn dette. I Venray produseres det i alt 3 familietyper av maskiner, og disse til sammen har 16 hovedmaskiner. Den enkelte kopimaskin kan skreddersys etter de behov kunden har, tilsvarende situasjonen med biler.

Av forbruksvarene er det naturlig nok bare toneren som behandles videre av Xerox. Toneren blir benyttet i nye produkter, blant annet som fargestoff i skokrem. Toneren havner dermed ut i naturen igjen, men mindre konsentrert enn dersom tonerkassetten hadde blitt kastet, og samtidig erstatter man jomfruelig fargestoff. Det er god økonomi i denne sløyfen, og det er heller ikke avsetningsproblemer for toneren.

I nye maskiner som forlater produksjonen i Venray, er det omtrent 80 % resirkulert materiale eller ombrukte komponenter. Det er derfor en god kommunikasjon mellom produktutvikler og de som står for gjenvinningen.

Hva som velges av løsninger er i utgangspunktet basert på hva som er teknologisk mulig å få til. De miljømessige gevinstene kommer som et bonus til dette.

Energiforbruket i løpet av kopimaskinens kretsløp fordeler seg som følger: 19 % går til materialutvinning, design og produksjon, 6 % går til resirkuleringsdelen, mens det resterende 75 % går til bruksfasen. Av disse 75 % går 5 % til transport (inkludert servise), 31 % går til elforbruk i maskinen under bruk, mens det resterende 64 % går til papirforbruket.

Økonomiske drivkrefter i systemet

Generelt sett kan det sies at økonomisk drivkrefter i et system er i) utsikter for reduserte utgifter for bedriften gjennom lavere kostnader til råvarer, produksjonsprosesser, arbeidskraft og administrasjon, og ii) økte inntekter gjennom økt salg av produkter og tjenester. Produktsystemet til Xerox vil bli vurdert i forhold til disse to overordnede drivkreftene.

Xerox har helt klart økonomiske gevinster av å ta tilbake sine produkter. Uten at vi har noen faktiske tall på det, så tjener de penger på gjenvinningsvirksomheten.

De garanterer at enhver kunde som har Xerox-maskin skal gis det samme tilbudet om tilbaketaking og gjenvinning, uavhengig av om dette er i Oslo eller i Mehamn. Det er som sagt Xerox Norge som finansierer denne innsamlingen, men de får også betalt for det de leverer til anlegget i Nederland. De ville ikke spekulere i hvor mye de eventuelt tjener på økt salg som følge av dette tilbudet til kundene. Xerox har avtale med Tollpost Globe om å sørge for innsamling (outsourcing). Reparatører/servicefolk har ikke økonomiske incentiver til å gjøre så mye som mulig på stedet, og maskiner sendes ofte til Venray uten at det strengt tatt er behov for det. Xerox gir kvalitetsgaranti på sine produkter, og dette er incentiv til å gjøres så godt som mulig.

Ressursforbruk og miljøutfordringer i produktsystemet

I bruksfasen er det forbruk av toner, papir og energi som er det mest betydelige. I etterbruksfasen er det transport til Venray (selv om det går med returlass). Selve gjenvinningsprosessen er ikke særlig energikrevende, men derimot veldig arbeidsintensiv.

Det faktum at kopimaskiner er med på å stimulere til forbruk av papir, er en problemstilling som Xerox hittil ikke ser ut til å ha funnet noen løsninger på.

Krefter som påvirker produktsystemet

De interne kreftene for å etablere og gjennomføre gjenvinning av kopimaskinene er sterke. Xerox gir en totalgaranti for kunden om at hele produktet skal gjenvinnes, og den samme garantien gis til kunder i hele verden. Så er det opp til Xerox å gjøre dette på en mest mulig effektiv måte.

De viktigste eksterne kreftene er EE-forskriften, den kommende forskriften på EE fra EU, konkurrenter og krav til avkastning for aksjonærene

