

Økologiske rygsække -
ressourceeffektivitet,
materialestrømme og globalisering

Tom Elmer Christensen
Affaldsteknisk Samarbejde

Henning Jørgensen
Roskilde Kommune

Henrik Wejdling
DAKOFA

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

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

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

Indhold

1	FORORD	5
2	SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	7
2.1	INPUTORIENTERET FILOSOFI	7
2.2	RELEVANT AT REGNE I VÆGT	8
2.3	STATUS FOR KORTLÆGNING	8
2.4	SAMMENHÆNG MED LCA	9
2.5	NATIONALE INDIKATORER FOR RESSOURCETRÆK	10
3	METODE	13
3.1	LITTERATURSTUDIE	13
3.2	VIDENHJEMTAGNINGSREJSE	13
3.3	RUNDBORDSSAMTALE	13
4	BEGREBER OG TERMER	15
4.1	HVAD ER EN ØKOLOGISK RYGSÆK?	15
4.2	"FAKTOR 4", MIPS, MAIA, MFA OG LCA	15
4.2.1	<i>Faktor 4 & 10</i>	15
4.2.2	<i>MIPS & MAIA</i>	16
4.2.3	<i>MFA</i>	18
4.2.4	<i>LCA</i>	19
5	WUPPERTAL INSTITUTTET – EN PRÆSENTATION	23
5.1	OPRETTELSE	23
5.2	FORSKNINGSOMRÅDER	24
6	MATERIALESTRØMME PÅ PRODUKTNIVEAU	25
6.1	KORTLÆGNING AF MATERIALE-INPUT TIL ENKELTPRODUKTER	25
6.2	FAKTOR 4 & 10 PÅ PRODUKTNIVEAU	28
6.2.1	<i>Wuppertal Instituttets arbejde med Faktor 4 på produktniveau</i>	28
6.2.2	<i>Nordisk Ministerråds arbejde med Faktor 4 & 10</i>	28
6.3	MIPS-VURDERING AF KONKRETE PRODUKTER	29
6.4	ER METODEAPPARATET TILSTEDE?	32
7	MATERIALESTRØMME PÅ MAKRO-NIVEAU	33
7.1	WUPPERTAL INSTITUTTETS METODEUDVIKLING	33
7.1.1	<i>Nyeste arbejde: "The Weight of Nations"</i>	33
7.1.2	<i>Materialestrømme og LCA</i>	34
7.2	METODEUDVIKLING PÅ INTERNATIONALT PLAN	35
7.2.1	<i>ConAccount</i>	35
7.2.2	<i>WRI</i>	36
7.2.3	<i>Eurostat</i>	36
7.2.4	<i>OECD</i>	36
7.2.5	<i>EEA (European Environment Agency)</i>	37
7.2.6	<i>EU-Kommissionen</i>	38
7.3	EKSEMPLER PÅ ANVENDELSE PÅ MAKRO-NIVEAU	39
7.3.1	<i>"Nationernes vægt" – om anvendelse på 5 industrinationer</i>	39
7.3.2	<i>Anvendelse i andre lande</i>	39
7.3.3	<i>Anvendelse i Danmark</i>	45

7.4 ER METODEAPPARATET TILSTEDE?	46
7.4.1 <i>Finansministeriets kritik</i>	47
7.4.2 <i>Følsomhed overfor "små økonomier"</i>	47
7.4.3 <i>Ja, metodeapparatet er tilstede</i>	48
8 DISKUSSION: HVAD KAN METODEN BRUGES TIL?	49
8.1 HVORFOR "REGNE I NATUR" – FORDELE OG BEGRÆNSNINGER	49
8.1.1 <i>Diskussionen på internationalt plan</i>	49
8.1.2 <i>Diskussionen i Danmark</i>	50
8.1.3 <i>Håndteringen af det kvalitative aspekt</i>	54
8.1.4 <i>UMIPs håndtering af ressourcespørgsmålet</i>	55
8.2 MATERIALEINTENSITETS-ANALYSE SOM POLITISK INSTRUMENT	57
8.2.1 <i>Materialestrømskortlægning som grundlag for afgiftspolitik</i>	57
8.2.2 <i>"Efficiency" og "sufficiency" skal gå hånd i hånd</i>	59
8.3 ANVENDELSE I STRATEGI FOR AFFALDSFOREBYGGELSE	61
8.3.1 <i>Anvendelse i forebyggelsesstrategi</i>	61
8.3.2 <i>Anvendelse af MFA som bæredygtighedsindikator</i>	64
9 KONKLUSION	67
9.1 ØKOLOGISKE RYGSÆKKE – ER DE KORTLAGT?	67
9.2 VURDERING AF HELE ØKONOMIERS RESSOURCETRÆK?	67
9.3 ANBEFALINGER	68
10 LITTERATUR	71
Bilag I Ordliste og definitioner	79
Bilag II Præsentation af Wuppertal-forskere	83
Bilag III Økologiske rygsække for 53 produkter	85
Bilag IV Projektbeskrivelse, Dansk Standard	87

1 Forord

Miljørådet for renere produkter har i sin "Prioriteringsplan for Program for renere produkter m.v. 2000" (rev. juni 2000) under pkt. 5.2, Affaldsmængder og datagrundlag, prioriteret et "forprojekt vedrørende udvikling af metoder til opgørelse af ressourcetræk ved produktion, forbrug og kassation af produkter, herunder praktisk anvendelse af Wuppertal Institutets opgørelsesmetoder for materialers økologiske rygsæk og MIPS (materialeintensiteten pr. serviceenhed)".

I den forbindelse har en projektgruppe, bestående af Tom Elmer Christensen, Affaldsteknisk Samarbejde, Henning Jørgensen, Roskilde kommune (nu Reno-Sam) og Henrik Wejdling, DAKOFA, fået til opgave at gennemføre et vidnehjemtagningsprojekt herom, bl.a. baseret på gruppens foreløbige studier af emnet (se nærmere herfor hos *Christensen et al., 1999*). Gruppen assisteredes undervejs af kulturgeograf Flemming Gundersen.

Projektet har til formål at undersøge, hvilke metoder der findes til vurdering af produkters økologiske rygsække samt hjemtage viden om metoderne og deres foreløbige resultater med hensyn til at vurdere, om bedre viden om et produkts økologiske rygsæk kan kvalificere de danske bestræbelser på at forebygge affaldsdannelsen.

Desuden har projektet til hensigt at undersøge, om der findes et redskab til vurdering af det samlede ressourcetræk, som den danske økonomi giver anledning til, samt om dette redskab vil kunne give indsigt i, hvor der kan sættes ind overfor en generel minimering af ressourcetrækket og endvidere bidrage til opstilling af målbare indikatorer herfor.

Projektet er gennemført dels som et litteraturstudie, dels som en vidnehjemtagningsrejse til Wuppertal Institutet og endelig som en rundbordssamtale med danske eksperter på området. Litteraturindsamlingen tilendebragtes i marts 2001.

Denne rapport gengiver hovedresultaterne af de tre metodiske tilgange, idet der tillige foreligger særskilte afrapporteringer af hhv. vidnehjemtagningsrejsen, rundbordssamtalen og litteraturstudiet (sidstnævnte i form af en kommenteret litteraturliste).

2 Sammenfatning og konklusioner

2.1 Inputorienteret filosofi

Det tyske Wuppertal Institut har i 90'erne i samarbejde med forskningsinstitutioner i bl.a. Japan, USA, Holland og Østrig udviklet et metodeapparat, der søger at flytte tyngdepunktet i miljøreguleringen og udforskningen af bæredygtige udviklingsveje fra output- til input-siden. Det er sket ud fra en filosofi om, at alt hvad der kommer ind, også skal ud igen. Den hidtidige miljøregulering har fokuseret på out-puttet, og har måske nok formået at reducere det ét sted, for så blot at opleve, at det kommer ud et andet... - nu som f.eks. vand eller luft i stedet for f.eks. fast affald.

I den input-orienterede filosofi benyttes som indikator for produkters, tjenesteydelsers eller økonomiers samlede pres på naturgrundlaget den samlede masse af ressourcer, der må mobiliseres for at producere produktet, tilvejebringe tjenesteydelsen eller "drive" en hel økonomi. Indikatoren beregnes ved hjælp af en materiale-intensitetsanalyse (MAIA), og udtrykkes i materialeintensitet per serviceenhed (MIPS). For hele økonomiers vedkommende kan indikatoren beregnes ved at tage afsæt i opstillingen af et totalt massestrømsregnskab (MFA, *Material Flow Account*) og slutresultatet kan udtrykkes i materialeinput pr. f.eks. indbygger eller bruttonationalprodukt (BNP), og derved udtrykke ressource-effektiviteten.

Materialeinputtet opgøres i vægtenheder (f.eks. g, kg eller t) og opdeles som hovedregel i fire kategorier, nemlig *abiotiske materialer* (stort set synonymt med ikke-fornyelige ressourcer som metaller, mineraler, fossile brændsler, sten, grus og jord etc.), *biotiske materialer* (plante- og dyrebiomasse), *vand* (forstået som vand, der indgår i fremstillingsprocesser eller bruges som kølevand uden genvinding) og *luft* (forstået som O₂ og N, der forbruges og indgår i kemiske processer i f.m. fremstilling, typisk ved forbrænding af (fossile) brændsler). Vand og luft udelades som oftest ved beregninger af hele økonomiers (landes) træk på ressourcerne.

Gennem opstilling af totale massestrømsregnskaber synliggøres også de såkaldte "økologiske rygsække", nemlig den del af det samlede materialeinput, som godt nok mobiliseres, men som ikke er at genfinde i produktet, og som aldrig gør sin entré i den økonomiske sfære. Af samme grund betegnes disse materialestrømme af økonomer som "hidden flows" – uagtet at de for de befolkninger, der lever hvor hovedparten af verdens råstoffer udvindes, nok opleves som slet så "hidden" endda!

De miljømæssige problemer, der er forbundet med produkternes "hidden flows" eller "økologiske rygsække" er ofte større end dem, der er forbundet med brugen og bortskaffelsen af produkterne selv.

Nærværende projekt søger at belyse denne nye forskningsgren og dens perspektiver i forhold dels til affaldsforebyggelse, dels til udviklingen af bæredygtighedsindikatorer på ressourceområdet.

Gennem et litteraturstudie, en videnhjemtagningsrejse til Wuppertal Institutet og en rundbordssamtale med relevante danske forskere, søger projektet at reflektere over følgende fire hovedtemaer:

- Giver det overhovedet mening at omregne "natur" til kg?
- Hvor langt er vi i DK/den internationale forskningsverden m.h.t. kortlægning af økologiske rygsække, og i hvilket omfang kan overvejelserne herom med fordel indgå i affaldsforebyggelsesstrategier?
- Hvilke sammenhænge er der mellem økologiske rygsækopgørelser og LCA – modspil/medspil i f.t. f.eks. UMIP: Er der fællesnævner, som burde opdyrkes? og
- Hvor langt er vi i DK/den internationale forskningsverden m.h.t. opstilling af nationale indikatorer for ressourcetræk/ressourceintensitet og i hvilket omfang kan overvejelserne herom med fordel indgå i affaldsforebyggelsesstrategier?

Essensen af projektarbejdet kan opsummeres som følger:

2.2 Relevant at regne i vægt

Det forekommer relevant at "regne i natur", d.v.s. anvende vægten af de ressourcer, der mobiliseres for at fremstille et produkt eller til at "drive" en hel økonomi som en indikation på det pres, produktet eller økonomien lægger på naturen. Indikatoren erstatter imidlertid ikke andre indikatorer, som inddrager f.eks. toksicitet, og som kan bruges som prioriteringsværktøj i f.m. valg af indsats overfor bestemte stofstrømme. Omvendt erstatter traditionelle risikovurderinger ikke massestrømsregnskabet som overordnet indikator for, hvor stort et pres, der potentielt lægges på naturen – ikke mindst fordi traditionelle risikovurderinger systematisk "overser" de miljøeffekter, vi endnu ikke kender til, eller som ikke lader sig kvantificere (f.eks. det fald i biodiversiteten, som minedrift indebærer, eller den forringelse af levevilkår, som lokalbefolkningen påføres).

Mens traditionelle LCAer således rent metodisk er tvunget til at konceptuere naturen som en pamflet af specifikke problemer, der herefter må håndteres enkeltvis ("eutrofiering", "ozonlagsnedbrydning", "drivhuseffekt" etc. etc.), har Wuppertalmetoden den force, at den betragter naturen som et hele, fra hvilket økonomierne trækker de ressourcer, som er nødvendige for deres "drift", og i den forbindelse sætter det samlede ressourcetræk som udtryk for den samlede naturpåvirkning.

Endelig har det at regne i vægt en pædagogisk dimension af stor betydning. F.eks. den kendsgerning, at en guldring på 5 gram bærer rundt på en økologisk rygsæk på 2,7 t, sætter ressourcetrækket og dets globale aspekter i et klart og forståeligt perspektiv.

2.3 Status for kortlægning

Der findes ikke i dag noget samlet register eller database, hvor et givent produkts økologiske rygsæk kan slås op. Dog opretholder Wuppertal Institutet til stadighed en database med oplysninger om det samlede materialeinput (excl. transport), der er forbundet med fremstilling af ca. 200 råvarer og halvfabrikata, ligesom der er foretaget grundige beregninger af

materialeinputtet ved skibstransport samt foreløbige beregninger af materialeinputtet ved vej- og jernbanetransport.

Det vil i princippet allerede i dag være muligt for enhver producent, der kender sine underleverancer i detaljen, at beregne sit produkts økologiske rygsæk ud fra en veludviklet, dokumenteret metodik.

En mærkning af de enkelte produkter med deres respektive økologiske rygsække ville kunne muliggøre et forbrugsvalg i retning af mindre ressourcekrævende produkter og således på sigt nedbringe den globale affaldsdannelse. Forudsætningen for, at en mærkning udmønter sig i en samlet dematerialisering af forbruget er selvfølgelig, at det lykkes at ændre den sociale adfærd hos forbrugerne.

Beregninger af enkeltprodukters økologiske rygsække er – ikke mindst på grund af svage grunddata – komplicerede og tidskrævende. Nærværende projekt har blotlagt ønsker ikke blot fra danske og tyske forskere, men også fra det tyske og det østrigske miljøministeriums side om, at der opbygges en (international) database over økologiske rygsække. Den skal indeholde ajourførte tabelværker med angivelse af de økologiske rygsække for de mest betydende basismaterialer (råstoffer og halvfabrikata), samt de økologiske rygsække, der er forbundet med de mest udbredte fremstillings- og transportteknologier. Beregning af givne produkters eller tjenesteydelsers økologiske rygsække ville herved blive lettere og standardiseret i et omfang, som ville gøre sammenligning af enkeltprodukter mulig.

Det er som understøttelse af sådanne tabelværker under projektarbejdet blevet fremført som forslag, at det i forbindelse med udbygningen af EU-direktivet om *Integrated Pollution and Prevention Control (IPPC)* blev pålagt alle IPPC-virksomheder (og i Danmark tillige også alle (øvrige) a-mærkede virksomheder) at udarbejde datablade for alle deres produkter, som angiver disses økologiske rygsække.

2.4 Sammenhæng med LCA

Materialestrømsanalyser i f.m. såvel produkter som hele økonomier har en fælles interesse med alle typer LCA'er omkring opstilling af retvisende massebalancer, som også viser "opstrøms-strømme" (hidden flows eller økologiske rygsække). Der er således behov for et fælles data-grundlag (idet traditionelle LCA'er under alle omstændigheder skal kende stofstrømmene, som så blot "multipliceres med miljøeffekter" efter nærmere angivne principper).

Der synes tillige at eksistere en fælles grænseflade mellem makro- og mikroanalyser som f.eks. Input/Output-statistikker og LCA'er, idet LCA'er i princippet kan betjene sig af makrostudierne ved deres grænseflader (hvor de i dag mere må baseres på antagelser).

Endelig har LCA'er og MIPS-beregninger en fælles berøringsflade i behovet for at gennemføre distinkte afgrænsninger af hhv. "funktionelle enheder" og "service-enheder", som til syvende og sidst er to sider af samme sag.

2.5 Nationale indikatorer for ressourcetræk

Studiet viser, at der er udviklet metoder til – og opnået international konsensus om – opgørelse af materialestrømsregnskaber (MFA) for hele økonomier, og de er gennemført for at antal lande/statssammenslutninger. Sidst har Eurostat udarbejdet forslag til en guideline for opstilling af sådanne regnskaber, og Danmarks Statistik har fået bevilget tilskud fra Eurostat til et projekt, som vil gennemføre en dansk MFA for årene 1981, 90 og 97 med udgangspunkt i guidelinen (omfattende alle råstoffer samt halv- og helfabrikata, der udvindes/importeres og således også økologiske rygsække forbundet hermed).

Med udgangspunkt i en national MFA kan aggregeres indikatorer, som udtrykker ressourceeffektiviteten relativt, f.eks. pr. indbygger eller pr. BNP. Guidelinen rummer også anvisninger herpå.

2.5.1.1 *Det totale materialebehov (TMR) mest dækkende bæredygtighedsindikator*

Det kommer an på en politisk vurdering, om indikatoren skal afspejle det samlede materialeinput til hele den danske økonomi (DMI – *Direct Material Input*) eller alene den del, som forbruges i Danmark (DMC – *Direct Material Consumption*). Ultimativt ville en indikator, der afspejlede det samlede behov for mobilisering af ressourcer, herunder også de økologiske rygsække, nemlig den af Wuppertal Institutet udviklede TMR-indikator (TMR – *Total Material Requirement*), være den i globalt perspektiv mest sande/pædagogiske og mest dækkende som indikator for bæredygtighed. Men i betragtning af, at ikke alle økologiske rygsække kendes til bunds, og eftersom der synes at være en sammenhæng mellem DMI og TMR, kunne DMI overvejes anvendt som indikator for indeværende, suppleret med udvalgte ”TMR-indikationer” for nærmere angivne produkter/tjenesteydelser. Valget må bl.a. bero på, hvor langt det synes muligt at nå i forbindelse med Danmarks Statistiks kommende projekt om opgørelse af materialestrømsregnskaber for Danmark.

DMI for Danmark i 1990 kan med visse simple justeringer aflæses af Danmarks Statistiks ”Fysiske input-output tabeller for Danmark”.

2.5.1.2 *Finansministeriet: Dansk TMR = 51 t/indb./år*

Finansministeriet har med udgangspunkt i disse input-output tabeller opstillet den første danske MFA, hvor der dog alene medregnes økologiske rygsække, forbundet med råvareimport, ikke med import af halv- og helfabrikata. MFA'en afslører, at hver dansker tegner sig for et Totalt Materiale-behov (TMR) på 51 t/år – men altså vel at mærke et ”amputeret” TMR, uden de økologiske rygsække, der skjuler sig i importerede produkter. TMR/indb. (incl. økologiske rygsække forbundet med såvel råvarer som importerede halv- og helfabrikata) var på samme tidspunkt i størrelsesordenen 84 t for USA, 86 t for Tyskland og 46 t for Japan.

Finansministeriet beregner tillige det totale materiale-forbrug (TMC – *Total Material Consumption*) pr. indbygger i Danmark (d.v.s. TMR fratrukket den del, der går til eksport) til 41 t, hvoraf de 23 t er ikke-benyttede ressourcer – eller m.a.o. økologiske rygsække, som altså udgør godt 56% af det totale materialeforbrug (stadig med den forudsætning, at rygsækkene utvivlsomt er underestimerede, da de ikke er medregnet f.s.v.a. importerede produkter).

Endvidere foretager Finansministeriet i mangel af data fra andre år end 1990 en fremskrivning af DMC, TMC og TMR indtil 2010, genereret v.h.a. ADAM, og sat i forhold dels til antal indbyggere, dels til BNP. Disse

fremskrivninger antyder, at en afkobling mellem væksten i økonomien og væksten i materialeinputtet er godt i vej, men fremskrivningerne synes ikke at give det samme billede som EEA når frem til for perioden 1988-1997, baseret på historiske data. Her vokser materialeintensiteten for Danmarks vedkommende hurtigere end væksten i økonomien.

2.5.1.3 Forslag om dansk MFA hvert 4. år

Det er under projektet fremført som forslag, at Danmark indarbejder en MFA-rapportering i den Natur- og Miljøpolitiske Redegørelse, som afgives hvert 4. år, og i det hele taget lader MFA indgå i den overordnede strategiske miljøpolitik. Med Eurostats bevilgede tilskud til et MFA-projekt hos Danmarks Statistik, vil man i princippet få udgangsstatus "forærende".

Opstilling af materialestrømsregnskaber og beregninger af produkters økologiske rygsække er *vurderingsværktøjer*, som ikke i sig selv ændrer på affaldsmængderne, men som giver nogle vigtige indikationer på, om samfundet bevæger sig i retning af øget dematerialisering eller det modsatte. Og netop som indikatorer synes økologiske rygsække for såvel produkter som hele økonomier at have et pædagogisk potentiale i form af en høj forklaringsværdi, når det handler om at synliggøre de input af ressourcer, som synes at være forudsætningen for økonomien. Eftersom enhver forebyggelse af affald fra en økonomi ultimativt vil være forbundet med en begrænsning af materialeinputtet til økonomien, synes det at være oplagt at søge dette potentiale udnyttet.

2.5.1.4 Sammenhæng mellem MFA og ISAG

Sammenfattende om sammenhængen mellem input af ressourcer og output i form af affald, der registreres i den danske affaldsstatistik (ISAG), kan det konkluderes, at en nedbringelse af Danmarks totale materialebehov, herunder en nedbringelse af de enkelte produkters og serviceydelsers økologiske rygsække, ikke nødvendigvis vil resultere i et tilsvarende fald i de registrerede affaldsmængder.

Hvorvidt en begrænsning i inputtet giver sig momentane udslag i affaldsstatistikken (ISAG) afhænger af...

- hvorvidt der strategisk alene satses på reduktion af DMC – det direkte materialeforbrug til dansk konsumerede produkter (størst effekt på ISAG), eller på TMR – det totale materialebehov for den danske økonomi (som måske slet ikke giver udslag i den nationale affaldsstatistik!),
- hvorvidt en reduktion af DMC eller TMR opnås gennem en bedre ressourceudnyttelse i form af øget tilbageholdelsestid i økonomien (hvilket giver størst momentan effekt på ISAG) og/eller
- hvorvidt der sker en netto-ophobning af materialer i økonomien (hvilket ligeledes giver faldende affaldsmængder, men kun for en periode!).

Endelig kan generelle miljømæssige "end-of-pipe-forbedringer" i form af bedre filtre, bedre renselanlæg, mere effektive indsamlingssystemer/begrænsning af illegal dumping, bedre og mere fintmasket registrering etc. etc. betyde, at en relativt større andel af den samlede materialestrøm gennem en økonomi kommer ud som registreret "fast affald", hvorfor et absolut fald i den samlede materialestrøm ikke nødvendigvis giver sig udslag i form af faldende registrerede affaldsmængder.

Omvendt vil en ensidig strategi for nedbringelse af de danske affaldsmængder, målt som vægt, ikke nødvendigvis føre til et fald i det totale materialebehov endelige den samlede miljøbelastning, der er forbundet med samfundets ressourceforbrug og -tab.

2.5.1.5 Øget ressourceeffektivitet minimere affaldsdannelsen globalt

En forøgelse af den samlede ressource-effektivitet med faktor 4 eller 10 vil alt andet lige nedbringe den samlede affaldsdannelse og de hermed forbundne miljøeffekter med tilsvarende faktorer på globalt plan.

Bl.a. derfor kunne det genovervejes, om materialegenanvendelse under visse omstændigheder kan inddrages i den danske strategi for affaldsforebyggelse, nemlig når det samlede materialeinput ved produktion af et givet produkt baseret på genvundne materialer er mindre end det tilsvarende input, hvis produktet fremstilles ud fra virgine materialer.

Det er således op til en politisk vurdering, om en dansk affaldsforebyggelsesstrategi alene skal tilgodese en national nedbringelse af de affaldsmængder, der registreres i den officielle danske affaldsstatistik, eller om strategien tillige skal have et globalt aspekt.

I sidstnævnte tilfælde vil beregning af enkeltprodukters økologiske rygsække samt opstilling af et nationalt materialestrøms-regnskab med tilhørende mål og virkemidler for nedbringelse af det totale materialebehov være en far- og målbar vej.

2.5.1.6 Inddragelse af kvalitative aspekter

Det er almindeligt erkendt, at materialestrømsanalyser og beregninger af produkters økologiske rygsække ikke reflekterer den kvalitative side af materialestrømmene, herunder om de respektive strømme er farlige, påvirker naturen i negativ retning og/eller udgøres af sparsomme, ikke-fornyelige ressourcer, eller om de indlejres i produkter, der lader sig genbruge eller med få ressourcer lader sig materialegenanvende. En udvikling af metodeapparatet, der også kunne reflekterer sådanne forhold, vil styrke værktøjet yderligere, men der ligger dog en ultimativ begrænsning i, at det set fra inputsiden ikke er muligt at forudsige på hvilken form, et givent materiale vil forlade systemet.

Mens materialestrømsregnskaber og beregning af økologiske rygsække ikke i sig selv medfører forbedret ressourceintensitet og fald i affaldsmængderne, vil teoriapparatet stadig kunne anvendes også strategisk i bestræbelserne på at opnå en dematerialisering af økonomien:

2.5.1.7 Værktøjet kan bruges baglæns til dematerialisering

Mens beregningsmetoderne således måler på materialeinputtet pr. serviceenhed, kan værktøjet strategisk set bruges "baglæns", idet dematerialisering må tage udgangspunkt i formulering af, hvad der er vores egentlige behov, og dermed hvilke konkrete serviceydelser, vi behøver. Det kan herefter vurderes, hvorvidt disse serviceydelser overhovedet behøver at komme til udtryk i form af materielle ydelser, og – såfremt dette måtte være tilfældet – endelig hvorledes disse materielle ydelser kan leveres med det mindst mulige input af ressourcer, hvor ajourførte tabelværker til enhver tid kan afsløre, om man bør vælge f.eks. stål frem for beton, træ frem for plast eller Barbie-dukker frem for Duploklodser....

3 Metode

Projektet baseres på tre samtidige metodiske tilgange, nemlig litteratursøgning (nyere litteratur), videnhjemtagning ved rejse til Wuppertal Institut og endelig rundbordssamtale med en gruppe danske eksperter med særligt kendskab til Wuppertal-metoden.

3.1 Litteraturstudie

Litteratursøgning er gennemført primært på Wuppertal Institutets bibliotek og ved sekundærsøgning i Institutets nøgle-publikationer, idet der primært er søgt nyere litteratur (efter 1994), og primært litteratur vedr. konkret anvendelse af MIPS-metoden m.fl. til vurdering af økologiske rygsække og ressourceeffektivitet.

Der er udarbejdet en kommenteret litteraturliste, der foreligger som selvstændigt arbejdsnotat. En ukommenteret liste er optaget som litteraturliste i nærværende rapport, og de væsentligste "findings" ved litteraturstudiet er indarbejdet i rapporten.

3.2 Videnhjemtagningsrejse

Der er gennemført et besøg på Wuppertal Institut i dagene 8.-11. november 2000, hvor der udførtes interview med aktuelle forskere (se præsentation i bilag II) samt gennemførtes en opdatering på upublicerede forskningsresultater, herunder en kortlægning af barrierer og muligheder, ligesom der gennemførtes litteratursøgning.

Der er udarbejdet en egentlig rejserapport, der foreligger som selvstændigt arbejdsnotat. De væsentligste pointer er indarbejdet i nærværende rapport.

3.3 Rundbordssamtale

Der er gennemført en metode-drøftelse i form af en rundbords-samtale med danske forskere, der forsøger eller har forsøgt at anvende metoden, suppleret med telefonisk og anden korrespondance med andre forskere. Således har Kim Ejlertsen, NOAH, Erik Hansen, COWI, Jesper Jespersen, RUC, Ole Gravgård Pedersen, Danmarks Statistik, Arne Remmen, Aalborg Universitet Inge Røpke, DTU og Anders Schmidt, dk-TEKNIK alle bidraget med kommentarer til projektet, Pedersen og Røpke tillige med skriftlige bidrag (således *Pedersen, 2000b* (i øvrigt optaget som bilag IV til rapporten) og *Røpke, in prep. a og in prep. b*).

Der er udarbejdet et referat af rundbordssamtalen og de indkomne kommentarer, der foreligger som selvstændigt arbejdsnotat. De væsentligste pointer er indarbejdet i nærværende rapport.

Der har under projektarbejdet været peget på yderligere ressourcepersoner, nemlig Per Christensen, Aalborg Universitet, Thomas Højlund Christensen, DTU, Klaus Hansen, SBI og Pernille Hagedorn Rasmussen, NOAH, som det imidlertid ikke har været muligt at inddrage inden for nærværende projekts tidsmæssige rammer.

4 Begreber og termer

4.1 Hvad er en økologisk rygsæk?

Begrebet "økologiske rygsæk" er en Wuppertal-opfindelse, som betegner den del af det samlede materialeinput til et produkt eller tjenesteydelse, som godt nok mobiliseres, men som ikke er at genfinde i produktet, og som aldrig gør sin entré i den økonomiske sfære. Af samme grund betegnes økologiske rygsække af økonomer som "hidden flows" – uagtet at de for de befolkninger, der lever, hvor hovedparten af verdens råstoffer udvindes, nok opleves som slet så "hidden" endda!

