

Miljøteknologi på affaldsområdet

Danske styrkepositioner og potentialer

Torben Kristiansen, Lizzi Andersen, Simon Graasbøll,
Jens Bjørn Jakobsen, Niels Aagaard Jensen,
Carina Lassen og Jan Skajaa

COWI A/S

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

FORORD	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	7
SUMMARY AND CONCLUSIONS	13
1 INTRODUKTION	19
1.1 BAGGRUND	19
1.2 OPGAVEFORMULERING	19
1.3 PROJEKTDELTAGERE	20
2 TENDENSER PÅ AFFALDSOMRÅDET PÅ UDVALGTE MARKEDER	21
2.1 INDLEDNING - HOVEDDRIVKRÆFTER	21
2.2 TENDENSER PÅ UDVALGTE MARKEDER	23
2.2.1 <i>Skandinavien</i>	23
2.2.2 <i>Centraleuropa (Tyskland, Østrig, Schweiz)</i>	23
2.2.3 <i>Centrale Vesteuropa (Holland, Belgien, Frankrig)</i>	24
2.2.4 <i>Storbritannien og Irland</i>	24
2.2.5 <i>Østeuropa (nye EU lande)</i>	25
2.2.6 <i>Tyrkiet</i>	26
2.2.7 <i>Middelhavslandene i EU</i>	26
2.2.8 <i>USA og Canada</i>	26
2.2.9 <i>Sydøstasien</i>	26
2.2.10 <i>Indien</i>	27
2.2.11 <i>Kina</i>	27
2.2.12 <i>Afrika</i>	27
2.2.13 <i>Sydamerika</i>	28
2.3 BEHANDLINGSANLÆG I EUROPA	28
2.3.1 <i>Affaldsforbrændingsanlæg</i>	28
2.3.2 <i>MBT-anlæg</i>	29
2.3.3 <i>Biogasanlæg</i>	31
2.4 KONKLUDERENDE BEMÆRKNINGER VEDR. DET AKTUELLE STADE FOR AFFALDSBEHANDLING GLOBALT SET	33
3 KREDSLØBSTANKEGANG OG AFFALDSBEHANDLINGSTEKNOLOGIER	35
3.1 GENERELT	35
3.1.1 <i>Det biologiske kredsløb</i>	39
3.1.2 <i>Det teknologiske kredsløb - produktion af råmaterialer</i>	39
3.1.3 <i>Det teknologiske kredsløb - produktion af brændsler/energiydelse</i>	40
3.1.4 <i>Særlige affaldstyper</i>	41
3.1.5 <i>Svagheder i modellen</i>	41
3.2 AFFALDSTEKNOLOGIER I DET BIOLOGISKE KREDSLØB	42
3.2.1 <i>Forbehandling</i>	42
3.2.2 <i>Behandlingsanlæg</i>	42
3.3 AFFALDSTEKNOLOGIER I DET TEKNOLOGISKE KREDSLØB	43
3.3.1 <i>Sortering</i>	43
3.3.2 <i>Forbehandlings- og forædlingsteknologier</i>	44
3.3.3 <i>Særlige affaldstyper og -fraktioner</i>	45

3.4	AFFALDSTEKNOLOGIER TIL PRODUKTION AF BRÆNDSLER/ ENERGIYDELSER	46
3.4.1	RDF (refuse derived fuel)	46
3.4.2	Termiske affaldsforbrændingsanlæg	46
3.4.3	Brændselsproduktion på organisk affald	46
4	ANALYSE AF POTENTIALER FOR UDVALGTE AFFALDS- TEKNOLOGIER UD FRA EN KREDSLØSBETRAGTNING	49
4.1	DET ORGANISKE KREDSLØB	49
4.1.1	Organisk husholdningsaffald og lignende affald	50
4.1.2	Husdyrgødning	51
4.1.3	Halm	52
4.1.4	Andre specielle typer organisk affald	53
4.1.5	Alternativer for behandling af biologisk affald	54
4.2	DET TEKNOLOGISKE KREDSLØB	57
4.2.1	Affaldsforebyggelse og kildesortering	58
4.2.2	Forsortering af det forbrændingsegnete affald	60
4.2.3	Farligt affald	62
4.2.4	Bygge-anlægsaffald	64
4.2.5	Andre affaldsfraktioner	68
4.2.6	Restprodukter fra forbrænding af affald	71
4.3	SAMMENFATNING	72
5	OPSUMMERING AF STYRKER, SVAGHEDER, MULIGHEDER OG TRUSLER FOR DEN DANSKE AFFALDSSEKTOR	77
5.1	DANSKE STYRKEOMRÅDER	77
5.2	SVAGHEDER	78
5.3	MULIGHEDER	79
5.4	TRUSLER	81
Bilag 1	Affaldsteknologier i det biologiske kredsløb	
Bilag 2	Affaldsteknologier i det teknologiske kredsløb	
Bilag 3	Affaldsteknologier i det teknologiske kredsløb – brændsler/energiydelse	
Bilag 4	Referat af dialogmøde/workshop afholdt den 18. august 2009	

Forord

Hensigten med dette miljøprojekt er at give indspil til Regeringens Affaldsstrategi 2009-2012 del 2 og Regeringens indsats for fremme af miljøteknologi på affaldsområdet.

Formålet med projektet er at samle viden om miljøteknologiske potentialer på affaldsområdet. Der fokuseres på nye teknologier – mere eller mindre færdigudviklede – der kan erstatte nogle af de eksisterende behandlingsmetoder, men som ikke er markedsført eller anvendt fuldt ud i forhold til potentialet på grund af forskellige barrierer. Projektet skal desuden lokalisere nye mulige danske styrkepositioner på affaldsområdet og pege på områder, hvor der tilbydes konkurrencedygtige affaldsløsninger, som kan hjælpes ind på nye markeder ved en større eksponering.

Vi fortæller ofte os selv, at affaldshåndteringen her i landet er blandt de bedste i verden. Danmark var blandt de første til at opnå høje genanvendelsesprocenter og minimere mængden til deponeringsanlæg, er vi dog på en række områder blevet overhalet af eller er nu på niveau med mange andre europæiske lande. Når situationen ses i et kredsløbsperspektiv, og der anlægges en ”vugge-til-vugge” betragtning, hvor ethvert affaldsstof ses som et potentielt udgangspunkt for ny produktion, er det karakteristisk, at Danmark i øjeblikket ikke udnytter alle potentialer fuldt ud, og mange kredsløb er åbne. Næsten al husholdningsaffaldet og meget andet affald forbrændes i effektive el- og varmeproducerende affaldsforbrændingsanlæg, som derved erstatter en del fossilt brændsel og har positiv klimaeffekt. Men det betyder samtidigt, at mange næringsstoffer og muligheden for at genindsætte øvrige materialer i kredsløbet mistes. Andet affald deponeres direkte, enten fordi det er den eneste forsvarlige løsning, eller fordi der ikke er udviklet økonomisk bæredygtige teknologier til genindsættelse af materialerne i kredsløbet igen. I begge tilfælde bør det vurderes, om den nuværende løsning er den mest hensigtsmæssige, og om de opretholdes for deres positive effekter eller alene på grund af vanetænkning og organisatoriske, økonomiske og institutionelle strukturer. Miljøprojektet bidrager til denne diskussion.

Projektet har desuden omfattet forberedelse, afvikling og opfølgning af en workshop/ dialogmøde om miljøteknologiske potentialer på affaldsområdet den 18. august 2009.

Projektet var tilknyttet en følgegruppe med følgende medlemmer:

Bo Møller Gottlieb, Miljøstyrelsen
Lotte Kau Andersen, Miljøstyrelsen
Lone Lykke Nielsen, Miljøstyrelsen
Inge Werther, DAKOFA.

Sammenfatning og konklusioner

Den danske og internationale affaldsbranche er i øjeblikket påvirket af væsentlige ændringer i politiske krav til miljø og bæredygtighed, udvikling af nye teknologier, krav om ny organisering samt væsentlige ændringer af de hidtidige markedsvilkår gennem internationalisering og globalisering.

Dette miljøprojekt præsenterer en analyse af miljøteknologiske potentialer på affaldsområdet, herunder identifikation af særlige danske styrkepositioner. Der fokuseres på teknologier, der kan erstatte nogle af de eksisterende behandlingsmetoder, men som ikke er markedsført eller anvendt fuldt ud i forhold til potentialet på grund af forskellige barrierer.

Der anlægges en kredsløbsbetragtning og opstilles en model herfor, med inspiration af "vugge-til-vugge"-konceptet. Dette koncept betragter alle affaldsstrømme som potentielle udgangspunkter for ny produktion. I det biologiske kredsløb indeholder affaldet en mængde næringsstoffer og lignende som, i forhold til denne tankegang, bør tilbageføres til dyrkningsjorden. Dette bør ske for at opretholde en bæredygtig landbrugsproduktion og især fordi en sådan recirkulering af næringsstofferne har store, positive implikationer på miljøbelastningen og dermed positiv indvirkning på klimaforandringerne.

Tilsvarende skal der på det teknologiske område sikres, at alle stoffer og materialer indgår i lukkede kredsløb frem for at udgøre en åben stofstrøm. I lukkede kredsløb cirkulerer stofferne og materialerne igen og igen, hvorved der spares store mængder råvarer i forhold til de åbne strømme. Samtidig – og det er en vigtig pointe – er den nødvendige energi til opretholdelse af de lukkede strømme langt mindre, end de åbne strømme kræver. Ved således i højere grad at lukke stofstrømmene kan samfundet også strække brændselsressourcerne længere og spare store udledninger af CO₂, øvrige klimagasser og andre miljøskadelige emissioner fra kraftværker og andre energianlæg.

Modellen ser derfor også på energisektoren. For den gælder specielt, at såkaldt fornyelige brændsler (biobrændsler som eksempelvis træ, halm, organisk affald) vil fortrænge fossile brændsler, hvilket har positive miljø- og klimaeffekter, som netop beskrevet. Desværre betyder afbrænding af de fornyelige brændsler samtidig, at stofstrømmene forbliver åbne. Næringsstofferne, som indgår i de fornyelige brændsler tilbageføres ikke til dyrkningsjorden. En udfordring er derfor at anvende sådanne teknologier, som både kan udnytte affaldsstoffernes energiindhold og samtidig opretholde et lukket kredsløb for vigtige næringsstoffer.

Sådanne teknologier findes i form af anlæg til produktion af biogas, bioethanol og biodiesel, der alle er brændstoffer, som kan indgå i energiforsyningen og på en og samme gang erstatte fossilt brændstof og sikre tilbageføring af næringsstofferne til dyrkningsjorden. Imidlertid er teknologierne stadig under udvikling, især de som baseres på affaldsprodukter i modsætning til specielt dyrkede afgrøder.

Det organiske affaldskredsløb

Analysen af det organiske affaldskredsløb viser, at omkring 1 mio. tons organisk affald fra husholdningerne behandles årligt i forbrændingsanlæg. Affaldsstrømmen er åben.

Husdyrgødningen udgør omkring 32 mio. tons årligt, hvoraf kun omkring 4 % udnyttes i biogasanlæg eller på anden måde i energiforsyningen. Affaldskredsløbet er i princippet lukket, men med problemer omkring forvaltningen af næringsstofferne i forhold til det yder miljø.

Halmproduktionen er ca. 5,5 mio. tons per år. To tredjedele af halmen indgår i et lukket kredsløb uden energiudnyttelse, mens den sidste tredjedel indgår i en åben strøm, hvor næringsstofferne i det store hele tabes, men energiindholdet udnyttes.

Slamproduktionen fra spildevandsanlæg er omkring 1 mio. tons per år. Energiindholdet udnyttes og omkring halvdelen af mængden udspreddes på dyrkede arealer og indgår således i et lukket kredsløb. Den anden halvdel forbrændes og indgår derfor i en åben stofstrøm med tab af næringsstoffer til følge. Mængden til forbrænding er stigende.

Teknologierne til behandling af det organiske affald adskiller sig fra hinanden med hensyn til energieffektivitet og med hensyn til, om de indgår i en åben stofstrøm eller om de kan udgøre et element i et lukket kredsløb.

Forbrændingsanlæg og termiske forgasningsanlæg udnytter energiindholdet i affaldet med stor effektivitet, men næringsstofferne i affaldet tabes. Generelt set behandler anlæggene en åben stofstrøm.

Biogasanlæg, biodiesel- og bioethanolanlæg kan indgå som elementer i lukkede kredsløb samtidig med, at energiindholdet i affaldet udnyttes. Komposteringsanlæg kan indgå som element i lukkede kredsløb, men der sker ingen energiudnyttelse ved denne proces.

Teknologiske kredsløb

Analysen af det teknologiske affaldskredsløb viser, at ca. 1,6 mio. tons ikke-bionedbrydeligt affald og papir/pap forbrændes i dag i forbrændingsanlæg. Affaldsstrømmen er åben. Denne mængde kan være basis for mere end en fordobling af genanvendelsen af husholdningsaffaldet, især ved genanvendelse af plastfraktionen i affaldet.

En række såkaldte monoaffaldsstrømme, det vil sige specifikke affaldsstrømme, eksempelvis gips, autodæk, PVC, stenuld indsamles og genanvendes ved tilbageførelse til produktionen. Herved lukkes affaldskredsløbet med store positive miljø- og klimaeffekter. Hele mængden af affaldsstrømmen er dog endnu ikke omfattet af denne genanvendelse.

Andre monoaffaldsstrømme er stadig helt åbne, eksempelvis glasfiberarmeret plast, tagpap og andre. Der er dog bestræbelser i gang for udvikling af genanvendelsesordninger for disse affaldsstrømme.

Mere sammensatte affaldsstrømme som eksempelvis farligt affald herunder shredderaffald indsamles og behandles separat, men indgår ikke i et lukket kredsløb. Sådant affald behandles ofte ved neddeling/sortering og evt. udtagning af visse værdifulde materialer samt deponering eller forbrænding af resten. Disse affaldsstrømme er altså åbne.

Bygge- og anlægsaffald samt dele af affaldet fra energisektoren genanvendes i vid udstrækning i dag. Denne genanvendelse sparer råstoffer (f.eks. grus), men materialerne tilbageføres kun i mindre udstrækning til et lukket kredsløb, hvorfor affaldsstrømmene faktisk stadig er åbne.

Teknologierne til behandling af affaldsstrømmene i det teknologiske kredsløb er tilpasset den enkelte affaldsstrøm og er derfor meget forskellige. Forudsætningerne for at opnå en større grad af lukkede affaldskredsløb er enten sortering ved kilden af de forskellige affaldstyper og -fraktioner eller øget sortering efter indsamlingen og før den videre behandling (front-end sorteringsanlæg). En ny teknik er her Renaissance, som kunne tænkes at erstatte tør sorterings-teknologi.

I forbindelse med øget kildesortering i husholdninger, institutioner, serviceerhverv og industri er der en række virkemidler, som bør udnyttes for at opnå den størst mulige effektivitet. Disse omfatter eksempelvis forbud, påbud, aftaler, økonomiske incitamenter, sanktioner, holdningspåvirkning og uddannelse.