Appendiks 3: El-returs innsamlingssystem for EE-produkter³³

Bakgrunn

16.3. 1998 ble det vedtatt en "Forskrift om kasserte elektriske og elektroniske produkter". Forskriften er fastsatt av MD og den regulerer krav og plikter til mottak, innsamling, gjenvinning og annen forsvarlig behandling av EE-avfall. Forskriften sier at innen 1. juli 2004 skal minst 80 % av EE-avfallet være samlet inn. Det ble også undertegnet en avtale mellom MD på den ene siden og produsenter/importører på den andre. Det er etablert to materialselskap, Hvitevareretur og Elektronikkretur, og disse to selskapene har som oppgave å etablere et retursystem for EE-produktene som de "forvalter". De to selskapene har gått sammen under fellesbetegnelsen El-retur for å gjøre dette. For å sikre seg mot gratisspassasjerer, er denne avtalen undertegnet. Returtilbudet som El-retur organiserer gjelder for de produsenter/importører som har tilsluttet seg materialselskapene gjennom avtale mellom materialselskapene og de enkelte produsenter/importører. Dette betyr at de som ikke er med på denne returordningen, ikke får anledning til å benytte retursystemet, og må, i følge forskriften, etablere sitt eget system og rapportere til SFT de resultatene de oppnår. Xerox gjør dette for de produktene som de har utenfor El-retur systemet. Norge var forøvrig det første landet som vedtok en slik forskrift, slik at erfaringsgrunnlaget ikke var all verdens.

Systembeskrivelse

I El-retur systemet kan forbrukere levere kasserte EE-produkter gratis enten til kommunenes mottaksplasser eller til forretninger som selger tilsvarende produkt. Forretningene er pliktige til å ta imot den type produkter som den forhandler, uavhengig av merke eller fabrikat. Forretningene er pliktige til å sørge for ordentlig sortering og oppbevaring av disse kasserte produktene inntil de blir hentet av transportører som El-retur har gjort avtale med. Kasser for oppbevaring kan forretningene låne gratis av El-retur. Forretningene (og verksteder) dekker utgiftene til sortering og oppbevaring selv.

Tilsvarende er ansvaret for kommunene (selv om de ikke er en avtalepart). De er pliktige til å ta imot EE-produkter fra både privatpersoner og fra

³³ Denne beskrivelsen er basert på intervju med Adm.dir. Hans Løken og teknisk sjef Ole Viggo Svendsen i El-retur 23. august 2000

bedrifter, dette er gratis for førstnevnte, mens bedrifter må betale for mottak og lagring. Transportørene som El-retur har avtaler med henter så disse EE-produktene gratis hos kommunene, tilsvarende som hos forhandlerne.

Når EE-produktene er lagret hos forhandlere/kommuner, er de deres eiendom. El-retur overtar eiendomsretten ved avhending av avfallet. El-retur sørger for at de regionale transportørene samler inn EE-produktene. Transportørene er ansvarlige for å anskaffe, sette ut og vedlikeholde nødvendig oppsamlingsutstyr. EE-produktene skal i utgangspunktet hentes til faste tider, men dette kan fravikes når dette er nødvendig. Transportørene skal kontrollere at EE-produktene er oppbevart og sortert etter gjeldende regler. Dette blir så transportert til 4 behandlingssteder for EE-produkter i Norge (Østbø AS som dekker Finnmark, Troms og Nordland, Innherred Renovasjon som dekker Nord-Trøndelag, Sør-Trøndelag og Møre og Romsdal, Stena Miljø AS som dekker Sogn og Fjordane, Hordaland, Rogaland, Oppland, Hedmark, Oslo, Akershus og Østfold, Norsk Metallretur AS som dekker Aust- og Vest-Agder, Buskerud, Vestfold og Telemark) Disse stedene sørger for så langt som mulig å utnytte materialressursene, samtidig som miljøskadelige stoffer blir gitt en miljøriktig behandling. Vi vet lite om hvilke veier de ulike komponentene tar. El-retur sier at de skiller mellom 4 ulike fraksjoner: i) spesialavfall som skal behandles etter spesialavfallsforskrifter, ii) metaller og glass som blir solgt for å materialgjenvinnes, blant annet ved Xerox anlegg i Nederland, i Norge, Sverige og andre steder i Europa, iii) trevirke og plast som selges for å energigjenvinnes, primært til kommunale forbrenningsanlegg og iv) deponi der resten går.