De miljømæssige problemer, der er forbundet med produkternes "hidden flows" eller "økologiske rygsække" er karakteriseret ved ofte at være større end dem, der er forbundet med brugen og bortskaffelsen af produkterne selv.

4.2 "Faktor 4", MIPS, MAIA, MFA og LCA

Afsnittet baseres overvejende på drøftelser med Bringezu og Moll, samt de i den forbindelse fremlagte kilder, herunder *Bringezu (2000a)*, *Moll & Gee (1999)*, *Schmidt-Bleek (1998)*, *Schmidt-Bleek et al. (1998)* og *Hinterberger & Schmidt-Bleek (1999)*. Hertil kommer drøftelserne ved den danske rundbordsamtale, hvor især Gravgård Pedersen og Ejlertsen har bidraget til klarificeringen af begreberne.

Der henvises i øvrigt til den ordliste, der er optaget som bilag I til rapporten.

4.2.1 Faktor 4 & 10

Faktor 4 og Faktor 10 udvikledes som begreber af Wuppertal Institutet i forlængelse af "Vor Fælles Fremtid", og havde til formål at synliggøre/materialisere budskabet om, at bæredygtig udvikling er ensbetydende med, at der skal være mindst lige så mange ressourcer til rådighed for vore efterkommere, som der er for os selv, og at ressourcerne skal fordeles ligeligt mellem alle klodens folk.

Ideen med "Faktor 4" er kort og godt at producere det dobbelte med det halve, idet en halvering af ressourceforbruget på globalt plan opfattedes som et bæredygtighedskriterie i "Vor Fælles Fremtid", og idet også den fattigste del af verden bør have del i velstanden. Begrebet vandt særlig udbredelse i f.m. von Weizsäcker og ægteparet Lovin's bog af samme navn i 1997 (*Weizsäcker et al., 1997*).

Eftersom en global udligning af ressourcetrækket indebærer, at den 3. verden må have adgang til flere ressourcer end nu, og målet fortsat er en global halvering, idebærer det strengere krav til industrilandene. En kreds omkring Schmidt-Bleek definerede disse krav til at være en faktor 10 i den såkaldte Carnoules-deklaration fra Faktor 10-klubben, ligeledes i 1997.¹

¹ Carnoules-deklarationen er i sin helhed gengivet hos *Schmidt-Bleek, 1998, p. 277ff.*

Målene om Faktor 4 og 10 blev inddraget i konklusionerne fra "Rio +5-mødet" i juni 1997, idet regeringsrepræsentanterne var enige om, at det er vigtigt at forøge materiale- og energieffektiviteten med disse faktorer, og at der så vidt muligt bør sættes køreplaner op herfor.

Det forekommer – såvel efter diskussionerne med Wuppertal-folkene som sideløbende litteraturstudier – fortsat lidt uklart, om der ligger en egentlig substantiel forskel i de to begreber – ud over faktorens størrelse og den tidsmæssige forskel:

Bringezu og Moll samt tildels Seiler gav nærmest udtryk for, at der alene er tale om en tidsmæssig forskel, således at målet over en kortere årrække er en faktor 4-reduktion og over en længere periode (en generation = 25 år) en faktor 10-reduktion. Et dansk studie af mulighederne for at opnå en faktor 4/10-reduktion af transporten sætter analogt faktor 4-målet som et mål for 2030 og faktor 10-målet som et mål for 2050 (Nordisk Ministerråd, 1999).

Bleischwitz, der nu skal lede det nye Faktor 4-institut på Wuppertal Institutet, fører selv en diskussion om, hvorvidt der i Faktor 4 alene bør ligge en relativ betragtning – og dermed ikke noget eksakt krav til, at det absolutte materialeforbrug skal falde, samt hvorvidt Faktor 4 skal betragtes som et ens mål for alle varer og tjenesteydelser (Bleischwitz, 2000). Moll & Gee (1999) opstiller med udgangspunkt i hhv. Weizsäcker et al (1997) og Canoules Declaration of Factor 10 Club i 1997 disse to sammenlignende definitioner:

Faktor 10	Faktor 4
<p>Faktor 10-målet retter sig mod den absolutte mængde af "naturforbrug/efterspørgsel" og ikke øko-effektiviteten. Den ene forudsætning for faktor 10-målet er, at det globale forbrug af natur bør halveres. Den anden forudsætning er, at forbruget af – eller adgangen til – naturressourcer bør fordeles ligeligt over hele kloden. Det fører til et absolut fald i forbruget af natur med en faktor 10 for industrielle økonomier. Fristen for, hvornår målet bør være opfyldt, er sat til én generation, hvilket normalt ansættes til 25 år.</p>	<p>Faktor 4-målet retter sig mod en fordobling af velfærd og en halvering af ressourceforbruget. Det retter sig således mod øko-effektiviteten, og ikke den absolutte mængde af natur, der forbuges. Igen er forudsætningen, at det globale forbrug af natur bør halveres. Samtidig bør den globale "velfærd" blive fordoblet. Derfor må øko-effektiviteten på globalt plan hæves fire-fold, d.v.s. der må bruges fire gange mindre natur pr. "velfærdsenhed". Der gives ikke nogen tidsfrist for opfyldelse af målet.</p>

Moll & Gee (1999), p. 31 (forf. oversættelse)

Hermed antydes en større grad af absolutthed i Faktor 10 end i Faktor 4, altså andet og mere end blot en forskel i tidsfaktoren.

4.2.2 MIPS & MAIA

I bestræbelserne på at konkretisere og målsætte faktor-diskussionerne udviklede Schmidt-Bleek allerede i 1992 (se bl.a. *Hinterberger & Schmidt-Bleek, 1999*) selve MIPS-konceptet (*Material Input Per unit of Service*), som kan anvendes på såvel produkter som i princippet økonomier. Den samlede

mængde af materialer, som det har været nødvendigt at mobilisere ved produktionen af et givet produkt + de materialer, som evt. må tilføjes i f.m. driften af det, allokeres til de service-enheder, der måtte være i produktet (se også *Christensen et al. (1999)* for en nærmere forklaring – på dansk). Herved inkluderes også alle de rygsække, som måtte være forbundet med et produkt, i dets samlede ressourcetræk pr. serviceenhed (som i princippet kan sidestilles med de ”funktionelle enheder” i traditionelle LCA-vurderinger).

4.2.2.1 Materialeinput opgøres i fire kategorier

Materialeinputtet opgøres i vægtenheder (f.eks. g, kg eller t) og opdeles som hovedregel i fire kategorier, nemlig *abiotiske materialer* (stort set synonymt med ikke-fornyelige ressourcer som metaller, mineraler, fossile brændsler, sten, grus og jord etc.), *biotiske materialer* (plante- og dyrebiomasse), *vand* (forstået som vand, der indgår i fremstillingsprocesser eller bruges som kølevand uden genvinding) og *luft* (forstået som O₂ og N, der forbruges og indgår i kemiske processer i f.m. fremstilling, typisk ved forbrænding af (fossile) brændsler). Når luft tages med som en faktor, er det bl.a. for at skabe balance i det massestrømsregnskab, som er en nødvendig forudsætning for en retvisende beregning, og hvor der forekommer f.eks. CO₂ og NO_x eller NH-forbindelser på outputsiden.

4.2.2.2 MAIA - materialeintensitetsanalyse

MIPS er stadig en grundbyggesten i hele Wuppertals forskning, og metoden er senest og mest udfoldet beskrevet hos *Schmidt-Bleek et al. (1998)*, som beskriver elementerne i forudsætningen for MIPS-beregningen, nemlig *materialeintensitetsanalysen (MAIA – die Material-Intensitäts-Analyse)*. Under videnhjemtagningsbesøget betonede Moll dog, at dette værk ikke er det ultimative skrift, men det diskuterer mange af de problemstillinger, der opstår omkring kortlægningen af materialeintensiteten i et produkt, herunder hvordan man forholder sig til vand og luft og til f.eks. genanvendelse og brug af affaldsprodukter fra anden produktion (genanvendte materialer medregnes således ikke i den samlede MIPS – kun den materialemobilisering, der har fundet sted for at kunne gennemføre genanvendelsen), ligesom der gives konkrete eksempler.

MAIA er m.a.o. det metodeapparat, hvormed MIPS beregnes.

Udgangspunktet for MIPS-beregningen er således på den ene side det samlede materiale-input (MI) til et givent produkt og på den anden side det antal service-enheder (”funktionelle enheder”), det pågældende produkt kan levere i sin levetid. Det er, som ved livscyklusvurderinger, defineringen af denne service-enhed – f.eks. en persontransport-kilometer eller emballering af 0,33 l sodavand – der gør vidt forskellige produkter med samme funktion direkte sammenlignelige.

Materialeintensitetsanalysen (MAIA), eller kortlægningen af det totale materialeinput, indebærer ud over beregning af de materialemængder, der er mobiliseret i forbindelse med brydning og raffinering af de råstoffer, der indgår i produktet, også en kortlægning af det samlede materialeforbrug, der er forbundet med transport af råstoffer/produkter, samt fremstilling af samme. MI sammenstykkedes således af en række ”modul-byggestene”, hvor Wuppertal Institutet søger at opbygge og ajourføre disse moduler, som så kan sammenlægges, når MI skal beregnes for det enkelte produkt, blot ud fra kendskab til produktets sammensætning og tilblivelse, herunder den medgæede transport.

4.2.2.3 Økologisk Rygsæk = materialeinput minus egenvægt

Et produkts økologiske rygsæk udgøres af dets samlede materialeinput (MI), fratrukket produktets egenvægt. Schmidt-Bleek gør selv opmærksom på, at han ofte ikke sonder særligt skarpt mellem MI og den økologiske rygsæk, og at det faktisk er uden betydning, når det handler om f.eks. de mere sjældne metaller. Eksempelvis har kobber en økologisk rygsæk på 1:500, og så er det – anfører Schmidt-Bleek – ligegyldigt, om der er tale om 499 kg rygsæk og 1 kg kobber (*Schmidt-Bleek, 1998, p. 82ff*). På produktniveau er det imidlertid vigtigt at sondre skarpt mellem MI og så den del af MI, som er den økologiske rygsæk, eftersom den økologiske rygsæk ofte udgør måske kun halvdelen af MI.

4.2.3 MFA

Material Flow Accounting (MFA) er en metode til opstilling af et totalt materialestrømsregnskab – det være sig for et produkt, en serviceydelse eller en hel økonomi. På input-siden baserer materialestrømsregnskabet sig på MAIA-analyser af alle strømme, der er forbundet med det produkt eller den økonomi, der undersøges. Out-putsiden omfatter alle emissioner (affald, luft, vand) og – ved regionale eller nationale beregninger - evt. eksport af produkter. Der opstilles således en massebalance, som dog for økonomiers vedkommende ikke går op, eftersom der sker en ophobning af materialer i selve økonomien (f.eks. i bygningsmasse og infrastruktur).

4.2.3.1 MFA = "Inventory Step" i LCA

MFA kan også dække over en materialestrømsanalyse i mere traditionel forstand, hvor f.eks. massestrømmene i forbindelse med et bestemt produkts tilvirkning kortlægges, hvor MFA'en så i virkeligheden bliver identisk med LCAens "Inventory-step" (se figur 1), eller der kan være tale om kortlægning af et bestemt stofs strøm gennem en virksomhed eller en økonomi. I nærværende fremstilling benyttes termen MFA hovedsageligt i makro-økonomisk perspektiv, omfattende alle materialestrømme under ét. Hos bl.a. *Bringezu et al. (1998, p. 1f)* findes en instruktiv oversigt over forskellige typer massestrømsanalyser, således SFA (*Substance Flow Account*), PFA (*Product Flow Account*) og MFA (*Material Flow Account*).

4.2.3.2 oMFA og Total Material Requirement (TMR)

En MFA for en hel økonomi betegnes "overall Material Flow Accounting" (oMFA) og den opbygges stepvis ud fra makro-økonomiske kalkuler.

Ved hjælp af MFA for en økonomi (nation/sammenslutning af stater) kan beregnes hvad Wuppertal Institutet har kaldt det totale materialebehov (Total Material Requirement, TMR) for den pågældende økonomi.

TMR indeholder – ud over vægten af de produkter, som den pågældende økonomi kaster af sig (og som f.eks. i en vis udstrækning eksporteres, men som fortsat er forudsætningen for skabelsen af den pågældende økonomis BNP) - også alle de økologiske rygsække, den pågældende økonomis aktiviteter giver anledning til i ind- såvel som udland. TMR er således udtryk for, hvor meget den pågældende økonomi "fylder" i naturen.

TMR er stykket sammen af en række enkeltelementer, som i større eller mindre udstrækning kan beregnes ud fra monetære input/output tabeller i nationalregnskaber. Wuppertal Institutet har sammen med Eurostat arbejdet med at definere disse enkelt-elementer nærmere (se *Eurostat, 2000* samt

ordforklaringen i bilag I). Her gives blot er kort opremsning af de elementer, hvoraf TMR sammenstykket:

DMI (Direct Material Input) måler på alle de materialer af økonomisk værdi, der forekommer som input til en økonomi. Omfatter således indenlandsk udvundne (og brugte) materialer samt importerede materialer (råstoffer, halv- og helfabrikata) – uanset, om de eksporteres igen.

TMI (Total Material Input) omfatter DMI + de indenlandske, ubrugte materialer, som er fremkommet ved udvinding af de brugte materialer (betegnes undertiden "indenlandske økologiske rygsække" eller "hidden flows").

TMR (Total Material Requirement) udgøres så af TMI + de indirekte materialestrømme, der er forbundet med import af råstoffer samt halv- og helfabrikata, men som aldrig kommer over landegrænsen (også betegnet "udenlandske økologiske rygsække" eller "hidden flows").

4.2.3.3 *Økologiske rygsække i dag "unused extraction" & "indirect flows"*
 Bringezu bemærkede under vidnehjemtagningsbesøget på Wuppertal Institutet, at selve begrebet "økologisk rygsæk" jo var en Wuppertal-opfindelse, og at den havde været anvendt som en art "institutional flaging", men at man i de internationale forhandlinger omkring definitioner havde måttet indgå kompromiser, som bl.a. indebærer, at man fra Eurostat nu foreslår "økologiske rygsække" opdelt i to, betegnet hhv. "unused extraction" (om indenlandske materialer, der er udvundet eller på anden vis omplaceret, men som ikke er egnede for brug) og "indirect flows" (om udenlandske materialestrømme, som er forbundet med import, men som ikke fysisk importeres).

Eurostat opsummerer begreberne i et skema, som gengives nedenfor (tabel 1):

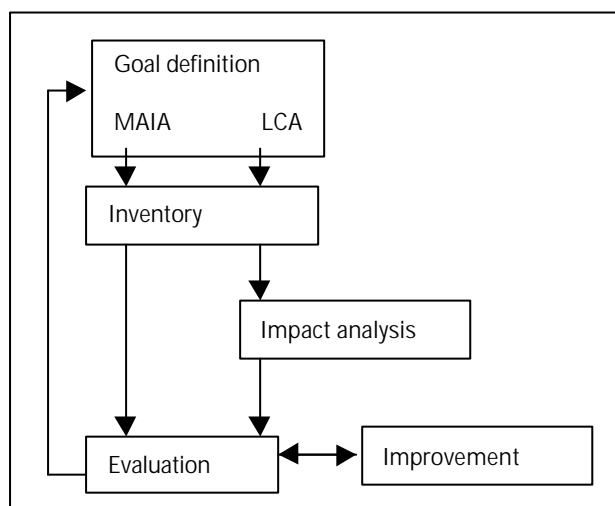
Tabel 1:
 Oversigt over terminologien i Eurostats Materialstrømsopgørelser.
 Kilde: Eurostat, 2000 p. 17

	Total material input/requirement*	
	(Direct)	(Other)
From national territory	(A) Used extraction	(C) Unused extraction
From abroad	(B) Mass weight of imports	(D) Indirect flows associated to imports

*) (A) + (B) = DMI; DMI + (C) = TMI; TMI + (D) = TMR

4.2.4 LCA

Under vidnehjemtagningsbesøget på Wuppertal Institutet tilkendegav Bringezu, at livscyklusvurderinger efter hans opfattelse stort set har det samme afsæt som en MAIA, nemlig et behov for at opstille et generelt massebalanceregnskab for et givent produkt, samt at nå frem til definering af en serviceenhed/funktionel enhed. "Goal definition" og "Inventory" er således stort set identiske, hvad angår MAIA og LCA.



Figur 1:

Om sammenhængen mellem MAIA (Materiale Intensitets Analyse) og LCA. Metoderne har samme udgangspunkt, nemlig en præcis opgørelse af materialestrømme. MAIA evaluerer alene på basis heraf, mens LCA vurderer miljøeffekterne af de enkelte materialestrømme

Omtegnet efter Bringezu et al. 1996, p. 4.

Bringezu fremlagde i den forbindelse dels et paper fra 1996 (*Bringezu et al. 1996*), dels sit nyeste paper i f.m. et OECD-møde (*Bringezu, 2000a*), som beskriver berøringsfladerne mellem MAIA og LCA.

1996-papiret indeholdt en illustrativ figur, som gengives ovenfor (figur 1), og som kort belyser sammenhængen mellem MIPS og LCA.

LCA går således blot videre end MAIA, som allerede skrider til konklusioner, når massebalancen er opstillet, mens LCAén regner på miljøeffekterne ("Impact analysis") af de materialestrømme, der er forbundet med produktets tilblivelse og videre livsforløb, og herunder også regner på output-siden.

MAIA repræsenterer således en essentiel del af første screening-step i en LCA.

I forbindelse videnhjemtagningsbesøget fremlagde Bringezu en oversigtsfigur, som han netop havde fremlagt på et OECD-seminar, og som giver en skematisk oversigt over forskellige former for anvendelse af massestrømsanalyser. Med udgangspunkt i denne beskrev han anvendelsen af hhv. MIPS og MFA, afhængig af analyse-niveau og ønskede resultater. Skemaet er nedenfor søgt gengivet i dansk oversættelse (se figur 2).

Type af analyse	I			II		
	a	b	c	a	b	c
Objekter af primær interesse	Specifikke miljøproblemer, relateret til bestemte påvirkninger pr. enhed eller flow			Problemer af miljømæssig art relateret til throughput gennem:		
	Stoffer	Materialer	Produkter	Firmaer	Sektorer	Regioner
	f.eks. Cd,Cl, Pb,Zn,H g,N,PC, CO2... CO2....	f.eks. træ, energi-bærere, plastik	f.eks. bleer, batterier, biler	f.eks. enkelt-virks.& selska-ber	f.eks. prod.-sektor, kemisk industri	f.eks. TMR, masse-strøms-ballancer
	Indenfor særlige firmaer, sektorer, regioner			Forbundet med stoffer, materialer, produkter		

Figur 2:
Oversigt over forskellige former for massestrømsanalyser og deres anvendelse Kilde: Bringezu, 2000a, p. 5 (forf. oversættelse)

5 Wuppertal Instituttet – en præsentation

Afsnittet om Wuppertal Instituttet baserer sig først og fremmest på interview med Instituttets forskere (i bilag II gives en kort præsentation af de fire forskere, der interviewedes, nemlig Bringezu, Moll, Ritthoff og Seiler), suppleret med skrevne kilder, herunder Instituttets hjemmeside² og oplysninger fra danske samarbejdspartnere (Ejlertsen og Røpke).

5.1 Oprettelse

Wuppertal Instituttet dannedes i starten af 90'erne af bl.a. Weizsäcker og Schmidt-Bleek, men blev først en fysisk realitet i 1992. Er etableret under delstaten, d.v.s. Nordrhein-Westfalen, og støttes herfra med et årligt beløb på 7 mio DM. Andre 8 mio DM hentes hjem fra projekter m.v., bl.a. udført for EU-Kommissionen, men også for private virksomheder og NGO'er.

Bevæggrunden for at etablere forskningscentret var ikke mindst et ønske om at udvide fokus i miljøbeskyttelsesarbejdet fra emissions- og udslipkontrol til også at omfatte kontrol med input og materialestrømme, bl.a. for at kunne være mere på forkant med udviklingen i stedet for bestandigt at måtte "slukke brande". Etableringen skal ikke mindst ses i lyset af ønsket om at skabe redskaber og grundlag for en bæredygtig udvikling.

Der opstod hurtigt en person-relateret akse mellem Wuppertal Instituttet og miljøorganisationen Friends of the Earth (FoE), hvis daværende europæiske formand, Joachim Spangenberg, samtidig var ansat ved Instituttet, hvor han arbejdede med råderumsteorien. Faktisk havde instituttets tidligere præsident, von Weizsäcker, givet Spangenberg fri to dage om ugen til at arbejde for FoE med udviklingen af politiske strategier i tilknytning til råderumsteorien.

Instituttets fulde engelsksprogede navn er: "Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy", og der er p.t. beskæftiget 120 medarbejdere. De fleste af instituttets graduerede kræfter har desuden lærestole ved videregående uddannelser, bl.a. universitetet i Wuppertal, mens der ikke er knyttet egentlige uddannelsesaktiviteter til selve instituttet når bortses fra periodisk tilknyttede PhD-studerende.

Instituttet er oprindeligt opbygget traditionelt med en række forskellige afdelinger med hvert sit speciale, men er nu suppleret med en mere matrix-orienteret struktur, hvor arbejdsgrupper går på tværs af strukturerne og henter ekspertise fra flere områder. Et eksempel herpå er arbejdsgruppen, der arbejder med materialestrømsanalyser på virksomhedsniveau ("Arbeitsgruppe Ökoeffizienz & Zukunftsfähige Unternehmen").

² Wuppertal Instituttets hjemmeside har adressen www.wupperinst.org

5.2 Forskningsområder

På materiale- og ressourcestrømsområdet ligger Wuppertal Instituttets forskningstyggede dels på "Faktor 4/10"-området, dels på selve materialestrømsområdet ("MFA" – Material Flow Accounts), hvor Wuppertal Instituttet står som "opfinder" af målene for materialeinput (DMI, TMI og ikke mindst TMR – det totale materialebehov, som inkluderer økologiske rygsække).

Videnhjemtagningsrejsen var i hovedsagen rettet mod sidstnævnte område.

Hvad angår videreførelsen af "Faktor 4-traditionen" efter at Weizsäcker har forladt institutionen (angiveligt p.g.a. uforeneligheden mellem hans præsidentpost på Instituttet og hans plads i Forbundsdagen) henvises til instituttets hjemmeside, hvor der redegøres for oprettelsen af en ny forskningsenhed, "Forschungsstelle "Faktor Vier", (FF4)", som dels vil tilstræbe at opbygge og vedligeholde en database med minimum 50 eksempler på udvikling af produkter, som har nået den dobbelte nytteværdi med den halve materialeintensitet, dels vil videreføre diskussionerne om, hvorvidt "Faktor 4" alene skal betragtes relativt, eller om der reelt skal arbejdes for en faktisk reduktion af ressourcetrækket (se nærmere herfor hos *Bleischwitz, 2000*).

Forskningen inden for materialestrømme falder dels inden for et makro-niveau (regionalt/nationalt/EU15), dels inden for et mikro-niveau, hvor det typisk er vurdering af materialestrømme i f.m. et produkt eller en virksomhed, der er det centrale. Nedenfor redegøres for begge områder, idet der afslutningsvis gives eksempler på anvendt forskning.

Den danske økonom og forsker ved DTU, Inge Røpke, har i en personlig kommentar til nærværende projekt henledt opmærksomheden på det arbejde, der udføres af personer som Marina Fischer-Kowalski og Helga Weisz ved Institute for Interdisciplinary Studies i Wien. Røpke fandt, at disse i særlig grad forstod at fastholde materialestrømsforskningen på makroniveau i et samfundsmæssigt perspektiv.

Det har inden for projektets rammer ikke været muligt at forfølge dette spor nærmere, men opmærksomheden skal blot henledes på, at de anførte forskere indgår i projektets litteraturliste, enten som ene- eller som medforfattere.³

³ Således selvstændigt i Fischer-Kowalski (1997) og som medforfatter hos Bringezu et al. (1997), Bringezu et al. (1998a), Kleijn et al. (1998) og Matthews et al. (2000) – Helga Weisz dog kun i sidstnævnte.

6 Materialestrømme på produktniveau

6.1 Kortlægning af materiale-input til enkel tprodukter

6.1.1.1 200 basismaterialer kortlagt

Wuppertal Institutet søger løbende at opbygge og vedligeholde en database med informationer om det samlede materialeinput for en række (rå)materialer (200 såkaldte "basis-materialer") samt energi-produktion og transportarbejde, eftersom alle tre elementer skal indarbejdes i beregningen af et givet produkts økologiske rygsæk.

Schmidt-Bleek publicerede i 1998 et tabelværk, som gengiver materialeinputtet for godt 200 råstoffer og energikilder samt halv- og helfabrikata (faktisk godt 50 egentlige produkter – bl.a. noget så eksotisk som Duplo-klodser, viskelæder og underbukser!). Forfatteren angiver imidlertid selv, at dataene – specielt for produkter – er foreløbige (*Schmidt-Bleek, 1998, p. 297ff*). Den del af tabelværket, som angår egentlige produkter, er som led i nærværende projekt oversat til dansk og optaget som bilag III til rapporten, men de anførte værdier skal ifølge Wuppertal Institutet i dag nærmest ses som en kuriositet, da beregningerne er meget foreløbige og dokumentationen sparsom (*Ritthoff, pers. comm. 2001*).

Den database, som Wuppertal Institutet nu viderefører, er baseret på de data vedrørende råstoffer og andre "basis-materialer" samt energikilder, som Schmidt-Bleek offentliggjorde (idet de mere tvivlsomme produktdata ikke er medtaget).

6.1.1.2 Database ajourføres og tilgængelig på nettet

Databasens oplysninger søges tilpasset løbende i takt med nye oplysninger og teknologisk udvikling, men da databasen er under rekonstruktion (det benyttede soft-ware har simpelthen ikke kunnet rumme de uhyre informationsmængder) er den base, som er tilgængelig på instituttets hjemmeside, i vid udtrækning stadig identisk med den af Schmidt-Bleek offentliggjorte.

Den omfatter 190 stoffer og materialer, således 21 metaller og legeringer (herunder med forskellig grad af genanvendelse), 21 mineralske grund- og råstoffer, 11 energikilder (herunder et særligt opslag om el, dels som tysk mix, dels som EU-mix og som OECD-mix, og endelig som fremstillet i forbindelse med konkrete produktionsprocesser, idet der angives 21 branchespecifikke rygsække), 60 kemiske stoffer og mellemprodukter, 24 byggematerialer og endelig 13 mellemprodukter, oplistet som "diverse". Listen er tilgængelig for alle på Institutets hjemmeside⁴.

For hvert råstof/materiale er angivet materialeinputtet (excl. transport-bidraget) i tons pr. færdig-produceret ton, fordelt på abiotiske materialer, biotiske materialer, vand og luft. Endelig er energiforbruget opgivet i kWh pr. ton, idet materialeinputtet for de fleste råstoffer/materialer angives både med

⁴ Kan downloades som pdf-fil fra adressen:
www.wupperinst.org/Projekte/mipsonline/

og uden den del af materialeinputtet, der skyldes energiforbruget. Endelig anføres det, for hvilken region, dataene er gældende (således alt overvejende for Tyskland, men også ud fra gennemsnitsbetragtninger på verdens- eller EU-plan og i et enkelt tilfælde (syntetisk grafit) baseret på fremstilling i Californien.

I Tabel 2 er gengivet et eksempel fra databasen, omhandlende aluminium, som bl.a. viser vigtigheden af at sondre mellem virgine og genanvendte materialer.

Tabel 2:

Eksempel – her aluminium - fra Wuppertal Instituttets database over samlet materialeinput (MI) angivet i ton/ton fordelt på hhv. abiotiske materialer, biotiske materialer samt vand og luft, ligesom det samlede energiforbrug pr. produceret ton angives. Endvidere er det anført, hvor stor en del af materialeinputtet, der kan tilskrives produktionen af den medgæede strøm (tysk mix). Bemærk, at det samlede materialeinput for virgin (primær) aluminium er i størrelsesordenen 1474 t/t aluminium, mens den for genanvendt aluminium blot er små 65 t eller ca. faktor 23 mindre.

Den økologiske rygsæk udgøres formelt set kun af MI fratrukket produktets egenvægt. Rygsækken for primær aluminium er således $1474t - 1t = 1473t$.
Kilde: Wuppertal Instituttets hjemmeside (se note 4)

Materiale	MI Abiot. t/t	MI Biot. t/t	MI Vand T/t	MI Luft t/t	Energi kWh/t
Aluminium, primær (Strøm)	8,45		24,6	0,00	16302
(Incl. strøm)	76,93		1354,1	9,78	
	85,38		1378,6	9,78	
Aluminium, sekundær (Strøm)	0,59		10,3	0,00	609
(Incl. strøm)	2,86		50,6	0,37	
	3,45		60,9	0,37	
Aluminium (70%/30%) (Strøm)	6,09		20,3	0,00	11594
(Incl. strøm)	54,71		963,0	6,96	
	60,80		983,3	6,96	

Det ses bl.a., at ved anvendelse af genanvendt aluminium opnås en minimering af materialeintensiteten med faktor 23. Schmidt-Bleek anfører selv f.s.v.a. kobber, at anvendelse af genanvendt kobber frem for virgint, minimerer materialeintensiteten med faktor 50 (*Schmidt-Bleek, 1998 p. 86*).