De danske styrkepositioner

Baseret på vurderingen af markedet og de internationale og danske tendenser i affaldssektoren, samt input fra den afholdt workshop, vurderes de særlige danske styrkeområder at være følgende:

1 Det biologiske kredsløb

- 1.1 Biogasproduktion fra gårdanlæg og fællesanlæg med tilknyttet kraftvarmeproduktion. Husdyrgødning og andre rest- og biprodukter indgår som råstof
- 1.2 Bioethanol/biodiesel teknologi, herunder anlægsteknologi, enzymer og forskning. Der sker udvikling af bioethanol- og biodieselløsninger i nogle specialiserede forskningsmiljøer i Danmark, og der er etableret kommerciel produktion
- 1.3 Forskellige teknologier på halm (bioethanol på halm, halmasker til gødning, forbrænding af halm)
- 1.4 Andre tiltag for behandling og genanvendelse af den organiske affaldsmængde, herunder blandt andet husholdningsaffald, ved kombineret anaerob og aerob behandling

2 Det teknologiske kredsløb

- 2.1 Specielle teknologier for visse monoaffaldsstrømme/særlige fraktioner: gips, stenuld, dæk, nedknusning af beton og tegl, trykimprægneret træ, glasfiber

3 Det teknologiske kredsløb/Energi-sektoren

- 3.1 Forbrændingsanlæg og -teknologi: Danmark har som følge af sin internationale førerposition mht. installeret kapacitet per indbygger en ganske særlig styrke
- 3.2 Bioethanol og biodiesel (begge 2. generationsanlæg på især halm)

- 3.3 Forbrænding af halm og træflis, både i centrale anlæg med kraftvarme produktion og i mindre varmeproducerende anlæg såvel som individuelle anlæg

Udviklingsmulighederne for affaldssektoren kan være:

- 1 Øget separat behandling af biologisk nedbrydeligt affald med henblik på opretholdelse af et lukket stofkredsløb med samtidig udnyttelse af energien i affaldet:
 - 1.1 Produktion af biogas af kildesorteret organisk dagrenovation og lignende affaldstyper
 - 1.2 Stærk forøgelse af produktionen af biogas af husdyrgødning og andre restprodukter fra landbrugsproduktionen og tilknyttede erhverv
 - 1.3 Stærk forøgelse af produktionen af biogas og/eller andre brændstoffer af rest- og biprodukter fra den vegetabiliske og animalske produktion (biodiesel, bioethanol)
- 2 Forbedring af det teknologiske kredsløb med henblik på at lukke stofstrømme og etablere flere lukkede kredsløb:
 - 2.1 Øget eller mere intensiv kildesortering i husholdninger og serviceerhverv med henblik på øget genanvendelse af især plastic, men også andre affaldsfraktioner som metal, glas, pap, papir, tekstiler, mv.
 - 2.2 Udvikling/udbredelse af mekaniske (for)sorteringsanlæg for både husholdningsaffald og andet affald
 - 2.3 Lukning af andre åbne stofstrømme, eksempelvis glasfiber, shredderaffald
- 3 Teknologiske kredsløb/energisektoren:
 - 3.1 Termisk forgasning af særlige affaldsfraktioner som for eksempel trykimprægneret træ, træstød og lignende

Virkemidler

Disse udviklingsmuligheder kan forfølges ved blandt andet iværksættelse af følgende tiltag:

Øget offentlig støtte til forsknings- og udvikling på området, herunder især

- Yderligere udvikling af biologiske behandlingsteknologier, især teknologier til produktion af biogas, biodiesel, bioethanol og enzymbaseret forbehandling.
- Udvikling og yderligere kommercialisering af danske teknologier for behandling af mono-strømme

Implementere nye krav til produkter og produktansvar, herunder

- Forbedring af produkter, også sammensatte og komplekse produkter, med henblik på øget genanvendelighed
- Flere retur og pantordninger

Fjernelse af barrierer og udnyttelse af incitament med henblik på at

- støtte etablering af økonomisk bæredygtige markeder for lovende nye affaldsteknologier via affaldsplaner, affaldsregulativer, miljøkrav m.m.
- oparbejde en model for hurtig samordning af afgifter, lovgivning og miljøkrav m.m. på tværs af ministerier og styrelser med ansvar for skatter, energi, miljø og erhverv for at støtte etablering af et marked for nye lovende teknologier

Sikring af tilstrækkelige affaldsmængder til nye, lovende teknologier

- sætte visse minimumskrav for antal fraktioner eller affaldstyper, der kildesorteres og indsamles separat fra forskellige typer affaldsproducenter
- indgå aftaler med eller lovgivning vedrørende relevante brancher for at sikre håndtering af særlige affaldstyper, f.eks. via yderligere producentordninger
- arbejde aktivt med den internationale arbejdsdeling i forhold til hvilke aktiviteter der økonomisk og miljømæssigt bedst udføres i Danmark, i andre europæiske lande eller i f.eks. i Asien
- introducere forbud mod deponering eller forbrænding af særlige affaldstyper som politisk ønskes tilbageført et lukket affaldssystem, hvor der er udviklet fungerende teknologier

Dialogmødets budskaber

Sammenfattende budskaber fra dialogmødet:

Der er behov for en tydelig, langsigtet og samlet politik for affald, energi og ressourcer, som sektorstrategier for f.eks. affald kan bygge solidt på.

Der er behov for at fjerne barrierer for indførelse af nye teknologier og behov for at regulere i forhold til mål og etablere incitamentsstrukturer for at nå disse mål frem for at regulere bestemte anlægstyper og teknologier.

Der er udviklet en lang række lovende teknologier og løsninger, men introduktion af disse begrænses blandt andet af sagsbehandlingen, de nuværende incitamentsstrukturer og anden lovgivning samt organisering. De nuværende rammebetingelser anses for at favorisere affaldsforbrændingsanlæg og deponier. Aktørerne ønsker færre begrænsninger og barrierer for markedsadgang, hvilket primært ses opnået via øget liberalisering af markedet. Desuden ønskes større incitament til udvikling af innovative løsninger, herunder lovgivningsmæssig understøtning af øget innovation.

Der er således ikke specielt behov for økonomisk støtte til nye teknologier, men derimod brug for hurtig fjernelse af administrative og reguleringsmæssige barrierer.

Der bør fremover tænkes i ressourcer og kredsløb frem for affald og affaldsbortskaffelse, hvilket er i overensstemmelse med Regeringens politik på affaldsområdet og strategiens syv grundelementer. Der er specielt behov for prioritering af ressourcebevarelse, ressourcegenvinding med en aktiv politik vedr. særlige knappe globale eller danske ressourcer.

Summary and conclusions

The Danish and the international waste management industry is currently influenced by substantial changes regarding the political demands for environmental solutions and sustainability, the development of new technologies, demands for new organisational structures, and important changes of the prevailing market conditions through internationalization and globalization.

This report presents an analysis of technological potentials in the field of waste management, including identification of possible Danish positions of strengths. The focus is on technologies substituting existing methods of treatment that are not marketed or fully applied because of various barriers.

The report takes the approach of cycle consideration and sets up a model for this inspired by the “cradle-to-cradle” concept. This concept views all types of waste as potential nutrients for new productions. In the biological metabolism waste contains a variety of nutrients and similarly that, according to this way of thinking, should be taken back to cultivated areas. This ought to be done in order to maintain a sustainable agricultural production and especially because such recirculation of nutrients has wide, positive implications on the level of pressure on the environment and, thus, positive influence on climate change.

Likewise, in the technological sphere it ought to be made sure that all substances and materials are part of closed loops as opposed to open streams. In closed loops, substances and materials circulate continuously, thereby saving large amounts of resources compared to open streams. At the same time – and this is an important point – the energy required to maintain the closed loops is far less than required by open streams. By having more closed loops society will elongate the resources of fuels and other resources and prevent large emissions of carbon dioxide, other greenhouse gasses and other environmental harmful emissions from power plants and other energy installations.

The model therefore looks at the energy sector. Especially here, the so-called renewable fuels (e.g. wood, straw, organic waste) may substitute fossil fuels, which have positive environmental and climate effects, as just described. Unfortunately, the burning of bio fuels also means that the flow of materials remains open. Nutrients, which forms part of the bio fuels, will not be taken back to arable land. Therefore, it is a challenge to apply such technologies that at the same time are able to make use of the energy content of the waste materials and at the same time maintain a closed loop for important nutrients.

However, such technologies are available today in the form of facilities that produce biogas, bio ethanol and biodiesel and can replace fossil fuels and at the same time provide for the recycling of nutrients to arable land. However, these technologies are still under development, especially those which are based on waste products as opposed to specifically cultivated crops.

The biological waste metabolism

The analysis of the organic waste cycle shows that approximately 1 million tonnes of organic waste from households is annually treated in waste incineration facilities. The waste stream is open.

Animal manure constitutes around 32 million tonnes annually of which only around 4 % is currently being used in biogas facilities or otherwise applied in the energy supply. The waste loop is in principle closed, but there are problems in relation to the management of nutrients in the external environment.

The production of straw is approximately 5.5 million tonnes a year. Two thirds of this enters a closed loop without utilization of the energy content whereas the last third enters an open stream in which nutrients by and large are lost, but the energy content is exploited.

The production of sludge from waste water treatment facilities is approximately 1 million tonnes annually. The energy content is utilized and about half of the quantity is being spread on arable land as part of a closed loop. The other half is incinerated and is thus part of an open stream with loss of nutrients as a consequence. The proportion of sludge being incinerated is increasing.

The technologies for treatment of organic waste differ with respect to energy efficiency and with respect to whether they may be part of an open stream or can be an element in a closed loop.

Waste incineration plants and thermal gasification plants has a high energy efficiency but nutrients are lost. As a general rule, an open stream of materials is treated.

Facilities producing biogas, biodiesel and bio ethanol may be part of closed loops while the energy content is exploited. Aerobic composting may be part of a closed loop but the process offers no possibilities to exploit the energy content of the waste.

The technological waste metabolism

The analysis of the technological waste cycle shows that approximately 1.6 million tonnes of non-biodegradable waste and paper/cardboard is currently incinerated in waste to energy plants. The waste stream is open. This waste amount may form the basis for more than a doubling of the recycling of household waste, in particular by recycling of the plastic waste fraction.

A number of so-called mono-waste streams, i.e. specific waste streams such as gypsum, tyres, PVC, and mineral wool are being collected and recycled into the production processes. The waste stream is hereby transformed into closed loops thus generating significant positive effects on the environmental and climate. However, the total quantity of the waste stream is included.

Other mono-waste streams are still entirely open, e.g. glass reinforced plastic, tar paper (roof felt) and others. Some efforts are being initiated for the development of recycling schemes for these waste streams.

Composite waste streams, e.g. hazardous waste, shredder waste, etc. are collected and treated separately, but the stream is not part of a closed loop. This type of waste is often treated by shredding/sorting and perhaps segregation of precious materials before landfilling or incineration. Thus, these waste streams are open.

Building and demolition waste and part of the residues from the energy sector waste are currently being recycled to a large extent. The recycling conserves raw materials (e.g. gravel), but materials are only to a limited extent being recycled in closed loops for which reason the waste streams are in effect still open.

Technologies for treatment of waste streams in the technological metabolism are adapted to each waste stream and thus very different from each other. The prerequisite for obtaining a more closed loop is either sorting at the source of various waste types and fractions, or increased sorting in front-end sorting facilities after the primary collection has taken place. A new technology is “Renescence”, that may be thought as a replacement for other dry front-end sorting technologies.

In connection with source segregation in households, institutions, commercial and industrial enterprises, a long range of means may be taken advantage of to ensure the best possible effect. These could include e.g. prohibition, orders, agreements, economic incentives, sanctions, actions to change of attitude and education.

Danish positions of strength

Based on the market evaluation, international and Danish tendencies within the waste sector, and input from the workshop, the following Danish positions of strength were identified:

1 The biological metabolism

- 1.1 Production of biogas from individual and joint plants with cogeneration of power and heat. Animal manure and other by-products are raw material
- 1.2 Bio ethanol and biodiesel technologies, including enzymes and research. Development of bio ethanol and biodiesel solutions takes place in specialized research groups in Denmark, and commercial production is established
- 1.3 Various technologies for straw (bio ethanol on straw, straw ashes as fertilizer, combustion of straw)
- 1.4 Other activities concerning treatment and recycling of the organic waste quantity, including among other domestic waste, by combined anaerobic and aerobic treatment

2 The technological metabolism

- 2.1 Special technologies for certain mono-waste streams/special waste fractions: Gypsum, stone wool, tyres, crushing of concrete and bricks, impregnated and CCA treated timber, glass fibre

3 The technological metabolism/Energy sector

- 3.1 Waste incineration facilities and –technology: Denmark, being the country in the world with the highest installed incineration capacity

per capita, has a leading position in terms of technology and knowledge concerning waste-to-energy installations

- 3.2 Bio ethanol and biodiesel (both second generation technologies operating on straw)
- 3.3 Combustion of straw, in central facilities with cogeneration as well as in smaller heat-producing plants and in individual furnaces

Development opportunities for the waste management sector might include:

- 1 Increased separate treatment of biodegradable waste for the purpose of maintaining closed loops with simultaneous utilization of the energy of the waste
 - 1.1 Production of biogas from source segregated organic domestic waste and similar waste types
 - 1.2 Significant increase in the production of biogas from animal manure and other by-products from the agricultural production and attached industries
 - 1.3 Significant increase in the production of biogas and/or other fuels (biodiesel, bio ethanol) from by-products from the vegetable and animal production
- 2 Improvement of the technological metabolism with the purpose of closing streams of substances and establish more closed loops
 - 2.1 Increase or intensify source segregation in households and businesses with the purpose of increasing the recycling of especially plastics, but also other waste fractions such as glass, paper/cardboard, textiles, etc.
 - 2.2 Development and further application of mechanical front-end sorting facilities for domestic waste as well as other waste
 - 2.3 Closure of other open streams, e.g. glass fibre, shredder waste
- 3 The technological metabolism/Energy sector
 - 3.1 Thermal gasification of special waste streams such as impregnated wood, stump of trees and similar

Means

These development opportunities might be pursued by among other things the implementation of the following:

Increased public support to research and development in the area, including in particular:

- Further development of biological treatment technologies, especially for biogas, biodiesel, bio ethanol and enzyme based pre-treatment of waste

- Development and further commercialization of Danish technologies for treatment of mono-streams

Implement new requirements for products and product responsibility, including:

- Improvement of products, also composite and complex products, with the aim to increase recyclability
- More take-back and deposit schemes

Removal of barriers and put incentives into force with the aim of

- Supporting establishment of commercially viable markets for promising waste technologies by means of waste plans, waste by-laws, environmental requirements, etc.
- Establish a model for quick inter-ministerial co-ordination of levies, legislation, environmental requirements, etc. with the aim of supporting the establishment of a market for promising technologies

Ensure sufficient waste quantities for emerging technologies

- Prescribe certain minimum requirements for a number of fraction or waste types for source segregation and collection from various waste producers
- Enter into agreements with or issue legislation regarding relevant lines of businesses with the aim to ensure proper management of special waste types, e.g. via increased producers' responsibility
- Work actively on the international division of work in respect to which activities that are most beneficially, economically and environmentally carried out in Denmark and which should be carried out in other European countries or Asia
- Instigate prohibition of landfilling or incineration of special types of waste which for political reasons are wanted to be managed in closed loops and for which adequate technologies have been developed

Stakeholder comments from the dialogue meeting

The stakeholder comments from the dialogue meeting can be summarized as follows:

There is a need for a clear, long-term and coherent policy for waste, energy, and resources upon which the sector strategy for waste can firmly build.