Elektronikken i avfallet går for det meste til behandlingsanlegg for spesialavfall. Bly og kvikksølv blir tatt ut og behandlet på forsvarlig måte. El-retur sier de ikke kan sette krav til hva som skjer med det etter at det forlater El-returs ansvarsområde. De er imidlertid opptatt av å fjerne miljøfarlige stoffer før EE-produktene, eller det som er igjen av disse, forlater El-returs ansvarsområde. I Schelefteå i Sverige blir eksempelvis kretskort smeltet om, og de kan da ta ut ulike typer metaller. El-retur tror det er behov for politisk rammeverk for å stimulere til teknologisk utvikling på dette området. De mener samtidig at det ikke er noen bestemte krav til hvordan eksempelvis platen i EE-produkter skal behandles, selv om denne inneholder bromider. Det er forskjellig praksis blant operatørene hva som velges av behandlingsmåte. Noe sendes til sementindustrien som fyllmasse/blandingsvare, mens brorparten sendes til kommunale forbrenningsanlegg. Det er imidlertid nå flere og flere operatører som ser på mulighetene for å sende platen til materialgjenvinning til anlegg i Europa. Operatørene er aktivt med å søke avsetningsløsninger for det som samles inn.

Norske forbrukere kjøper over 13 millioner tonn EE-produkter hvert år. Dette inneholder blant annet 2000 tonn miljøfarlige stoffer, som vel kan sies at er en av hovedgrunnene til at EPR på EE-produkter ble etablert. Det

oppstår 144.000 tonn EE-avfall hvert år, men dette er i følge El-retur et teoretisk tall basert på en konsulents (Hjellnes Cowis) beregningsmåter i 1995, samtidig som det har vært en kraftig økning i EE-produkter på markedet de siste to-tre årene (mobiltelefoner og PCer). El-retur skal nå gjøre en undersøkelse blant husholdninger om vaner knyttet til EE-produkter, hvor mye vet forbrukerne om innsamlingssystemet, hvor store mengder EE-produkter befinner seg i husholdningene osv. El-retur antyder nå en innsamlingsandel på 30 %. 30.000 tonn er det teoretiske tallet som El-retur administrerer (utfra HCs tall på 144.000). Av dette er det en resirkuleringsgrad på 30 % altså ca 9000 tonn. De regner gjenvinningsgrad utfra hvor mye de får solgt videre.

Økonomien i systemet

I dette kapittelet skal vi beskrive pengeflyten og de økonomiske drivkreftene i El-retur systemet. Elektronikkretur AS og Hvitevareretur AS finansierer deres felles innsamlingssystem som El-retur administrerer, ved å innkreve et miljøgebyr på elektronikk- og hvitevareprodukter som importeres eller produseres til det norske markedet. Miljøgebyret belastes kun de importører/produsenter som formelt er tilknyttet Elektronikkretur AS eller Hvitevareretur AS. For produkter som blir produsert i Norge, blir vederlaget krevd inn via et selvdeklareringskjema som produsenter sender kvartalsvis inn til Tollvesenet. Størrelsen på miljøgebyret er fastsatt av returselskapene og utregnet på grunnlag av stipulerte kostnader forbundet ved innsamling og miljøriktig behandling av EE-avfallet. Miljøgebyret er differensiert avhengig av type produkter (vaskemaskiner, mobiltelefoner osv.). For nærmere informasjon se www.elretur.no. Siden 1999 har miljøgebyrene blitt redusert til omtrent halvparten, etter hvert som erfaringene med størrelsen på kostnader og inntekter i systemet har blitt mer kjent.

Etter 1.4 2001 har Hvitevareretur AS og Elektronikkretur AS valgt ulike måter å finansiere retursystemet på. Hvitevareretur har beholdt samarbeidsordningen med Tollvesenet og innkreving av miljøgebyr ved import- og produksjonsleddet. Elektronikkretur AS vil fra 1. april 2001 kreve inn etterskuddsvis et miljøvederlag etter hvor mye som faktisk samles inn av EE-avfall. Årsaken til at en slik ordning har blitt etablert, er at det da er en mer direkte sammenheng mellom de faktiske kostnadene og det vederlaget som betales innenfor bestemte produktområder. Vederlaget faktureres månedlig den enkelte tilsluttede importør/produsent basert på deres markedsandel og den faktiske mengde EE-avfall som er innsamlet og behandlet i El-retur innenfor bestemte produktområder.

Den enkelte produsent og importør står fritt om de vil synliggjøre vederlaget overfor forbrukere eller integrere vederlaget i produktprisen.

EE-produkter som kommer inn på markedet fra importører/produsenter som ikke er tilsluttet Elektronikkretur AS eller Hvitevareretur AS og som samles inn via El-retur når de blir kassert, er et problem. Disse importører/produsenter kalles "gratispassasjerer", og unndrar seg kostnader for en forskriftsmessig innsamling og miljøriktig behandling av produktene. Statens forurensningstilsyn har kontrollmyndighet overfor slike importører/produsenter.