Materialeintensiteten for en række af de mere eksotiske stoffer/råmaterialer kan ifølge Instituttets database være væsentlige højere end de godt 1.400 t/t, som gælder for aluminium, således f.eks. 7.500 t/t for sølv, 540.000 t/t for guld, 651.300 t/t for platin og 5.260.000 t/t for sydafrikanske diamanter!

6.1.1.3 Overvejelser om opbygning af international database

I erkendelse af, at opgaven med at opbygge og vedligeholde en fuldstændig "rygsæk-database" vil antage et enormt omfang, arbejder Instituttet p.t. på et feasibility-studie, rekvireret af det tyske og den østrigske miljøministerium, som skal afdække muligheden af at etablere et internationalt center i Europa (f.eks. i tilknytning til EEA). Studiet skal have til opgave at opbygge og vedligeholde en sådan database. Wuppertal Instituttet kan således ikke påtage sig opgaven, hvis den skal dække alle typer råmaterialer etc. etc., og databasen vil have almen betydning for alle typer LCA'er, der jo nødvendigvis må tage afsæt i en materialestrøms-balance.

Det er som understøttelse for udarbejdelse af sådanne tabelværker under nærværende projektarbejde blevet fremført som forslag, at det i forbindelse

med IPPC-direktivets udbygning blev pålagt alle IPPC-virksomheder (og i Danmark tillige også alle (øvrige) a-mærkede virksomheder) at udarbejde datablade for alle deres produkter, som angiver disses økologiske rygsække.

I det igangværende arbejde med rekonstruktion af Wuppertal Instituttets egen database søges det at sondre mellem de forskellige råmaterialers herkomst. Således tages der for eksempelvis aluminiums vedkommende hensyn til, om produktionen sker på Island eller i Tyskland (med vidt forskellige energi-profiler).

Det er vigtigt at foretage denne sontring, men det stiller samtidig meget store krav til databasen, og det er ikke i alle tilfælde af lige stor betydning, om rå- og mellemprodukter fremstilles efter den ene eller den anden metode. Ritthoff henviste i den forbindelse bl.a. til et omfattende studie af forskellige typer ferro/nikkel- og ferro/chrom-legeringer, hvor processer i hhv. Ny Caledonien/Sydafrika er sammenlignet med tilsvarende processer i Tyskland, og hvor forskellene - der ikke syner særligt store - er søgt kortlagt (*Liedtke et al., 1995*). De væsentligste resultater er i øvrigt gengivet nedenfor (i afs. 6.3).

Den database, som er under rekonstruktion og som indeholder mere nuancerede opgørelser afhængig af råmaterialernes herkomst, er i dens nuværende udformning ikke direkte offentligt tilgængelig, men anvendes internt af Institutet i forbindelse med dets arbejde. Data kan dog rekvireres af kunder på almindelige forretningsmæssige vilkår i forbindelse med beregninger af rygsække.

6.1.1.4 Konkrete rygsækberegninger udføres som rekvireret arbejde

M.h.t. beregning af økologiske rygsække for enkelt-produkter gennemføres disse som rekvirerede arbejder, typisk bestilt af virksomheder, der ønsker at forbedre deres performance og/eller at sammenligne materialeintensiteten i deres produkter med den tilsvarende intensitet i konkurrenternes.

Følgelig er langt fra alle studier offentligt tilgængelige, men en række studier er offentliggjort i såkaldte "Wuppertal Papers" – papers, der ikke nødvendigvis tegner Wuppertal Instituttets endegyldige synspunkter, men som løbende fremlægges overfor et begrænset antal eksperter, som herved kan få indblik i udviklingsarbejdet på et relativt tidligt stadie, og som samtidig opfordres til at kommentere på arbejdet. Fordelen ved disse papers er bl.a., at det er muligt direkte at følge de metodiske overvejelser omkring beregningerne af rygsække, mens f.eks. de af Schmidt-Bleek offentliggjorte (op.cit.) alene angiver slutresultatet.

6.1.1.5 Fortsat metodeudvikling

Under besøget på Wuppertal Institutet påpegedes det, at der siden de oprindelige udmeldinger omkring MIPS (f.eks. *Schmidt-Bleek, 1994*) er sket en videre-udvikling af MIPS-konceptet, herunder en præcisering af metoder m.v. (således *Schmidt-Bleek, 1998*, *Schmidt-Bleek et al., 1998* og *Bringezu, 2000b*), ligesom der fortsat arbejdes med metodeudvikling, bl.a. i samarbejde med Eurostat (se herfor bl.a. *Eurostat, 2000*). Det understregedes, at "MAIA-bogen" *Schmidt-Bleek et al. (1998)* ikke skal betragtes som den ultimative udredning, og at det faktisk havde været drøftet internt, om arbejdet skulle publiceres i den foreliggende form, eller om det burde have været viderebearbejdet, men ikke mindst fordi værket gennemføre nogle relevante diskussioner om, hvorledes f.eks. genanvendte materialer, "transport" og "vand" og "luft" bør håndteres, blev det besluttet at offentliggøre det.

Sammenholdt med instituttets øvrige publikationer giver MAIA-bogen tilstrækkeligt metodisk grundlag for at kunne stykke en MIPS-beregning sammen for et givent produkt, blot materialerne og deres tilblivelse kendes.

Det er generelt, at Institutet i dag tager afstand fra den oprindelige intention om alene at udtrykke hele materialeintensiteten (inputtet) i blot ét tal, idet der i dag arbejdes med minimum følgende kategorier: abiotiske materialer, biotiske materialer, vand og luft, ligesom det er til fortsat diskussion i hvilket omfang og hvorledes jord (erosion) skal håndteres. Eurostat argumenterer således imod brugen af denne indikator, eftersom jorderosion ikke direkte skyldes pres fra økonomien, men er en følgevirkning af den menneskelige aktivitet. Det foreslås dog, at erosion kan inddrages i et vist omfang (*Eurostat, 2000, p. 15 m.fl.*)

Seiler kunne oplyse, at der er en stigende interesse fra virksomhederne i at få kortlagt materialeintensiteten, herunder at få vurderet, om den kan minimeres.

Bevæggrundene herfor er ikke entydige. Institutet havde oprindeligt troet, at budskabet kunne "sælge sig selv" alene på besparelsesmotivet, men meget tyder på, at det mere er et holdningsspørgsmål og ønsket om profilering på miljøområdet, der er afgørende for, om virksomhederne tager principperne til sig. Det antydedes i den forbindelse, at den tyske bilindustri og den kemiske industri for tiden viser stor interesse.

6.2 Faktor 4 & 10 på produktniveau

6.2.1 Wuppertal Institutets arbejde med Faktor 4 på produktniveau

Seiler kunne berette, at Wuppertal Institutet havde været involveret i en "Faktor 4+ Messe" i Klagenfurt i 1998, hvor man bevidst havde forsøgt at få udstillet – og præmieret – produkter, der repræsenterede en forøgelse af materialeeffektiviteten med faktor 4 (se herfor *Weizsäcker et al., 1998*), men at det havde voldt visse konceptuelle problemer. Det lykkedes aldrig at kåre en egentlig faktor 4-vinder, men nogle faktor 2,5'ere. Et af de konceptuelle problemer er selvkært spørgsmålet om hvilket tids-span, effektiviseringen i givet fald skal måles over, samt om det overhovedet er ønskeligt/muligt at have en faktor-4-effektivisering som konkret mål for alle typer produkter over en bank. Øvelsen havde efter Seilers opfattelse bekræftet, at Faktor 4-begrebet mere skal ses som et overordnet mål for samfundet som helhed, hvor visse tjenesteydelser måske så kan opnås med en meget større materialeeffektivitet og andre ikke (eksempelvis når Wuppertal Institutet i en konkret analyse frem til, at det er muligt at forøge ressourceeffektiviteten med faktor 6 ved at vælge stærkstrømsmaster, fremstillet af genbrugsstål, fremfor virgine betonmaster (*Merten et al., 1995*)).

Det er dog fortsat intentionen at opbygge og vedligeholde en eksempelsamling med minimum 50 eksempler på "faktor-4-reduktioner" i forbindelse med Wuppertal Institutets nye forskningsenhed (se nærmere herfor hos *Bleischwitz, 2000*).

6.2.2 Nordisk Ministerråds arbejde med Faktor 4 & 10

Nordisk Ministerråd iværksatte i 1998 som en del af CSD International Work Program on Sustainable Consumption and Production et udredningsprojekt, der havde til formål at afdække, hvorvidt det er muligt at implementere øko-

effektivitet med faktor 4 og 10 i forskellige økonomiske sektorer i de nordiske lande (Danmark, Finland, Norge og Sverige). Spangenberg fra Wuppertalinstituttet og Moll (på det tidspunkt tilknyttet EEA) fungerede som sparringspartnere under processen, som i øvrigt blev varetaget af eksperter fra de fire landes statslige miljøinstitutioner og under foresæde af den svenske miljøstyrelse. Der undersøgtes konkret effektiviseringsmuligheder inden for fire sektorer, nemlig transport (DK), bygge- og anlæg (N), skovbrug (SF) og fødevarerproduktion (S). Projektet afrapporteredes i 1999 (*Nordisk Ministerråd, 1999*), hvorefter rådet tilsyneladende ikke har beskæftiget sig yderligere med området, endskønt en væsentlig konklusion i arbejdet lyder:

"It is of crucial importance to measure eco-efficiency through indicators and material flow statistics, at the macro- and micro-economic level. Work should therefore be intensified in this area."
Nordisk Ministerråd, 1999, p. 9

Projektet opregner for hver af de fire områder hvad hhv. myndighedernes rolle vil være for fremme af en Faktor 4 & 10-politik og hvilket ansvar og muligheder erhvervsliv, forskere, NGO'er og forbrugere har.

Alle fire case-studier viser, at ved brug af kendt teknologi er det muligt at bevæge sig i retning af faktor 4 & 10 målsætninger, men at det ikke er muligt at nå faktor 4-målet i 2030 og faktor 10-målet i 2050 uden væsentlige ændringer i individuelle og fælles værdier såvel som i lovgivningen. Særligt synes forandringer i forbrugsvaner at være vigtige, men der synes ikke at være nogen indikationer på, at sådanne ændringer vil finde sted.

6.3 MIPS-vurdering af konkrete produkter

Under videnhjemtagningsbesøget på Wuppertal Instituttet fremlagdes en række Wuppertal Papers, omhandlende materiale-intensitets-analyser af vidt forskellige produkter/serviceydelser, så som:

- Persontransport med højhastighedstog (*Gers et al. 1997*):
En konkret analyse af ressourceproduktiviteten (eller materialeintensiteten) ved to forskellige togtyper, beregnet ved forskellige udbygninger af banesystemet, så forskellige tophastigheder kan opnås. Ved en ens hastighed på 250 km/t viser MIPS-analysen, at der medgår 355 g materialeinput/personkilometer, 4947 g vand og 35,3 g luft ved den ene togtype ("Transrapid"), mens der for den anden type ("ICE") medgår 696 g materialer, 6704 g vand og 43,9 g luft per personkilometer (heraf udgør infrastrukturmaterialer alene 98-99%).
- Sammenligning af ferro/nikkel- og ferro/chrom-legeringer (til højklassestål) (*Liedtke et al., 1995*):
En konkret materialeintensitetsanalyse af to forskellige legeringer til brug for højkvalitetsstål, nemlig ferro/chrom og ferro/nikkel-legeringer. Der tages udgangspunkt i konkrete processer, som de praktiseres i hhv. Sydafrika og Ny Caledonien, som anses for at være de mindst materialeintensive for de respektive legeringer. De økologiske rygsække, målt i ton pr ton legering (incl. rygsække forbundet med energifremstillingen, som udgør mere end halvdelen) angives her for materialer at være hhv. 28,5 og 133,8 t/t, for vand hhv. 21,9 og 134,3 t/t og for luft hhv. 32,5 og 117,4 t/t (idet første tal gælder chrom- og andet tal nikkel-legeringer). Specielt for nikkels vedkommende er minedriftens

andel af den økologiske rygsæk betydelig. Materialeintensiteten ved fremstilling af 1 ton ferro/nikkel efter de principper/metoder, som anvendes i Tyskland, kan til sammenligning beregnes til (idet de Ny Caledoniske tal gentages i parentes) 140,2 (133,8) t materialer, 149,8 (134,4) t vand og 117,7 (117,7) t luft. Tilsvarende angiver teksten tal for ferro/chrom-produktion. Der ses kun at være en næsten ubetydelig forskel mellem om metallerne produceres i Tyskland eller Ny Caledonien – dog med en mere begrænset rygsæk i Ny Caledonien.

- Et massivt trækøkken (*Liedtke & Rohn, 1997*):

Der er beregnet MIPS i form af "køkkenbrug" over 50 år, idet et massivt trækøkken af fabrikatet "Kambrium" sammenlignes med et "norm-køkken", fremstillet i spånplade. Pr. år er det samlede materialeinput i det massive køkken 60 kg abiotiske og 13 kg biotiske materialer samt 10 kg luft og 865 kg vand. Spånpladekøkkenets materialeinput var i gennemsnit faktor 4 højere, når bortses fra biotiske materialer, som der kun medgik 1 kg af pr år ved spånpladekøkkenet.

I undersøgelsen indgår også en anvendelse af MIPS som grundlag for en forbedring af produkt og produktionsprocessen i et LCA-lignende koncept.

- Vandrør af PVC (*Markus et al., 1996*):

Konkret materialeintensitetsanalyse af vandrør af PVC. Studiet finder, at der medgår ca. 10 t materialer, 143 t vand og 3 t luft pr. ton PVC-vandrør, der fremstilles udfra primær polyvinyl klorid. 80% af materialeforbruget kan tilskrives den energikrævende chlor-produktion. De tilsvarende tal for rør, fremstillet udfra sekundær polyvinyl klorid er ca. 5 t materialer, 62 t vand og 2 t luft. Materialeinputtet ved fremstilling af PE-vandrør beregnes at udgøre 66% af forbruget ved fremstilling af PVC-rør.

- Stærkstrømsmaster af stål og beton (*Merten et al., 1995*):

Konkret materialeintensitetsanalyse, der sammenligner 110 kV-elmaster af hhv. stål og beton (giver samme service-ydelse). Excl. vand og luft forudsætter master, konstrueret af virginmaterialer, et materialeinput på hhv. 99 t/betonmast og 40 t/stålmast. Ved anvendelse af størst muligt omfang af genvundne materialer bliver de tilsvarende tal hhv. 31 og 15 t. Papiret konkluderer således, at et skift fra betonmaster, baseret på virginprodukter, til stålmaster, baseret på genvundne materialer, vil øge ressourceproduktiviteten med godt og vel faktor 6 (99t-15t).

- Dåser af hvidblik og aluminium (*Rohn et al., 1995*):

En konkret materialeintensitetsanalyse af dåser til drikkevarer, således en sammenligning mellem hvidblik- og aluminiumsdåser på 0,33 l. Aluminiumsdåser med en tom vægt på 14,8 g forudsætter et samlet materialeforbrug på 889 g, d.v.s. med en økologisk rygsækfaktor på mere end 59:1. Hvidblikdåsen har en egenvægt på 29,7 g og forudsætter 1263 g primærmaterialer (rygsækfaktor 42:1). Det konkluderes, at ressourceproduktiviteten er omkring faktor 1,4 højere for aluminium end for hvidblikdåser.

- Systemer for spildevandsbehandling (*Bringezu, 1998b*):

En MIPS-analyse af tjenesteydelsen "spildevandsrensning" udført på 4 typer anlæg, hhv. et konventionelt kommunalt 15.000 PE-anlæg og to decentrale anlæg baseret på hhv. kompostering og gasudnyttelse af slamfraktionen, samt endelig et 8 PE "Kleinkläranlage" – et kammersystem med rodzoneanlæg. Materialeforbruget opgøres i kg/E*år (som den "funktionelle enhed"), og

analysen viser, at det lille kammeranlæg – specielt ved store afstande til centralanlæg – har et stort fortrin, nemlig knap 1000 kg abiotiske materialer/E*år mod centralrenseanlæggets godt 3.500 kg/E*år (med de to andre anlægsyper liggende omkring 1200-1300 kg). M.h.t. vandforbrug ligger det lille kammeranlæg og centralanlægget højest med hhv 55 og 62 l, mens de to øvrige ligger på omkring 40 l.

- Skibsfart (*Stiller, 1995*):

Analysen søger at opstille ”byggemoduler” til sammenstyknig af økologiske rygsække for produkter, der transporteres med skib. Hovedresultatet er, at der medgår 6 g abiotiske materialer, 52 g vand og 10 g luft hver gang 1 t materialer sejles 1 km til havs (se i øvrigt tabel 4 nedenfor). Analysen gør opmærksom på, at der skal tillægges betragtelige materialestrømme i forbindelse med omlastning, og angiver på basis af beregninger for tyske havne, at hver gang der omlastes 1 t materialer, er der gennemsnitligt flyttet 487 kg jord, brugt 89 kg vand og knap 1 kg luft, samt anvendt 4 kg abiotiske materialer.

- Drikkevareemballager (glasflasker, hvidblik- og aluminiumsdåser) (*Wurbs et al., 1996*):

Konkret materialeintensitetsanalyse, der sammenligner 0,33 l emballager af aluminium, hvidblik og glas. Materialeinputtet, inklusive den økologiske rygsæk fra el-fremstilling (tysk mix) findes at være følgende, målt i ton mobiliseret materiale pr. 1000 l emballeret (se Tabel 3):

Tabel 3:

Materialeforbrug forbundet med fremstilling af 0,33 l-emballager, der kan rumme i alt 1000 l, fordelt på glasflasker, hvidblikdåser og aluminiumsdåser og fordelt på abiotiske materialer, vand og luft.

Kilde: Wurbs et al. 1996.

Input	Glasflaske t/1000 l	Hvidblikdåse t/1000 l	Aluminiumdåse t/1000l
Abiotisk materiale	0,8	4,4	3,5
Vand	6,6	40,3	57,7
Luft	0,3	0,5	0,5

Analysen påpeger, at desto lettere emballagen er i sig selv, desto højere bliver elforbrugets andel af den samlede økologiske rygsæk - for abiotiske materialer således 90% for aluminium, 50% for hvidblik og 40% for glas.

Tabel 4:

Materialeintensiteten ved forskellige transportformer, angivet i materialeinput i gram pr. ton-kilometer et materiale transporteres.

Det ses heraf, at for hver 1000 km et ton produkter transporteres ad landevej, skal deres økologiske rygsæk tillægges yderligere 218 kg abiotiske materialer og 1,37 t materialer i alt. For hver 1000 km et ton materialer sejles over havet skal kun tillægges 6 kg abiotiske materialer og 68 kg materialer i alt, eller noget der ligner faktor 20 mindre.

Kilde: Schmidt-Bleek et al. (1998), p. 63).

Transportsystem	MI Abiot. g/tkm	MI Vand G/tkm	MI Luft g/tkm
Bane	77	3568 ¹⁾	34
Vej	218	1910	209
Havtransport	6	52	10
Flodpram	24	160	35

Heraf 2982 g/tkm som kølevand, brugt ved gennemsnitlig tysk el-produktion (uden fjernvarme!!!).

Der henvises endvidere til Schmidt-Bleeks tabel over materialeinput i udvalgte råvarer og produkter, som – i det omfang der er tale om produkter, der kun kan anvendes én gang – samtidig er udtryk for de pågældende produkters MIPS (*Schmidt-Bleek, 1998, p. 297 ff.* – tabellens produkt-del er tillige optaget som bilag III til nærværende rapport i oversat form, men skal – jf. ovenfor – tages med alle mulige forbehold).

Endelig fremlagdes også diverse data vedr. materialeintensitet ved transport, som er gengivet i tabelværker i *Schmidt-Bleek et al. (1998, p. 63 ff.)*. Det er kun hav- og flodtransport, der er grundigt kortlagt (jf. i øvrigt Stillers arbejde, omtalt ovenfor), men det er hensigten, at alle transportformer skal udregnes i såkaldte modul-byggeklodser, som kan bruges til at sammenstykke den del af den økologiske rygsæk, som kan tilskrives transporten, og der arbejdes også på udredning af modul-byggeklodser for de øvrige transportformer, og det er foreløbige data herfor, der er offentliggjort hos Schmidt-Bleek ("MAIA-bogen"). Ovenfor gengives en oversigtstabel over materialeintensiteten pr ton-kilometer i de såkaldte "alten Bundesländern", opgivet for forskellige transportsystemer (se tabel 4).

6.4 Er metodeapparatet til stede?

Det må på baggrund af de stedfundne litteraturstudier, den gennemførte videnhjemtagningsrejse og de førte drøftelser med danske forskere konkluderes, at metoder til vurdering af produkters økologiske rygsække samt det samlede materialeinput ved serviceydelser i dag er udviklet så tilstrækkeligt, at det vil være muligt at beregne et givent produkts eller serviceydelses økologiske rygsæk/MIPS på en reproducerbar og sammenlignelig måde.

Også *Steiner et al. (2000)* når (p. 3) i et studie, udført for Kommissionens Miljødirektorat, frem til at dematerialiseringskonceptet kan bruges som en generel strategi for at få afkoblet de miljømæssige konsekvenser fra den økonomiske vækst, og påpeger, at de metoder, der er udviklet, er Faktor 4 & 10 samt øko-effektivitet, ligesom MIPS og "rygsække" fremhæves som anvendelige, fysiske måle-metoder. Dog refereres det (p. 18f), at MIPS-beregninger kan kritiseres for ikke at skelne mellem materialer med forskellig toksicitet. Dette spørgsmål diskuteres yderligere i kapitel 8 nedenfor.

Som med alle andre videnskabelige metoder kan også denne selvfølgelig forfines yderligere, og der pågår da også fortsat udviklingsarbejde, som utvivlsomt vil gøre beregningerne endnu mere præcise, men det er som sagt allerede i dag muligt at generere robuste og reproducerbare resultater.

I alment publiceret litteratur er det således muligt at finde svar på langt de fleste konkrete spørgsmål om, hvorledes konkrete forhold skal håndteres i en materialeintensitetsanalyse, herunder forhold som genanvendelse, elforbrug, vandforbrug og transport.

Der findes i Wuppertal Institutet tilgængelige data for en række basismaterialer og transportsystemer, der kan anvendes som "modulbyggekloster" ved opbygningen af det samlede billede af et givent produkts/en given serviceydelses samlede materialeinput, men der synes fortsat at være behov for udvikling og vedligeholdelse af en international database med hurtig adgang til opdaterede data.

7 Materialestrømme på makro-niveau

7.1 Wuppertal Instituttets metodeudvikling

Bringezu redegjorde under videnhjemtagningsbesøget på Wuppertal Instituttet summarisk for udviklingen af MFA-konceptet, og fremlagde i den forbindelse sit nyligt afholdte indlæg på et OECD-møde, hvortil henvises (*Bringezu, 2000a*). Han bemærkede, at ideen var opstået flere steder på én gang⁵, og at de store landvindinger var sket i takt med, at aktørerne havde fundet sammen (se nedenfor vedr. metodeudvikling på internationalt plan).

Grundprincipperne i MFA blev gennemgået, bl.a. med støtte i den flertrinsraket, som tillige gengives i *Bringezu et al. (1998b)*, og som først kortlægger de indenlandske stofstrømme, siden de importerede og endelig de skjulte strømme, der er forbundet med de importerede. Gav med Tyskland som eksempel en præsentation af, hvorledes en MFA kan beskrive en hel nations træk på ressourcerne (se også figur 4 nedenfor).

Bringezu beskrev nøje, hvorledes intentionen med opstilling af et materiale-balanceregnskab er at fokusere på input-siden, idet alt, hvad der kommer ind, også skal ud igen. Den hidtidige miljøregulering har fokuseret på out-puttet, og måske nok formået at reducere det ét sted, for så blot at opleve, at det kommer ud et andet... - nu som f.eks. vand eller luft i st.f. f.eks. fast affald.

Det centrale er følgelig at fokusere på inputtet og søge det reduceret mest muligt. Fremhævede, at inputmængderne selvfølgelig ikke siger noget explicit om miljøeffekterne, men at man heller ikke omvendt kunne vide sig sikker, selv om man mente at have styr på alle out-put, da vi næppe ved alt om miljøeffekter endnu (eksempelvis var der ikke mange, der ville have gået af eksorbitante CO₂-udslip for bare 30-40 år siden, mens de i dag tillægges afgørende betydning ved vurdering af samlet miljøeffekt).

Bringezu bemærkede som noget centralt ved hele flowet gennem økonomien, at det på den ene side er ønskeligt at opnå en så langt tilbageholdelsestid i systemet som muligt - d.v.s. gennem kaskadering at søge de ressourcer, der en gang er tilført, udnyttet så længe og intensivt som muligt – men at det på den anden side ikke er ønskeligt med en netto *ophobning* i den økonomiske sfære. Det vil blot være udtryk for en tikkende bombe, der en dag skal ud af systemet igen!

7.1.1 Nyeste arbejde: "The Weight of Nations"

Et af de nyeste arbejder, Wuppertal Instituttet har deltaget i, er WRI-projektet "The Weight of Nations" (*Matthews et al., 2000* – se nærmere nedenfor), som netop viste, at mellem halvdelen og tre fjerdele af det årlige ressourceinput i de industrielle økonomier returneres til miljøet som "affald" inden for ét år, og at det for f.eks. USA's vedkommende drejer sig om 86 ton pr. indbygger pr. år,

⁵ Bringezu anfører selv (*Bringezu 2000a*, s. 7), at efter det første tilløb, præsteret af Ayres og Kneese i 1969, etableredes nationale MFA'er uafhængigt af hinanden stort set samtidig i hhv. Østrig (1992), Japan (1992) og Tyskland (1993).

der pumpes gennem økonomien. Det er uønskeligt og under alle omstændigheder en indikation på en voldsom belastning af miljøet. Men det er altså ikke en netto-ophobning i systemet, der er ønskeligt – der skal helst komme det same ud hvert år, som der kommer ind, men det er vel at mærke ikke de samme materialer, der skal komme ind og ud samme år....

Bringezu viste princippet på figuren over materialeflow gennem den tyske økonomi i *Bringezu et al., 1998b* (se figur 4 i afsnit 7.3.2. nedenfor), hvoraf det fremgår, at der årligt netto *ophobes* godt 800 mio t materialer i den tyske teknosfære, som altså skal lægges til andre 800 mio t fra det foregående år etc., med en enorm "lageropbygning" til følge. Bemærk i den forbindelse, at *Finansministeriet (2000)* opgør akkumuleringen i den danske økonomi til 58,7 mio ton ud af et samlet input på 123,6 mio t (excl. udenlandske rygsække) og i øvrigt Klaus Hansens indlæg på Miljøstyrelsens konference om affaldsforebyggelse den 23. november 2000, hvoraf det fremgik, at der skønmæssigt er ophobet 600 mio t byggematerialer (potentielt byggeaffald) i den danske bygningsmasse, som en dag skal "bort", ligesom der årligt netto tilføres yderligere 8 mio t (*Hansen, 2000*).

7.1.2 Materialestrømme og LCA

Bringezu redegjorde under besøget på Wuppertal Institutet herudover detaljeret for definatoriske og indholdsmæssige forskelle på materialeflow-regnskaber (MFA), materialeintensitetsanalyse (MAIA), analyser af materialeinput pr service-enhed (MIPS) og LCA (se nærmere ovenfor i afsnit 4).

Han betonedede behovet for værktøjer, der som MFA kan give "early warning", idet der erfaringsmæssigt går 10 år fra et nyt miljøproblem er opstået til det endeligt erkendes af et lands regering – og andre 10 år, før der tages hånd om det i f.eks. EU-regi. Med MFA kan man på et tidligt tidspunkt forudsige, om der kan opstå problemer med ophobning af visse typer materialer i økonomien eller visse stofstrømme tager til i en grad, man ikke hidtil har kendt til.

MFA kan således give et strategisk overblik over mulige indsatsområder, men Bringezu bemærkede dog, at der arbejdes med et vis dualiseringsproces i øjeblikket, hvor der søges inddraget hensyn til såvel dematerialisering som detoxificering.

Bringezu beskrev detaljeret, hvorledes MFAer og deres synliggørelse af "hidden flows" eller "økologiske rygsække" kan bidrage til en øget forståelse af globaliseringens følgevirkninger for miljøet. Fremlagde i den forbindelse data, som Wuppertal Institutet har beregnet for EEA for de 15 EU-lande, og som angiver, i hvilke ratio "hidden flows" forekommer i f.t. forskellige produktkategorier, hentet i ind- eller udland (se Tabel 6 nedenfor):

Tabel 6:

Ratio af "hidden flows" for givne produktkategorier i EU-15, opdelt på hhv. inden- og udenlandske kil der. Det ses, at der overvejende kun accepteres små "rygsække" ved indenlandsk udvinding af ressourcer, mens det omvendte er tilfældet f.s.v.a. udenlandske kil der. En undtagelse er dog fossile brændsler.