There is a need for removal of barriers for the introduction of new technologies and a need to regulate in relation to goals and to establish incentives to achieve these goals as opposed to regulating specific facilities and technologies.

A long range of new technologies and solutions are emerging, but the practical implementation is among other things hindered by administrative procedures, the current structure of incentives, other legislation, and the current organization of the waste sector. The current framework is seen to give waste incineration and landfilling a privileged position. The players want fewer barriers for access to the market, primarily by deregulation.

There is no special need for financial support of emerging technologies rather there is a need for swift relegation of administrative and regulative barriers. Furthermore, stronger incentives are needed for innovative solutions, including legislative furthering of innovation.

In the future, guiding principles should be resources and closed loops rather than waste and waste streams, which is in harmony with the Government's waste policy and the seven guiding principles. There is a particular requirement for prioritization of resource conservation and resource looping by means of an active policy towards scarce global or Danish resources.

1 Introduktion

1.1 Baggrund

Anden del af Regeringens Affaldsstrategi 2009-12, skal pege på hvilke konkrete områder, der kan sættes initiativer i gang i de kommende år. Da der ikke er foretaget en systematisk opgørelse over miljø-teknologiske potentialer på affaldsområdet, og alternative behandlingsmetoder, er der behov for et overblik over de eksisterende potentialer og muligheder. På baggrund af dette, kan der vælges, hvilke indsatsområder, der skal sættes på de kommende år.

1.2 Opgaveformulering

Hensigten med dette miljøprojekt er at give indspil til Regeringens Affaldsstrategi 2009-2012 del 2 og Regeringens indsats for fremme af miljøteknologi.

Formålet med projektet er at samle viden om miljøteknologiske potentialer på affaldsområdet. Der fokuseres på nye teknologier – mere eller mindre færdigudviklede – der kan erstatte nogle af de eksisterende behandlingsmetoder, men som ikke er markedsført på grund af forskellige barrierer. Projektet skal desuden lokalisere nye mulige danske styrkepositioner på affaldsområdet og pege på områder, hvor der tilbydes konkurrencedygtige affaldsløsninger, som kan hjælpes ind på nye markeder ved en større eksponering.

Miljøprojektet skal derfor samle viden om miljøteknologier på affaldsområdet, som kan erstatte den eksisterende behandlingsmetode, f.eks. i form af sorterings- eller andre nyttiggørelsesoperationer. På relevante områder vurderes teknologierne i forhold til hinanden. I vurderingen af potentialerne, tages der udgangspunkt i de syv grundelementer for regeringens affaldspolitik. Der lægges særlig vægt på reduktion i tabet af ressourcer og reduktion i den samlede miljøbelastning fra affald¹. I vurderingen af de enkelte teknologier indgår derfor først og fremmest en analyse af teknologiens muligheder for at lukke en stofstrøm og opretholde dette lukkede kredsløb. I mindre omfang indgår også en analyse af hvilke lovgivningsmæssige, økonomiske eller institutionelle barrierer, der kan hindre en fuld udfoldelse af potentialet.

En endelig vurdering af teknologierne bør omfatte en komparativ analyse af de samlede energi- og miljøforhold og en detaljeret stofstrømsanalyse for eksempel i form af en livscyklusanalyse. En sådan analyse har ikke kunnet gennemføres indenfor rammerne af dette projekt.

¹ De syv grundelementer fremgår af Regeringens Affaldsstrategi 2009-12 del 1

1.3 Projektdeltagere

Projektet er gennemført af COWI A/S på vegne af Miljøstyrelsen. Til gennemførelse af projektet er der nedsat en følgegruppe bestående af: Bo Møller Gottlieb, Dorte Hermansen, Lone Lykke Nielsen, Lotte Kau Andersen, alle Miljøstyrelsen, Inge Werther, Dakofa samt Torben Kristiansen, COWI, der også har været COWIs projektleder. Rapporten er udarbejdet med bidrag fra Lizzi Andersen, Simon Graasbøll, Jens Bjørn Jakobsen, Niels Aagaard Jensen, Torben Kristiansen, Carina Lassen, Jan Skajaa.

2 Tendenser på affaldsområdet på udvalgte markeder

2.1 Indledning - hoveddrivkræfter

Den danske, europæiske og internationale affaldsbranche er i bevægelse i disse år. Specielt inden for den Europæiske Union er der det senest årti set følgende hoveddrivkræfter:

- 1 EU's temastrategi for affald der opstiller en række indsatsområder for affaldsområdet, herunder gennemførelse og forenkling af lovgivningen, livscyklustankegang, forebyggelse, videnopbygning, referencestandarder, mv. Særligt kan nævnes følgende EU lovgivning:
 - EU Lossepladsdirektiv (1999/31/EC af 26. april 1999), som blandt andet stiller konkret mål for reduktion af mængden af biologisk affald, der deponeres. Dette har medført behov for etablering af væsentlig større behandlingskapacitet i en række EU lande. Det har betydet udvidelse af eksisterende forbrændingskapacitet samt etablering af mekanisk-biologiske behandlingsanlæg baseret på enten aerob eller anaerob biologisk efterbehandling
 - EU affaldsrammedirektiv (2008/98/EF af 19. november 2008), som blandt andet fokuserer på forebyggelse og indfører mål for genanvendelse af husholdnings- og bygge/anlægsaffald samt stiller krav om "life cycle thinking" ved valg af nye systemer/teknologier
- 2 Etablering af "deponeringsforbud" i en lang række lande, herunder Danmark, Sverige, Tyskland, Polen, hvorved der er indført væsentlige begrænsninger i hvilke typer affald der må deponeres
- 3 IPPC Kyoto protokol herunder EU og nationale målsætninger for reduktion af udledning af drivhusgasser og andre klimainitiativer
- 4 Øget fokus på stigende knaphed på kulstofkilder, herunder affald, til energifremstilling
- 5 Stigende fokus på risiko for fremtidig knaphed for visse ressourcer, herunder fosfor, metaller, fossile brændsler osv.
- 6 Økonomiske drivkræfter og økonomiske styringsredskaber der favoriserer bedre udnyttelse af ressourcerne, herunder at industrien i stadig højere grad opfatter affald som en ressource
- 7 Fortsat ønske om økonomisk optimering og effektivisering indenfor affaldsbranchen og stigende internationalisering i branchen

- 8 Udviklings- og forskningsprogrammer, eksempelvis LIFE, der især for mindre virksomheder har udviklet en række genanvendelsesteknologier og mere miljøvenlige produktionsmetoder
- 9 Udviklingsprogrammer i en række lande, herunder Storbritannien (via miljøministeriet (DEFRA)) til fremme af nye affaldsbehandlingsteknologier. Det (nu afviklede) danske rammeprogram for rene teknologi har også spillet en rolle for udviklingen i Danmark

Disse drivkræfter har haft konkret effekt for udviklingen og videreudviklingen af affaldsteknologierne, herunder specielt:

- 1 Øget energieffektivitet og mindre miljøbelastning for affaldsforbrændingsanlæg
- 2 Etablering af længerevarende driftserfaringer for mekanisk-biologiske affaldsbehandlingsanlæg, (MBT-anlæg) i specielt Tyskland, Østrig, Italien og England, herunder anlæg, som inkorporerer anaerobe biogasanlæg og genvinding af ressourcer som papir, plast, metal, glas, osv.
- 3 Udvikling, modning og effektivisering af maskinelle affaldssorteringsteknologier (især i Tyskland/Østrig). Disse teknologier skal sikre øget brug af indsamling af genanvendelige fraktioner i en særskilt beholder med efterfølgende mekanisk sortering med henblik på øget genanvendelse af affald fra husholdninger og institutioner (specielt Tyskland, Østrig, Frankrig, Irland, Storbritannien)
- 4 Udvikling og modning af termiske forgasningsanlæg, herunder også af danske aktører i international målestok
- 5 Voksende Europæisk erfaring med multi-strengede indsamlingsordninger for affald, f.eks. mellem 3-7 forskellige fraktioner i separate beholdere fra husholdninger o.l. (specielt Norge, Sverige, Tyskland, Holland)
- 6 Udvikling og modning af 2. generations biobrændstof/ bioethanol teknologi baseret på biologisk nedbrydeligt affald (specielt Danmark)
- 7 Globalisering af affaldsbranchen, herunder etablering af et pan-europæisk marked for behandling af særlige affaldsfraktioner som f.eks. batterier, el-skrot, farligt affald, industrielt slam, kreosot/CCA behandlet træ, osv. Der sker således omfattende transport af særlige affaldstyper mellem landene i Europa samt til lande uden for Europa. Dette gøres for at opnå så billig behandling som muligt. Nationale særinteresser og særlige løsninger og markedsbarrierer, herunder beskyttelse af nationale eller offentlige behandlingsanlæg mod konkurrence fra udenlandske anlæg med f.eks. bedre stordriftsfordele er derfor under afvikling inden for EU.

2.2 Tendenser på udvalgte markeder

2.2.1 Skandinavien

Danmark og Sverige er de lande i verden og i Europa, som har den største installerede affaldsforbrændingskapacitet per indbygger (se Tabel 1). Norge har de seneste år udbygget sin forbrændingskapacitet væsentligt, hvorimod Finland fortsat har en meget lille affaldsforbrændingskapacitet per indbygger. I Finland er der til gengæld forholdsvis stor brug af cementovne til behandling af egnede affaldstyper.

I Sverige er der gennem en årrække blevet etableret en række biogasanlæg som kendetegnes ved at den producerede gas rengøres og anvendes som brændstof i busser og lastbiler.

Der er i Norge og Sverige samt Finland en væsentlig erfaring med kildesortering i 3-9 affaldsfraktioner. Derfor er der generelt meget høje genanvendelsesprocenter for husholdningsaffald og erhvervsaffald, både i forhold til gennemsnittet i Europa og sammenlignet med Danmark. Danmark har i modsætning til de øvrige skandinaviske lande ikke bredt implementeret egentlige flerstrengede kildesorteringssystemer, men satset mere på indsamling af mange forskellige affaldsfraktioner til genanvendelse og særlig behandling via især genbrugsstationer.

Det amerikanske ejede Babcock & Wilcox Vølund A/S, som er en af verdens førende leverandører af affaldsforbrændingsteknologi, har hovedsæde i Danmark. Derudover er der i Danmark en lang række firmaer under etablering eller allerede etableret med specielle teknologier målrettet særlige affaldsstrømme, herunder behandlingsanlæg for farligt affald (se senere).

2.2.2 Centraleuropa (Tyskland, Østrig, Schweiz)

Der er i det centrale EU, især Tyskland, Østrig og Schweiz sket en stor udbygning af specielt kapaciteten på de mekanisk biologiske behandlingsanlæg (MBT²), samt en mindre udbygning af den eksisterende forbrændingskapacitet. Mængden af ubehandlet affald til deponering er således reduceret væsentligt i disse lande. Tyskland og Østrig er internationalt førende med hensyn til at sætte miljøstandarder og anlægsstandarder for MBT anlæg. Der er i specielt Tyskland en installeret MBT kapacitet på næste 6 millioner ton/år³ og en betydelig driftserfaring over en periode på 10-15 år, hvorfor de væsentligste "børnesygdomme" nu er overstået.

En væsentlig del af MBT anlæggenes konfiguration er den indledende mekaniske sorteringsdel. Det er således specielt Tyskland som er trendsættende og førende i verden med hensyn til forbedring og udvikling af mekanisk affaldssorteringsteknologi. Der har indtil for nylig været betydelige problemer med afsætning af RDF⁴ delen fra MBT anlæggene, men der er nu etableret en række dedikerede anlæg til udnyttelse af RDF, hvorfor omkostningen ved

² MBT = mechanical biological treatment, mekanisk biologisk behandling

³ Arbeitsgemeinschaft Stoffspezifische

Abfallbehandlung <http://www.asa-ev.de/index.php?id=17>

⁴ RDF = Refuse derived fuel, brændsel fra affald, sædvanligvis i form af tørrede brændselspiller

RDF er faldet de sidste par år. En række af de førende leverandører af MBT anlæg er tyske⁵ eller østrigske⁶.

I Østrig er der fokus på produktion af RDF, som i flere tilfælde benyttes som brændsel på cementfabrikker. Den biologiske del af flere MBT anlæg er indrettet til at kompostere den organisk frasorterede del med henblik på deponering af "stabiliseret" bionedbrydeligt affald. Sidstnævnte gøres for at overholde EU's affaldsdeponeringsdirektivs krav om reduktion af mængden af bionedbrydeligt affald til deponering.

Der er endvidere i specielt Tyskland og Schweiz nogle af verdens førende leverandører af forbrændingsteknologi (f.eks. Von Roll Inova⁷ og Martin GmbH für Umwelt- und Energietechnik⁸).

2.2.3 Centrale Vesteuropa (Holland, Belgien, Frankrig)

Der er i det centrale Vesteuropa (Benelux og Frankrig) en stor affaldsbehandlingskapacitet specielt via forbrændingsanlæg men også i stigende grad via MBT anlæg, sorteringsanlæg og biologiske anlæg. Der er endvidere specielt i disse lande god erfaring med brug af vandveje og jernbaner til transport af affald.

Der er i disse lande en mangeårig erfaring med indsamling af mange genanvendelige fraktioner fra husholdninger. Der er ligeledes lang erfaring med indsamling af genanvendelige materialer til efterfølgende mekanisk sortering og genanvendelse.

Der er endvidere en række specialanlæg til behandling og deponering af særlige affaldsfraktioner herunder batterier og andre typer farligt affald som modtager affald fra andre europæiske lande til behandling.

Det franske firma CNIM er blandt de førende leverandører af forbrændingsteknologi⁹ i Europa med reference anlæg i adskillige lande.

2.2.4 Storbritannien og Irland

Der er i både Storbritannien og Irland en forholdsvis lille behandlingskapacitet og derfor fortsat stor deponering af ubehandlet affald. Der er i Storbritannien ca. 20 forbrændingsanlæg med en samlet kapacitet på godt 4.4 millioner tons/år. Det er en forholdsvis lille kapacitet sammenlignet med Danmark, der har en kapacitet på ca. 5,5 millioner tons/år til meget færre indbyggere. Det

⁵ Biodegma/ Umweltschutz Nord, CCP Waste Management, Fa. Gore, Farmatic/ Schwarting Umwelt (Schwarting MBA concept), Herhof Umwelttechnik, Holding Nehlsen, Horstmann Recyclingtechnik, Linde-KCA-Dresden GmbH, Lurgi Entsorgung GmbH, Sotec, Technische Universitaet Dresden (Dombelüftung), Wehrle Werk (AG Biopercolat), Wilhelm Faber GmbH&Co (Faber Ambra), U-plus/ Global Renewables (ISKA/ UR-3R) http://www.juniper.co.uk/whats_new/MBTwarmer.html

⁶ Babcock Borsig/Steinmüller Valorga, Innovate Umwelttechnik (BASEP 2000), Porr Umwelttechnik (Bio-Puster), VKW
http://www.juniper.co.uk/whats_new/MBTwarmer.html.