Evaluerings av eget system

El-retur vektlegger betydningen av statlig styring og politiske rammevilkår som legger til rette for å lykkes. De fremhever at de har først og fremst en forskrift å forholde seg til, så dette er opplagt viktig. Forskriften gjør at alle må kunne dokumentere at forskriften oppfylles, og da kan produsenter og importører velge om de vil være tilsluttet en kollektiv ordning (som El-retur organiserer) eller en bedriftsspesifikk ordning som eksempelvis Xerox har. Det er en trussel om straff som er drivkraften i dette systemet (altså ikke et markedsskyv som det ideelt sett ville vært ønskelig å oppnå). El-retur sier at forholdet mellom kollektive og bedriftsspesifikke systemer er avhengig av mengder; begge må over en viss mengdeterskel for at systemet skal fungere. (Det er ikke noe tilsvarende krav om at en må over en viss kvalitetsterskel). El-retur tror at det kollektive systemet har mange fordeler fremfor det bedriftsspesifikke; i) mer transporteffektivt, ii) større volum (høyt volum gir lavere transportkostnader), og iii) det inkluderer også gamle produkter som ellers bare ville stått i kjellere og på eiendommer.

En annen drivkraft i systemet er å få systemet så effektivt som mulig, noe som vil resultere i at det betales så lite som mulig i gebyrer. Dette krever blant annet fokus på logistikk, noe som er naturlig da innsamling kanskje er den viktigste biten av El-returs arbeid. El-retur henter på flere tusen steder i Norge, og det søkes hele tiden å være så kostnadseffektive som mulig og så lite byråkratiske som mulig, ved å ha få ansatte sentralt, men flere medarbeidere ute ettersom de nå håndterer mye gamle produkter som har mye "skummelt" i seg, og som dermed krever en mer manuell behandling. El-retur ser for seg at det i fremtiden skal være mulig å bruke shreddere på mange av disse produktene.

El-retur er per i dag mest opptatt av hvilke helt konkrete oppgaver som skal gjøres, først er det å ta hånd om det historiske avfallet, altså produkter som kom på markedet før forskrift og avtale ble innført. Logistikken må utføres med så lite energiforbruk som mulig. Senere, når produkter som må forholde seg til nye reguleringer og lover om utfasing av metaller osv kommer, vil miljøgevinsten bli større og kostnadene vil bli lavere. Den største kostnaden i dag at de må benytte fysisk arbeidskraft for å demontere

produktene og ta ut de helse- og miljøfarlige stoffene. Med de nye produktene vil man kunne kjøre disse gjennom shreddere og male opp produktene og bruke fysikkens lover til å skille dette. Med relativt store avfallsmengder kan det drives langt mer kostnadseffektivt, eksempelvis gjennom de avtalene som er med transportører, enn hvis det var mindre avfallsmengder. Derfor har Elektronikkretur og Hvitevareretur gått sammen om å organisere gjenvinningssystemet.

Den viktigste strategien for å oppnå høy resirkulering er tilgjengelighet for forbrukere og næringsliv når de beslutter å bli kvitt sine produkter. Det må legges til rette for at det skal leveres mest mulig EE-produkter til forhandlere og kommuner. Dette vil sikre kvantiteten, og dermed forbedre effektiviteten i systemet. Dette igjen vil sikre kvaliteten på det som leveres. For å oppnå dette må det satses mye på informasjon. El-retur ser det som urealistisk at det skal stimuleres med økonomiske incitamenter til forbrukere og næringsliv gjennom eksempelvis panteordninger, slik som det blant annet er på drikkevareemballasje.

El-retur definerer sin virksomhet utfra hva som står i forskrift og avtale. Å legge til rette for ombruk er per definisjon utenom deres system, og derfor må, ifølge El-retur, mulighetene for ombruk utnyttes før produktene havner på oppsamling hos forretningene eller kommunene. Hverken hos forretninger eller kommuner er det systemer for ombruk, og dersom EE-produkter har kommet innenfor portene til enten kommuner eller forhandler, er disse El-returs eiendom og det kan ikke plukkes ut de verdifulle komponentene. Glasset fra monitører blir ombrukt ved at går tilbake til samme produsenter av for eksempel billedrør. Trussel om straff og markedssanksjon er det retningsgivende for hvordan produsenter handler.