Kilde: (European Environment Agency, 2000, p. 104)

Produkttype	Indenlandsk	Udenlandsk	Total f. EU-15
Fossile brændsler	3.48	1.63	2.55
Metaller	1.07	15.49	10.34
Mineraler	0.21	4.41	0.31
Agrar biomasse	0.63	5.90	0.89
Total	0.94	4.18	1.51

Der ses at være stor forskel på rygsækkenes relative størrelse, afhængig af produkttype og afhængig af, om produkterne udvindes i ind- eller udlandet. Generelt accepteres således meget større rygsække, hvis de efterlades i udlandet!

Både Bringezu og Moll var meget opmærksomme på Gravgård Pedersens arbejde ("Fysiske input-output tabeller for Danmark", *Pedersen, 1999*), som de fandt forbilledligt, og som Bringezu mente kunne tilføjes økologiske rygsække med en arbejdsindsats, der lignede ½ årsværk, hvorefter Danmark ville kunne få en national indikator for materialeintensitet! Understregede dog, at selve det statistiske grundlag ikke var noget, man bare gennemførte hvert år, men at en indikator jo ej heller behøver blive beregnet hvert år. Kunne f.eks. blot være hvert 10. år.

7.2 Metodeudvikling på international t plan

Wuppertal Institutet har i stigende grad involveret sig internationalt, og har indgået samarbejde med andre institutioner om udvikling af metoder til vurdering af materialestrømme. Bringezu og Moll redegjorde under videnhjemtagningsbesøget på Wuppertal Institutet for en række af disse samarbejdsrelationer og deres betydning for metodeudvikling og ikke mindst politisk anvendelse/anerkendelse.

Et kvalitativt spring fremad synes at have været dannelse af MFA-netværket ConAccount, men også samarbejdet med det amerikanske World Resources Institute – i øvrigt sammen med flere ConAccount-partnere og et japansk institut – og samarbejdet med Eurostats arbejdsgruppe har betydet en hurtig og vidtrækkende udbredelse og koordinering af metoderne til materialestrømsanalyse. Også OECD, EEA og EU-Kommissionen er nu vigtige samarbejdspartnere, ligesom Nordisk Ministerråd i en periode har været med.

De forskellige internationale relationer beskrives kort nedenfor, idet der i øvrigt henvises til de relevante publikationer:

7.2.1 ConAccount

ConAccount etableredes i maj 1996 som en fællesaktivitet mellem Wuppertal Institutet, Centre of Environmental Science of the Leiden University, Institute for Interdisciplinary Research and Continuing Education i Wien og Sveriges Statistik med Wuppertal Institutet som koordinator og med igangsætningsstøtte fra Kommissionens DG XII frem til december 1997.

Netværket gennemførte en workshop i januar 1997 (*Bringezu et al., 1997b*), en konference, hvor også beslutningstagere m.v. var inviteret, i september 1997 (*Bringezu et al., 1998a*) og endnu en workshop i november 1998 (*Kleijn et al., 1998*), og fungerer nu mest som kontaktforum via internet m.v. Bringezu har dog intentioner om at vække workshopsne til live igen. Oprindeligt var det således intentionen at gennemføre årlige fællesmøder.

Forumet fungerer som en international platform for informationsudveksling om MFA, hovedsageligt begrænset til studier på (over)nationalt eller regionalt niveau, mens MFA-studier for produkter og serviceydelser normalt ikke inddrages, endskønt de metodiske overlappinger selvfølgelig diskuteres. Samarbejdspartnerne i ConAccount har indgået tilsvarende samarbejder med bl.a. WRI (se nedenfor) og Eurostat, og disse samarbejdsrelationer har måske overtaget en del af ConAccounts funktioner m.h.t. erfaringsudveksling og metodeudvikling.

7.2.2 WRI

World Resources Institute i Wasington er den amerikanske base for MFA. Instituttet har formået at opfange og koordinere de samtidige MFA-initiativer, der opstod i starten af 90'erne i Østrig, Tyskland, Japan og USA, og har sammen med Wuppertal Instituttet, National Institute for Environmental Studies i Japan, og de to ConAccount-partnere Centre of Environmental Science på Leiden Universitet i Holland og Institute for Interdisciplinary Studies i Wien som resultat af et fælles metodeudviklingsarbejde formået at tilvejebringe nogle meget grundige og indbyrdes sammenlignelige nationale MFA'er for de involverede institutters respektive hjemlande.

MFA'erne er publiceret i to rapporter, nemlig "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*), der kan betragtes nærmest som hhv. et in- og et output-studie.

Teamet bag den sidste rapport går populært under betegnelsen "The MFA II-Team", og det rummer selvsagt mange gengangere fra Con-Account.

7.2.3 Eurostat

Eurostat har nedsat en "Task Force on Material Flow Accounting" med repræsentanter fra en række medlemsstaters statistiske institutioner (fra DK således Gravgård Pedersen fra Danmarks Statistik) og med "The MFA II-Team" tilknyttet som konsulenter, herunder således fra Wuppertal Instituttet også Bringezu og Moll samt H. Schütz. Sidstnævnte er faktisk medforfatter til det udkast til metode-guide, som Eurostat udsendte i oktober 2000 (*Eurostat, 2000*). Det er forløberer for dette draft, der har dannet grundlag for Finansministeriets forsøg på at beregne det fysiske input i den danske økonomi i miljøvurderingen af finanslovsforslag 2001 (*Finansministeriet, 2000*).

7.2.4 OECD

OECD har også fået øjnene op for MFA. Således havde Bringezu netop deltaget i to OECD-møder i Paris, dels i "Working Group on the State of the Environment", som er ved at etablere et forum for udvikling og

implementering af materialestrøms-modeller (Bringezu havde her et indlæg på en specialsession om MFA, *Bringezu, 2000a*), dels et seminar i Working Party on Pollution and Control om "Waste Material Flows and Ressource Efficiency" (*OECD, 2000*).

Hovedbudskabet fra seminaret var, at MFA´erfortjener yderligere opmærksomhed, eftersom de har et betydeligt potentiale for at bidrage til en forbedret affaldspolitik og i det hele taget bredere bestræbelser mod en øget ressourceeffektivitet. Imidlertid konkluderede seminaret, at integration af MFA´er i affaldsstrategier kun er et første skridt. Som informationsværktøj kan MFA´er øge forklaringskraften af de analyser, der i øvrigt understøtter formuleringen af affaldsstrategier, men de kan ikke løse hovedproblemerne omkring materialeforbrug og affaldsdannelse.

Bringezu var af den opfattelse, at OECD vil arbejde videre med MFA, hvilket også synes at være budskabet i slutdokumentet, dog med den tilføjelse, at der bør arbejdes yderligere frem mod også af få toxiciteten med i registreringer.

Om anvendelse af MFA i f.m. affaldspolitik hedder det explicit i slutdokumentet:

MFA og barrierer for affaldspolitikken

Seminar-diskussionerne gav indtryk af, at MFA kan bidrage til at overvinde de barrierer, der har begrænset den miljømæssige opfyldelse af affalds- og materialepolitikken over de sidste 25 år:

- 1) *Utilstrækkelig information* – f.eks. fravær af indikatorer på affaldsreduktion,
- 2) *Et svagt funderet system-overblik* – hvilket har ført til, at "løsninger" ofte blot har flyttet problemer på tværs af miljømæssige medier [f.eks. fra vand til luft] eller på tværs af tidsfaktorer [f.eks. udskudt problemet], og..
- 3) *Fravær af opmærksomhed* hos aktørerne overfor affaldet og overfor de miljømæssige konsekvenser af deres måde at producere og forbruge på.

MFA kan hjælpe med til at overvinde disse barrierer ved dels..

- *At forbedre informationsgrundlaget om materialer før de bliver til affald* (og derved give et direkte link til affaldsforebyggelse),
- *At fremme en mere holistisk tankegang*, og endelig ved...
- *At give grundlag for en øget opmærksomhed hos aktørerne i produktionsforbrugskæden med hensyn til deres affaldsgenererende aktiviteter.*

OECD, 2000, p. 7 (forf. oversættelse og eksempler)

7.2.5 EEA (European Environment Agency)

Wuppertal Institutet betragter det Europæiske Miljøagentur som en central samarbejdspartner, og ikke mindst generalsekretæren har taget MFA til sig (se bl.a. *Beltran, 1998*), hvilket tillige er kommet til udtryk gennem tilknytningen af Moll til agenturet i en 2-årig periode, hvor agenturet tillige stod for afholdelse af en særlig workshop om øko-effektivitet, ressource-produktivitet

og fornyelse under hovedoverskriften "Making sustainability accountable" (Moll & Gee, 1999).

Beltran fremhævede selv på en ConAccount-konference i 1997, at arbejdet med udvikling af MFA'er ville kunne understøtte bl.a. EEAs Temacenter for Affald i dets bestræbelser på at angribe problemet med affaldsdannelse ved kilden (Beltran, 1998, p. 25), og som en sidste udvikling i den sag er Wuppertal Institutet nu indgået i konsortiet omkring temacentret, som samtidig udvider sit virkefelt til også at omfatte materialestrømme.

EEA forventer at MFA'er får en meget vigtig rolle i et europæisk Miljø Informations-System, og at de vil blive stadig mere relevante, når de først er etableret og informationer fra dem kan udnyttes i fuldt omfang. En række eksempler på, hvad Beltran havde af forventninger til MFA'er anførtes:

- tilvejebringe adskillige vigtige indikatorer for forskellige aktører,
- tjene som et tidligt varslingsystem,
- bidrage til fremme af miljørigtige trends og scenarier og udvikle integrerede miljøvurderinger,
- tilvejebringe et langt mere omfattende men samtidig simpelt billede af økonomierne og deres miljøpåvirkninger,
- støtte det Europæiske Temacenter for Affald i at tackle problemerne ved kilden,
- tilvejebringe informationer om materialeflows og dermed potentielle miljømæssige påvirkninger, skjult i alle typer af produkter, f.eks. også i importerede produkter,
- kontrollere den miljømæssige effektivitet af indgreb (som f.eks. miljø-afgifter eller -aftaler),
- give en bedre forståelse af tidsspandet mellem materialestrømmenes entré i økonomierne og miljøproblemerne opståen, og – sammenfattende:
- hjælpe med til at afsløre koblingerne mellem materialestrømme, økonomiske aktiviteter og finansforskydninger, og dermed bidrage til at integrere miljø og økonomi.

Beltran havde i den forbindelse en række forventninger til udvikling af MFA-diciplinen, herunder metodeudvikling, som vil give sammenlignelige resultater, og som giver mulighed for at sondre mellem fornyelige og ikke-fornyelige ressourcestrømme samt farlige og ikke-farlige strømme.

Med publiceringen af en MFA for EU-15 i "Environmental Signals 2000" (European Environment Agency, 2000, p. 100ff) – se nedenfor – synes MFA nu at være indoptaget som en reel indikator i EEAs arbejde.

7.2.6 EU-Kommissionen

Kommissionen har i en række tilfælde benyttet sig af Wuppertal Institutets ekspertise, og har som ovenfor anført bl.a. støttet initiativer som ConAccount. Særligt i forbindelse med udviklingen af det 6. miljøhandlingsprogram havde instituttet oplevet en stigende interesse fra Kommissionens side, hvilket tillige havde været tilfældet omkring udviklingen af den produktorienterede miljøpolitik.⁶

⁶ Også den nyeste reorganisering af DG-Miljø, hvor affaldspolitikken lægges ind under "Bæredygtig udvikling og Forbrug", tegner i retning af en mere ressourceorienteret (dvs. input-orienteret) tilgang til miljøproblemerne/affaldsdannelsen. Det netop vedtagne 6. Miljøhandlingsprogram peger da også direkte på initiativer, der skal knytte affaldspolitikken sammen med øget ressourceeffektivitet.

7.3 Eksempler på anvendelse på makro-niveau

7.3.1 "Nationernes vægt" – om anvendelse på 5 industrinationer

Et af de mere gedigne eksempler på MFA på makro-niveau, som Bringezu og Moll fremhævede ved flere lejligheder under videnhjemtagningsbesøget, var de input/out-put rapporter, som Wuppertal Institutet har udarbejdet i samarbejde med bl.a. WRI (*Adriaanse et al., 1997* og *Matthews et al., 2000*).

Sidstnævnte, "The Weight of Nations" (som bl.a. opgør det samlede output fra USA til 23 mia t – heraf de 16 mia t i indenlandske "hidden flows") var udkommet kort før videnhjemtagningsrejsen, og de væsentligste konklusioner blev gennemgået af Bringezu og Moll, herunder at det på baggrund af studier af typiske industrilande som USA, Japan, Tyskland, Holland og Østrig, kan konstateres,

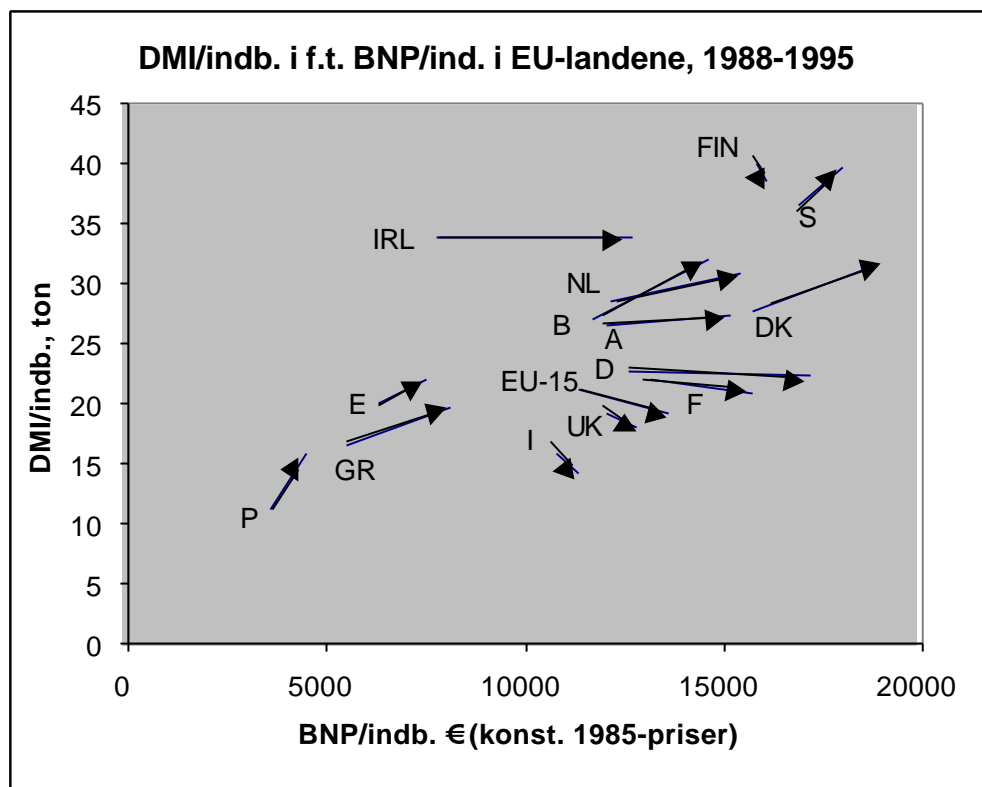
- at de industrielle økonomier er blevet mere effektive i deres materialeforbrug, men at affaldsdannelsen fortsætter med at vokse (således et samlet materiale-output på 86 t/indb./år i USA i 1996, incl. "skjulte strømme");
- at mellem halvdelen og tre fjerdedele af det årlige ressource-input til de industrielle økonomier returneres til miljøet som affald inden for ét år;
- at out-puttet af en række farlige stoffer er blevet reguleret og succesfuldt reduceret eller stabiliseret, men at out-puttet af mange potentielt farlige stoffer fortsætter med at stige;
- at udvinding og brug af fossile energi-ressourcer dominerer output-flowet i alle industrialiserede lande (CO₂ udgør således i gennemsnit 80 vægt-% af det samlede output fra de fem lande, og atmosfæren er nu langt den største "dumping ground" for industriaffald), og endelig,
- at massestrøms-regnskaber er stærkt påkrævede, fordi vores viden om ressourceforbrug og affalds-output er overraskende begrænset.

7.3.2 Anvendelse i andre lande

7.3.2.1 EU-15

Wuppertal Institutet har i samarbejde med EEA i "Environmental Signals 2000" (*European Environment Agency, 2000, p. 100ff*) – på basis af produktions- og importstatistikker, multipliceret med generelle koefficienter for "hidden flows" - beregnet DMI for samtlige 15 EU-lande i 1988 og 1995 (samt TMR for en række lande), og sat dem i relation til BNP.

Rapportens kapitel 16 er således udtryk for noget af det mest aggregerede, der kan tilvejebringes på basis af de nuværende data, om sammenhænge mellem bruttonationalprodukter og materialeforbrug i de forskellige medlemslande. Det er de samme indikator-valg, som diskuteres i Eurostat-sammenhænge, bl.a. baseret på Wuppertal-data (se herfor i *Eurostat 2000, p. 32*).



Figur 3: DMI (Direct Material Input – d.v.s. excl. økologiske rygsække) i forhold til BNP i EU-landene i 1988-1995. Begyndelsen af hver pil viser forholdet mellem DMI og BNP i 1988, mens pilens spids viser forholdet i 1995. Det ses, at f.eks. Danmark og Sverige har øget såvel DMI som BNP, mens Tyskland og Frankrig har øget BNP, men sænket DMI. Bemærk, at EU-15 er renset for handel mellem staterne. Omtegnet efter EEA, 2000, p. 105.

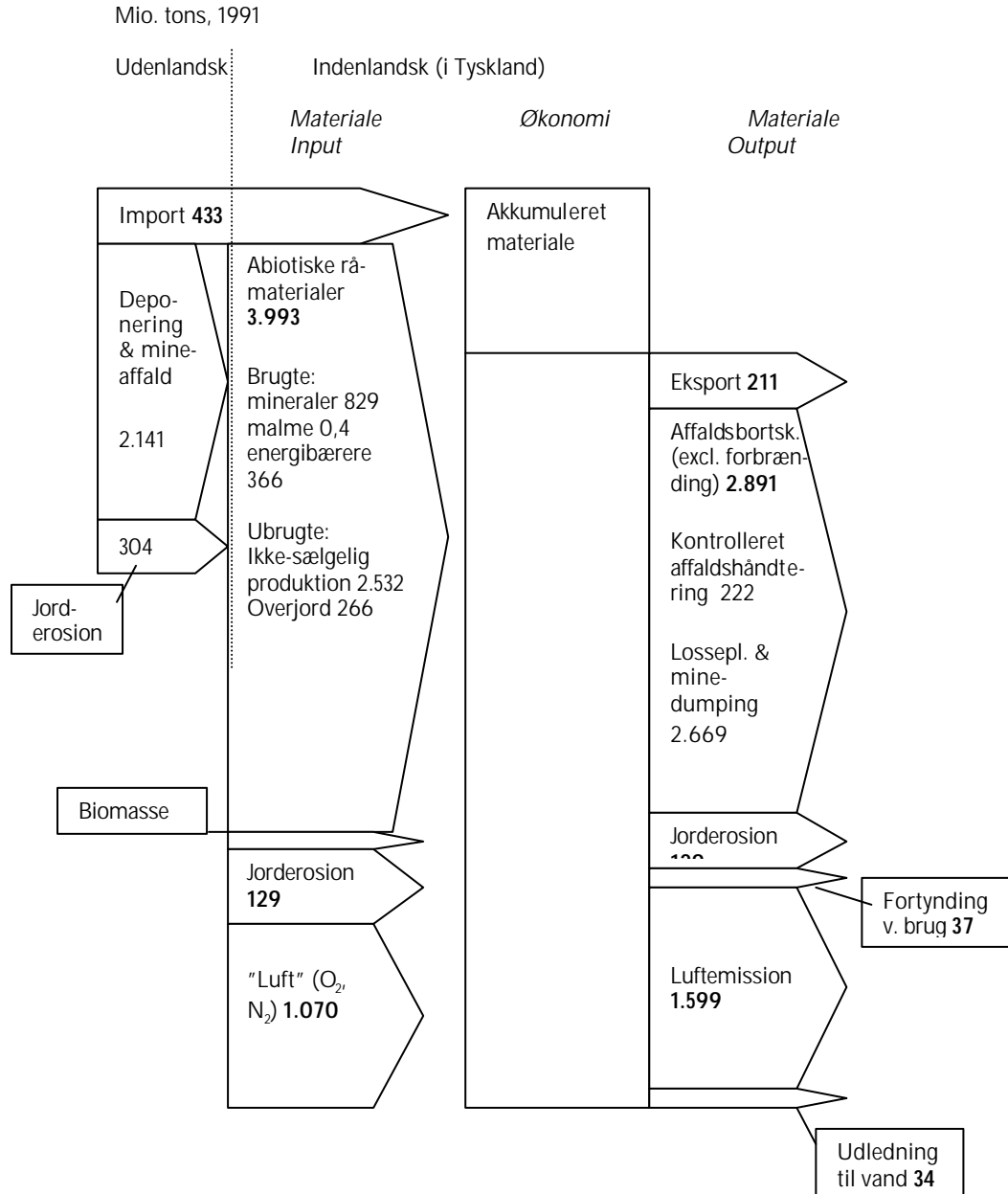
De aggregerede data bringer bestemt ikke Danmark i et særligt pænt selskab. Trods et i forvejen højt bruttonationalprodukt pr. indbygger⁷ har vi en af de største stigninger af alle EU-15 lande i direkte materiale-input (DMI - dvs. excl. økologiske rygsække) pr. indbygger i perioden 1988-97! (se figur 3).

7.3.2.2 Tyskland

Qua Wuppertal Instituttets placering i Tyskland er der forståeligt nok udført mange MFA'er på tysk økonomi, samt MFA'er på enkelt-strømme m.v. Ud over de allerede nævnte i forbindelse med WRI-projekterne gives en opsamling i *Bringezu et al. (1998b)* og *Bringezu & Schütz (1998c)*. De refererer dels en materialestrømsanalyse af stoffet aluminium gennem den tyske økonomi, dels en "National Overall MFA" for den tyske økonomi for 1991. Endelig refereres konkrete materialestrømsregnskaber for byggematerialer og emballager, ligesom der opstilles MFA-baserede indikatorer for bæredygtig udvikling for de to sidstnævnte.

⁷ Det er ellers en traditionel økonomisk opfattelse, at øgning af et i forvejen højt bruttonationalprodukt ikke indebærer øget træk på naturressourcerne/øgede miljøeffekter, idet det antages, at miljøeffekterne bevæger sig i en først stigende, men siden jævnt faldende såkaldt "Kuznets-kurve" med stigende BNP. Dette tilbagevises i øvrigt af Røpke, som ikke finder, at en afkobling sker automatisk, men er afhængig af skift i politisk prioritering og aktion i takt med øget velstand.

Overall Material Flow, Tyskland



Figur 4:
Overall Material Flow Account (OMFA) for Tyskland i 1991. Alle tal er i mio ton.
Omtegnet efter og oversat fra Bringezu et al. (1998b) p. 63.

Den overordnede MFA (se også figur 4) indikerer, at de 433 mio t materialer, der importeredes til Tyskland i 1991 efterlod en økologisk rygsæk på 2,1 mia ton i udlandet, hvortil skal lægges andre 304 mio ton i form af erosion – ligeledes i udlandet. Til sammenligning udvandedes i alt 3,993 mia ton abiotiske materialer i Tyskland, hvoraf de 2,798 mia ton forblev "ubrugte"

Analysen konkluderer bl.a., at det udenlandske materialeinput til den tyske økonomi har tilnærmelsesvis den samme størrelse som den indenlandske udvinding fra – eller udledning til – miljøet (excl. vand og luft), og det hedder videre:

”Således kan de transnationale materialestrømme, som belaster det globale miljø, og som er forbundet med den tyske økonomi ikke negligeres, når den globale effekt af den nationale økonomi skal undersøges..”

Bringezu et al., 1998b, p. 64, forf. oversættelse

Analysen viser endvidere eksempler på stigende økologiske rygsække, f.eks. for brunkul, hvor affaldsmængden pr. udvundet ton brunkul er steget fra knap 2 m³ i 1950 til godt 4 m³ i 1990 (mindre lødige forekomster).

Herudover opstilles som det mest aggregerede et studie af udviklingen i materialeproduktiviteten, målt som BNP pr. TMI, i perioden 1980-1989, udvisende en svag stigning fra i størrelsesordenen 300 DM/t til i størrelsesordenen 350 DM/t.

Ud over de af Wuppertal Institutet udførte arbejder, har også Tysklands Statistik været tidligt ude, idet Tyskland var det første land, der fik opstillet sine fysiske input/output-tabeller af et statsligt statistisk institut (*Stahmer et al., 1998*).

7.3.2.3 Finland

I Finland synes arbejdet med MFA'er og beregninger af såvel DMI som TMR også at være nået meget langt.

Således offentliggjorde Finlands pendant til Danmarks Statistik, ”Statistikcentralen”, i 1999 et første bidrag til opstilling dels af en national MFA, dels en række eksempler på beregning af den finske økonomis øko-effektivitet (*Eco-efficiency*) (*Hoffrén, 1999a*).

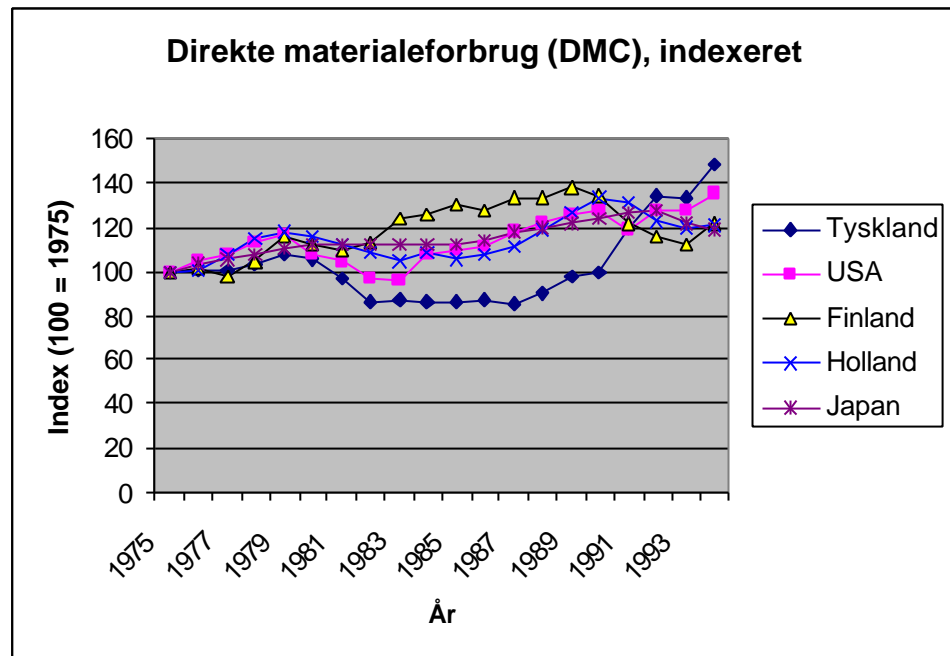
Der opstilles og beregnes fem forskellige øko-effektivitets-indikatorer, som sammenholder et korrigeret BNP (*real, environmentally adjusted national product according to SEEA*) med faktorer som primærforbruget af naturressourcer/forandringer i omfanget af miljøskader, forbruget af naturressourcer alene, forandringerne i omfanget af miljøskader alene, ændringerne i emissioner af svovl, nitrogen og CO₂, og endelig udledningerne af N og P til vand.

Endelig gennemføres beregninger af DMC og DMI i perioden 1975-1994, som tillige sammenlignes med den tilsvarende udvikling i Tyskland, USA, Holland og Japan (se figur 5 f.s.v.a. DMC).

Tilsvarende er DMI pr. indbygger sammenholdt med BNP - ligeledes sammenlignet med de samme lande.

Samme forfatter har for det finske miljøministerium udarbejdet en rapport om muligheden af at anvende MFA som mål for det totale forbrug af naturressourcer (*Hoffrén, 1999b*), hvor også Finlands TMR beregnes, ligesom der gennemføres nøjere analyser af de ”hidden flows” inden for Finlands væsentligste industrisektorer, nemlig skov- og minedrift.

Eksempelvis fremkommer analysen med et interessant resultat f.s.v.a. de skjulte strømme i forbindelse med drift af miner og brud i Finland, hvor mængden af udvundne materialer har været svagt faldende i perioden 1980-1997, mens de skjulte strømme er steget støt. Således voksede andelen af skjulte strømme (ikke-benyttede, udvundne materialer) fra 58% i 1980 til 67% i 1997 (Hoffrén, 1999b, p. 46).



Figur 5: Udviklingen i det direkte materialeforbrug (DMC) i en række industrilande i perioden 1975-1994 (1975 = index 100). Omtegnet efter Hoffrén, 1999a, p. 52.

Ud over disse bidrag er der etableret et tværsektorielt forskningsprojekt i Finland, *Eco-Efficient Finland Project*, hvorfra der foreligger en interrimrapport fra 1999 (Juutinen & Mäenpää, 1999), som beskriver de foreløbige resultater af projektet "Total Material Requirement and the Possibilities to reduce it in Finland". Projektet udføres af Thule Institute from University of Oulu (som koordinator), Geological Survey of Finland, University of Joensuu, Agricultural Research Centre og Finnish Environment Centre.