⁷ http://www.aee-vonrollinova.ch/aee_vonroll_inova/

⁸ <http://www.martingmbh.de/index.php>

⁹ http://www.cnim.com/hi/act_dechets.htm

skønnes således vanskeligt for disse lande at opnå lossepladsdirektivets krav om reduktion af affald til deponi i tide, på trods af stor aktivitet for at etablere den nødvendige behandlingskapacitet.

I Storbritannien har DEFRA¹⁰ etableret nogle omfattende programmer der fokuserer på udvikling af affaldsbehandlingsteknologier. Programmerne skal øge viden om disse teknologier og forbedre udnyttelsen af ressourcerne i affald.

Der er i begge lande fokus på offentlig-private partnerskab (OPP) løsninger i forbindelse med etablering af den manglende behandlingskapacitet. Der gives statslig støtte til etablering af sådanne OPP løsninger. Der har indtil nu været fokuseret på etablering af traditionelle ristefyrede affaldsforbrændingsanlæg samt MBT og autoklave anlæg fokuseret på stabilisering af affald før deponering, samt evt. produktion af fast erstatningsbrændsel (RDF) baseret på affald til indfyring i særlige energianlæg (f.eks. forgasningsanlæg).

Der er i begge lande en forholdsvis stor offentlig modstand mod etablering af affaldsforbrændingsanlæg. Dette er blandt andet baseret på meget kritiske miljøorganisationer som f.eks. Friends of the Earth. Dette har blandt andet øget interessen for alternative behandlingsteknologier som f.eks. MBT, autoklavering, og mekaniske affaldssorteringsanlæg, samt pyrolyse og forgasningsanlæg. Der er i Storbritannien og Irland ingen selvstændig udvikling af behandlingsteknologier, hvorfor der hovedsageligt etableres europæiske teknologier fra f.eks. Italien, Tyskland, Schweiz, Danmark, osv.

Der er i Storbritannien indført et økonomisk styringsmiddel (LAT¹¹) for at begrænse deponering af ubehandlet affald, idet der er etableret kvoter for deponering. Styringsmidlet bygger på, at der skal købes/handles deponeringstilladelser (LATs) for den overskydende mængde til deponering.

2.2.5 Østeuropa (nye EU lande)

Store dele af Østeuropa, herunder specielt de nyere EU medlemslande, har veludviklede fjernvarmenet i alle større byer, samt nogen erfaring med affaldsforbrænding gennem de seneste 2-3 årtier (herunder Polen, Ungarn, Tjekkiet, Slovakiet). Der pågår derfor i disse lande, blandt andet med udsigt til EU strukturmidler, planlægning af affaldsforbrændingsanlæg samt MBT anlæg for at kunne opfylde kravene om begrænsning af deponering af bioomsætteligt affald, jf. EUs lossepladsdirektiv.

Der er i mange Østeuropæiske lande fokus på etablering af ny behandlingskapacitet via den private sektor, således at disse anlæg etableres via OPP aftaler. I Kroatien fokuseres der eksempelvis på etablering af sådanne aftaler baseret på løsninger indeholdende MBT anlæg med forbrænding af RDF på cementfabrikker, men der arbejdes også med etablering af traditionelle forbrændingsanlæg.

¹⁰Det britiske ministerium for miljø, fødevarer og landbrug. The Department for Environment, Food and Rural Affairs
(<http://www.defra.gov.uk/environment/waste/index.htm>)

¹¹ Landfill Allowance Trading Scheme = omsættelige deponeringstilladelser

Deponering er fortsat den mest anvendte metode til bortskaffelse af affald i Østeuropa, idet der også foregår en udbygning af genanvendelsesordninger, således at en voksende del af affaldet genanvendes via kildesortering af husholdnings- og industriaffald.

2.2.6 Tyrkiet

Ifølge TURKSTAT er produktionen af husholdningsaffald og lign. i Tyrkiet ca. 34 millioner tons årligt, svarende til 1,34 kg/indbygger/dag. Næsten alle indbyggere har adgang til affaldsservice. Det mest almindelige er, at affaldet deponeres i ukontrollerede lossepladser, idet landet kun har 16 kontrollerede lossepladser, som behandler ca. 34 % af affaldet. Langt størstedelen af det øvrige affald deponeres ukontrolleret (58 %) og i mange tilfælde ulovligt. Andelen af affald deponeret i ukontrollerede lossepladser er stigende ligesom mængden af affald er stigende. Kun omkring 1 % af affaldet komposteres og næsten intet forbrændes. Der findes anlæg for forbrænding af farligt affald og et affaldsforbrændingsanlæg i Izmir, som ikke er i drift af ikke-tekniske årsager.

Der er afsat 205 mio. euro til miljø infrastruktur til Tyrkiet fra Kommissionens IPA (Instrument for Pre-Accession).

2.2.7 Middelhavslandene i EU

Der er i Italien, Spanien og Portugal en væsentlig affaldsforbrændingskapacitet, og samtidig behov for etablering af yderligere behandlingskapacitet for at overholde kravene i EU's lossepladسدirektiv. Der arbejdes i disse lande på etablering af både yderligere forbrændingskapacitet, yderligere genanvendelsessystemer samt etablering af MBT anlæg og centrale sorteringsanlæg og autoklaveanlæg. I Italien etableres mange MBT anlæg hvor den biologiske del er indrettet til at producere "stabiliseret kompost", som deponeres på affaldsdeponier. I Italien producerer firmaet ECODECO MBT anlæg baseret blandt andet på autoklave/biotørrekonceptet¹².

Der er især behov for etablering af behandlingskapacitet i Grækenland, Cypern og Malta.

2.2.8 USA og Canada

Der er i USA og Canada stor afhængighed af deponering, men der er etableret nogen forbrændingskapacitet i visse større byer. I Nordamerika transporteres affald over store afstande til meget store deponier, hvorfra der ofte udvindes lossepladsgas. Der er efter godt 10-15 år hvor der har været meget beskeden investering i større affaldsbehandlingsanlæg, en stigende interesse i forbrændingsanlæg og MBT anlæg samt pyrolyse/forgasning og biogasanlæg i Nordamerika.

2.2.9 Sydøstasien

Der er i lande som Japan, Singapore, Sydkorea og Taiwan en stor og en stigende anvendelse af affaldsforbrændingsanlæg baseret enten på traditionelle ristefyrede anlæg (Singapore, Taiwan, Sydkorea og Japan) samt termiske anlæg baseret på fluid bed og pyrolyse teknologi (især i Japan). I Korea og Ja-

¹² <http://www.ecodeco.it/gruppo/cms/ecodeco/>

pan sker der ligeledes en udvikling af forbrændings- og forgasningsteknologier.

2.2.10 Indien

Affaldsmængderne stiger voldsomt i Indien som følge af den voksende økonomi og voksende urbanisering. Man forventer en stigning i husholdningsaffaldsmængden fra ca. 80 millioner tons i 2009 til ca. 260 millioner ton i 2046¹³. Der er basale problemer med at sikre hygiejnisk opbevaring, indsamling og borttransport af den producerede affaldsmængde. Affaldet deponeres væsentligst på ukontrollerede lossepladser og kun en ringe del af affaldet behandles, hovedsagligt i komposteringsanlæg.

Der findes kun meget få avancerede behandlingsanlæg, som f.eks. affaldsforbrænding eller MBT. Derimod sker der en relativ stor genanvendelse af visse dele af affaldet via en uformel genanvendelsessektor. Nogle af de større byer undersøger muligheden for etablering af f.eks. forbrændingsanlæg med elproduktion, specielt etableret via OPP finansiering, hvor en række større indiske firmaer har vist interesse i at gå ind i dette marked. Der er således en række planer for etablering af affaldsforbrænding, biogas og mere avancerede former for komposteringsanlæg i Indien, men endnu er der ingen væsentlig kapacitet til rådighed.

2.2.11 Kina

I Kina er en hastig udvikling i gang vedr. etablering af forbrændingsanlæg hvor overskudsenergien udnyttes til både elektricitet og fjernvarme. Byer i den nordlige del af Kina er ofte forsynet med fjernvarmenet, hvilket gør affaldsforbrændingsteknologien fordelagtig. I Beijing er der således vidt fremskredne planer om etablering af tre forbrændingsanlæg.

Udnyttelse af organisk affald fra industri, hoteller/restauranter o. lign. er også i stærk udvikling. Der fokuseres på teknologier, hvor både energi og næringsstoffer bliver udnyttet.

2.2.12 Afrika

På det afrikanske kontinent er der meget beskedne affaldsbehandlingskapaciteter, og den langt overvejende del af affaldet dumpes eller deponeres under mere eller mindre kontrollerede forhold. Den genanvendelse, der finder sted, foretages af den uformelle sektor via klunsning.

I Sydafrika er der etableret termiske behandlingsanlæg for farligt affald samt moderne forbrændingsanlæg for klinisk risikoaffald, der kan overholde miljøkrav der er sammenlignelige med EU's emissionskrav. En række byer, herunder Johannesburg, Cape Town, Durban, Pietermaritzburg, Rustenburg, og Bloemfontein undersøger muligheden for at introducere forbrændingsanlæg, MBT-anlæg eller sorteringsanlæg med henblik på at reducere mængden af affald til deponering. Cape Town har etableret et forholdsvis stort kombineret manuelt og mekanisk affaldssorteringsanlæg. De sydafrikanske byer fokuserer

¹³Shaleen Singhal & Suneel Pandey, Solid Waste management in India: Status and future directions, <http://www.terienvic.nic.in/times6-1.pdf> & Municipal Solid Waste Management in India: Present Practices and Future Challenge, Sunil Kumar, <http://www.adb.org/Documents/Events/2005/Sanitation-Wastewater-Management/paper-kumar.pdf>

på OPP modeller til finansiering af disse anlæg. Der er i Sydafrika endvidere udarbejdet en strategi for anvendelse af cementovne til behandling af specielt farligt affald og andet affald med høj brændværdi. De sydafrikanske miljøorganisationer er stærkt kritiske over for affaldsforbrændingsanlæg¹⁴.

2.2.13 Sydamerika

Der er i de store byer, specielt i højtækstlandene, stor interesse for at reducere mængden af affald til deponi samt reducere udslip af drivhusgasser. Der arbejdes f.eks. på etablering af affaldssorteringsanlæg og biologiske behandlingsanlæg i Mexico, Paraguay, Argentina med henblik på også at genererer indtægter fra salg af certificerede emissions reduktioner (CER) via CDM-procedurene¹⁵.

Der opleves endvidere voksende interesse for etablering af affaldsforbrændingsanlæg med elproduktion i de store metropoler, hvor tilstrækkelig deponeringskapacitet er problematisk. Der er dog i dag ikke etableret anlæg endnu.

2.3 Behandlingsanlæg i Europa

Afsnittet herunder giver en kort status for antallet og kapaciteten af behandlingsanlæg i Europa med særlig vægt på almindelige forbrændingsanlæg, biogasanlæg og MBT-anlæg. Sidstnævnte anlæg omfatter flere forskellige teknologier, herunder en eller anden form for biologisk behandling og en eller anden form for mekanisk sortering eller oparbejdning (se senere). Andre typer anlæg, f.eks. forgasningsanlæg og anlæg til behandling af farligt affald, er ikke medtaget i denne beskrivelse.

2.3.1 Affaldsforbrændingsanlæg

I nedenstående tabel vises antal affaldsforbrændingsanlæg, deres kapacitet og den beregnede kapacitet per indbygger per år i en række europæiske lande.

Tabel 1 Forbrændingsanlæg og kapacitet i Europa 2007

Land	Antal forbrændingsanlæg	Kapacitet (millioner tons/år)	Befolkningstal (millioner)	Kapacitet ton/år/indbygger
DK	29	3,5	5,5	0,64
S	30	4,5	9,25	0,49
CH	28	3,6	7,7	0,47
NL	11	5,8	16,49	0,35
B	16	2,6	10,75	0,24
D	67	17,8	82	0,22
L	1	0,1	0,49	0,20
A	8	1,6	8,35	0,19
F	130	12,3	64,35	0,19
N	20	0,9	4,8	0,19
P	3	1	10,62	0,09
UK	20	4,4	61,63	0,07

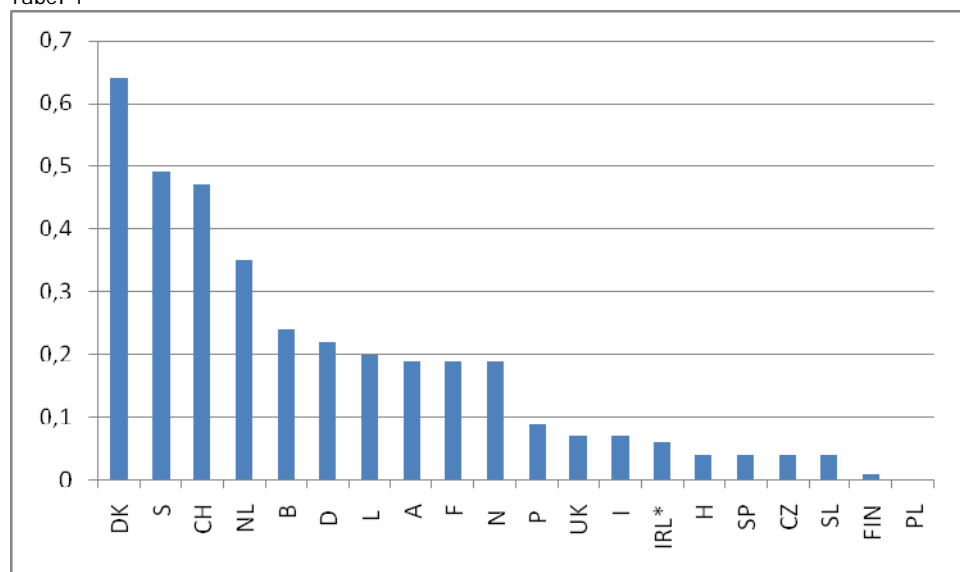
¹⁴ <http://www.earthlife.org.za/>, <http://www.groundwork.org.za/>

¹⁵ CDM = Clean Development Mechanism, omfatter "fleksible mekanismer" som emissionshandel som aftalt i Kyoto-protokollen (se <http://cdm.unfccc.int/index.html>)

Land	Antal forbrændingsanlæg	Kapacitet (millioner tons/år)	Befolkningstal (millioner)	Kapacitet ton/år/indbygger
I	51	4	60,04	0,07
IRL*	1	0,25	4,45	0,06
H	1	0,4	10,03	0,04
SP	10	1,8	45,83	0,04
CZ	3	0,4	10,47	0,04
SL	2	0,2	5,41	0,04
FIN	1	0,05	5,33	0,01
PL	1	0,05	38,14	0,00

Kilde: CEWEP 2007 samt EUROSTAT 2009 befolkningstal. *=Kommende anlæg i Dublin medtaget.

Figur 1 Forbrændingskapacitet i Europa 2007. Ton per indbygger og år. Kilde: Se Tabel 1



2.3.2 MBT-anlæg

MBT står for Mechanical Biological Treatment, på dansk kaldet mekanisk biologisk behandling.

I Danmark er denne behandlingsform ikke specielt udbredt endnu, men i Europa som helhed er behandlingsmetoden i stor fremgang. I vores naboland Tyskland har denne behandlingsmetode været kendt i mange år og antallet af behandlingsanlæg er i stærk fremgang. Behandlingsmetoden er udbredt i det meste af Europa og specielt i Italien og Østrig er det en udbredt metode.