Målet til El-retur er å fjerne de miljøfarlige stoffene, og hva som skjer med materialene og komponentene etter at dette er solgt, er ikke innenfor deres virksomhetsområdet. Slik dette systemet fungerer nå, blir det mye fokusert på utfasing av miljøfarlige stoffer, men lite på eksempelvis volumet. Dette betyr at man klarer å ta hånd om det akutte og det helsefarlige, men ikke de diffuse utslippene som hver for seg ikke har så stor betydning, men som til sammen har mye å si. Miljøproblemets karakter er, ifølge El-retur, de miljøfarlige stoffene. El-retur viser igjen til at når det kommer forbud mot for eksempel bromid i plast, vil dette kunne merkes på produktet, og det kan lettere kværnes opp og gå inn i vanlig resirkulering av plast. Først må det imidlertid ryddes opp i gamle synder. El-retur setter ingen krav til miljøvaredeklarasjon, dette er utenfor ansvarsområdet, og dermed myndighetene som må gjøre det. Det er dermed ikke noe samspillet mellom produsentfase og etterbruksfase. Det eneste produsenter og importører er oppmerksom på, er at det senere kommer forbud på bruk av ulike stoffer. El-retur er altså enig at dagens ordning gir produsenter og importører få eller ingen incentiver til å foreta forbedringer i dagens system eller i dagens produkter. Dette er utelukkende et

gjenvinningssystem som opererer mer eller mindre uavhengig av hva som skjer i design- og produksjonsfasen.

Det gjøres ingen forskjell på om det er småprodukter eller større produkter som behandles. Alt, både smått eller stort, håndteres manuelt fordi det settes krav til renhet i det som skal selges. Andel av håndteringskostnad er stor. Et effektivt system er avhengig av at det kan behandles maskinelt. De er i ferd med å sette opp et miljøregnskap i løpet av høsten og vinteren for å få eksterne øyne til å se på dette. Omsetning er på 70 millioner brutto inn på miljøgebyrer. Når avtalene skal reforhandles neste år, vet El-retur mye mer om mengder og kostnader, og dette er erfaringer som vil komme godt til nytte. Blant annet vet El-retur nå at det er en lineær sammenheng mellom befolkningsmengde og avfallsmengde, Finnmarks befolkning utgjør 3 % og sørger også for 3 % av avfallsmengdene. En annen erfaring er at det leveres inn 50 % til kommunene og 50 % til forhandlere.

Ifølge El-retur er deres systemet vellykket dersom kundene er fornøyd, kommunene er fornøyd, transportører er fornøyd og de får solgt materialene og produktene videre.

Rapporter utgitt av
Program for industriell økologi
Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

1/1999	Ingvild V. Malvik, Elin Mathiassen, Terje Semb	<i>Bærekraftig mobilitet – en visjon for framtiden?</i>
2/1999	Jørund Buen, Karl C. Nes, Vidar Furholt, Karine Ulleberg	<i>Den bærekraftige bilen – finnes den? El-bilen PIVCO CityBee i et industriøkologisk perspektiv</i>
3/1999	Hilde Nøsen Opoku	<i>A Grand Objective lost in the Waste Bin? Local Agenda 21 and solid waste reduction in the Norwegian municipality of Trondheim.</i>
4/1999	Martina M. Keitsch, John Hermansen, Audun Øfsti	<i>Sustainable Urban Watermanagement based on the Concept of Industrial Ecology</i>
5/1999	Helge Brattebø, Stig Larssæther, Kjetil Røine	<i>En sammenstilling av kunnskapsstatus (state-of-the-art) innen feltet industriell økologi</i>
1/2000	Helge Brattebø, Ole Jørgen Hanssen (ed.)	<i>"Productivity 2005" – Research Plan P-2005 Industrial Ecology</i>
2/2000	Jørund Buen	<i>Industriell økologi – Nytter det bare i Nord? Om industriøkologisk kapasitet</i>
4/2000	Lars Brede Johansen	<i>Eco-efficiency gjennom systemisk miljøstyring</i>
5/2000	Galina Gaivoronskaia	<i>The Debate on the Risk of Genetically Modified Food: The Politics of Science</i>
1/2001	Knut Erik Solem	<i>P-2005: Implementation and Maintenance of Ecopark co-operation</i>
2/2001	Johan Thoresen	<i>Miljøprestasjonsindikatorer og miljøregnskaper ved møbelproduksjon</i>
	Annik Magerholm Fet	
	Lars Brede Johansen	