Projektet har beregnet og opstillet TMR for Finland i perioden 1970-1996, opdelt på importerede hidden flows, indenlandske hidden flows, importeret DMI og indenlandsk DMI. Se figur 6a og 6b, hvor det specielt af sidstnævnte ses, hvorledes de udenlandske skjulte strømme stiger mest.

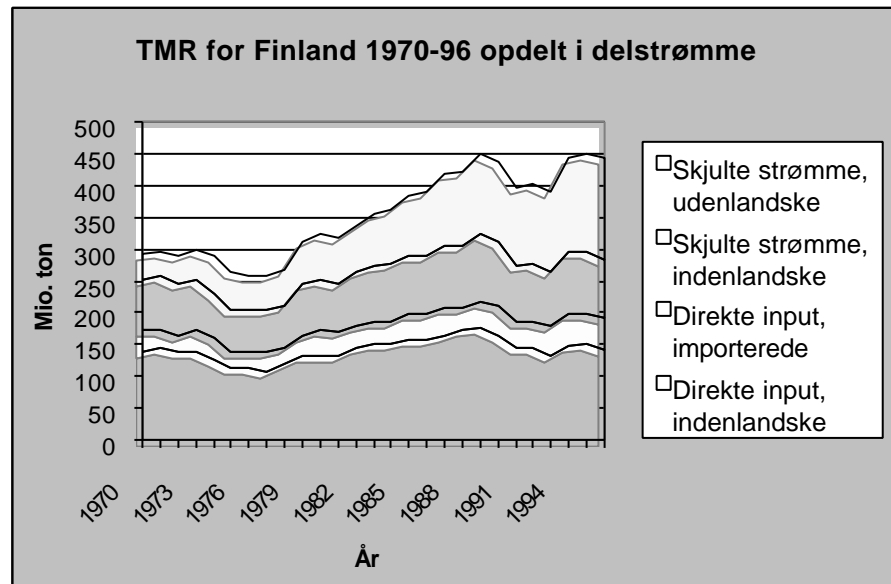
Der er tillige gennemført beregninger af sammensætningen af TMR, fordelt på landbrugsafgrøder, mineraler, skovbrug, grus og jord samt importerede produkter, ligesom forholdet mellem biotiske og abiotiske materialer er analyseret (hvor de abiotiske vokser kraftigt, mens de biotiske er stort set konstante).

Endvidere er TMR og DMI beregnet i f.t. BNP over perioden, og der synes at være en vis afkobling for begge faktorer vedkommende, nok tydeligst f.s.v.a. DMI, som er faldet fra godt 600 ton/mio FIM i 1970 til knap 400 i 1996 (beregnet i faste 1990-priser). TMR pr. indbygger stiger imidlertid støt

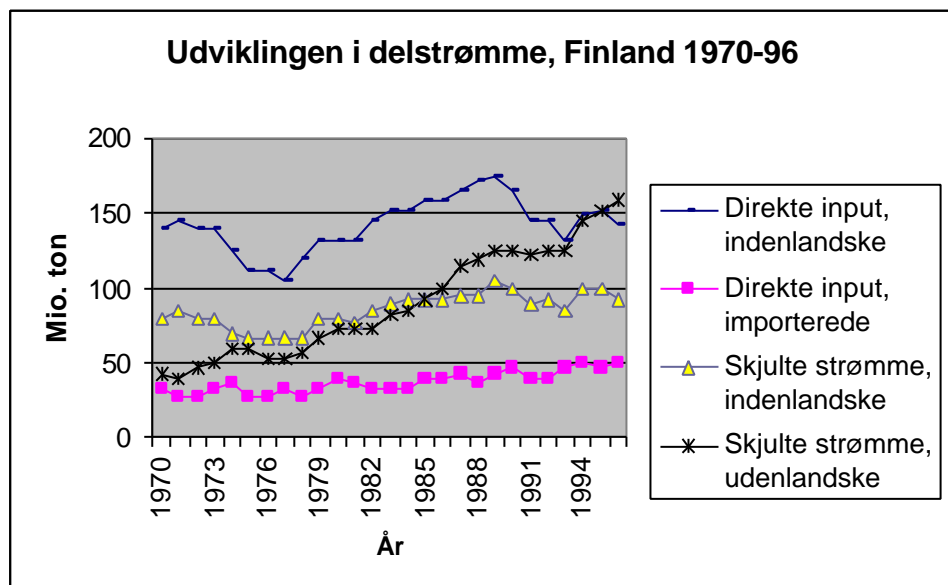
perioden igennem (fra godt 60 til knap 90t/indbygger, mens DMI ligger konstant på ca. 40 t/indbygger).

TMR sammenlignes afslutningsvis med tilsvarende data for Tyskland, Japan, Holland og USA.

Der arbejdes nu videre med specialstudier af et referenceår, nemlig 1995, med henblik på at få mere præcist overblik over de enkelte materialestrømme, også på industrisektorniveau.



Figur 6a:
TMR (Total Material Requirement – d.v.s. incl. økologiske rygsække i såvel ind- som udland) for Finland 1970-1996, mio tons. Se også Tabel 1.
Omtegnet efter Juutinen & Mäenpää, 1999, p. 10



Figur 6B:
Som 6a, men med de enkelte delstrømme udtegnet for sig (bemærk anden y-akse). Det ses nu tydeligt, hvorledes de skjulte strømme i udlandet stiger kraftigst. Beregnet og tegnet efter data fra Juutinen & Mäenpää, 1999.

7.3.2.4 Øvrige lande

Bringezu anfører i oktober 2000, at der nu er opstillet nationale MFA'er i Østrig, Danmark⁸, Tyskland, Finland, Italien, Japan, Holland, Sverige, Storbritannien og USA, ligesom arbejdet p.t. pågår i Kina, Egypten og Amazon-landet (*Bringezu, 2000a, p. 7*). Hertil kommer den ovenfor citerede MFA for EU-15.

For den skandinaviske fuldstændigheds skyld har nærværende projekt også undersøgt norske miljørapporteringer, men fundet, at de er af meget traditionel karakter og ikke rummer TMR-overvejelser (*Statistics Norway, 1998*)

7.3.3 Anvendelse i Danmark

7.3.3.1 Fysiske Input/Output-tabeller

Det første egentlige forsøg på at skabe overblik over materialestrømmene i det danske samfund foreligger i Danmarks Statistisk fysiske input- output-tabeller for 1990 (*Pedersen, 1999*). Gravgård Pedersen redegjorde under den rundbordssamtale, som er en del af grundlaget for nærværende studie, indgående for tilblivelse og metode:

Udgangspunktet var de monetære input/output-tabeller, som indgår i nationalregnskabet, og som i kroner redegør for alle overførsler af varer fra én branche til en anden. Danmarks Statistik bruger sådanne tabelværker til at beregne f.eks. CO₂-udslip m.v. fordelt på årsager (privat konsum, eksport mv.), ligesom de generelt indgår i institutionens arbejde med opstilling af "et grønt nationalregnskab".

Det strategiske miljø-forskningsprogram havde givet tilskud til at omregne disse penge-strømme til vægt, og metoden var løbende blevet udviklet af Gravgård Pedersen, efterhånden som arbejdet skred frem og det blev synligt, hvad der rent faktisk var muligheder for. Ud over de monetære oplysninger er også inddraget en bred underskov af øvrige statistiske primær-data, herunder f.eks. råstofstatistikken, landbrugsstatistik, varestatistik og udenrigshandelstatistik. Det havde bl.a. vist sig, at de økonomiske data alene havde opfanget halvdelen af den faktiske strøm – typisk fordi sand, grus og sten ikke altid handles mellem brancher, f.eks. hvis det anvendes til bygge- og anlægsformål, fremstilling af cement mv.

Datagrundlaget tillod opstilling af fysiske input-output tabeller med i alt 27 erhvervsgrupper (slået sammen af andre 117 grupper).

Ved at gennemføre en balance-opstilling over ind- og udgåede varer, opstår en forskel, som dels kan skyldes statistiske unøjagtigheder, men også er udtryk for residualer, der "udledes" fra økonomien uden at der er handel forbundet hermed, hvorfor de ikke dukker op i de monetære input/output-tabeller. Sådanne residualer omfatter affald i sædvanlig forstand, men også residualer i form af vanddamp mv.. Endelig kan en væsentlig del af forskellene på in- og output tilskrives netto-ophobning i økonomien (bygninger, infrastruktur m.v.). De tilgængelige primær-statistikker og tekniske rapporter bidrager til at udrede, hvorvidt der er tale om residualer eller netto-ophobning.

⁸ Må være Gravgård Pedersens I/O-tabeller (Pedersen,1999), der hentydes til, eftersom Bringezu under videnhjemtagningsbesøget primo november ikke havde kendskab til Finansministeriets arbejde (Finansministeriet, 2000).

En sådan I/O-balance er langt mere detaljeret end en MFA i gængs forstand og inddrager således også interne stofstrømme i økonomien (som ellers betragtes som "black boxe" i oMFA'er).

7.3.3.2 DMI eller TMR

DMI for Danmark i 1990 kan med visse simple justeringer aflæses af de fysiske input-output tabeller for Danmark, og Finansministeriet har med udgangspunkt heri opstillet den første danske MFA, hvor der dog alene medregnes økologiske rygsække, forbundet med råvareimport, ikke med import af hel- og halvfabrikata (*Finansministeriet, 2000*).

MFA'en afslører, at hver dansker tegner sig for et Totalt Materiale-behov (TMR) på 51 t/år (men altså excl. de økologiske rygsække, der skjuler sig i importerede produkter). TMR/indb. var på samme tidspunkt i størrelsesordenen 84 t for USA og Holland, 86 t for Tyskland og 46 t for Japan. Finansministeriet beregner tillige det totale materiale-forbrug (TMC – *Total Material Consumption*) pr. indbygger i Danmark (d.v.s. TMR fratrukket den del, der går til eksport) til 41 t, hvoraf de 23 t er ikke-benyttede ressourcer – eller m.a.o. økologiske rygsække, som altså udgør godt 56% af det totale materialeforbrug (stadig med den forudsætning, at rygsækkene utvivlsomt er underestimerede, da de ikke er medregnet f.s.v.a. importerede produkter).

Endvidere foretager Finansministeriet i mangel af data fra andre år end 1990 en fremskrivning af DMC, TMC og TMR indtil 2010, genereret v.h.a. ADAM, og sat i forhold dels til antal indbyggere, dels til BNP. Disse fremskrivninger antyder, at en afkobling mellem væksten i økonomien og væksten i materialeinputtet er godt i vej, men fremskrivningerne synes ikke at give det samme billede som EEA når frem til for perioden 1988-1997, baseret på historiske data. Her vokser materialeintensiteten for Danmarks vedkommende hurtigere end væksten i økonomien (se også figur 3)

Meget tyder altså på, at en egentlig MFA-analyse, baseret på historiske data, kunne afsløre mere præcist, hvilken performance Danmark formår m.h.t. ressourceeffektivitet, sammenlignet med andre lande.

Til alt held er det således, at Eurostat under dette projekts tilblivelse har bevilget et tilskud til Danmarks Statistik til et projekt, som vil gennemføre en dansk MFA for årene 1981, 90 og 97 med udgangspunkt i Eurostats guideline (*Eurostat, 2000*), omfattende alle råstoffer samt halv- og helfabrikata, der udvindes/importeres og således også økologiske rygsække forbundet hermed. En nøjere beskrivelse af dette projekt er optaget som bilag IV i nærværende rapport.

7.4 Er metodeapparatet tilstede?

Ikke mindst med fremkomsten af Eurostats guideline (*Eurostat, 2000*) synes der nu at være etableret en international konsensus omkring en metode til beregning af MFA'er for hele økonomier/nationer, som hviler på det store erfaringsgrundlag, der er opnået gennem arbejdet i såvel ConAccount som i regi af World Resources Institute (*Adriaanse et al., 1997* og *Matthews et al., 2000*).

Guidelinen påpeger dog fortsat forbedringsmuligheder og udeståender, således ikke mindst på spørgsmålet om økologiske rygsække, forbundet med

importerede produkter, men angiver også løsningsforslag herpå, som tillige uddybes hos *Pedersen (2000b)*.

7.4.1 Finansministeriets kritik

Det danske Finansministerium påpeger forskellige problemer ved metoderne og ved anvendelse af resultaterne, som kort kan resumeres som følger (*Finansministeriet, 2000*):

Hoved-”anken” synes at være, at sammenregning til én faktor, nemlig vægt, ikke giver en klar indikation af, om en vækst i ressourcetræk påvirker miljøet i negativ retning, og at denne ene faktor ikke giver et operationelt værktøj til strategisk planlægning. Dette spørgsmål tages op til diskussion i næste kapitel (se afsnit 8.1.1-3 nedenfor).

Derudover finder Finansministeriet, at videngrundlaget om omfanget af økologiske rygsække, især for importerede hel- og halvfabrikata, er for mangelfuldt, og at rygsækkene i den samlede import derfor underestimeres. Finansministeriet har p.g.a. datamangel således helt valgt at se bort fra rygsække forbundet med hel- og halvfabrikata og benytter alene dokumenterede rygsække i f.m. import af råstoffer ved TMR/TMC-beregningerne. Hertil kommer, at jorderosion, vand og genbrug ikke regnes med (efter anvisning fra Eurostat-guiden), ligesom mængden af ikke-benyttede ressourcer skifter springvis, afhængig af, hvilket land (og dermed hvilken råstofforekomst/-udvindingsteknologi), vi importerer kul fra, hvilket påvirker TMR i stor udstrækning, da kul udgør/gjorde en væsentlig del af det samlede materialeinput.

Pedersen (2000b)(se bilag VI) diskuterer de samme problemstillinger, men anviser forskellige veje til at kvalificere specielt estimeringen af indirekte udvinding af ressourcer i udlandet, forbundet med dansk import. Peger her på muligheden af at anvende udenlandske TMR-opgørelser, ligesom der for en række varers vedkommende vil være mulighed for at benytte danske input-output beregninger til at bestemme de primære resourcekvivalenter, knyttet til den pågældende vare – særligt hvor det må antages, at produktionsteknologi og resourcegrundlag er nogenlunde det samme for det producerende land og Danmark.

Endelig diskuterer Finansministeriet problemet med at bruge TMR som indikator, da den er meget følsom overfor udenrigshandel (medregner alle input uden at fradrage eksport), ligesom ministeriet generelt problematiserer, om en eventuel adfærdsregulering i retning af at indkøbe råvarer med mindre økologiske rygsække vil betyde noget som helst på globalt plan. De råvarer, der har en stor rygsæk, vil efter ministeriets opfattelse så blot blive solgt til andre lande eller virksomheder, der ikke bekymrer sig herom, ligesom der måske vil ske en prisudvikling, der oven i købet vil betyde, at de råvarer, der har en stor rygsæk, og derfor ikke bliver efterspurgt af industrilandene, vil falde hurtigere i pris end råvarer med lille rygsæk og derfor vil blive aftaget i stigende grad af 3.-verdenslande.

7.4.2 Følsomhed overfor ”små økonomier”

Eurostat (2000) diskuterer (p. 32 f) også spørgsmålet omkring særligt de ”små” økonomiers store følsomhed overfor udenrigshandel ved valg af TMR som indikator, og antyder – ud fra en sammenligning af tilgængelige data om TMR og DMI fra 8 forskellige lande/statssammenslutninger – at der synes at

være en – om ikke lineær, så dog en vis - sammenhæng mellem TMR/indb. og DMI/indb. På dette grundlag finder Eurostat det relevantt at overveje, om DMI bør kunne anvendes som indikator, evt. suppleret med TMR-vurderinger på specielle produktområder.

Hvad angår spørgsmålet om fraværet af effekt på det samlede forbrug af råvarer på verdensmarkedet, tages dette op under diskussionen af spørgsmålet om "sufficiency" og "efficiency" i afsnit 8.2.2. nedenfor.

7.4.3 Ja, metodeapparatet er tilstede

Det må som svar på spørgsmålet om, hvorvidt metodeapparatet er til stede, konkluderes, at metoden alt overvejende er udviklet og at det i dag er muligt at udarbejde sammenlignelige overall Material Flow Accounts, samt at der i 2001 er gået et arbejde i gang på Danmarks Statistik, som i løbet af 2002 vil resultere i en dansk MFA, der vil være direkte sammenlignelig med en række andre MFA'er, udarbejdet for såvel europæiske lande som USA og Japan.

8 Diskussion: Hvad kan metoden bruges til?

8.1 Hvorfor "regne i natur" – fordele og begrænsninger

8.1.1 Diskussionen på internationalt plan

Under arbejdet med herværende projekt er spørgsmålet om, hvorfor man overhovedet skal regne i vægt ofte blevet rejst, specielt af den mere fysisk/kemisk-orienterede forskningsverden, som finder det irrelevant, og typisk argumenterer for, at der må en egentlig LCA til, hvis man skal kunne agere ud fra resultaterne.

Det er klart, at en LCA kan andet og mere end en MAIA, men LCAén er til gengæld helt afhængig af, at man kender til alle de miljøeffekter, der er forbundet med givne materialestrømme, såvel in- som output-strømme, hvis den skal sige noget ultimativt, som kan bruges handlingsorienteret.

8.1.1.1 *CO₂ – et godt eksempel på overset miljøeffekt*

Et velkendt eksempel på, at vi ikke altid kender til alle miljøeffekter af et givent udslip, er spørgsmålet om vægtningen af CO₂-udslippet, som for blot 30-40 år siden næppe ville have fået tillagt nogen betydning, hvis man havde gennemført en LCA-vurdering dengang. I dag anses CO₂ for yderst centralt, og netop en massestrømsanalyse afslører, at CO₂ i gennemsnit tæller for mere end 80% af det samlede materiale-outflow fra de fem industrinationer, der er analyseret af bl.a. WRI (*Matthews et al., 2000, p. XII & p. 22ff*)

Hos *Bringezu et al. (1998b, p. 15ff)* fremdrages eksempler på effekter ved råstofferne mobilisering, som næppe reflekteres i traditionelle LCAér, og som knap lader sig kvantificere på en måde, så de kan komme til det, f.eks. en række mere eller mindre diffuse effekter ved minedrift/udvinding, der ofte strækker sig over lange årrækker ud over selve udvindingen, herunder eutrofiering, mekanisk destruktion af planter og dyr (og dermed fald i biodiversitet), strukturelle effekter på habitater (og dermed fald i biodiversitet) og fysiske/kemiske forandringer, som disse menneskeskabte materialestrømme giver anledning til (f.eks. drivhuseffekt, ozonlagnedbrydning etc.).

8.1.1.2 *OECD: MFA komplementerer andre vurderingsværktøjer*

På det OECD-seminar den 25. oktober 2000 i Paris, hvor anvendelse af MFAer i affaldsplanlægningen diskuteredes, og som omtales ovenfor, rejstes også spørgsmålet om MFAens værdi i f.t. LCA og andre vurderingsværktøjer. Seminaret konkluderede bl.a., at der er behov for at vurdere, hvordan man bedst udnytter MFAer, så de komplementerer andre monitorings- og politikredskaber. *Bringezu* har indsparket en særlig fodnote til denne del-konklusion i slutdokumentet fra seminaret, som i få linier præciserer forskellen på MFA- og andre miljøvurderings-principper:

“MFA can not replace other tools, nor can other tools replace MFA. For instance, just as MFA is not useful to understand specific exposure and dose-response relationships that normally comprise a chemical risk assessment, chemical risk assessment is not useful to give indications of potential long-term threats from unsustainable materials mobilisation and ultimate waste generation”

Bringezu, personal communication, note 7, p. 8 in OECD (2000)

Samme seminar konkluderede som refereret ovenfor også – i øvrigt efter at have konstateret, at de sidste 25 års affalds- og ressourcepolitik ikke havde formået at nå miljømæssige mål på grund af manglende viden om affaldets dannelse, manglende system-overblik og manglende opmærksomhed hos aktørerne - at MFA kan hjælpe med til at forbedre informationsgrundlaget om materialer før de bliver til affald; at fremme en mere holistisk tankegang, og at give grundlag for en øget opmærksomhed hos aktørerne i produktionsforbrugskæden med hensyn til deres affaldsgenererende aktiviteter. (OECD, 2000, p. 7 – se i øvrigt nærmere under afs. 7.2.4 i herværende rapport).

8.1.1.3 WRI: Massestrømsregnskaber vigtige

Også World Resources Institute støtter denne holdning, og konkluderer bl.a., at massestrømsregnskaber (“physical accounts”) er stærkt påkrævede, fordi vores viden om ressourceforbrug og affalds-output er overraskende begrænset (Matthews et al., 2000, p. XII).

8.1.1.4 Vægt lige så god almen-ekvivalent som f.eks. Joule eller kW

Bringezu kommenterede under videnhjemtagningsbesøget de forskellige betæneligheder, der gennem tiden har været fremført overfor at anvende materialeflows som indikator på miljøpåvirkning. Herunder kommenterede han kritikken af, at man alene måler på vægt, uafhængigt af, hvad det er for stoffer m.v., der håndteres. Han fremhævede i den forbindelse, at man jo gør præcis det samme, når det handler om at vurdere f.eks. et givent produkts energiforbrug. Det måles i en bestemt enhed (f.eks. J eller kW), uden skelen til, om der er tale om vindmølle- eller a-kraftstrøm. Produktet evalueres således udelukkende på forbrugets størrelse. Først hvis man ønsker at få et mere forfinede billede af eventuelle og mere eksakte miljøeffekter ved det givne energiforbrug, går man ned i detaljen og finder ud af, hvor strømmen kommer fra.

Præcis det samme gør sig gældende med MFA. Med den i hånden kan man få et overblik og lokalisere, hvor der eventuelt kan være anledning til at se efter miljøeffekter, eller hvor der specielt er anledning til at søge materialeeffektiviteten øget etc. etc. Materialestrømsanalysen kan således evaluere alene på baggrund af mængdeangivelser og i den forbindelse måske lokalisere behovet for en egentlig LCA eller måske allerede på det foreliggende grundlag give basis for en eller anden form for aktion.

8.1.2 Diskussionen i Danmark

8.1.2.1 Beslaglæggelse af tre centrale input

En af de seriøse fortalere for anvendelse af materialeforbrug som indikator for træk på naturen har været Røpke, som i Naturvismandstriologien argumenterer for ”at regne i natur”, når bæredygtighed skal operationaliseres på et overordnet niveau. I stedet for at omregne natur og ressourcer til økonomiske størrelser, slår Røpke til lyd for, at man vurderer, hvor meget

økonomien "fylder" i naturen ved at se på beslaglæggelsen af tre centrale input, nemlig energi, materialer og areal. Netop på materialesiden fremhæver Røpke den af Wuppertal udviklede MIPS-metode som anvendelig (Røpke (2000) side 192).

8.1.2.2 Globalisering: Nationalformue baseret på udenlandske materialer

Røpke fremhæver tillige det globale aspekt med en bemærkning om, at "hvis globaliseringen af økonomien indebærer, at miljøeffekterne i høj grad slår igennem andre steder end der, hvor forbruget finder sted, og hvis størrelsen af den nationalformue, danskerne kan give videre til næste generation, afhænger af, hvor meget vi tilegner os fra andre lande i dag, så bliver det meningsløst at tage et nationalt udgangspunkt." (Røpke, 2000, p. 197).⁹

8.1.2.3 Naturen kan ikke konceptueres som enkeltproblemer

I en længere videnskabelig udredning, som danner baggrund for ovennævnte danske bidrag, redegør Røpke yderligere for valget af de tre indikatorer, idet der argumenteres for, at det ikke drejer sig om at konceptuere naturen som en pamflet af specifikke problemer (eutrofiering, ozonlagsnedbrydning, drivhuseffekt etc. etc.), der må håndteres individuelt, men at fastholde naturen som et hele, hvorfra materialer udvindes, og at det er muligt at kategorisere denne naturs tilstand som "bedre" eller "dårligere", alt afhængig af trækket på den (Røpke, in prep., a).¹⁰

8.1.2.4 Økologiske rygsække afslører global affaldsdannelse

Forfatterne til nærværende projektrapport har i et forsøg på at introducere MIPS-værktøjet i en affaldsstrategisk kontekst (i Christensen et al. 1999), ligeledes påpeget, at der er en relevans i at inddrage hele den rygsæk, som mobiliseringen af råstoffer udløser, når der ønskes sat samlet ind overfor affaldsdannelse på globalt plan, og har i den forbindelse søgt at eksemplificere det gennem beskrivelser af minedriftens voldsomme (men i dagligdagen næsten oversete) miljøeffekter, bl.a. støttet på optegnelser hos Young (1992).

8.1.2.5 Teknologiuudvikling øger økologiske rygsække!

Nærværende studie efterviser yderligere relevansen af den problemstilling, som ligeledes rejstes i omtalte bidrag, nemlig at teknologiuudviklingen inden for minedrift ingenlunde bidrager til en minimering af miljøeffekterne. Ses alene på affaldssiden viser de hhv. tyske og finske studier, der refereredes tidligere, således at affaldsmængden fra den tyske brunkulsminedrift er mere end fordoblet fra knap 2 kubikmeter affald per ton produceret brunkul i 1950 til godt 4 kubikmeter i 1990 (Bringezu et al. 1998b, p. 74), og andelen af "hidden flows" eller ikke-benyttede materialer ved driften af finske miner og brud er forøget fra 58% i 1980 til 67% i 1997 (Hoffrén, 1999b, p. 46). Endelig beskriver Schmidt-Bleek (1994) med guld som eksempel, hvorledes ikke blot den økologiske rygsæk er vokset med teknologiuudviklingen, men også de miljømæssige effekter, særlig i takt med udviklingen af den såkaldte cyanid-

⁹ Herved bringer Røpke sig på linie med Eurostat, som i en konkret diskussion af problemerne med at skabe overblik over "hidden flows" skriver, at..."while data on indirect flows will usually suffer from some degree of imprecision, their calculation is important to shed light on the effects of trade and globalisation. It is likely that such questions will become increasingly important in future. Accounts for materials used domestically (i.e., DMI) may become less meaningful in a global (rather than national) context. The same consideration apply to emissions or land use." (Eurostat, 2000, p. 18).

¹⁰ Røpkes kritik, der i realiteten må opfattes som rettet mod LCA-metodikkens konceptuering af naturen, er efter forfs. opfattelse i virkeligheden analog med den grundlæggende kritik, der kan rejses mod den neoklassiske miljøøkonomi, som i sit utilitaristiske natursyn baserer sig på en metodologisk individualisme, hvor samfundet består af rationelle, egennyttemaximerende individer med klare præferencer. Kun i et sådant univers kan den neoklassiske miljøøkonomi "konceptuere" (dvs. værdisætte) naturen, og dermed få den til at spille med i sine cost/benefit-analyser – efterladende lærkesang, naturkapital og bæredygtighed i et gabende vacuum.

teknik (er i øvrigt også medtaget som eksempel hos *Christensen et al., 1999, p. 10*, hvorfra nedenstående faktaboks er hentet).

Faktaboks om teknologiudviklingen i guldudvindingen:

Det nostalgiske billede af guldgraveren, der nænsomt sier flodsedimentet eller graver gange ned i guldårer i Alaska, er en saga blot. Først intensiveredes guldudvindingen gennem anvendelse af kviksølv til udfældning af små koncentrationer af guld i flodsedimenter ved en amalgeringsproces, som nu årligt tilfører Amazonbækkenet i Brasilien i størrelsesordenen 100 t kviksølv.

Siden 1970'erne er arbejdsproduktiviteten i guldminerne steget kraftigt, ikke mindst som følge af videreudviklingen af den såkaldte cyanidteknik. Mens det tidligere ansås for rentabelt at grave efter guld, der fandtes i koncentrationer på ned til 5/1000 gram pr. kg råmalm – og som med andre ord efterlod 2-300 t klippe, hver gang man havde udvundet 1 kg guld, er det med cyanidteknikken nu rentabelt at udvinde guld i koncentrationer, der er faktor 10 mindre. Det er således nu almindeligt i amerikanske miner, at der efterlades 3.000 t klippe og overjord m.v. for hver 1 kg guld, der udvindes.

Det store spring i mineteknologien kom, da man fandt ud af blot at oplægge råmalmen i store, fritliggende miler i åbne miner. Milerne overhældes herefter med en natriumcyanid-opløsning i flere omgange, som udvasker guldet. Natriumcyanid placerer sig med klassificeringen "meget giftig" blandt de giftigste af de kendte, klassificerede såkaldte "farlige stoffer", og processen giver – ud over store mængder cyanidbelastet mudder (som fra tid til anden undslipper fra minerne som f.eks. i Doñana-reservatet i Sydspanien i 1997 og i det nordvestlige Rumænien i januar 2000 med fiskedød i floder i Rumænien, Ungarn og Serbien til følge) – i tilgift tillige cyanidbelastning af grundvandet ved nedsivning samt afdampning af cyanbrinte til luften. Også cyanbrinte klassificeres som "meget giftig". Også fremstilling og ikke mindst transport af cyanidopløsningerne giver anledning til miljøeffekter, hvad transporten angår ikke mindst illustreret ved tabet af 1 t cyanid fra en helikopter og ned i en tropisk regnskov på Papa-Nyginea i 2000.