Baggrunden for at tage denne metode i brug, har først og fremmest været begrundet i, at der var manglende kapacitet på forbrændingsanlæg. Behandlingsmetoden sikrer at mest muligt affald udsorteres til genanvendelse eller til kompostering og dermed reduceres mængden til forbrænding og/eller deponering.

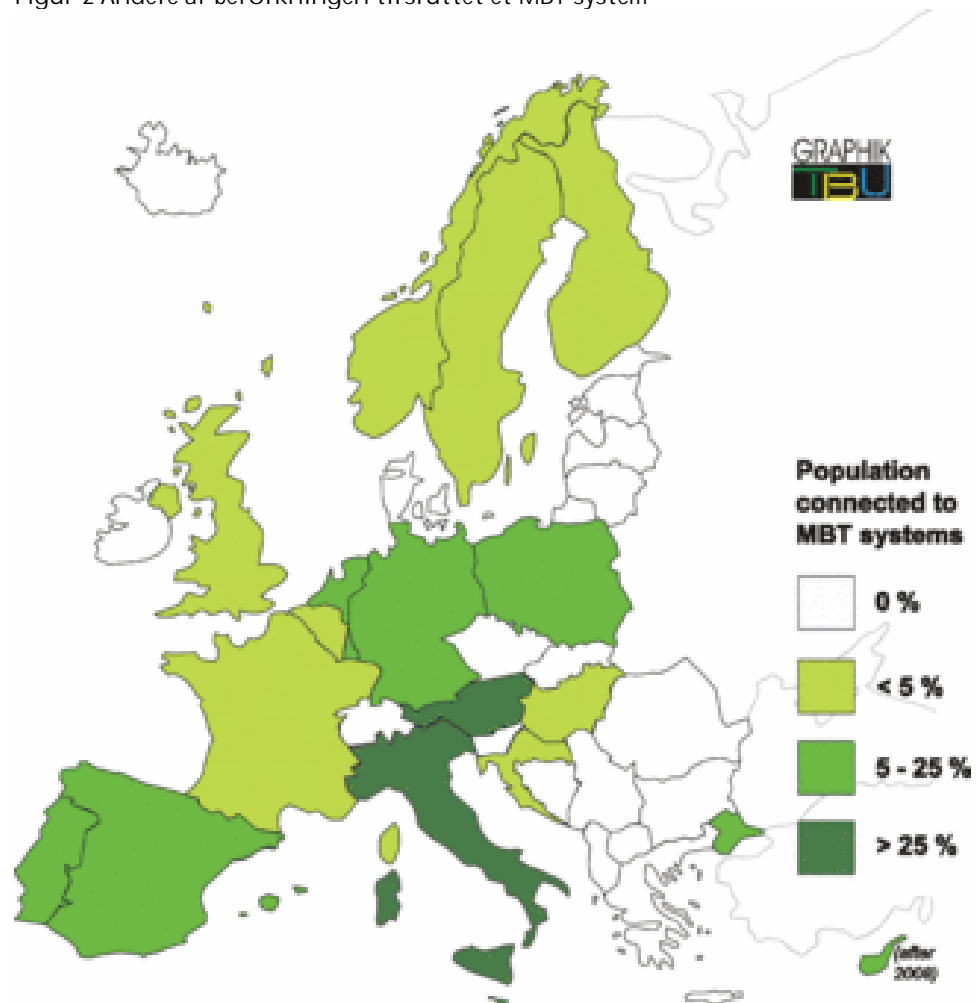
Restforbrændingsmængden er et reelt brændsel med høj brændværdi, betegnet RDF (Refuse Derived Fuel). Dette affaldsbrændsel er delvist CO₂-neutralt og dermed også økonomisk interessant for industrien og kraftværkerne, som er omfattet af CO₂-kvoteordninger, i modsætning til forbrændingsanlæg.

Følgende Tabel 2 viser stedet for udbredelsen af MBT-anlæg i Europa.

Tabel 2 MBT-anlæg og kapacitet i udvalgte lande i Europa 2007¹⁶

Land	Antal anlæg	Kapacitet (millioner tons/år)	Befolkningstal (millioner)	Kapacitet/år/indbygger ton/år/indbygger
DK	1		5,5	
D	55	5,7	82	0,07
A	16	0,67	8,35	0,08
F	70	30	64,35	0,47
UK	17		61,63	
I	100	10	60,04	0,17

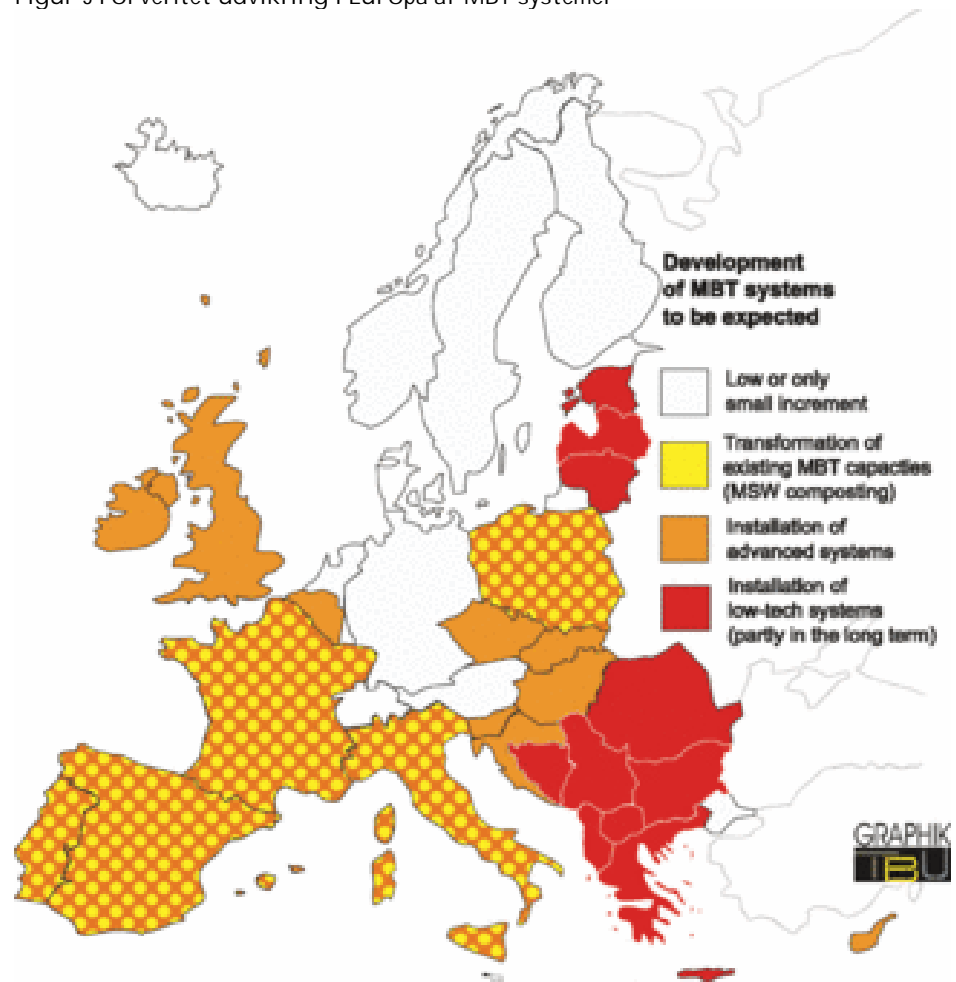
Figur 2 Andele af befolkningen tilsluttet et MBT system¹⁷



¹⁶ Kilde: http://www.waste-management-world.com/display_article/279980/123/ARCHI/none/none/1/Future-conditional:-The-role-of-MBT-in-recovering-energy-from-waste/

¹⁷ Kilde: http://www.waste-management-world.com/display_article/304397/123/CRTIS/none/none/MBT-in-Europe/

Figur 3 Forventet udvikling i Europa af MBT systemer¹⁸



2.3.3 Biogasanlæg

Følgende Tabel 3 viser aktuelt stade for biogas i udvalgte europæiske lande. Hovedparten af anlæggene opererer på husdyrgødning, men andelen af anlæg, som også modtager andet organisk affald er stigende, og mængden af andet organisk affald, der behandles ved biogasteknologien er stigende.

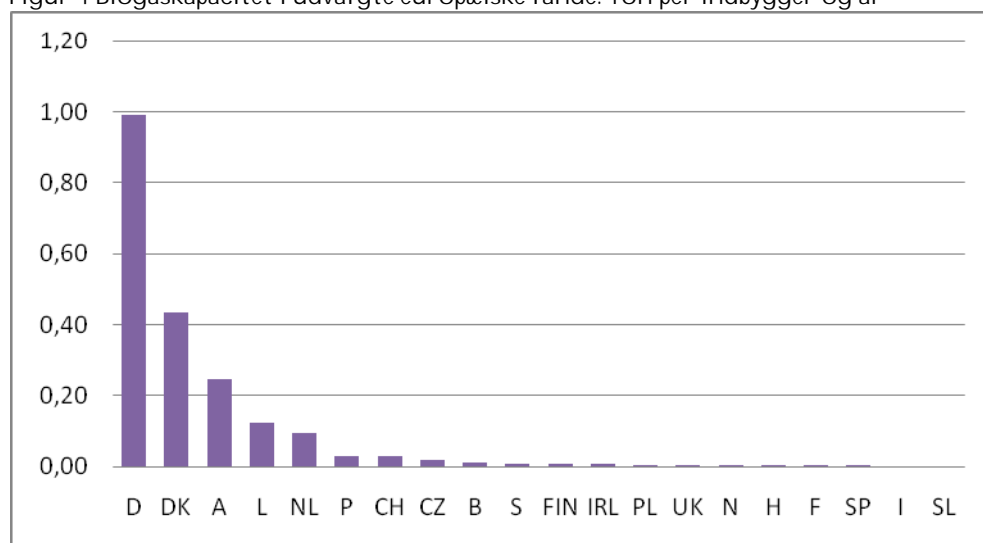
¹⁸ Kilde: Ibid.

Tabel 3 Biogas-anlæg og kapacitet i udvalgte lande i Europa 2007¹⁹

Land	Antal anlæg	Husdyrgødning (% af råmateriale)	Organisk affald (% af råmateriale)	Andet, herunder energifægrøder (% af råmateriale)	Kapacitet (millioner tons/år)	Befolkningstal (millioner)	Kapacitet/år/indbygger ton/år/indbygger
D	3.279 *	50 %	25 %	25 %	81,3	82	0,991
DK	75 **	90 %	10 %		2,38	5,5	0,427
A	350	62 %	25 %	9 %	2,05	8,35	0,245
L	22 **				0,06	0,49	0,122
NL	70	50 %	35 %	15 %	1,5	16,49	0,091
P	100 **				0,30	10,62	0,028
CH	69 **				0,207	7,7	0,026
CZ	10 ***				0,20	10,47	0,019
B	6 **	60 %	35 %	5 %	0,11	10,75	0,010
FIN	7 **				0,04	5,33	0,008
S	11 *	42 %	58 %		0,07	9,25	0,007
IRL	5 ***				0,031	4,45	0,007
PL	15 **				0,160	38,14	0,004
UK	16				0,16	61,63	0,003
N	2 *				0,01	4,8	0,002
H	1 ***				0,01	10,03	0,001
F	5 **				0,02	64,35	0,000
SP	2 ***				0,01	45,83	0,000

* Data for 2006, **, Data for 2005, ***, Data for 2004. Der er ikke medtaget data fra før 2004. For lande uden fordeling af råmateriale kan det antages, at hovedparten stammer fra husdyrgødning med et tilskud af andet landbrugsaffald

Figur 4 Biogaskapacitet i udvalgte europæiske lande. Ton per indbygger og år²⁰



¹⁹ Kilde: http://www.cbmi.dk/document/State_of_biogas_Final_Report.pdf

²⁰ Kilde: Ibid.

2.4 Konkluderende bemærkninger vedr. det aktuelle stade for affaldsbehandling globalt set

Globalt set opleves der generelt stigende affaldsmængder, specielt i udviklingsøkonomierne, hvor borgernes købekraft er kraftigt stigende. Der er fokus på at reducere deponering af affald gennem affaldsminimering, øget genanvendelse samt udbygning af egentlig affaldsbehandlingskapacitet.

Drivkraften for denne udvikling er en stigende politisk vilje til at reducere miljøpåvirkning fra affald, reducerer emissionen af drivhusgasser, samt at forbedre udnyttelsen af samfundets ressourcer generelt, herunder en større integrering af affaldssektoren i energisektoren og ressourceforvaltningen, således at affald og biomasse i større grad ses som ressource- og energikilder.

I mere velstående økonomier er der en række anlæg under opførelse, mens der i mindre velstående udviklingsøkonomier hovedsageligt i øjeblikket foregår forundersøgelser og vurderingen af muligheden for at etablerer sådanne anlæg.

Der er især fokus på etablering af affaldsforbrændingsanlæg, MBT-anlæg og anlæg til mekanisk sortering af kildesorteret affald eller blandet restaffald. Der er også en stigende interesse for at udvikle andre termiske behandlingsteknologier som f.eks. forgasning, pyrolyse end den konventionelle risteforbrændingsteknologi, især i Østen.

På europæisk og globalt plan observeres der en støt stigende værdi af affalds-markedet. Der kommer både nye aktører på markedet og der sker en konsolidering og fusionering af selskaber, også på tværs af landegrænser. Selskaberne håndterer voksende affaldsmængder og særligt voksende specialaffaldstyper, som følge af strammet lovgivning og generelt øget politisk interesse for sektoren.

Endelig internationaliseres markedet for affaldsbehandling og -bortskaffelse. Der sker således i stigende grad transport af specielle affaldsstrømme på tværs af landegrænser til de behandlingsanlæg der kan tilbyde de laveste behandlingspriser og overholde f.eks. EU's krav til anlæg.

I takt med, at mindre affaldsmængder deponeres, og der kommer stigende fokus på genanvendelse, er den generelle tendens derfor, at stof- og affaldsstrømmene i højere grad lukkes. Imidlertid er den øgede fokusering på forbrænding medvirkende til, at stof- og affaldsstrømmene holdes åbne. Dette gælder især i lande som Danmark, som forbrænder en meget stor andel af affaldet.

3 Kredsløbstankegang og affaldsbehandlingsteknologier

3.1 Generelt

I dette skrift ses affaldsproduktionen i samfundet i et kredsløbsperspektiv. I et sådant perspektiv kan samfundets brug af ressourcer (stoffer, materialer, brændsler) ses som en række stofstrømme båret oppe af energi. Nogle af disse stofstrømme er mere eller mindre lukkede, andre er åbne. En lukket stofstrøm er et kredsløb, hvor stoffet/materialet gang på gang cirkuleres gennem forarbejdning, produktion, forbrug, tilbage til forarbejdning. I en åben stofstrøm gennemstrømmer stoffet produktions- og forbrugssfæren kun en gang og stoffet ender derefter som affald, uden at blive genanvendt, hvorefter ressourcen går tabt.