Hertil kommer, at teknikken fordrer anvendelse af 1,5 t vand pr. tons råmalm, eller 4.500 tons vand pr. kg guld, der udvindes.

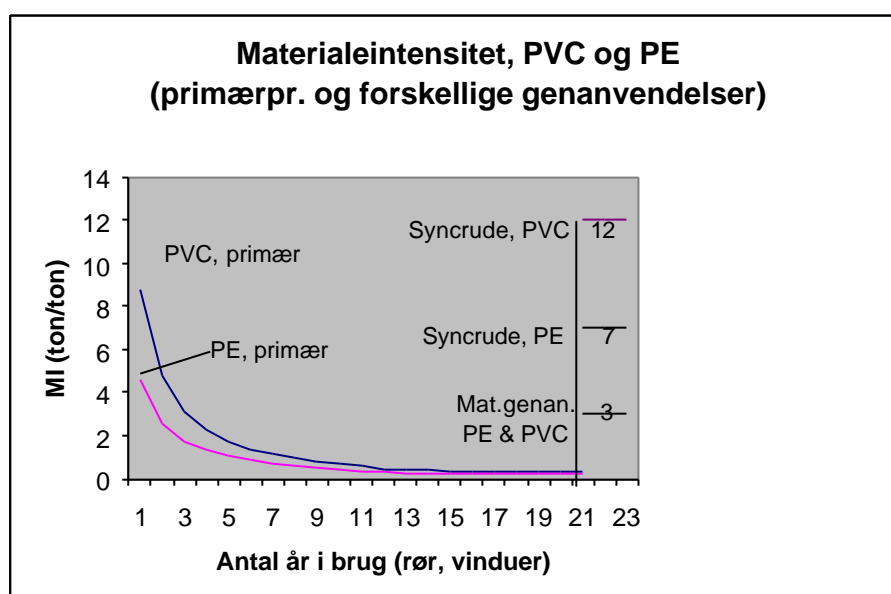
Fra Christensen et al., 1999, p. 10, opdateret af forf.

Christensen et al. beskriver tillige metodens effektivitet til at vurdere, hvornår genanvendelse er ressourcemæssigt absurd, og hvornår det ikke er, hvilket nærværende studie også bekræfter med flere eksempler, tydeligst med PVC (se også figur 7):

Genanvendelse af PVC ved syncrude-processer – d.v.s. genoparbejdning til ny PVC via fremstilling af syntetisk råolie ud fra PVC-affald - forudsætter et materialeinput af abiotiske ressourcer på 12t/t, mens der alene medgår 8,8 t/t ved virgin produktion (*Bringezu et al. 1996, p. 6*). Oparbejdes PVC-affaldet imidlertid mekanisk, er materialeinputtet imidlertid kun 3t/t. Materialegenanvendelse via syntetisk råolie er altså absurd, mens mekanisk genanvendelse ud fra en input-betragtning kan forekomme sund. Det

indebærer dog, at den genanvendte PVC vil indeholde de samme stabilisatorer og eventuelle blødgørere, som den oprindelig PVC, hvorfor en udfasning af disse stoffer forudsætter en syncrude-proces, dersom PVC skal materiale-genanvendes.

Metoden kan også bruges til at eftervise, hvornår valg af lette materialer er absurd. F.eks. behøver valg af lettere materialer (med den hensigt at nedbringe vægten af affaldet) langtfra at være ensbetydende med et samlet fald i affaldsdannelsen på globalt plan. Lette materialer som aluminium og titan har f.eks. økologiske rygsækfaktorer på hhv. knap 1:1500 og 1:1000, mens f.eks. omsmeltet jern blot har en rygsækfaktor på knap 1:53 (*Schmidt-Bleek, 1998, p. 297 ff.*). Skulle det således lykkes at nedbringe vægten af f.eks. en kasseret cykel med 50% ved at anvende en titan-legering frem for en stållegering, bliver den samlede affaldsmængde, som cyklen giver anledning til i sin livscyklus, desuagtet mangedoblet.



Figur 7: Illustration af MIPS (materialeintensiteten pr. serviceenhed), her abiotiske materialer, ved fremstilling, brug og forskellige former for genanvendelse af PVC og PE. Det ses, at der medgår hhv. 8,8 og 4,6 t/t til fremstilling af hhv. PVC og PE. Inputtet "afskrives" over en årrække, således at det gennemsnitlige input pr. år for serviceydelsen "at have et vindue (eller et rør)" falder, desto længere levetid. Hvis PVC-produktet herefter genanvendes efter "syncrude-metoden" (oparbejdning via syntetisk baseolie til ny PVC), ses genanvendelsen at være absurd, idet der medgår 12 t/t hertil. Omtegnet efter Bringezu et al., 1996, p. 6.

8.1.2.6 Materialeindikatorer kan ikke stå alene

Under den rundbordsdrøftelse, som er en del af grundlaget for nærværende projekt, understregede *Kim Ejlersen*, at materiale-indikatoren ikke skal stå alene, men må betragtes som et supplement til andre indikatorer, og at den besidder et enormt pædagogisk potentiale samt highlighter ellers ubemærkede aspekter ved vores ressourceforbrug.

Ejlersen betonedede således det mere eller mindre oversete kvantitative aspekt i vores ressourceforbrug i dag, hvor vi bogstavelig talt kan flytte bjerge (og gør det) i jagten på ressourcer og tilvejebringelse af tjenesteydelser. Menneskelige aktiviteter er i dag årsag til større materialeflytning, end naturen selv præsterer

(ved kyst- og flod-erosion, vulkanudbrud etc.). Derfor er det vigtigt at fokusere langt mere på inputsiden.

Han påpegede i den forbindelse, hvordan store materialestrømme, udløst af økonomien, i dag stort set ikke registreres, selvom de til syvende og sidst har en miljømæssig effekt. Pegede her på mineaffald¹¹, jord (der f.eks. flyttes i f.m. tilvejebringelse af infrastruktur), affald fra energifremstilling, gødning etc. etc., som mobiliseres og flyttes i stor stil, uden at dukke op i vores øvrige vurderinger af naturpåvirkning, selvom de har en væsentlig effekt på naturtilstanden.

Kim Ejlersen fandt endvidere, at rygsækfilosofien med fordel kan inddrages også i arealplanlægningen/planlægningen af infrastruktur, som står for en stor del af materialemobiliseringen i Danmark.

8.1.3 Håndteringen af det kvalitative aspekt

8.1.3.1 Farlighed og miljøeffekter reflekteres ikke

Som det fremgår retter en ikke uvæsentlig del af diskussionen om Wuppertal-metodens anvendelighed sig mod det mere kvalitative aspekt, hvor især spørgsmålet om de registrerede stofstrømmes farlighed eller miljøeffekt har været bragt i fokus. Men også spørgsmålet om de udvundne materials genanvendelighed har været bragt på bane, bl.a. i forbindelse med den rundbordssamtalen.

Der skal følgelig kort reflekteres over de kvalitative aspekter eller rettere manglen på samme:

Hvad angår spørgsmålet om farligheden (eller miljøeffekten) af de registrerede stofstrømme, var *Ejlersen* enig i, at detoksificering af materialestrømmene selvfølgelig ikke må glemmes, men blot er et andet element. Dematerialisering og detoksificering skal gå hånd i hånd. Lidt den samme konklusion nåede Miljøstyrelsens konference den 23. november 2000 om affaldsforebyggelse frem til, idet det i opsummeringen betonedes, at en generel nedsættelse af affaldsmængderne ikke kunne stå alene, men at det var vigtigt først og fremmest at slå ned på de affaldsstrømme, der giver miljømæssige problemer.

8.1.3.2 Farlighed svært forudsigelig på inputsiden

Beltran fremhæver, som ovenfor citeret (*Beltran, 1998, p. 26*) ønsket om at kunne reflektere mere præcist, hvilken farlighed, de forskellige stofstrømme har¹², og som ligeledes citeret bemærker *Steiner et al., 2000 (p. 18ff)*, at MIPS-metoden lider under netop ikke at sige noget om farligheden.

Det skal hertil bemærkes, at ønsket om at forene input-modeller med farlighedskriterier er svært at efterkomme. Eksempelvis et stof som kobber er i metallisk form et relativt harmløst stof, mens det, hvis det indgår i bestemte forbindelser, kan være endda "meget giftigt" (jf. cyanid-eksemplet ovenfor). Det samme gælder for de øvrige toksiske metaller, som i rene former er

¹¹ Ejlersen henviste i den forbindelse til "EarthWINS Daily mining-exchange newsletter", der handler om "unsafe mining", og som viderebringer talrige eksempler på minedriftens effekter på lokalmiljøer og -befolkninger, og som bidrager til at sætte de såkaldte "hidden" flows i relief som knap så "hidden" for dem, det går ud over. Oplyste, at man kan tilmelde sig newsletteret ved at sende en mail til majordomo@igc.apc.org med beskeden: "subscribe mining-exchange" i meddelelsesfeltet. Henviste endvidere til FoEs hjemmeside, www.foei.org – se under "mining".

¹² Efterlyser i øvrigt samtidig, at det skal være muligt at se forskel på fornyelige og ikke-fornyelige stofstrømme, hvilket synes efterkommet med opdelingen i hhv. abiotiske og biotiske materialeinput i MFA-beregningerne.

væsentligt mindre giftige end når de indgår i forbindelser. Affald, der indeholder metallisk kviksølv, skal eksempelvis først klassificeres som farligt affald, når koncentrationen overskrider 3%, mens f.eks. organiske kviksølvforbindelser kun må forekomme i koncentrationer på 0,05%.

Da det ikke er muligt at forudse, hvilke forbindelser f.eks. kobber eller kviksølv tænkes anvendt i, når det udvindes eller importeres - endsige på hvilke former, det vil fremkomme i affaldsstrømmen -, er det illusorisk at forestille sig det tillagt en bestemt farlighed på input-siden. Farligheden kan først vurderes på outputsiden, når råstoffet er blevet til et produkt eller affald/residual.

Fraværet af kvalitativ bedømmelse er så at sige en indbygget, metodisk svaghed ved input-konceptet, som det i virkeligheden er umuligt at udvikle sig ud af, men det er selvfølgelig muligt overordnet at sondre mellem relativt harmløse materialer som sand og grus på den ene side og arsen og kviksølv på den anden.

Ligeledes er det muligt ved opstilling af detaljerede materialestrømsregnskaber at tillægge de eksakte strømme af materialer og produkter en vægtning i f.t. farlighed, idet metoden herved bevæger sig over i en mere LCA-orienteret retning (med de komplikationer, det så måtte indebære, herunder problemet med, at vurderingen kun kan reflektere de problemer, der konceptueres – jf. i øvrigt diskussionen ovenfor).

Tilsvarende overvejelser kan opstilles f.s.v.a. andre kvalitative aspekter ved materialestrømmene.

8.1.3.3 Genanvendelighed reflekteres?

Leif Mortensen, Miljøstyrelsen påpegede således under rundbordssamtalen, at det kunne være ønskeligt, om genanvendeligheden af materialestrømmene lod sig reflektere i analysen.

Igen er det umuligt at forudse skæbnen for et givent råstof allerede på inputsiden, men igen er det muligt overordnet at sondre mellem materialetyper, der på den ene side relativt let lader sig genanvende og som typisk bliver det (f.eks. jern) og materialetyper, der på den anden side på det nærmeste er dømt til evig fortabelse (som f.eks. kulstof, der kun omsættes én gang og tabes fra økonomien indenfor en meget kort tidshorisont i form af CO₂).

Tilsvarende er det muligt i det detaljerede materialestrømsregnskab at følge de enkelte strømme og deres genanvendelse, men overordnet burde spørgsmålet om genanvendelsen jo gerne komme til udtryk som et samlet fald i såvel input som output af materialer.

Ultimativt ville det være ønskeligt med en metodeudvikling, der ville muliggøre opstilling af en pyramide a la den fra ernæringslæren velkendte, hvor materialer og råstoffer kunne indgå i prioriteret orden (med fornyelige og genanvendelige i bunden og ikke-fornyelige i toppen), således at det ved affaldsførebyggende ressourcevalg kunne tilstræbes at "tage mest fra bunden og lidt fra toppen".

8.1.4 UMIPs håndtering af ressourcspørgsmålet

Nedermark & Wenzel (1996) beskriver systematisk håndteringen af ressourceforbrug i UMIP-metoden. Således anføres det eksplicit (side 552)

om opgørelse af ressourceforbrug, at dette *ikke* udtrykkes i mængden af den malm, som udvindes fra jorden, f.eks. bauxit, jernmalm, kobbermalm eller lignende, men som *rene* ressourcer med "100% lødighed", f.eks. aluminium, jern, olie m.v.

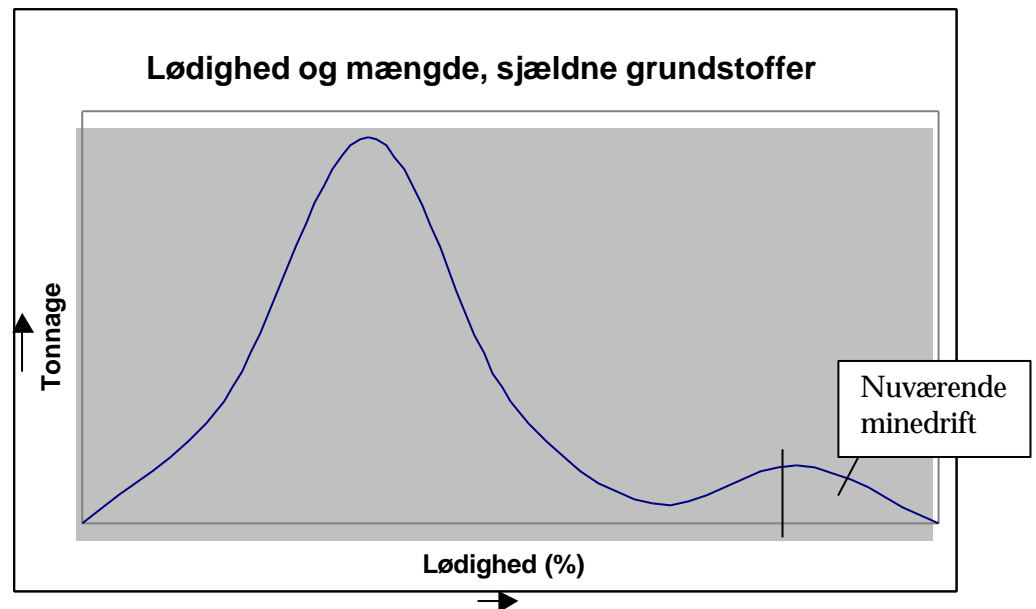
Denne afgrænsning begrundes med, at... "lødigheden af malmen kan variere. Jo ringere lødighed, jo større bliver forbruget af malmen og derfor er malmen forbruget i sig selv uinteressant. Forbruget af f.eks. jernmalm er ikke meningsfuld information med mindre lødigheden af malmen er kendt." (Nedermark & Wenzel, 1996, p. 552).

Men med denne afgrænsning, kortlægger UMIP netop *ikke* hvor meget økonomien "fylder" i naturen, således som Røpke efterlyser.

Nedermark & Wenzel (*op.cit.*) diskuterer selv (side 561 f.) de særlige problemer omkring vægtning af ressourcetrækket, set i forhold til malmenes lødighed. UMIP anvender som udgangspunkt *knaphed* som vægtningsindikator. Men *knaphed* kan ifølge forfatterne ikke ses isoleret fra lødighed.

F.eks. anføres det, at for metaller som bly, tin, zink og kobber gælder det, at de i dag brydes i bjergarter med specielt høje koncentrationer af det ønskede metal, og at disse bjergarter er begrænsede (se figur 8, som er gengivet efter Nedermark og Wenzel). Når de er udnyttet, vil lødigheden i de næste tilgængelige ressourcer være meget ringere, hvorfor forfatterne konkluderer, at træk på disse ressourcer reelt burde vægtes tungere i f.m. den endelige vægtning, men at der ikke er tilstrækkelige data til at gøre det.

Det skal bemærkes, at ud fra en økologisk rygsækbetragtning er det overordentligt relevant at se på lødigheder, eftersom rygsækkene vokser eksponentielt i takt med faldende lødighed (mere og mere malm skal håndteres pr. udvundet kilo metal – jf. de tidligere citerede eksempler med brunkul og finske miner og brud).



Figur 8:
Sammenhængen mellem mængden af bjergarter og lødigheden for sjældne metaller som bly, tin, zink og kobber. Det indses, at de økologiske rygsække vil stige eksponentielt, når de nuværende reserver er brugt op. (Omtegnet efter Nedermark & Wenzel, 1996, p. 562).

Med UMIPs valg af knaphed som vægtningsindikator – uden skelen til lødighed - forskertses muligheden af at opfange den pointe, som ligger i den wuppertalske tilgang, nemlig at det ikke er ressourcernes knaphed, der er det alvorligste, forstående problem, men derimod de stadig stigende miljøeffekter, som er forbundet med mobiliseringen af disse stadig mindre lødige ressourcer.

8.2 Materialeintensitets-analyse som politisk instrument

Der syntes fra Wuppertal Instituttets side ikke at være nogen tvivl om, at materialestrøms- og materialeintensitetsanalyser – det være sig i makro- eller mikro-perspektiv - er meget relevante redskaber som instrumenter for politikudvikling på bæredygtighedsområdet. Alene titlerne på flere af de workshops m.v., der er blevet afholdt i ConAccount-sammenhænge taler deres eget sprog. Således f.eks. :

”Regional and National Material Flow Accounting: From Paradigm to Practice of Sustainability” (*Bringezu et al., 1997*),
”Analaysis for Action: Support for Policy towards Sustainability by Material Flow Accounting” (*Bringezu et al., 1998a*),
”Ecologizing Societal Metabolism, Design Scenarios for Sustainable Materials Management” (*Kleijn et al., 1998*)

- ligesom et udkast til Wuppertal-Paper, ”Indicators for Sustainable Communities” (*Valentin & Spangenberg, 1999*) og Instituttets publiceringer i internationale tidsskrifter giver samme indikation – f.eks. ”Dematerialization, MIPS and Factor 10, Physical sustainability indicators as a social devise” (*Hinterberger & Schmidt-Bleek, 1999*).

De interviewede forskere bekræftede denne holdning, og illustrerede operationaliteten bl.a. gennem det tyske miljøministeriums beslutning i 1998 om blandt én af 6 indikatorer for bæredygtig udvikling at følge udviklingen i ressourceproduktiviteten for abiotiske materialer, idet der som mål for 2020 sættes en forøgelse af ressourceproduktiviteten med faktor 2,5.¹³

Også delstaten Nordrhein Westfalen har opstillet en styrkelse af ressourceeffektiviteten som et mål i forbindelse med formuleringen af sin produktorienterede miljøpolitik.

Såvel EEAs som OECDs stigende accept af materialstrøms-regnskaber som indikatorer tog Instituttet tillige som udtryk for anerkendelse af metoderne (se f.eks. *Moll & Gee, 1999*; *European Environment Agency, 2000 (p. 100-107)* og *OECD, 2000*).

8.2.1 Materialestrømskortlægning som grundlag for afgiftspolitik

8.2.1.1 Ressourceafgift ét af en række instrumenter

På et direkte spørgsmål om, hvorvidt materialestrømskortlægning kan bruges som grundlag for udmøntning af afgiftspolitik, og om råstofafgifter ville være

¹³ Indikatoren kan ses på et såkaldt ”barometer” på det tyske miljøministeriums hjemmeside, www.umwelt-deutschland.de/y/ex_00_00_y_j_00.html, hvor det via ”Main Issues” er muligt at klikke sig frem til ”Sustainable development” og videre på ”Subject survey”, hvor barometret klikkes frem under ”Ressource Protection Objectives of Environmental Action”.

et vægtigt instrument til reduktion af ressourcetrækket, fandt Bringezu, at en nøje kortlægning af materialestrømmene under alle omstændigheder ville være en forudsætning for en videre politik-udvikling, men at eventuelle ressource-afgifter blot ville være ét af en række instrumenter, der herefter måtte tages i brug.

Bringezu advarede mod at fokusere alene på råstoffer, og betonede, at det ikke er nok at se énsidigt på f.eks. mineindustrien, men at man jo snarere skulle se på/i kontakt med *aftagerne* fra mineindustrien, ikke mindst fordi mineindustrien ikke besidder den økonomiske formåen til at forbedre ressourceudnyttelsen og ej heller har et økonomisk incitament til at gøre det.

Han fandt endvidere, at det tillige måtte overvejes, i hvilket omfang også genanvendte materialer skulle pålægges afgifter. Umiddelbart vil en afgift alene på virgine råstoffer alt andet lige fremme genanvendelsen, men ud fra betragtninger baseret på termodynamikkens hovedsætninger er alt materialeforbrug i virkeligheden problematisk. Fremlagde i den forbindelse ovennævnte eksempel på MIPS-beregning der dokumenterede, hvorledes det er materialeøkonomisk absurd at genanvende PVC (kemisk). Se i øvrigt figur 7.

8.2.1.2 Ændrede honoreringsformer i byggesektoren

Bringezu pegede i øvrigt på, at input-spørgsmålet måtte integreres på en række niveauer, herunder f.eks. honoreringsformen for arkitekter og projekterende. De får til syvende og sidst altid honorar efter antallet af kvadratmeter (og dermed materialeforbrug), de har projekteret – ikke efter hvor meget areal og hvor mange materialer eller energi i såvel etablering som drift, de *har sparet!* Det er således også på områderne uddannelse og teknologjudvikling, der skal sættes ind, herunder med tilskudsordninger, koblet til specifikke mål, og som én af en række faktorer kan det da være relevant at inddrage også råstof- eller materialeafgifter.

8.2.1.3 Råstofafgift i ét land uhensigtsmæssigt

Set i samfundsmæssigt perspektiv fandt Bringezu det vigtigt at skruer sådanne eventuelle afgifter sammen på en måde, der virkede langsigtet og gav producenterne mulighed for at omstille sig successivt til en afgift på alt input. Var ikke afvisende overfor, at det ville være muligt på én og samme tid at pålægge afgifter, minimere ressourcetrækket og miljøbelastningen og at *sænke* arbejdsløsheden, men advarede mod at gå hovedkulds til værks, eftersom f.eks. en høj råstofafgift i ét land blot ville føre til import af færdigvarer og halvfabrikata i stedet med stigende arbejdsløshed til følge og uden reduktion i ressourcetrækket på globalt plan overhovedet.

Han betonede under alle omstændigheder vigtigheden af at tydeliggøre hvad og hvor, der i givet fald ville kunne sættes ind med reduktioner i materialeintensiteten og hvordan – ellers vil eventuelle afgifter ikke få den optimale adfærdsregulerende effekt. Så i den forbindelse gerne oprettelse af en international database med informationer.

Bringezu var i øvrigt meget inspireret af de danske CO₂- og råstofafgifter, og fandt det vigtigt, at ét eller flere lande gik foran og viste mulighederne i afgiftsinstrumentet.

Som optakt til den rundbordssamtale, der gennemførtes i Danmark i forbindelse med herværende projekt, fremsatte *Erik Hansen*, COWI, nedenstående betragtninger vedr. afgifter:

”Uanset min sympati for Wuppertal og lignende metoder, så er det desværre min overbevisning, at opgaven er en Sisyfos-opgave. Vores metoder kan alene opfylde formålet at skabe opmærksomhed om problemet, men indebærer ingen løsning. Det basale problem efter min opfattelse består i, at vores konstante forbedring af produktivitet som side-effekt har medført, at råmaterialer er blevet billige sammenlignet med arbejdslønnen i den industrialiserede verden.

Den eneste potentielle løsning, som jeg kan få øje på, når jeg tager hensyn til vores markedsbaserede samfund, er en international skat på salg af råmaterialer, som er langsomt voksende (dvs. år 1: 1%, år 2: 2% osv.). Skatten bør opkræves af og tilfalde FN til administration af FNs aktiviteter.”

Erik Hansen, pers.comm., Kathmandu, 21. november 2000

8.2.2 ”Efficiency” og ”sufficiency” skal gå hånd i hånd

Allerede i forbindelse med introduktionen af Friends of the Earths råderumsbegreb, som første gang introduceredes i Danmark via NOAH (NOAH, 1995), gjordes det klart, at øget ressourceeffektivitet var en forudsætning for en bæredygtig udvikling indenfor råderummets grænser. Men samtidig blev det gjort ligeså klart, at øget effektivitet ikke kunne stå alene: Der må også opdyrkes en ”tilstrækkelighedstrend”, hvis den øgede effektivitet ikke blot skal blive ædt op af øget forbrug. Det nytter således ikke at få en bil til at køre det dobbelte på det halve, hvis vi så bare begynder at køre det fire-dobbelte – fordi det nu er muligt med den samme indsats (i penge såvel som ressourcer).

På engelsk eksisterer en smuk symfoni mellem de to nødvendige begreber i en bæredygtighedsstrategi, som desværre ikke lader sig gengive på dansk, nemlig ”efficiency” og ”sufficiency”, som skal gå hånd i hånd. Begreberne søgtes introduceret også i en affalds-kontekst af *Thirstrup & Wejdling (1997)*, ligesom NOAH også i følgende skrifter i den såkaldte råderumsserie har fastholdt nødvendigheden af ”at gå på to ben” (se således f.eks. *NOAH (1998)* og *Ejlertsen (2000)*).

Heri ligger nok den væsentligste forståelsesmæssige brist mellem den wuppertalske tankegang og så den måde, f.eks. det danske Finansministerium forstår og bruger metoden på (*Finansministeriet, 2000*).

8.2.2.1 *Finansministeriet glemmer ”sufficiency”*

Når Finansministeriet i sin kritik af metoden påpeger det nyttesløse i at beregne økologiske rygsække, forbundet med tilvirkning af råstoffer, sker det ud fra den forudsætning, at der eksisterer et givent volumen af råstoffer og et givent verdensmarked, som efterspørger dette volumen.

Ifølge traditionel økonomisk tænkning vil der ske en prisdannelse ud fra udbud og efterspørgsel, og Finansministeriet påpeger, at i det omfang råvarer med lille rygsæk efterspørges mere end råvarer med stor rygsæk, vil der blot ske en segmentering af markedet.

Således vil råvarerne med lille rygsæk blive afsat til det købedygtige segment, som tillægger miljøspørgsmålet betydning, mens prisen på de råstoffer, der bærer på store økologiske rygsække, vil falde relativt og blive opkøbt af de segmenter, for hvem rygsækkenes størrelse betyder mindre.¹⁴ Summa summarum vil alle råstoffer fortsat blive afsat, og de tilhørende økologiske rygsække vil være lige store.

Denne tankegang er rigtig for så vidt som der alene spekuleres i "efficiency", og råvareforbruget så i øvrigt får lov at udvikle sig. Men med en samtidig tilstrækkelighedstrend, vil det samlede råvareforbrug på verdensplan falde, og i det omfang råstofudvindingen i takt hermed kan koncentreres om de forekomster og de teknologier, der udløser de mindste økologiske rygsække, vil effekten faktisk blive selvforstærkende ("mindre og renere"), og det forekommer i det perspektiv yderst relevant at få kortlagt og "mærket" de forskellige råstoffer. Skal øvelsen imidlertid lykkes, forudsætter det streng demokratisk kontrol med materialestrømmene, som ikke bare kan overlades til markedets tilfældige skalten og valten.

8.2.2.2 *Weizsäcker: Demokratisk kontrol er vigtig*

Weizsäcker har i et nyere arbejde (*Weizsäcker, 2000*) påpeget denne tredje vigtige faktor (ud over efficiency og sufficiency), nemlig demokratisk kontrol:

Weizsäcker gør således mere eller mindre op med sin egen tese om, at bæredygtig udvikling kan opnås alene gennem øget materiale-effektivitet. Han fastslår, at uden social retfærdighed er økologisk effektivitet ikke nok, og at "de stærke" efter murens fald har taget magten over "de svages" forsvar: demokratiet.

Han finder således, at balancen mellem de svage og de stærke, som kan opnås ved demokrati, ikke fungerer på globalt plan. Når man først har globaliseret økonomien, vil de stærke vinde hele tiden, idet de stærke uafslædigt vil sætte ethvert demokrati under pres, som vover at kontrollere. Han ser kun én mulighed, nemlig at... "miljødelæggelsen skal gøres ulovlig. Klimaet skal beskyttes, biodiversiteten skal beskyttes og demokratiets magt skal øges verden over. Det er en biologisk revolution, og den kræver meget mere end en 'effektivitetetsrevolution'", fastslår han (*Weizsäcker, 2000, p. 18*).

Herved bringer Weizsäcker sig påfaldende meget på linie med vores hjemlige filosof, Villy Sørensen, som også ser murens fald som indgangen til en ny æra, hvor konflikten står mellem de humanistiske værdier og de økonomiske interesser:

¹⁴ En analog segmentering af markedet kendes for f.eks. råfosfat og fosforgødninger, hvor en i Sverige indført progressiv afgiftsbelægning af cadmiumindholdet, startende ved 50 mg Cd/kg P, har medført, at den cadmiumfattige fosfat på verdensmarkedet afsættes til Sverige, mens Danmark og Østrig med noget højere acceptværdier for cadmiumindhold aftager det "næstbedste" og de øvrige EU-lande, som ikke har cadmiumkrav, aftager resten (sammen med det øvrige verdensmarked).

”Det er klart, at der er grænser for, hvor langt mennesket kan udnytte naturen, den ydre og sin egen, uden at få den imod sig, men det er ikke ganske klart, hvor grænsen går (...).

Viden, der straks kan udnyttes økonomisk, motiverer – i et kreativt videnssamfund! – kraftigere til handling end viden om de fatale følger, der muligvis først viser sig efter flere generationer. (...)

Under den kolde krig stod verdenskonflikten mellem to ideologier, der begge havde en – mere eller mindre kompromitteret – humanistisk værdikerne. Nu står den snarere mellem de humanistiske værdier og de økonomiske interesser, og den bliver ikke mindre alvorlig af, at de fleste i vores del af verden står på begge sider, heller ikke af at begge standpunkter lader sig begrunde med en humanisme: en, der ikke kender nogen grænser for menneskelig selvudfoldelse, og en, der kender og anerkender sådanne grænser af hensyn til alle de andre og de endnu ufødte, men som bare ikke lige ved, hvor grænserne går.”

Villy Sørensen på undervisningsministeriets Sorø-møde, week-enden 5.-6. august 2000 (oplæst in absentia), og her citeret fra "Information", 7. august 2000

Den humanisme, der kender og anerkender grænser for menneskelig selvudfoldelse af hensyn til alle de andre og de endnu ufødte, kan få god hjælp i de wuppertalske metoder til kvalificering af fornemmelsen for, hvor grænserne går.

8.3 Anvendelse i strategi for affaldsforebyggelse

8.3.1 Anvendelse i forebyggelsesstrategi

Under videnhjemtagningsbesøget på Wuppertal Institut forelagdes Bringezu direkte spørgsmålet om, hvorledes materialestrømsregnskaber og kortlægning af økologiske rygsække kan bruges strategisk i forbindelse med affaldsforebyggelse.

8.3.1.1 Afslører de største materialeinput

Bringezu anførte som det første, at regnskaberne og afdækningen af rygsækkene jo afslører, hvor de største materialeinput ligger, nemlig i de fossile brændsler (jf. i øvrigt WRIs beregning af, at gennemsnitlig 80 vægt-% af de industrialiserede landes materialeoutput består af CO₂, (Matthews et al., 2000)), og at det peger på, at energibesparelser og omlægning til alternative energikilder ville være det væsentligste skridt i retning af minimering af det samlede materialebehov og dermed forebyggelse af ”affaldsdannelse” i bredeste forstand.

Påpegede endvidere, at en fuldstændig MFA tillige kunne sikre imod, at en forebyggelsesstrategi ikke blot flytter problemet til andre medier (f.eks. fra fast affald til luftemission eller spildevandsudledning), til et andet tidspunkt (f.eks. i form af ophobede byggematerialer, der før eller siden skal ”ud” af økonomien) eller til et andet sted (f.eks. i form af økologiske rygsække, der efterlades i et andet land eller region), og lagde sig herved på linie med bl.a.

Rodenburg (2000), som argumenterer for relevansen af at inddrage "hidden flows" i nationale affaldspolitikker.

8.3.1.2 Strategien kan bruges "baglæns"

Bringezu påpegede, hvorledes metodikken kan "bruges baglæns" i forbindelse med udvikling af en bæredygtighedsstrategi, og understøttede herved en tilsvarende konstatering, som forfatterne til nærværende udredning tidligere har udtrykt (Christensen et al., 1999), nemlig at mens materialestrømsregnskaber og beregning af økologiske rygsække ikke i sig selv medfører forbedret ressourceintensitet og fald i affaldsmængderne, vil teoriapparatet stadig kunne anvendes også strategisk i bestræbelserne på at opnå en dematerialisering af økonomien:

Mens beregningsmetoderne således måler på materialeinputtet pr. serviceenhed – og derved tager udgangspunkt i, at der eksisterer såvel et behov som en given materiel ydelse, der kan indfri dette - kan værktøjet strategisk set bruges "baglæns".

Dematerialisering må således først og fremmest tage udgangspunkt i formulering af, hvad der er vores egentlige behov, og dermed hvilke konkrete serviceydelser, vi behøver. Det kan herefter vurderes, hvorvidt disse serviceydelser overhovedet behøver at komme til udtryk i form af materielle ydelser.

F.eks. behøver vi ikke hver i sær en telefonsvarer, men kan betjene os af én fælles, centralt placeret, og – som Schmidt-Bleek anfører (Schmidt-Bleek et al., 1998, p. 72) – så behøver vi heller ikke hver især en boremaskine eller f.eks. en støvsuger, der oven i købet tager plads op i hjemmet, som derved i princippet må bygges 1/4 m² større end nødvendigt, hvorfor vi må betale mere i husleje – faktisk så meget, at vi betaler støvsugerens pris én gang mere hvert 4. år, alene i husleje til dens opmagasinering! Hertil kommer det ekstra ressourceforbrug, som det øgede boligareal indebærer – boligforbruget er i forvejen den mest materialeintensive del af privatforbruget med ca. 15 ud af de 51 t, det tyske totale materialeinput pr indbygger opgjordes til pr år i 1991 (Bringezu et al., 1998d)).

Såfremt det viser sig uomgængeligt, at et givent behov alene kan indfries gennem en materiel ydelse må det vurderes, hvorledes denne materielle ydelse kan leveres med det mindst mulige input af ressourcer. Her vil ajourførte tabelværker til enhver tid kunne afsløre, om man bør vælge f.eks. genanvendt stål frem for beton, træ frem for plast eller flasker frem for dåser....

8.3.1.3 Affaldsforebyggelse skal "up front"

En affaldsforebyggelsesstrategi skal "up front" og regulere på inputtet, hvis den skal batte, mens traditionelle affaldsstrategier hidtil har været henvist til at operere i slipstrømmen (outputtet) fra vareproducerende samfund, hvor end ikke behovsudviklingen har kunnet følge med teknologiudviklingen, som dagbladet Børsen med beklagelse må konstatere på lederplads:

"Der er ingen særlig grund til at tro, at den teknologiske innovation pludselig er holdt op, men derimod mange tegn på at markedet er ved at være mættet for eksisterende teknologier og endnu ikke hungre efter nye... Det er ingen spøg, når det nævnes, at en af de største producenter af mobiltelefoner overvejer at ansætte en antropolog for at
--

samle viden om, hvad man kan få menneskeaben til at lege med. Teknologien løber tilsyneladende forud for evnen til at anvende produkterne.”

Leder i Dagbladet "Børsen" 12. januar 2001

Ved at vende "beslutningskæden" fra "ressource-produkt-behovsskabelse-forbrug" til behov-serviceydelse-måske produkt-måske ressource", opnås den størst mulige dematerialisering af samfundsøkonomien, og derved åbnes for muligheden af en reel afkobling af væksten i materialeforbrug (og dermed affaldsdannelse) fra væksten i økonomien.

Hvorvidt en begrænsning i inputtet herefter giver sig momentane udslag i den danske affaldsstatistik (ISAG) afhænger af...

- hvorvidt der strategisk alene satses på reduktion af DMC (størst effekt på ISAG), eller på TMR (som måske slet ikke giver udslag i den nationale affaldsstatistik!)¹⁵,
- hvorvidt en reduktion af DMC eller TMR opnås gennem en bedre ressourceudnyttelse i form af øget tilbageholdelsestid i økonomien (hvilket giver størst momentan effekt på ISAG) og/eller
- hvorvidt der sker en netto-ophobning af materialer i økonomien (hvilket ligeledes giver faldende affaldsmængder, men kun for en periode!).

Endelig kan generelle miljømæssige "end-of-pipe-forbedringer" i form af bedre filtre, bedre renseanlæg, mere effektive indsamlingssystemer/begrænsning af illegal dumping, bedre og mere fintmasket registrering¹⁶ etc. etc. betyde, at en relativt større andel af den samlede materialestrøm gennem en økonomi kommer ud som registreret "fast affald", hvorfor et absolut fald i den samlede materialestrøm ikke nødvendigvis giver sig udslag i form af faldende affaldsmængder.

8.3.1.4 Sammenhængen mellem materialeinput og affaldsdannelse

Sammenfattende om sammenhængen mellem input af ressourcer og output i form af affald, der registreres i den danske affaldsstatistik (ISAG), kan det konkluderes, at en nedbringelse af Danmarks totale materialebehov, herunder en nedbringelse af de enkelte produkters og serviceydelsers økologiske rygsække, ikke nødvendigvis vil resultere i et tilsvarende fald i de registrerede affaldsmængder.

Omvendt vil en ensidig strategi for nedbringelse af de danske affaldsmængder, målt som vægt, ikke nødvendigvis føre til et fald i det totale materialebehov endside den samlede miljøbelastning, der er forbundet med samfundets ressourceforbrug og -tab.

8.3.1.5 Genanvendelse forebygger i visse tilfælde

En forøgelse af den samlede ressource-effektivitet med faktor 4 eller 10 vil imidlertid alt andet lige nedbringe den samlede affaldsdannelse og de hermed forbundne miljøeffekter med tilsvarende faktorer på globalt plan.

¹⁵ Jf. i øvrigt de finske data, som helt klart indikerer, at de "hidden flows", forbundet med importerede varer er i fortsat vækst, mens det direkte materialeinput har været tilnærmelsesvist konstant i perioden 1970-96. Se figur 6.

¹⁶ Eksempelvis den stigning i affaldsmængderne, som kunne konstateres i de første år med ISAG, kunne i en vis udstrækning tilskrives forbedret registrering.

Bl.a. derfor kunne det genovervejes, om materialelegnanvendelse under visse omstændigheder kan inddrages i den danske strategi for affaldsforebyggelse, nemlig når det samlede materialeinput ved produktion af et givet produkt baseret på genvundne materialer er mindre end det tilsvarende input, hvis produktet fremstilles ud fra virgine materialer.

Det er således op til en politisk vurdering, om en dansk affaldsforebyggelsesstrategi alene skal tilgodese en national nedbringelse af de affaldsmængder, der registreres i den officielle danske affaldsstatistik, eller om strategien tillige skal have et globalt aspekt.

I sidstnævnte tilfælde vil beregning af enkeltprodukters økologiske rygsække samt opstilling af et nationalt materialestrøms-regnskab med tilhørende mål og virkemidler for nedbringelse af det totale materialebehov være en far- og målbar vej.

8.3.2 Anvendelse af MFA som bæredygtighedsindikator

Med udgangspunkt i en national MFA kan aggregeres indikatorer, som udtrykker ressourceproduktiviteten relativt, f.eks. pr. indbygger eller pr. BNP – eller sagt populært: Det kan udtrykkes, hvor mange tons materialer en given økonomi er nødsaget til at mobilisere for at producere et givent bruttonationalprodukt. Eurostats guideline rummer anvisninger herpå.

Det kommer an på en politisk vurdering, om indikatoren skal afspejle det samlede materialeinput til hele den danske økonomi (DMI – *Direct Material Input*) eller alene den del, som forbruges i Danmark (DMC – *Direct Material Consumption*).

Ultimativt ville en indikator, der afspejlede det samlede behov for mobilisering af ressourcer, herunder også de udenlandske økologiske rygsække, nemlig den af Wuppertal Institutet udviklede TMR-indikator (TMR – *Total Material Requirement*), være den i globalt perspektiv mest sande/pædagogiske og mest dækkende som indikator for bæredygtighed (se tillige nedenfor), men i betragtning af, at ikke alle økologiske rygsække kendes til bunds, og eftersom der synes at være en sammenhæng mellem DMI og TMR, kunne DMI overvejes anvendt som indikator for indeværende, suppleret med udvalgte ”TMR-indikationer” for nærmere angivne produkter/tjenesteydelser. Valget må bl.a. bero på, hvor langt det synes muligt at nå i forbindelse med Danmarks Statistiks projekt om opgørelse af materialestrømsregnskaber for Danmark.

Det er under projektet fremført som forslag, at DK indarbejder en MFA-rapportering i den Natur- og Miljøpolitiske Redegørelse, som afgives hvert 4. år, og i det hele taget lader MFA indgå i den overordnede strategiske miljøpolitik.

Det kunne, som det f.eks. er valgt af det tyske miljøministerium, overvejes alene at medtage abiotiske materialer i indikatoren, eftersom disse er synonyme med ikke-fornyelige ressourcer, og måske derfor har særlig interesse i bæredygtighedsperspektiv. Imod denne afgrænsning taler imidlertid det særlige danske forhold, at en ikke uvæsentlig del af vores TMR må formodes at bestå af biotiske materialer, som indgår i landbrugsproduktionen, og som formodentlig efterlader sig anseelige økologiske rygsække under fjerne himmelstrøg (f.eks. i f.m. produktion af soja-protein).

Afslutningsvis skal det blot repeteres, at dette og foregående kapitel har lokaliseret tre forskellige udsagn, som uafhængigt af hinanden når til samme konklusion, nemlig at det globale aspekt i ressourcehusholdningen spiller og vil spille en stadig større rolle:

”Således kan de transnationale materialestrømme, som belaster det globale miljø, og som er forbundet med den tyske økonomi ikke negligeres, når den globale effekt af den nationale økonomi skal undersøges....”

Bringezu et al., 1998b, p. 64, forf. oversættelse

”Hvis globaliseringen af økonomien indebærer, at miljøeffekterne i høj grad slår igennem andre steder end der, hvor forbruget finder sted, og hvis størrelsen af den nationalformue, danskerne kan give videre til næste generation, afhænger af, hvor meget vi tilegner os fra andre lande i dag, så bliver det meningsløst at tage et nationalt udgangspunkt.”

Røpke, 2000, p. 197

”Mens data om indirekte flows normalt vil lide under en vis grad af manglende præcision, er beregningen af dem desuagtet vigtig for at kaste lys over effekterne af handel og globalisering. Det må formodes, at sådanne spørgsmål vil blive stadigt vigtigere i fremtiden. Regnskaber vedrørende materialer brugt indenlandsk (d.v.s. DMI) vil blive mindre meningsfulde i en global (snarere end national) sammenhæng.

Eurostat, 2000, p. 18, forf. oversættelse

9 Konklusion

9.1 Økologiske rygsække – er de kortlagt?

Der findes ikke i Wuppertal Institutet en samlet oversigt over allehånde produkters økologiske rygsække. Der søges tilstræbt opbygget og vedligeholdt en database, indeholdende oplysninger om det samlede materialeinput – og hermed også de økologiske rygsække -, der er forbundet med tilvejebringelsen af 200 såkaldte basis-materialer (råvarer og halvfabrikata), ligesom modulbyggekodser, der muliggør indregning af transportens bidrag til økologiske rygsække, er under udvikling, idet foreløbige data allerede er gjort tilgængelige.

Ud fra detailkendskab til et givet produkts sammensætning er det på baggrund af de nuværende tilgængelige data og metoder muligt at beregne størstedelen af dette produkts økologiske rygsæk/materialeintensiteten pr. serviceenhed (MIPS).

Det er typisk producenten, som sidder inde med detail-viden om sit eget produkt, og derfor ved hjælp af bl.a. databasens oplysninger kan beregne rygsækkene/MIPS, subsidiært rekvirere sådanne beregninger hos Wuppertal Institutet.

Dog findes publicerede MIPS-beregninger over et antal produkter/serviceydelser, herunder persontransport med højhastighedstog, ferro/nikkel- og ferro/chrom-legeringer, køkkener af massivt træ og spånplader, vandrør af PVC, stærkstrømsmaster af stål og beton, dåser af hvidblik og aluminium, systemer for spildevandsbehandling, skibsfart samt drikkevareemballage (glasflasker, hvidblik- og aluminiumsdåser), ligesom skøn over materialeinputtet i godt 50 produkter er foretaget.

Wuppertal Institutet undersøger p.t. sammen med det tyske og det østrigske miljøministerium muligheden af at oprette et fælles-europæisk datacenter, som kan overtage opbygning og vedligeholdelse af økologiske rygsæk-data om så mange råvarer samt halv- og helfabrikata som muligt.

Der er imidlertid et metode-apparat under opbygning, som indenfor en overskuelig tidshorisont vil muliggøre indførelse af krav om mærkning af de enkelte produkter med deres respektive økologiske rygsække/MIPS, subsidiært at kræve, at alle større vareproducenter oplyser om de økologiske rygsækkes størrelse på produkt-datablade, eller at størrelsen af økologiske rygsække/MIPS tillægges betydning i forbindelse med opstilling af tildelingskriterier for miljømærker ("blomsten" og "svanen").

9.2 Vurdering af hele økonomiers ressourcetræk?

Der er opstået international konsensus omkring, hvorledes hele økonomiers ressourcetræk skal beregnes og vurderes, sidst men ikke mindst kommet til udtryk i form af Eurostats nye forslag til guideline på området, som ligger i sidste-udkast til offentlig kommentering. Den af Wuppertal Institutet udviklede parameter, "Total Material Requirement" (TMR) er i den

forbindelse blevet kanoniseret som det ultimative mål for en økonomis samlede træk på ressourcerne i ind- og udland.

Der er opgjort og publiceret sammenlignelige såkaldte "Overall Material Flow Accounts" (oMFA'er) og beregnet totale materialebehov for en række lande og stats sammenslutninger, herunder en foreløbig beregning for Danmark, der indikerer et årligt materialebehov pr. dansker på 51 t/år, excl. de økologiske rygsække, der gemmer sig i importerede produkter.

MFA'er kan bidrage til at overvinde nogen af de barrierer, der har begrænset de miljø- og ressourcemæssige resultater af affalds- og materialepolitikken gennem de sidste 25 år, ved dels at forbedre informationsgrundlaget om materialer før de bliver til affald (og derved give et direkte link til affaldsforebyggelse), dels at fremme en mere holistisk tankegang, og endelig ved at give et mere overskueligt grundlag for en øget opmærksomhed hos såvel producenter som forbrugere omkring deres affaldsgenererende aktiviteter.

Wuppertal Institutet fremhæver, at DK har en virkelig god forudsætning for at arbejde videre på MFA-området i Danmarks Statistiks fysiske input/output tabeller for 1990, og Eurostat har bevilget tilskud til et projekt hos Danmarks Statistik, som går ud på at opstille materialestrømsregnskaber for Danmark for 1981, 1990 og 1997, hvori forventes at indgå såvel det direkte materialeinput (DMI) som det direkte indenlandske materialeforbrug (DMC) og det totale materialebehov/forbrug (TMR/TMC).

Herved får Danmark "forærende" udgangsstatus for en national MFA, og dermed en indikator for bæredygtig udvikling, såfremt det besluttes at sætte MFA'en i løbende produktion.

9.3 anbefalinger

I forlængelse af nærværende studie, som har eftervist, at der er udviklet metodeapparater til såvel at beregne enkeltprodukters samlede træk på naturressourcerne som hele den danske økonomis tilsvarende træk, skal det anbefales, at metoderne bringes i anvendelse såvel i forbindelse med udviklingen af en dansk strategi til forebyggelse af affaldsdannelse, dels som led i en samlet strategi for bæredygtig udvikling, herunder opstillingen af en eller flere indikatorer for en sådan udvikling.

Konkret skal det anbefales, at...

- Miljøstyrelsen går aktivt ind i at få mærket alle produkter med deres respektive økologiske rygsække, så det bliver muligt at aflæse det enkelte produkts samlede træk på ressourcerne – subsidiært, at styrelsen arbejder for, at de økologiske rygsække tillægges større vægt i forbindelse med opstilling af tildelingskriterier for de officielle miljømærker ("blomsten" og "svanen").
- Miljøstyrelsen går aktivt ind i at få opbygget en international database, som indsamler og vedligeholder data om de økologiske rygsække, der er forbundet med tilvirkning af de basis-produkter, som de vestlige økonomier - herunder Danmark - baserer sig på.

- Miljøstyrelsen går aktivt ind i opstillingen af et dansk, totalt materialestrømsregnskab, eksempelvis via en følgegruppe til det af Danmarks Statistik igangsatte projekt om samme, og herunder bidrager aktivt til, at et materialestrømsregnskab sættes i løbende produktion med henblik på tilbagevendende publicering/ anvendelse i de Natur- og Miljøpolitiske Redegørelser, som afgives hvert fjerde år.
- Danmarks Totale Materiale-Behov (TMR - subsidiært det direkte materialeinput (DMI) eller det direkte materialeforbrug (DMC)) pr. indbygger opstilles som indikator for ressourceeffektivitet, og dermed som indikator for, hvorvidt Danmark udvikler sig bæredygtigt, idet det som pejlemærke for udviklingen sættes som mål at opnå en reduktion pr. indbygger med faktor 4 inden 2030 og med faktor 10 inden 2050. Indikatoren kan også overvejes udtrykt i f.t. BNP.
- Miljøstyrelsen aktivt bruger de skitserede metoder til udvikling af en affaldsforebyggelsespolitik, som tager afsæt i formulering af nødvendige behov, vurdering af, hvorvidt disse behov overhovedet behøver at være materielle (idet immaterielle løsninger søges fremmet) og endelig vurdering af, hvorledes materielle behov kan indfries under mobilisering af færrest mulige ressourcer.
- Miljøstyrelsen i den forbindelse nøje overvejer hvilke adfærdsmæssige ændringer, realiseringen af en sådan forebyggelsesstrategi måtte indebære, samt hvilke virkemidler, der må tages i anvendelse for at opnå de nødvendige adfærdsændringer.
- Miljøstyrelsen i lyset af betragtningerne om økologiske rygsække og deres ophobning specielt i udlandet genovervejer hvorvidt og i givet fald hvornår materialelegnanvendelse kan betragtes som en affaldsforebyggende foranstaltning (f.eks. når det samlede materialeinput ved genanvendelse er mindre end ved produktion baseret på virgine materialer).
- Miljøstyrelsen på tilsvarende vis inddrager overvejelser om økologiske rygsække og ressourceeffektivitet i vurderinger af, om håndteringshierarkiet i øvrigt bør fraviges i konkrete tilfælde.
- Miljøstyrelsen går aktivt ind i at udvikle metodegrundlaget med henblik på også at kunne reflektere kvalitative aspekter, herunder ikke mindst spørgsmålet om farlighed.
- Regering og Folketing aktivt udnytter de takter til øget dematerialisering, som implicit findes i de skitserede metoder, bl.a. ved bruge metoderne ved udformning og miljøvurdering af lovforslag m.v., samt ved udvikling af skatte- og afgiftspolitikken.
- Danmark aktivt arbejder for at få indarbejdet de skitserede metoder i det internationale arbejde med minimering af ressourceetækket, affaldsforebyggelse og begrænsning af ressourceetab i regi af såvel EU som FN, OECD og WTO, og at Danmark i den forbindelse arbejder for en "genoplivning" af det metodiske udviklings-lokomotiv, som "ConAccount" udgjorde i materialeintensitetsanalysens barndom – f.eks. ved at tilbyde sig som vært for en første genoplivningsworkshop.....

I det hele taget anbefales det at sikre fortsat forskning i og udvikling af såvel Wuppertalmetoden som andre input-orienterede metoder, herunder ikke mindst energibaserede og arealbeslaglæggelses-baserede metoder.

10 Litteratur

Ud over den her foreliggende oversigt over litteratur, der er indsamlet som et led i projektet, er der tillige udarbejdet en kommenteret litteraturliste, hvor de vigtigste pointer i de enkelte kilder er angivet.

Den kommenterede litteraturliste foreligger som særskilt arbejdsnotat, der kan rekvireres i Miljøstyrelsen.

Adriaanse, A.; S. Bringezu; A. Hammond; Y. Moriguchi; E. Rodenburg; D. Rogich & H. Schütz (1997): *Resource Flows: The Material basis of Industrial Economies*.

World Resource Institute, Washington D.C. April 1997.

Library of Congress Catalog Card No. 97-60566

ISBN: 1-56973-209-4

Ayres, Robert U. & Udo E. Simons (eds.) (1994): *Industrial metabolism: Restructuring for sustainable development*. United Nations University Press, Tokyo/New York/Paris.

ISBN 92-808-0841-9

Beltran, Domingo Jiménez (1998): *A Possible Role of Material Flow Analysis within a European Environmental Reporting System – Changing Course in Environmental Information*. In Bringezu et al. (eds.) (1998a): "Analysis for Action: Support for Policy towards Sustainability by Material Flow Accounting." Proceedings of the ConAccount Conference 11-12 September 1997, p. 16-27. Wuppertal, Germany. Wuppertal Special 6, Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy, Science Centre North Rhine-Westphalia.

ISBN 3-92 99 44-09-X

Bleischwitz, Raimund (2000): *Forschungsstelle „Faktor Vier“ (FF4)*.

Præsentation af ny forskningsenhed på Wuppertal Institut, grundlagt august 2000. Findes på instituttets hjemmeside

<http://www.wupperinst.org/Seiten/Abteilungen/ff4.html>.

Bringezu, Stefan (1993): *Ressource intensity analysis – A screening step for LCA*. Fresenius Environmental Bulletin, Vol. 2, No. 8, p. 449-454.

Bringezu, Stefan (1996): *Von der Abfallwirtschaft zur Stoffstromwirtschaft*. im: Schriftenreihe des Österreichischen Wasser- und Abfallwirtschaftsverbandes, Heft 103. Klagenfurt 1996.

Bringezu, Stefan (1997): *Umweltpolitik - Grundlagen, Strategien und Ansätze ökologische zukunftsfähigen Wirtschaftens*.

R. Oldenbourg Verlag, München, Wien, 1997

ISBN 3-486-24294-6

Bringezu, Stefan (1998a): *Dezentrale Abwasserbehandlung für ländliche und urbane Gebiete*. 27. Abwassertechnisches Seminar. Berichte aus Wassergüte-

und Abfallwirtschaft Technische Universität München, Berichtsheft Nr. 138, 1998.
ISSN 0942-914X

Bringezu, Stefan (1998b): *Material Flow Analyses Supporting Technological Change and Integrated Resource Management* in: Kleijn, René, Stefan Bringezu, Marina Fischer-Kowalski & Viveka Palm (eds.) (1998): ConAccount workshop: Ecologizing Societal Metabolism, Design Scenarios for Sustainable Materials Management, November 21st 1998, Amsterdam, The Netherlands. CML report 148. Leiden University, Section Substances & Products.

Bringezu, Stefan (2000a): *History and Overview of Material Flow Analysis*. Special Session on Material Flow Accounting, Working Group on the State of the Environment, 30th Meeting, OECD, Chateau de la Muette, Paris, 24 October 2000. Room Document – MFA 1.

Bringezu, Stefan (2000b): *Ressourcennutzung in Wirtschaftsräumen* Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 2000.
ISBN: 3-540-66886-1

Bringezu, Stefan; Hartmut Stiller & Friedrich Schmidt-Bleek (1996): *Towards increasing eco-efficiency: Material Intensity Analysis – A Screening Step for LCA – Concept, method and applications*. Proceedings of the Second International Conference on EcoBalance, November 18-20, 1996, Tsukuba, Japan: 147-152.

Bringezu, Stefan; Marina Fischer-Kowalski; René Kleijn & Viveka Palm (eds.) (1997): *Regional and National Material Flow Accounting: From Paradigm to Practice of Sustainability*. Proceedings of the ConAccount workshop 21-23 January, 1997. Leiden, The Netherlands. Wuppertal Special 4, Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy, Science Centre North Rhine-Westphalia.
ISBN 3-92 99 44-05-7

Bringezu, Stefan; Marina Fischer-Kowalski; René Kleijn & Viveka Palm (eds.) (1998a): *Analysis for Action: Support for Policy towards Sustainability by Material Flow Accounting*. Proceedings of the ConAccount Conference 11-12 September 1997. Wuppertal, Germany. Wuppertal Special 6, Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy, Science Centre North Rhine-Westphalia.
ISBN 3-92 99 44-09-X

Bringezu, Stefan; Ralf Behrensmeier & Helmut Schütz (1998b): *Material Flow Accounts, Part I: General Aspects, Aluminium, National Overall Accounts*. EUROSTAT Doc. MFS/97/6 presented to the Sub-Group Meeting on Statistics on Scarce and Hazardous Materials of the Working Group “Statistics of the Environment”, Joint Eurostat/EFTA Group, 26 and 27 January 1998, Luxemborg. Wuppertal Institute.

Bringezu, Stefan & Helmut Schütz (1998c): *Material Flow Accounts, Part II: Construction Material, Packagings, Indicators*. EUROSTAT Doc. MFS/97/6 presented to the Sub-Group Meeting on Statistics on Scarce and Hazardous Materials of the Working Group “Statistics of the Environment”, Joint

Eurostat/EFTA Group, 26 and 27 January 1998, Luxemborg. Wuppertal Institute.

Bringezu, Stefan; Ralf Behrensmeier & Helmut Schütz (1998d): *Material flow accounts indicating environmental pressure from economic sectors*, in: Uno, Kimio & Peter Bartelmus (1998): *Environmental Accounting in Theory and Practice*, p. 213-227. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/London.

BUND/MISEREOR (Hersg.)
Zukunftsfähiges Deutschland - Ein Beitrag zu einer global nachhaltigen
Entwicklung
Birkhäuser Verlag, 1996
ISBN: 3-7643-5278-7
(*Er også udgivet i forkortet, engelsk udgave: „Greening the North“*)

Christensen, T.E.; H. Jørgensen & H. Wejdling (1999): *Er der miljømæssigt råderum at hente i skraldespanden?*. MILJØSK nr. 18, 1999 s. 8-17.