Ved at tilstræbe at lukke kredsløbene og undgå de helt åbne kredsløb kan en væsentlig del af grundelementerne i affaldspolitikken tilgodeses. I de lukkede kredsløb genanvendes ressourcerne, hvorfor brugen af originale (jømfruelige) ressourcer mindskes. Samtidig er lukkede kredsløb generelt mindre energikrævende at opretholde, hvorfor klimaemissioner og øvrige miljøpåvirkninger er mindre. I åbne stofstrømme eller kredsløb, hvor der ikke sker den samme genanvendelse af ressourcerne, vil der generelt være et større ressourceforbrug og større forbrug af brændsler. Mere lukkede kredsløb kan samtidig være billigere at opretholde (bl.a. fordi der ikke medgår så meget brændsel til at holde dem i gang), og de adskilte, lukkede kredsløb vil også sikre højere kvalitet og dermed samlet set mindst miljøbelastning og mest miljø for pengene. Se den efterfølgende Figur 5 og Figur 6.

Imidlertid kan der også være ulemper forbundet med en høj grad af lukkede kredsløb. Materialer kan forringes gennem gentagen oparbejdning og fornyet produktion – eksempelvis forkortes papirfibre ved hver tur i pulperen. En teknologisk udfordring kunne altså være at forhindre denne forringelse af materialerne.

Aluminium kan tages som et iøjnefaldende eksempel for beskrivelsen af åben og lukkede kredsløb. Indsamles og genanvendes aluminium fra eksempelvis emballage (dåser) vil der naturligvis være miljøpåvirkninger knyttet til denne genanvendelse, som især stammer fra indsamling, transport, rengøring og forbehandling af materialet. Miljøpåvirkningen stammer primært fra forbruget af brændsler. Til gengæld spares der i hele kæden af brydning af bauxit (som primært udvindes i den tredje verden), transport og udvinding af metallet fra bauxit, som er en meget energikrævende proces. Samlet set opnås der meget store brændsels-besparelser (mellem 90 og 95 %) og dermed reducerede klima- og miljøpåvirkninger ved at genanvende metallet frem for at have en åben stofstrøm²¹. Tilsvarende gælder for jern og stål, hvor besparelsen er ca. 75 %.

²¹Se f.eks.: <http://www.wasteonline.org.uk/resources/InformationSheets/metals.htm> og <http://www.alupro.org.uk/mining%20and%20production.htm> . Til udvinding af aluminium anvendes i vid udstrækning vandkraft som ikke i sig selv bidrager til CO₂ udledning, men som kunne bruges til andre, vigtigere formål

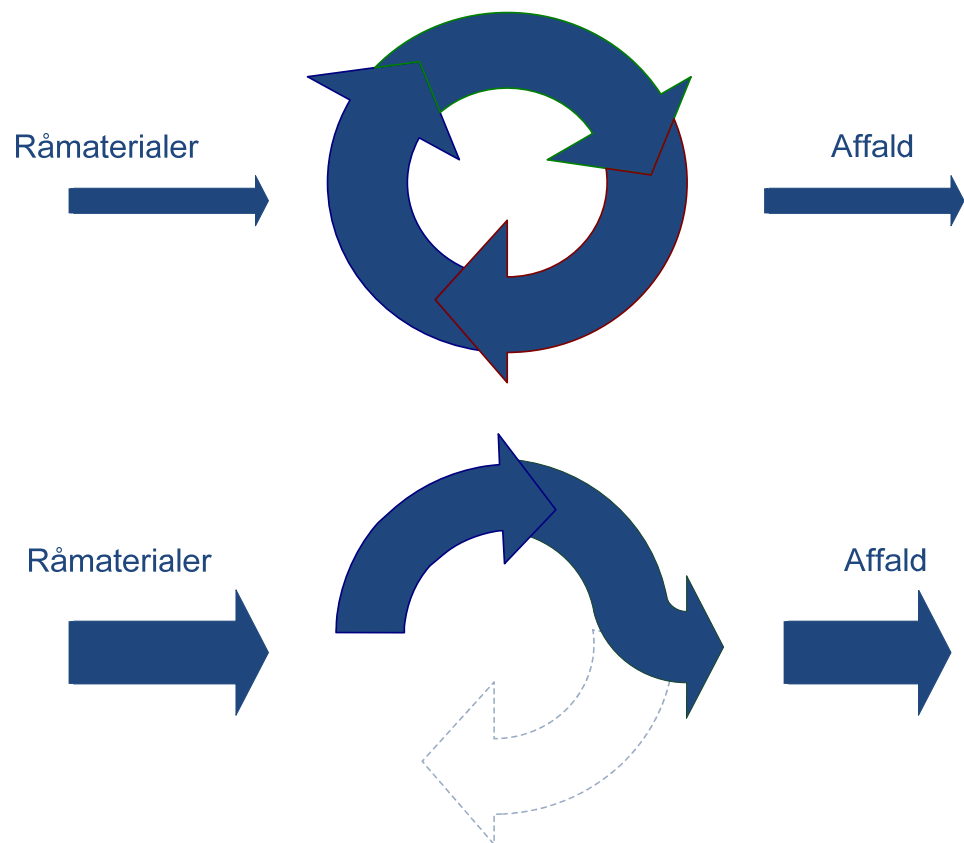
Andre stofstrømme kan være vanskeligere at lukke, og der kan være mindre besparelser knyttet til lukning af kredsløbet.

Følger man kredsløbstankegangen kan affaldssystemet betragtes i følgende kredsløb:

- Et (mere eller mindre lukket) biologisk kredsløb hvori materialer og stoffer i affaldet via biologiske processer (eller andre egnede processer) tilbageføres i en anvendelig form til dyrkningsjorden, hvorved materialernes indhold af humus og næringsstoffer indgår i produktion/dyrkning af nye fødevarer og andre varer af biologisk oprindelse
- Et parallelt (mere eller mindre lukket) teknologisk kredsløb, hvori ikke-biologiske stoffer i affaldet via oparbejdning og forædling indgår som og erstatter andre råvarer for ny ikke-biologisk produktion
- Et åbent teknologisk kredsløb, hvori energiindholdet i affaldsstofferne indgår som et brændstof i produktionen af energiydelser (el, varme, etc.) eller direkte som brændsel (f.eks. bioethanol), men hvor affaldsstrømmen er åben
- En åben strøm af særligt affald til deponering

De følgende afsnit beskriver disse fire kredsløb lidt nærmere, idet der ses på de elementer, der indgår i affaldsdelen af kredsløbet.

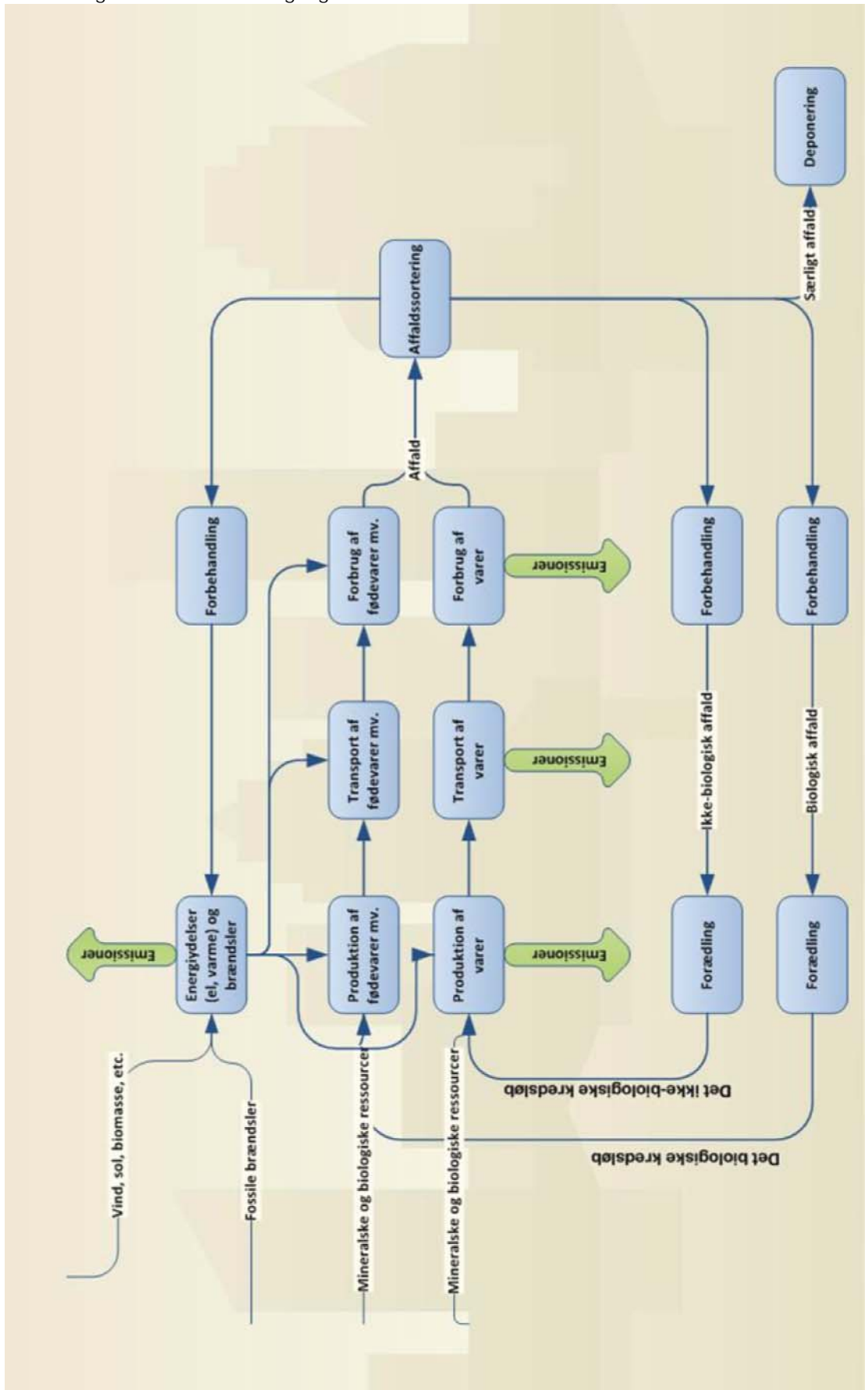
Figur 5 Åbne og Lukkede kredsløb



Ovenstående to figurer (Figur 5) forsøger at illustrere forskellen på åbne og lukkede kredsløb. I det åbne kredsløb (nederst) opretholdes en stor stofstrøm igennem samfundet. Der er et stort forbrug af ressourcer (pilen til venstre) og der er stor affaldsproduktion (pilen til højre). Der medgår generelt meget energi til opretholdelse af kredsløbet. Figuren øverst illustrerer et mere lukket kredsløb. I dette er de ind- og udgående stofstrømme (ressourcer og affald) mindre, og hele kredsløbet behøver generelt mindre energi til opretholdelsen sammenlignet med det åbne kredsløb.

Nedenstående figur (Figur 6) viser strømmen af mineralske og biologiske ressourcer til fremstilling af produkter, herunder fødevarer, og at der medgår energi til opretholdelse af kredsløbene. Der vises også mulige måder at lukke kredsløbene på og at der kan være et valg om affaldet skal indgå i energiforsyningen eller som råvare for nye produkter. Fra hvert led i kæden fra råvarer til færdige produkter og gennem affaldsopbejldning og - behandling vil der være tab - energimæssigt såvel som stofmæssigt (luftemissioner, spildevand, fast affald, mv., hvoraf kun nogle er illustreret i figuren). Den teknologiske udfordring er at mindske disse tab mest muligt.

Figur 6 Kredsløbstankegangen



3.1.1 Det biologiske kredsløb

I det biologiske kredsløb generelt søges opretholdt en strøm af biologisk materiale fra mark/dyrkningssted gennem produktion og forbrug af varer tilbage til mark/dyrkningssted under anvendelse af brændstoffer/energi. I alle led vil der tabes materiale (f.eks. næringsstoffer) og omsættes energi. Den teknologiske udfordring er at mindske disse tab og opnå størst energieffektivitet. Se Figur 6.

Det biologiske **affaldskredsløb** – som en del af det samlede biologiske kredsløb – indeholder overordnet følgende elementer:

- 1 Sortering af affald i en biologisk fraktion egnet til viderebehandling og tilbageførsel til dyrkningsjord (og en eller flere andre fraktioner, f.eks. ved indførelse af flerstrengede kildesorteringssystemer med separat beholder til f.eks. bio-affald, tørre genanvendelige fraktioner til genanvendelse og restaffald til forbrænding)
- 2 Forbehandling med henblik på den efterfølgende behandling og endelige tilbageførsel til dyrkningsjord (eksempelvis neddeling og enzymatisk åbning)
- 3 Endelig behandling og udspreddning på dyrkningsjord, med eller uden direkte udnyttelse af det kemisk bundne energiindhold i affaldet, herunder teknologier til produktion af kompost eller jordforbedringsmidler

Disse elementer beskrives i større detalje i afsnit 3.2.

3.1.2 Det teknologiske kredsløb - produktion af råmaterialer

I det teknologiske kredsløb generelt søges ligeledes opretholdt en strøm af ressourcer (råvarer og brændsler) for produktion, transport og forbrug af varer. Ved størst mulig genanvendelse af råvarer reduceres forbruget af jomfruelige råstoffer fra miner og andre steder for udvinding. Dertil kommer – ikke mindst – en reduktion i forbruget af og den dertil afledte emission af klimagas-ser og andre miljøskadelige virkninger fra brændstoffer i forarbejdning, produktion, transport og forbrug af varer.

Det teknologiske affaldskredsløb – som en del af det samlede teknologiske kredsløb – indeholder overordnet følgende elementer:

- 1 Sortering af affald til oparbejdning og genindsætning i kredsløbet, herunder kildesortering og forskellige affaldssorteringsteknologier, dvs. teknologier, der bidrager til eftersortering/ udsortering af blandet affald. Dette skal helst ske efter forudgående kildesortering, eksempelvis ved mekaniske, pneumatiske, manuelle, optiske, infrarøde, magnetiske, induktive, mikrochip/ mikromarkør identifikation og lignende metoder

- 2 Forbehandling af sorteret affald med henblik på genanvendelse, eksempelvis pelletering, oprivning, neddeling, knusning, ekstrudering eller lignende
- 3 Forædlingsteknologier, dvs. teknologier, hvor udsorterede/eftersorterede og forbehandlede affaldsfraktioner direkte indgår i en materialestrøm til erstatning for jomfruelige råvarer. Som eksempel kan nævnes genbrugsplast til nye plastprodukter, smøremidler fremstillet af spildolie eller anvendelse af flyveaske til gipspladeproduktion

Disse elementer beskrives lidt nærmere i afsnit 3.3.

3.1.3 Det teknologiske kredsløb - produktion af brændsler/energiydelse

Både for biologiske og ikke-biologiske ressourcer kan materialerne indgå i et energikredsløb, det vil sige at den i materialerne/stofferne kemisk bundne energi omsættes med produktionen af energiydelse som elektricitet, varmt vand eller damp.

For affaldssiden er kredsløbet særligt derved, at affaldet ikke genanvendes i sin oprindelige form eller til det oprindelige formål som erstatning for nye råvarer. Derimod nedbrydes affaldet med henblik på at frigive den kemiske energi, der er bundet i materialet for derved at erstatte andre brændstoffer eller energikilder. I modsætning til biologisk materiale som indgår i det "normale" biologiske kredsløb, vil der ved anvendelse af biologiske ressourcer til energiformål være vanskeligt at recirkulere organisk materiale og næringsstoffer. Forbrænding er jo netop kemisk omsætning af kulstof til CO₂ under frigivelse af varme, hvorved det samme kulstof jo ikke under normale omstændigheder kan tilbageføres til dyrkningsjorden. Visse affaldsteknologier (se senere) kan dog både udnytte et energiindhold i affaldet (f.eks. ved hjælp af bakterier) og samtidig producere et nyttigt jordforbedringsmiddel hvori næringsstoffer er bevaret. Det gælder eksempelvis biogasanlæg.

Dette kredsløb omfatter for affaldsdelen følgende elementer:

- 1 Forbehandling af affald med henblik på oparbejdning til energiråstof, eksempelvis indsamling og ballering af halm, neddeling og fremstilling af RDF fluff eller brændselspiller og lignende.
- 2 Egentlige konverteringsteknologier, hvor energiindholdet i affaldet omformes til en brugbar form, eksempelvis gas, elektrisk kraft, eller varme under samtidig produktion af et restprodukt. Disse teknologier omfatter:
 - 2.1 Termiske teknologier og behandlingsmetoder eksempelvis konventionel masseforbrænding i dedikerede anlæg eller som supplerende brændsler, behandling ved pyrolyse, gasificering, og lignende metoder.
 - 2.2 Biologiske teknologier/processer målrettet produktion af gas og andre (motor)brændstoffer.

Det særlige ved dette kredsløb er også, at affaldet kan opdeles i en klimaneutral og en ikke-klimaneutral del, hvor første gruppe eksempelvis omfatter halm, træ, korn og andre biologiske ressourcer. De ikke-neutrale brændsler omfatter de dele af affaldet, som har sin oprindelse i fossile råstoffer, eksempelvis plast.

De affaldsrelevante teknologier beskrives nærmere i afsnit 3.4.

3.1.4 Særlige affaldstyper

Dette kredsløb er i princippet et åbent kredsløb, hvilket vil sige, at materialerne indgår i samfundets stofstrøm, men de genanvendes eller recirkuleres ikke, hvorimod de efter affaldsdannelsen deponeres, eventuelt efter særlig (for)behandling.

Kredsløbet omfatter følgende elementer:

- 1 Sortering og forbehandling af forskellige typer affald som kræver specialbehandling og endelig deponering pga. miljø- eller risikoforhold. Som eksempel kan nævnes visse typer farligt affald, radioaktivt affald, asbest, forurenede flyveaske, batterier, CFL/lysstofrør, kreosot- og CCA behandlet træ, mv.
- 2 Slutdeponering af disse affaldstyper.

3.1.5 Svagheder i modellen

Ovenstående model er naturligvis simplificeret, og er kun en betragtningsmåde ud af mange mulige. En svaghed ved modellen er, at kombinerede teknologier, eksempelvis produktion af biogas af biologisk materiale ved anaerobe metoder, kan henføres til både det biologiske kredsløb og "energi"-kredsløbet. Det afgørende kunne være, om hovedformålet var produktion af brændsel eller forvaltning af næringsstofferne.

Alle processer og dele af kredsløbene har tab af stoffer, enten i luftform, opløst/ opslemmet i spildevand, eller som fast affald og opererer ved en vis (lav) energieffektivitet. Alligevel kan billedet på de (mere eller mindre) lukkede stofstrømme i forhold til de (mere) åbne stofstrømme være nyttigt, idet den teknologiske udfordring er at stræbe mod mere lukkede stofstrømme.

Organisk affald, der forbrændes i almindelige forbrændingsanlæg bidrager ikke nævneværdigt til energiproduktionen på grund af en lav brændværdi. Samtidig kan næringsstofferne i affaldet normalt ikke tilbageføres ikke til dyrkningsjord, da de fordampes eller bindes i aske/slagge, som ikke er egnet til udspreddning. Kvælstof fordampes og mineralerne i slaggen deponeres, enten i specialdepot eller andre steder (under veje og lignende, i volde og så videre). Kredsløbet er altså i realiteten åbent.

Det samme gælder papir/pap og andre produkter af biologisk/organisk oprindelse, eksempelvis træprodukter. Disse materialer genanvendes i en vis udstrækning, men store mængder forbrændes også i forbrændingsanlæg. Herved erstatter de ganske vist andre brændsler (for eksempel fossile), men restprodukterne tilbageføres ikke dyrkningsjorden og ressourceforbruget reduceres ikke. Dette kredsløb er altså delvist åbent.

Modellen omfatter heller ikke økonomiske, markedsmæssige og andre forhold (organisation, institutionelle forhold, lovgivning, samt praktiske forhold som transport, beholderløsninger, opbevaring, osv.), som også er væsentlige for valget af behandlingsteknologi.

3.2 Affaldsteknologier i det biologiske kredsløb

Dette afsnit beskriver affaldsteknologier i det biologiske kredsløb lidt nærmere. Affaldsteknologier målrettet det biologiske kredsløb omfatter både forbehandlings- og slutbehandlingsanlæg. Outputs fra disse teknologier kan være jordforbedringsmidler og forskellige gødningsprodukter. I Bilag 1 gives en lidt mere udførlig beskrivelse af nogle af disse affaldsteknologier.

3.2.1 Forbehandling

Forbehandlingsanlæg omfatter:

- 1 Anlæg til neddeling og homogenisering af affaldsmassen, eksempelvis halmsnitte, pulper, poseoprivere, homogeniseringsudstyr og lignende mekanisk forbehandling
- 2 Forbehandling ved opvarmning og enzymbehandling

3.2.2 Behandlingsanlæg

Egentlige behandlingsanlæg omfatter her:

- 1 Aerobe behandlingsanlæg, herunder
 - 1.1 Mile- og madraskomposteringsanlæg, eksempelvis med eller uden tvungen ventilation
 - 1.2 Tunnel/reaktor-komposteringsanlæg af forskellig type, eksempelvis batch- eller kontinuert type
 - 1.3 Tromlekompostering, eksempelvis DANO tromle eller lignende kontinuerligt anlæg

Disse anlæg er dedikerede anlæg til omsætning af den biologiske affaldsstrøm til et produkt, som ikke skal deponeres. Produktet indeholder en vis mængde af de oprindelige næringsstoffer og organisk materiale, og det kan udbringes på dyrkningsjord, eller på anden måde indgå i det naturlige kredsløb igen.

Anlæggene kan sambehandle affald fra flere forskellige kilder, eksempelvis husholdningsaffald, slam, have-park affald, landbrugsaffald, og så videre.

2 Anaerobe behandlingsanlæg, herunder

- 2.1 Såkaldt tørre biogasanlæg, hvor tørstofprocenten i den primære reaktortank er relativ høj. Disse anlæg kan være batch- eller kontinuerligt virkende anlæg

2.2 Våde, fuldt opblandede anlæg, hvor den biologiske proces foregår med materialet i en helt vandig opblanding og delvis opløsning af næringsstofferne i vandfase, herunder

- a) Rådnettanke for spildevandsslam og andre meget homogene affaldstyper med lille tørstofindhold
- b) Biogasfællesanlæg, altså anlæg der kører på gylle fra husdyr, (eventuelt) sammenblandet med andre affaldsstoffer som visse typer slagteriaffald, bentonit, husholdningsaffald, etc.

2.3 Kombinerede anlæg med adskillelse af de forskellige faser af gasproduktionen (syredannende fase, metandannende fase)

Den anaerobe og den aerobe proces udelukker ikke gensidigt hinanden. Således kan affaldet udrådnes (og dermed delvist nedbrydes) i en anaerob proces efterfulgt af en aerob proces, hvorunder materialet omsættes yderligere. Det omvendte er dog ikke aktuelt. Der findes også anlæg som direkte kombinerer de to processer. Anaerobe procesanlæg er typisk etablerede med det dobbelte formål at forbedre forvaltningen af næringsstofferne og dyrkningsjorden, og samtidig at producere biogas. Anlæggene kan altså til en vis grad sambehandle affald fra flere forskellige kilder.

Der findes også et antal special-anlæg, som er designet til at separere organisk affald (eksempelvis spildevandsslam) fra et indhold af miljøfremmede stoffer.

3.3 Affaldsteknologier i det teknologiske kredsløb

Affaldsteknologier målrettet det teknologiske kredsløb kan som nævnt være både sortering, forbehandling og forædlingsanlæg. Outputs fra disse anlæg er mere eller mindre forarbejdede og mere eller mindre rene råmaterialer (f.eks. blandet plast eller plastgranulat, blandet papir eller f.eks. avis/papir/pap, endvidere kan der udvindes metaller som jern, aluminium, kobber m.m.). I Bilag 2 gives en lidt mere udførlig beskrivelse af nogle af disse affaldsteknologier.

3.3.1 Sortering

Sortering af affald i en fraktion egnet til oparbejdning og genindsætning i kredsløbet, herunder forskellige affaldssorteringsteknologier. Det vil sige teknologier, der bidrager til eftersortering/udsortering af blandet affald, helst efter forudgående kildesortering, kan omfatte følgende teknologier:

1 Kildesorteringssystemer

- 1.1 Flerstrengede kildesorteringssystemer målrettet husholdningsaffald i f.eks. 2, 3 eller flere fraktioner af mere eller mindre blandet affald
- 1.2 Sorteringssystemer målrettet andre affaldstyper, eksempelvis blandet affald fra handels- og kontorvirksomheder
- 1.3 Genbrugspladser og lignende

2 Manuel sorteringsteknologi

Dette omfatter primært manuel finsortering af grovsorterede materialestrømme, eksempelvis:

- 2.1 Udsortering af pap, papir, dåser og andre genanvendelige materialer fra en blandet affaldsstrøm, eventuelt hvor reststrømmen udnyttes i biologisk behandlingsanlæg eller forbrændingsanlæg (positiv sortering)
- 2.2 Udsortering af forurenende komponenter fra en "ren" materialestrøm (negative sortering)

3 Mekanisk sorteringsteknologi

Dette omfatter primært maskinel finsortering af grovsorterede materialestrømme, men også nogle gange sortering af blandet affald. Det kan være sortering af store emner v.h.a. hydrauliske maskiner og sigter, ballistisk/vibrationsseparation på grundlag af emnernes massefylde, pneumatiske separationsmetoder (vindsigter), optisk separation (farvesortering), magnetisk separation, induktionsseparation, mikrochip/mikromarkør identifikation, infrarød separation (f.eks. PVC), og røntgen separation (materialesammensætning).

Mekanisk sorteringsteknologi omfatter også dele af integrerede mekaniske/biologiske anlæg, der sorterer affald med henblik på adskillelse til henholdsvis biologisk og ikke-biologisk behandling. Hvilke teknologier, der er tale om, afhænger af, om den biologiske affaldsstrøm er et biprodukt fra udsortering af genanvendelige materialer eller om hovedformålet er at rense den biologiske affaldsstrøm for ikke-biologiske og forurenende materialer/stoffer.

3.3.2 Forbehandlings- og forædlingsteknologier

Forbehandling og forædling af sorteret affald med henblik på genanvendelse kan eksempelvis være neddeling, pelletering, oprivning, ekstrudering eller lignende processer, der anvendes for at bringe affaldet i en form, hvor det kan markedsføres og genindsættes i produktionen til erstatning for jomfruelige råvarer. Traditionelt gælder dette papir, pap, glas, jernholdige metaller, aluminium og visse andre metaller.

Der er i de seneste år taget initiativer til at en række andre affaldsstoffer/produkter oparbejdes og genindsættes i produktionen. Det gælder eksempelvis:

- Plastaffald til ny plast (mange forskellige plasttyper: PVC, PE, etc.)
- Gipspladeaffald tilbageføres til gipspladeproduktionen
- Mineraluld tilbageføres til produktionen af nyt mineraluld
- Halmaske oparbejdes til gødningsprodukt
- Træaffald anvendes i spånpladeproduktionen

Desuden oparbejdes en del produkter til genanvendelse, men ikke som de oprindelige produkter. I stedet indgår affaldsprodukterne som erstatninger for andre råvarer, hvilket også er ressource- og energibesparende. Eksempler på affaldsfraktioner, som oparbejdes til nye råvarer er:

- Nedknust tegl og beton til erstatning af grus og sten til anvendelse i bygge- og anlægsarbejder mv.
- Slagge fra affaldsforbrænding til anvendelse i anlægsarbejder mv.
- Flyveaske fra kulforbrænding som tilslag til cementproduktion
- Spildolie oparbejdes til anvendelse som smøremidler

Denne form for genanvendelse er som sagt ressourcebesparende, men da de genanvendte stoffer ikke indgår i en gentagen, cyklisk bevægelse (altså at de gentagne gange recirkuleres) kan det næppe betegnes som egentlig genanvendelse set i en kredsløbstankegang.

3.3.3 Særlige affaldstyper og -fraktioner

Visse affaldstyper og -fraktioner er karakteriseret ved, at de ikke indgår i lukkede kredsløb, men behandles (f.eks. stabiliseres) og deponeres således, at kredsløbet kan siges at være åbent. Der udvikles løbende teknologier og behandlingsmetoder, således at disse affaldstyper og -fraktioner i højere grad kan genindsættes i det teknologiske kredsløb. Affaldstyper, som behandles i særlige systemer eller med særlige teknologier omfatter eksempelvis:

- Farligt affald, herunder visse batterier
- Imprægneret træ
- Asbestprodukter
- Røggasrensningsaffald
- PCB affald fra bygninger mv.
- Kompositmateriale som eksempelvis glasfiber

Flere af disse affaldsstrømme er i fokus, da de udgør et ikke ubetydeligt miljøproblem. Nogle af de ovenstående stofstrømme (eksempelvis røggasrensningsaffald, asbest, PCB) vil ikke eller kun med meget stort besvær kunne lukkes, mens andre i princippet lettere ville kunne lukkes.

Andre af de nævnte materialer/affaldstyper kunne indgå i det "normale" teknologiske kredsløb, ved anvendelse af separeringsteknologi. Her – som i alle andre tilfælde – skal det dog afklares, om effekten heraf står mål med indsatsen.

3.4 Affaldsteknologier til produktion af brændsler/energiydelsler

Affaldsteknologier målrettet produktion af brændsler og energiydelsler omfatter anlæg til produktion af brændselspiller, egentlig forbrændingsanlæg samt anlæg til produktion af bioethanol og biodiesel. Outputs fra disse anlæg er enten rene energiydelsler (el, varme, damp) eller brændstoffer (brændselspiller, ethanol, diesel). I Bilag 3 gives en lidt mere udførlig beskrivelse af nogle af disse affaldsteknologier.

3.4.1 RDF (refuse derived fuel)

En særlig forbehandlings- og forædlingsteknologi er fremstilling af RDF. Dette er tørrede og lagerfaste piller eller fluff fremstillet af sorteret (blandet), neddelte affald med en høj brændværdi. RDF anvendes i forbrændingsanlæg af forskellig type, f.eks. i cementfabrikker kraftværker eller i almindelige affaldsforbrændingsanlæg (ved behov for sæsonlagring). En fordel ved at bruge RDF-produkter er, at de er lagerfaste og kan således opbevares fra en sæson til den næste (f.eks. fra sommer til vinter).