Ejlertsen, K. (2000): *Miljømæssigt råderum for lokalområder - sæt mål for Agenda 21-arbejdet*, s. 55-65 I: NOAH 2000. Lokal Agenda 21 - pejlemærker og nye aktører. Kampagnen for et bæredygtigt Europa". Skrift nr. 7 i NOAHs råderumsserie. Friends of the Earth Denmark. NOAHs forlag.

European Environment Agency (2000): *Environmental signals 2000*. EEA-report No. 6
EEA, Copenhagen 2000.
ISBN: 92-9167-205-X

Eurostat (1997): *Material Flow Accounting - Experience of Statistical Institutes in Europe*.
Directorate B.
Luxembourg, December 1997.

Eurostat (1999): *Pilot studies on NAMERAs for Air emissions with a Comparison at European level*.
European Communities, 1999
ISBN: 92-828-7337-4

Eurostat (2000): *Economy-wide Material Flow Accounts and Balances with derived Resource Use Indicators - A Methodological Guide*. Draft for Public Review, 10 October 2000, Eurostat B1

Finansministeriet (2000): *Miljøvurdering af finanslovsforslag 2001 (kapitel 3: Ressourceforbrug - En Fysisk opgørelse)*.

Fischer-Kowalski, Marina (1997): *Society's Metabolism. On the Development of Concepts and Methodology of Material Flow Analysis. A Review of the Literature*. Schriftenreihe Soziale Ökologie, Band 46. Institut für Interdisziplinäre Forschung und Fortbildung der Universität Innsbruck, Klagenfurt und Wien, Wien.

Gers, Volker; Heinz Hübner; Peter Otto & Hartmut Stiller (1997): *Zur Ressourcenproduktivität von spurgeführten Hochgeschwindigkeitsverkehrssystemen: Ein Vergleich von ICE und Transrapid*. Eine gemeinsame

Studie des Lehrstuhls für TechnikWirkungs- und Innovationsforschung der Universität Gh Kassel und des Wuppertal Instituts. Kurzfassung. Wuppertal Papers No. 75, juni 1997
ISSN 0949-5266

Hansen, Klaus (2000): *Oplæg om byggeri*. Arbejdsnotat fra SBI, fremlagt på Miljøstyrelsens konference om affaldsforebyggelse den 23. november 2000 i København.

Hinterberger, Friedrich & Friedrich Schmidt-Bleek (1999): *Dematerialization, MIPS and Factor 10, Physical sustainability indicators as a social device*. ELSEVIER, Ecological Economies 29 (1999), 53-56

Hoffrén, Jukka (1999a): *Measuring the ECO-Efficiency of the Finish Economy*. Tutkimuhsia Forskningsrapport, Research Reports 229, Statistics Finland/Statistikcentralen.
ISBN 951-727-693-1

Hoffrén, Jukka (1999b): *Material Flow Accounting as a Measure of the Total Consumption of Natural Resources*. Ministry of the Environment, The Finish Environment – 287, Helsinki, 1999
ISBN 952-11-0436-8

Juutinen, A. & I. Mäenpää (1999): *Time Series for the Total Material Requirement of Finish Economy – Summary*. Eco-efficient Finland Project, interim report 15 August 1999. University of Oulu, Thule Institute. (Kan downloades fra <http://thule.oulu.fi/ecoef>).

Kleijn, René; Stefan Bringezu; Marina Fischer-Kowalski & Viveka Palm (eds.) (1998): *ConAccount workshop: Ecologizing Societal Metabolism, Design Scenarios for Sustainable Materials Management*, November 21st 1998, Amsterdam, The Netherlands. CML report 148. Leiden University, Section Substances & Products.
ISBN 90-5191-124-6

Liedtke, Christa; Thomas Merten; Michael Kuhndt; Beatrice Baku (1995): *Materialintensitätsanalysen von Grund-, Werk- und Baustoffen (3) – Die Stahlveredler, (Ferro)-Chrom und (Ferro)-Nickel*. Wuppertal Papers Nr. 38, Juli 1995.

Liedtke, Christa & Holger Rohn (1997): *Zukunftsfähiges Unternehmen (1) – Öko-Audit und Ressourcemanagement bei der Kambium Möbelwerkstätte GmbH*. Eine Studie finanziert vom Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen.
Wuppertal Papers Nr. 69, Januar 1997
ISSN 0949-5266

Markus, Dirk; Christopher Manstein & Christa Liedtke (1996): *Materialintensitätsanalysen von Grund-, Werk- und Baustoffen (4) – Der Werkstoff PVC, Materialintensität eines Trinkwasserrohres*. Wuppertal Papers Nr. 63, Oktober 1996
ISSN 0949-5266

Matthews, Emely; Christof Amann; Stefan Bringezu; Marina Fischer-Kowalski; Walter Hüttler, René Kleijn; Yuichi Moriguchi; Christian Ottke; Eric Rodenburg; Don Rogich; Heinz Schandel; Helmut Schütz; Ester van der Voet & Helga Weisz (2000): *The Weight of Nations – Material Outflows from Industrial Economies*. World Resources Institute, Washington, D.C.
Library of Congress Catalog Card No. 00-107192
ISBN 1-56973-439-9

Merten, Thomas; Christa Liedtke & Friedrich Schmidt-Bleek (1995): *Materialintensitätsanalysen von Grund-, Werk- und Baustoffen (1) – Die Werkstoffe Beton und Stahl, Materialintensitäten von Freileitungsmasten*. Wuppertal Papers Nr. 27, Januar 1995.

Moll, Stephan & David Gee (1999): *Making sustainability accountable: Eco-efficiency, resource productivity and innovation*. Topic report No. 11/1999, European Environment Agency, Copenhagen.
ISBN 92-9167-168-1

Nedermark, R & H. Wenzel (1996): *Ressourceforbrug som vurderingskriterium ved miljøvurdering af produkter*, s. 547-564 I: Hauschild, M.(red.) (1996):"Baggrund for miljøvurdering af produkter". (UMIP-rapporten), Miljø- og Energiministeriet, Miljøstyrelsen.

NOAH (1995): *Mod et bæredygtigt Europa*. Skrift nr. 1 i NOAHs råderumsserie.

NOAH (1998): *Bæredygtigt Danmark*, 2. rev. udg. Skrift nr. 3 i NOAHs råderumsserie..

Nordisk Ministreråd (1999): *Factor 4 and 10 in the Nordic Countries - the transport sector, the forest sector, the building and real estate sector, the food supply chain*.
TemaNord 1999:528
ISBN: 92-893-0310-7

OECD (2000): *Report on the OECD Waste Material Flows and Resource Efficiency Seminar, 25 October 2000, Paris*. ENV/EPOC/PPC/RD(2000)3, OLIS 10-Nov-2000, Dist. 13-Nov-2000.

Pedersen, Ole Gravgård (1999): *Fysiske input-output tabeller for Danmark. Varer og materialer 1990. Energirelaterede emissioner til luft 1990-92*. Danmarks Statistik 1999.
ISBN 87-501-1061-6
(Er også udgivet på engelsk under titlen:"*Physical Input-Output Tables for Denmark - Products and Materials 1990, Air Emissions 1990-92*". Danmarks Statistik 1999
ISBN 87-501-1076-4)

Pedersen, Ole Gravgård (2000a): *NAMEA and Physical Input-Output Tables. Proceeding in Workshop on Life Cycle Assessment (LCA) and Input/Output-Analysis (I/O-A)*. 29th. September 2000, Copenhagen.

Pedersen, Ole Gravgård (2000b): *Opgørelse af materialestrømsregnskaber for Danmark (MFA)*. Arbejdsnotat fra Danmarks Statistik, Nationalregnskabet, December 2000.

Rodenburg, Eric (2000): *Relevance of hidden flows to the formulation of national waste policies*. Proceedings of OECD-seminar, 25 October 2000: Waste Material Flows and Resource Efficiency Seminar. Paris. ENV/EPOC/PPC/RD(2000)3.

Rohn, Holger; Christopher Manstein & Christa Liedtke (1995): *Materialintensitätsanalysen von Grund-, Werk- und Baustoffen (2) – Der Werkstoff Aluminium, Materialintensitäteten von Getränkedosen*. Wuppertal Papers No. 37, Juni 1995.

Røpke, Inge (2000): *Om at regne i natur*, s. 186-199 I: Holten-Andersen, J. et al. (red.): "Dansk naturpolitik - i bæredygtighedens perspektiv". Temarapport nr. 2, 2000, Naturrådet

Røpke, Inge (in prep. a): *The environmental impact of changing consumption patterns: A survey*. Accepted for publication in International Journal for Environment and Pollution.

Røpke, Inge (in prep. b): *41 ton - roser til Finansministeriet*. Indleveret til antagelse i Global Økologi.

Schmidt-Bleek, F (1993): *MIPS - a Universal Ecological Measure?*. Fresenius Environmental Bulletin, Vol. 2, No.8, August 1993.

Schmidt-Bleek, F (1994): *Wieviel Umwelt braucht der Mensch - mips, das Mass für ökologisches Wirtschaften*, Birkhäuser: Basel/Boston/Berlin. (foreligger også i en uautoriseret engelsk oversættelse)

Schmidt-Bleek, Friedrich (1998): *Das MIPS-Konzept - Weniger Naturverbrauch - mehr Lebensqualität durch Faktor 10*. Droemer, 1998
ISBN 3-426-26982-1

Schmidt-Bleek, Friedrich; S. Bringezu; F. Hinterberger; C. Liedtke; J. Spanngenberg; H. Stiller & M.J. Welfens (1998): *MAIA – Einführung in die Material-Intensitäts-Analyse nach dem MIPS-Konzept*. Wuppertal Texte, Birkhäuser Verlag, Berlin/Basel/Boston.
ISBN 3-7643-5949-8

Simonis, Udo E. (1994): *Industrial restructuring in industrial countries*. In Ayres, Robert U. & Udo E. Simons (eds.) (1994): "Industrial metabolism: Restructuring for sustainable development", p. 31-54. United Nations University Press, Tokyo/New York/Paris.
ISBN 92-808-0841-9

Stahmer, Carsten; Michael Kuhn & Norbert Brann (1998): *Physical Input-Output Tables for Germany, 1990*. Eurostat Working Paper, W.P. 2/1998/B/1, 19. January 1998. Eurostat Directorate B: Economic statistics and economic

and monetary convergence. Unit B6 - Quantitative accounts and environmental accounts.
Report prepared for DG XI and Eurostat by Germany Federal Statistics Office.

Statistics Norway (1998): *National Resources and the Environment 1998*. Statistical Analyses, Statistisk sentralbyrå - Statistics Norway
Oslo-Kongsvinger 1998
ISBN 82-537-4544-3

Steiner, Gottfried; Wolfgang Stark; Harald Pilz & Harald Hutterer (2000): *Analysis of the Fundamental Concepts of Resource Management*, European Commission, Directorate-General Environment, ENV.B.2 – Economic analyses and employment.

Stiller, Hartmunt (1995): *Materialintensitätsanalysen von Transportleistungen (1) – Seeschifffahrt*.
Wuppertal Papers No. 40, September 1995.

Thirstrup, Karina & Henrik Wejdling (1997): *Produktorienteret miljøindsats - et middel til affaldsminimering?* MILJØSK nr. 8, s. 4-9. NOAH

Valentin, Anke & Joachim H. Spangenberg (1999): *Indicators for Sustainable Communities*. Draft Wuppertal Paper, October 1999.

Weizsäcker, Ernst U. von (2000): *Miljø og retfærdighed*. Global Økologi, Nr. 5, november 2000, s. 17-18.

Weizsäcker, E.v.; A.B. Lovins & L.H. Lovins (1997): *Factor Four – Doubling Wealth – Halving Resource Use*. Earthscan, London

Weizsäcker, Ernst U. von; Christopher Manstein & Jan-Dirk Seiler (1998): *Die Geschichte zur Faktor 4+ Messe in Klagenfurt*. Wuppertal Papers, Wuppertal/Klagenfurt Juni 1998.

Wejdling, Henrik (1998): *Tilbageførsel af næringsstoffer fra byen*. Oplæg på LØJs seminar 17. september 1998 om dyrkningsjordens forsyning med næringsstoffer – har økologisk jordbrug behov for by-land kredsløbet? LØJ

Wurbs, Johanna; Regina Nickel; Holger Rohn & Christa Liedtke (1996): *Materialintensitäts-analysen von Grund-, Werk- und Baustoffen (5) – Der Werkstoff Glas. Materialintensität von Behälterglas und Flachglas. Die 0,33 l Verpackung aus Aluminium, Weissblech und Glas*.
Wuppertal Papers Nr. 64, Oktober 1996.
ISSN 0949-5266

Young, John E. (1992): *Jordens Minedrift*, i: Lester Brown m.fl.: „Verdens Tilstand, 1992“, Mellemløbet i samarbejde med Worldwatch Institute Norden. København.

Ordliste og definitioner

Abiotiske materialer

Abiotiske materialer er et begreb hentet fra økologien, hvor det dækker over alle de materialer i et økosystem, som ikke er dannet ved én eller anden livsproces. I materialestrømsanalyser dækker begrebet lidt bredere, således også f.eks. "jord", som i strengt økologisk/videnskabeligt perspektiv kan opdeles i mineraljord og humus, hvor sidstnævnte pr. definition er biotisk. I MFA-sammenhænge bruges abiotiske materialer synonymt med ikke-fornyelige ressourcer som metaller, mineraler, fossile brændsler, sten, grus, jord etc.

Biotiske materialer

Biotiske materialer er dyre- og plantemasse (til forskel fra abiotiske materialer)

Dematerialisering

Er i nærværende rapport anvendt som udtryk for tilvejebringelse af samme serviceydelse ("velfærd") under anvendelse af færre materielle ressourcer.

DMC

Direct Material Consumption – DMI fratrukket vægten af eksporterede produkter og halvfabrikata m.v. – d.v.s. omfatter den mængde materialer, der forbruges i det enkelte land.

DMI

Direct Material Input – vægten af alle de materialer, der forekommer som direkte input i en økonomi. Omfatter således indenlandsk udvundne (og benyttede!) råstoffer samt importerede råstoffer, halvfabrikata og produkter.

Eco-efficiency

"Eco-efficiency" har ikke fundet nogen dansk oversættelse/anvendelse, men er i nærværende rapport undertiden refereret som "øko-effektivitet". Er vel i virkeligheden synonymt med ressourceeffektivitet, men kan også dække over f.eks. forandringer i omfanget af miljøskader eller f.eks. udledningen af N og P, sammenholdt med udviklingen i BNP.

Faktor 4

Faktor 4 er en målsætning om at "producere det dobbelte med det halve". Kan i princippet opnås alene gennem øget ressourceeffektivisering, og uden nedgang i levestandard.

Hidden flows

Se økologiske rygsække.

Indirect flows

"Indirect flows" omfatter udenlandske materialestrømme som er forbundet med import, men som ikke fysisk importeres. Indirect flows udgør en andel af de "økologiske rygsække" (se disse)

ISAG

Informations-System for Affald og Genanvendelse – det lovformelige danske affaldsstatistik-system, hvorefter alle affaldsbehandlere indberetter alle behandlede mængder.

MAIA

"Material-Intensitäts Analyse" – materialeintensitetsanalyse. Den analyse, som gennemføres for at beregne MIPS.

MFA

Material Flow Accounts – materialestrømsregnskaber. Kan dække hele økonomier (overall MFA) eller bestemte produkter eller strømme af bestemte stoffer gennem økonomien. Benyttes i Wuppertal-sammenhænge typisk i førstnævnte sammenhæng (oMFA).

MI

Material Input – materialeinput (i f.eks. et produkt eller en økonomi). Kan opgøres per serviceenhed, MIPS --se denne.

MIPS

Material Input Per unit of Service – materialeinputtet pr serviceenhed, d.v.s. den samlede mængde materialer, der er medgået til at fremstille og anvende et givent produkt, fordelt på det antal service-enheder, produktet kan yde i sin levetid.

oMFA

Overall Material Flow Accounts – se MFA

Ressourceeffektivitet

Ressourceeffektivitet er et udtryk for, hvor effektivt en økonomi er i stand til at udnytte de ressourcer, der pumpes igennem den. Kan udtrykkes f.eks. som TMR eller DMI pr. indbygger eller pr. BNP. Udtrykt i f.t. BNP fås således et udtryk for, hvor mange ton et givent samfund er nødt til at mobilisere for at generere f.eks. 1000 kr bruttonationalprodukt (eller omvendt: hvor stort et bruttonationalprodukt er samfundet i stand til at generere pr. ton mobiliseret materiale). Bæredygtig udvikling = stigende ressourceeffektivitet.

Ressourceintensitet

Ressourceintensitet er den reciprokke værdi af ressourceeffektiviteten og udtrykker, hvor store mængder ressourcer (MI), der er nødvendige for at fremstille et produkt eller drive en økonomi. Bæredygtig udvikling = faldende ressourceintensitet.

TMC

Total Material Consumption – omfatter TMI fratrukket eksporten.

TMI

Total Material Input – omfatter DMI + de indenlandske, ubrugte materialer, som er fremkommet ved udvinding af de brugte materialer, også kaldet ”indenlandske økologiske rygsække” eller ”hidden flows”.

TMR

Total Material Requirement – omfatter TMI + de indirekte materialestrømme, der er forbundet med import af råstoffer samt halv- og helfabrikata, men som aldrig kommer ind over landegrænsen.

Økologiske rygsække

”Økologiske rygsække” er Wuppertal Instituttets betegnelse for de materialestrømme, som er mobiliseret for at fremstille f.eks. et produkt, men fratrukket produktets egenvægt (d.v.s. produktets MI minus egenvægt). Den økologiske rygsæk er altså med andre ord de materialestrømme, som brugeren af produktet aldrig ser, og som økonomer kalder ”hidden flows”. I Eurostats terminologi foreslås økologiske rygsække opdelt i hhv. ”unused extraction” (omfattende materialer, der er udvundet indenlandsk eller på anden vis omplaceret, men som ikke er egnede for brug) og ”indirect flows” (omfattende udenlandske materialestrømme som er forbundet med import, men som ikke fysisk importeres).

Præsentation af de fire Wuppertal-forskere, der interviewedes under videnhjemtagningsbesøget den 8.-11. november 2000

Følgende fire Wuppertal-forskere interviewedes:

Dr. *Stefan Bringezu*, Head of Industrial Ecology Research, Division for Material Flows and Structural Change. Leder den afdeling, der står for udvikling og gennemførelse af materialstrøms-analyser. Var med stort set fra instituttets grundlæggelse, og publicerede allerede i 1993 artikel om ressourceintensitets-analyse (Bringezu, 1993). Er oprindeligt uddannet biolog og biokemiker.

Stephan Moll, medarbejder i Bringezus afdeling. Kom til Wuppertal Institutet i 1996, men har i en 2-årig periode (1998-2000) været udsendt til Det europæiske Miljøagentur i København med materialestrømsanalyser som speciale, og publicerede herunder bl.a. en tema-rapport om emnet (Moll & Gee, 1999). Skal fungere som fast kontaktperson i forhold til ETC/W&MF. Er uddannet kulturgeograf.

Dipl.-Ing. *Michael Ritthoff*, projektleder i "Arbeitsgruppe Ökoeffizienz & Zukunftsfähige Unternehmen". Er bl.a. ansvarlig for opbygning og vedligeholdelse af instituttets database om "økologiske rygsække".

Research Fellow *Jan-Dirk Seiler*, hidtil knyttet til præsidentens kontor på instituttet, men overgår nu til "Arbeitsgruppe Ökoeffizienz & Zukunftsfähige Unternehmen" med ansvar ikke mindst for virksomhedskontakt, herunder formidling af materialeintensitets-analysemetoden til virksomheder, der ønsker at forbedre deres ressourceudnyttelse og performance i det hele taget. Var under von Weizsäcker bl.a. knyttet til Faktor 4-projekter (se bl.a. Weizsäcker et al. 1998).

”Økologiske rygsække” for 53 produkter, skønnede værdier (efter Schmidt-Bleek, 1998 p. 309 ff, egen oversættelse)

Bemærk, at listens data ikke er dokumenterede, og at Wuppertal Institutet ikke anerkender dem i dag. Er kun medtaget for at give en idé om omfanget.

Produkt	MI Abiot. t/t	MI Biot. t/t	MI Vand t/t	MI Luft T/t
2 Bjergstøvler	4,9			
2 Sko	3,5			
2 Højhælede sko	1,05			
Armbåndsur, quartz, læderrem	19,5	0	0	0
Askebæger, glas, 15 cm	2,5		14	0,56
Barbie-dukke	1,04	0	15,6	0,13
Papir-klips	0,008	0	0,06	0,002
Brille, metal	0,22	0	1,8	0,15
Smørdåse	0,28	0	1,82	0,14
Deo-forstøver	0,43	0	3,4	0,2
Diskette	0,9	0	2,1	0,08
Duplo (LEGO) Nr. 2376	3,2	0	20,8	1,6
”Edding”-viskelæder	0,085	0	1,385	0,01
Engangs-lighter	0,14		1,2	0,01
Spiseske	1,1	0	2,2	0,27
Cykel (rejsemodel)	400	0	0	0
Frokosttallerken	2,4	0	0	0
Gaffel	0,7	0	1,5	0,18
Bælte	0,56	0	0,85	0,1
Hårbørste	0,3	0	3	0,07
Håndklæde	1,2	0,4	300	0,04
Skjorte	1,6	0,6	400	0,06
Jeans	5,1	1,6	1200	0,15
Kaffebæger	1,5	0	0	0
Kaffemaskine, KRUPS	52	0	240	6,5
Børne-paraply	2,3	0	20	0,43
Plastik-chartek	0,032	0	0,21	0,02
Toiletrulle	0,3	0	3	0,13
Lineal, 20 cm	0,09	0	0,125	0,018
Hullemaskine, Leitz 5008”	2,5	0	17	0,5

Mus (Comp.)	3,1	0	8	0,14
Kniv	1,1	0	2,4	0,29
NP G-7 Toner, Canon	6,08	0	13,4	0,71
Papir-saks, stor	2,9	0	8	0,9
Plastikskraldebøtte	3	0	22,5	0,7
Viskelæder	0,1	0	1,8	0,01
Sæbe	0	0	0	0
Opvaskebørste	0,16	0	1,04	0,08
Opvaskebalje	1,12	0	7,28	0,56
Stabilo, point 88	0,036	0	0,45	0,008
Suppetallerken	4,2	0	0	0
Kop, lille	1,2	0	0	0

Produkt	MI Abiot. t/t	MI Biot. t/t	MI Vand t/t	MI Luft T/t
Teske	0,35	0	0,75	0,28
Telefon	25	0	50	1
Tallerken, normal	6	0	0	0
T-shirt	0,9	0,3	225	0,03
Underbukser	0,3	0,1	67	0,01
Underkop	1,4	0	0	0
Videokasette m. hylster	6,3	0	15,8	0,55
Vaskeklud	0,21	0,07	18	0,01
Vandkoger, KRUPS"	21	0	95	2,5
Vinglas, lille	0,54	0	3	0,12
Tandbørste	0,12	0	1,5	0,028

For liste over økologiske rygsække, der er forbundet med råvarer/halvfabrikata, se *Schmidt-Bleek, 1998 p. 297 ff.* eller download fra: www.wupperinst.org/Projekte/mipsonline/download/MIWerte.pdf

Projektbeskrivelse, Dansk Standard

**Danmarks Statistik
Nationalregnskabet**

**Ole Gravgård
December 2000**

Opgørelse af materialestrømsregnskaber for Danmark (MFA)

Danmarks Statistik vil i 2001 påbegynde arbejdet med opstilling af materialestrømsregnskaber for Danmark. Arbejdet, der delvis bliver finansieret af Eurostat, omfatter opstilling af regnskaber for 1981, 1990 og 1997.

Arbejdet, som vil tage udgangspunkt i de erfaringer, der er gjort i forbindelse med opstillingen af de fysiske input-output tabeller for Danmark¹, påbegyndes i første halvår af 2001 og forventes at strække sig ind i 2002. Delresultater for det direkte materialeforbrug vil formentlig kunne foreligge i sidste halvdel af 2001.

Materialestrømsregnskaberne for Danmark vil blive opstillet i overensstemmelse med MFA (Material Flow Accounts) traditionen, som den giver sig udtryk i Eurostats udkast til håndbog "Economy-Wide Material Flow Accounts and derived Indicators – A Methodological Guide"³. Det forudsættes i det følgende, at grundbegreberne i MFA er bekendt.

De strømme og indikatorer, som vil blive søgt opgjort for de pågældende år, er følgende:

- Direkte materiale input (DMI) opdelt på dansk ressourceudvinding og importerede produkter.
- Eksport af produkter og direkte indenlandsk materialeforbrug (DMC)
- Fysisk handelsbalance (PTB)
- Ubrugte naturressourcer fra dansk udvinding
- Indirekte strømme forbundet med import og eksport (brugte og ubrugte ressourcer)

¹ Ole Gravgård Pedersen: Fysiske input-output tabeller for Danmark 1990, Danmarks Statistik, 1999

² Det skal bemærkes, at MFA adskiller sig fra fysiske input-output tabeller, idet der afgrænsningsmæssigt og med hensyn til detaljeringsgrad er visse forskelle.

³ Et udkast til håndbogen kan ses på Internettet:

<http://forum.europa.eu.int/Public/irc/dsis/pnb/library> under -> environmental accounts -> Task Forces -> TF Material Flow Accounts

- Totalt materialebehov (TMR)
- Totalt materialeforbrug (TMC)
- Direkte materiale output (emissioner, affald og eksport)
- MFA indikatorer, dvs. visse af ovenstående sat i forhold til fx befolkning, BNP mv.

For så vidt angår de direkte materialestrømme (dansk udvinding af naturressourcer samt import og eksport af produkter) findes der basisstatistik, som kan benyttes ved opgørelsen. Det drejer sig primært om råstofstatistikken, energistatistikken, landbrugsstatistikken, varestatistikken og udenrigshandelstatistikken. De fleste af de mængdemæssige oplysninger i disse statistikker foreligger opgjort i tons. For enkelte materialer/produkters vedkommende er der dog tale om oplysninger i andre mængdeenheder (fx m³ eller stk.). I disse tilfælde er det nødvendigt med en omregning til tons ud fra tekniske oplysninger.

De indirekte materialestrømme er langt vanskeligere at opgøre og må som hovedregel baseres på antagelser, lignende udenlandske opgørelser og modelberegninger. Der kan skelnes mellem følgende to tilfælde:

Indirekte udvinding af ressourcer i Danmark forbundet med dansk eksport: Disse varestrømme vil typisk kunne beregnes ved hjælp af en input-output model, hvor eksportens direkte og indirekte virkninger på produktionen i de enkelte erhverv beregnes. Dernæst kan ressourcetrækket beregnes. Ressourcetrækket må opdeles på brugte og ubrugte ressourcer. For Danmarks vedkommende er den andel, som ubrugte ressourcer udgør, formentlig lille i forhold til visse andre lande. Det må imidlertid undersøges nærmere og der foreligger formentlig ikke meget basisstatistik på området. Derfor må forskellige eksisterende specifikke undersøgelser/tekniske rapporter i stedet inddrages. Også erfaringer fra udlandet kan inddrages. De brugte ressourcer er der næppe de helt store vanskeligheder med at bestemme.

Indirekte udvinding af ressourcer i udlandet forbundet med dansk import: Dette er det sværeste område at have med at gøre i MFA. En kvalificeret opgørelse kræver formentlig, at der i første omgang ses på, fra hvilke lande importen kommer. Dette kan gøres ud fra udenrigshandelstatistikken. Såfremt detaljeret materiale fra udenlandske TMR opgørelser (fx de tyske) kan fremskaffes, kan importen fra de pågældende lande til Danmark kobles med de indirekte strømme knyttet til det pågældende lands eksport og til deres direkte materiale input. Alternativt kan de tyske data for de indirekte strømme forbundet med tysk import anvendes på den danske import. Endelig vil der for en række varers vedkommende være mulighed for at benytte danske input-output beregninger til at bestemme de primære resourcekvivalenter knyttet til den pågældende vare. Sidstnævnte metode kan benyttes for en del produkter, hvor det må antages, at produktionsteknologi og resourcegrundlag er nogenlunde den samme for det producerende land og for Danmark. Generelt må det dog forventes, at det er nødvendigt med mange antagelser og "short cuts", og opgørelserne vil under alle omstændigheder være forbundet med nogen usikkerhed. På dette punkt vil den danske opgørelse imidlertid ikke adskille sig fra de foreliggende udenlandske opgørelser.

Det er som nævnt hensigten at opstille MFA'erne for årene 1981, 1990 og 1997. Når netop disse år vælges, skyldes det, at der allerede foreligger et vist datamateriale i Danmarks Statistik, som kan indgå i opgørelsen. Derved nedbringes produktionstiden noget. Samtidigt giver de 16 år en mulighed for at vurdere udviklingen i de forskellige indikatorer knyttet til MFA.

Projektet udføres i første omgang som et forsøg. Når resultaterne foreligger må anvendeligheden af MFA – eller udvalgte dele heraf - for Danmark vurderes. I den forbindelse kan der også ses på mulighederne for – og omkostningerne ved - at sætte MFA i løbende produktion.