3.4.2 Termiske affaldsforbrændingsanlæg

Termiske forbrændingsanlæg er bygget og konstrueret med det formål at bortskaffe affald fra husholdninger og virksomheder på en hygiejnisk og effektiv måde. Det betyder, at affaldet efter behandling ikke udgør nogen sundhedsmæssig risiko. I takt med større miljø- og klimabevidsthed er formålet med forbrænding af affaldet udviklet til også at omfatte produktion af energiydelsler, særligt elektricitet og fjernvarme. Til denne kategori hører:

- 1 Traditionelle affaldsforbrændingsanlæg med produktion af el, damp, varme, eksempelvis ristefyrede anlæg, anlæg med roterende ovne, eller såkaldt fluid-bed anlæg
- 2 Til denne kategori hører også forgasnings- og pyrolyseanlæg, som producerer en brændbar gas. Denne gas kan afbrændes umiddelbart, den kan renses og brændes i andre anlæg (f.eks. gasturbiner) eller raffineres til andre produkter (f.eks. flydende brændstof)

Alle disse anlæg er karakteriseret ved, at driftstemperaturerne er høje eller meget høje, og at der produceres aske og slagge som restprodukter.

3.4.3 Brændselsproduktion på organisk affald

For organisk affald kan der ske en produktion af brændsler ud fra de bioomsættelige dele af affaldet. Dette sker under meget lavere temperaturer og primært ved hjælp af biologiske processer. Til denne gruppe hører:

- 1 Produktion af biogas (se afsnit 3.2.2, del 2)
- 2 Produktion af biodiesel, som kan fremstilles på basis af primære afgrøder (f.eks. raps) eller i katalytiske processer ud fra restprodukter.

- 3 Produktion af bioethanol, som er en alkohol fremstillet ved mikrobiologisk gæring af organisk materiale. I 2. generationsanlæggene anvendes også enzymer til produktionen

Også disse teknologier producerer restprodukter, idet det kun er en del af råmaterialet, som kan omdannes til det ønskede produkt. Dette varierer dog i høj grad fra proces til proces. Karakteristisk er dog, at restprodukterne er anvendelige enten i landbrugsproduktionen eller som brændsel.

4 Analyse af potentialer for udvalgte affaldsteknologier ud fra en kredsløbsbetragtning

I dette afsnit analyseres dele af den danske affaldssektor i lyset af den opstillede model for affaldsteknologier i en kredsløbstankegang.

De enkelte potentielle teknologier og alternative behandlingsmetoder beskrives kort og vurderes i forhold til hinanden som et bidrag til udpegningen af de fremtidige indsatsområder i affaldspolitikken. I vurderingen tages der udgangspunkt i de syv grundelementer for regeringens affaldspolitik, med vægt på reduktion i tabet af ressourcer og reduktion i den samlede miljøbelastning fra affald²². Visionen er – med reference til Figur 6 – undgå åbne kredsløb (som blandt andet medfører deponering af affald) og i stedet søge at lukke alle stofstrømmene og betjene os af kredsløb, hvor stofferne/materialerne gentagne gange recirkuleres, hvilket har store miljø- og klimamæssige fordele, blandt andet i form af mindre brændselsforbrug og bevarelse af næringsstoffer og forbedring af jordlagets bonitet.

Det skal understreges, at analysen i dette projekt ikke på nogen måde er tilstrækkelig for valg af fremtidige behandlingsteknologier for de forskellige affaldsfraktioner. Intentionen har alene været at pege på nogle potentielle udviklingsretninger og mulige områder for udvikling af dansk miljøteknologi. Som nævnt i afsnittene 4.1 og 4.2, bør der gennemføres videregående analyser - herunder eksempelvis LCA²³, energi- og næringsstofbalanceanalyser samt samfundsøkonomiske analyser for at belyse alternativerne bedst muligt.

Analysen foretages som en kvalitativ analyse med udgangspunkt i eksisterende viden, rapporter, undersøgelser o.l., hvor det er muligt. De enkelte teknologier vurderes med henblik på evne til at lukke stofkredsløbene, affaldspotentiale, teknologiens modenhed, referenceanlæg, etc.

4.1 Det organiske kredsløb

I dette afsnit beskrives mængden og delvis sammensætningen af de vigtigste dele af det biologiske affald fra husholdninger og delvis fra landbruget mv. Hensigten er, at bestemme den nuværende affaldsbehandling i forhold til modellen om åbne og lukkede kredsløb, og om muligt at pege på muligheder for og teknologier til eventuelt at omdirigere affald fra åbne til mere lukkede kredsløb.

Nogle alternative behandlingsteknologier for det biologiske affald er antydnet i afsnit 4.1.5.

²² Øvrige grundelementer for Regerings affaldspolitik: Forebygge affaldsdannelsen (både mængden og farligheden), reducere emissionerne af klimagasser fra affaldshåndteringen, sikre mest miljø for pengene, øge kvaliteten i affaldsbehandlingen, sikre en effektiv affaldssektor.

²³ LCA=livscyklusanalyse, analyse af alle miljøeffekter i hele produktens levetid

4.1.1 Organisk husholdningsaffald og lignende affald

Husholdningsaffald består af dagrenovation, storskrald, haveaffald og andet. Mængden af dagrenovation udgør ca. halvdelen af husholdningsaffaldet. Affald fra husholdninger udgør ca. 21 % af de samlede affaldsmængder. De samlede mængder i 2006 ses af følgende tabel:

Tabel 4 Samlede mængder husholdningsaffald i Danmark i 2006²⁴

Type	1.000 tons	Heraf bioaffald
Dagrenovation	1.715	
Heraf bioaffald		945-1.030
Genanvendeligt i øvrigt	345	
Resten	425	
Storskrald	741	?
Haveaffald	598	598
Andet	242	?
I alt	3.298	Minimum 1550 -1630

Mængden af dagrenovation svarer til ca. 13 % af de samlede affaldsmængder i Danmark. Ud af denne mængde forbrændes langt størstedelen, nemlig omkring 86 %, mens 13 % genanvendes og ca. 1 % deponeres.

Af de samlede mængder husholdningsaffald (i alt 3,3 millioner tons) behandles ca. 61 % ved forbrænding, 33 % genanvendes, mens ca. 6 % deponeres.

Af dagrenovationen udgør det biologiske affald forstået som uforarbejdet og forarbejdet vegetabilsk affald, animalsk affald, haveaffald (ikke separat indsamlet), snavset papir og aftøringspapir (tissue) 55-60 %. De genanvendelige mængder udgør ca. 20 %, mens resten udgør 25 %, herunder udgør farligt affald under 1 %²⁵. Det betyder, at der produceres omkring 1 million tons biologisk affald årligt alene fra dagrenovationen. Det kan antages, at langt den største del af dette affald forbrændes, idet der kun er ganske få mængder, der behandles på andre måder, f.eks. i biogasanlæg²⁶.

Det indsamlede haveaffald (indsamlingsordninger og genbrugsstationer) udgør omkring 18 % af de samlede mængder husholdningsaffald. Næsten hele denne mængde behandles ved kompostering²⁷ og indgår således i den genanvendte mængde.

Lægges hertil en mindre mængde bioaffald fra storskrald²⁸, kan den samlede mængde bioaffald i husholdningsaffaldet bestemmes til omkring 1,65 millioner tons årligt, hvoraf omkring 1 million tons forbrændes.

Med hensyn til at etablere flere lukkede kredsløb kan denne million tons biologisk affald i princippet omdirigeres fra forbrænding til andre behandlingsmetoder, hvor næringsstoffer bevares og tilbageføres til dyrkningsjord sammen med eventuelle uomsatte organiske forbindelser under samtidig udnyttel-

²⁴ Affaldsstatistik 2006, Orientering nr. 2, Miljøstyrelsen, 2008

²⁵ Sammensætning af dagrenovation og ordninger for hjemmekompostering. Miljøprojekt nr. 868, Miljøstyrelsen, 2003

²⁶ Se f.eks. Miljøprojekt Nr. 856 2003, Statistik for behandling af organisk affald fra husholdninger 2001

²⁷ Det vides dog ikke hvor stor en mængde, der reelt tilbageføres til dyrkningsjorden og hvor meget, der deponeres i vejrabatter og lign.

²⁸ Miljøprojekt nr. 426 1999: Kortlægning og vurdering af storskrald

se af det kemisk bundne energiindhold i affaldet. De nærmere praktiske, miljømæssige og økonomiske forhold for dette bør således undersøges nærmere.

4.1.2 Husdyrgødning

Landbrugsbedrifter producerer en lang række affaldstyper, eksempelvis farligt affald, plastic, bygge- og anlægsaffald, udtjente maskiner, døde dyr, mv. Ud over disse mere almindelige affaldstyper produceres husdyrgødning og halm.

Husdyrgødning²⁹ udgør ifølge Risøs rapport³⁰ ca. 32 mio. tons årligt, hvoraf ca. 40 % er svinegylle, ca. 40 % kvæggylle og resten anden husdyrgødning. Bioenergi-potentialet af dette husdyrgødning er meget stort, men udnyttelsen kan være vanskelig, og i dag udnyttes kun en meget lille del, cirka 4 % af potentialet. Fødevareministeriet opstiller i en rapport³¹ et scenario, hvor der kan udvindes 20,2 PJ fra dyregødning, svarende til at 75 % af al gødning fra dyr, der var på stald i 2003, udnyttes til biogas. Til sammenligning kan siges, at der for nuværende samlet set forbrændes ca. 3,7 mio. tons affald på forbrændingsanlæg. Med en gennemsnitlig brændværdi på 10,5 GJ/ton bidrager dette med omkring 38 PJ (brutto) til energiforsyningen i Danmark³². Anvendes al husdyrgødning til biogas kunne der altså produceres energiydelser svarende til over halvdelen af den samlede produktion fra affald.

En lang række teknologier er udviklet eller er under udvikling til behandling af husdyrgødningen, herunder forskellige teknikker til separering af faste og flydende fraktioner, udvinding af biogas og eller kompostering samt produktion af mere eller mindre koncentrerede gødningsprodukter. Teknologiernes gennemslagskraft begrænses af en lang række forhold, herunder

- afregningspriser for strøm
- varmemarkedets regulering
- omkostninger ved transport fra produktionssteder til centrale anlæg
- alternative omkostninger for opbevaring og udspreddning af ubehandlet gylle
- alternative priser for kunstgødning
- regulering af og sanktioner for overtrædelse af harmonikrav og gødningsplaner i øvrigt
- prisen på selve behandlingen.

²⁹ Normalt opfattes husdyrgødning ikke som affald. Husdyrgødning medtages ikke i ISAG-opgørelserne

³⁰ Opgørelse af den danske biomasseressource til brug for fremstilling af biobrændstoffer til transportsektoren frem mod 2020, Steffen Bertelsen Blume, Henrik Hauggaard-Nielsen, Erik Steen Jensen, Risø-R-1665(DA), Risø 2008

³¹ Jorden- en knap ressource. Samspillet mellem fødevarer, foder og bioenergi. Dansk potentiale i internationalt perspektiv. Fødevareministeriet 2008

³² Energistyrelsens statistik

Ved en samtidig omlægning af strategien for behandling af husholdningsaffald og husdyrgødning, hvor store mængder biologisk husholdningsaffald tilføres landbrugsjorden i stedet for forbrændingsanlæg og sambehandles med husdyrgødning i anlæg til udvinding af eksempelvis biogas (eller til fremstilling af bioethanol eller diesel) kan det samlede energiudbytte fra disse affaldstyper sandsynligvis øges kraftigt i forhold til i dag.

4.1.3 Halm

Halmproduktionen i Danmark er ca. 5,5 mio. tons per år. Af den samlede mængde halm i Danmark bruges kun ca. 32 %, eller ca. 1,8 mio. tons, som brændsel i kraft- og varmekværker samt i gårdfyre. Resten bruges inden for andre dele af landbruget. Omkring 2 mio. tons bjærges ikke. Det samlede bruttoenergiindhold i halmen er ca. 55 PJ.

Tabel 5 Haludbytte og halmanvendelse efter enhed, afgrøde, område, anvendelse³³

Mængde (mio. kilo)	2006	2007	2008
Halm i alt	5 235	5 146	5 662
Til fyring	1 379	1 412	1 795
Til foder	988	1 063	1 284
Til strøelse m.v.	638	597	789
Ikke bjærges	2 231	2 074	1 794

Halm, som udnyttes til rene fyringsformål, producerer energiudbytter med stor effektivitet. I kraftvarmekværker udnyttes ca. 85 % af energiindholdet, mens effektiviteten er mindre i rene varmeproducerende kedler og mindst i små gårdanlæg. Samtidig udnyttes kun en del af næringsindholdet i halmen, idet aske fra røggasrensning indeholder tungmetaller, som stammer fra kunstgødning (kadmium), som begrænser udspreddning af asken.

Anvendes halm derimod til fremstilling af bioethanol eller andre biobrændstoffer, vil det kunne ske på en sådan måde, at energiindholdet (ved hjælp af enzymer og bakterier) frigives i form af flydende brændstof samtidig med, at der kan produceres både foder og et jordforbedringsmiddel alternativt brændsel til kraftvarmeproduktion. En sådan mere avanceret anvendelse af halm kunne medvirke til øget produktion fra vedvarende/fornyelige energikilder samtidig med, at jordbrugets næringsstofbalance kunne forbedres.

Begrænsningerne for udbredelse af teknologierne (se 4.1.5) er blandt andet:

- Det teknologiske udviklingsstade for produktion af flydende brændstoffer af blandt andet halm,
- Herunder prisen herfor
- Transportomkostninger til centrale anlæg
- Prisen for alternative anvendelser af halmen
- Reguleringsmæssige forhold i øvrigt, f.eks skærpelse af det nu gældende forbud mod afbrænding af halm på marken til også at omfatte afbrænding af uforarbejdet halm i kedler!

³³ Statistikbanken, Danmarks Statistik 2009

4.1.4 Andre specielle typer organisk affald

Slam fra renselanlæg

Der produceres ca. 1 mio. ton spildevandsslam årligt i Danmark med et tørstofindhold på omkring 10 %. Slammet stabiliseres inden videre anvendelse ved udrådning i rådnetank (med produktion af biogas) eller ved mineralisering. Af slammet udspreddes omkring halvdelen på landbrugsjord³⁴ for udnyttelse af slammets gødningsværdi og jordforbedringsegenskaber. Resten forbrændes på forbrændingsanlæg og ved medforbrænding i forbindelse med cementproduktion³⁵. Den producerede biogas anvendes til intern kraftvarmeproduktion på renselanlæggene.

Generelt har behandlingen af spildevandsslam indenfor de sidste 10-15 år ændret sig i retning af lidt mindre genanvendelse og øget forbrænding. Afgiftsændringen, der træder i kraft fra 2010, kan dog medføre større ændringer i slutdisponeringen af slammet, idet det fremadrettet bliver (næsten) afgiftsfrit at forbrænde slam. Det vil betyde større tab af næringsstoffer fra landbrugsjorden.

Den mest simple form for genanvendelse af slam er direkte udspreddning efter behandling i biogasanlæg. Denne behandlingsmetode kan begrænses af blandt andet:

- Indhold af miljøfremmede stoffer i slammet og muligheder for at fjerne disse i behandlingsleddet
- Mulighederne for at forbygge forurening af spildevandet med miljøfremmede stoffer
- Slammets gødningsværdi eller handelsværdi, det vil sige prisen for den kunstgødning, som slammet kan erstatte

Restprodukter fra bryggerier

Af restprodukterne fra bryggerier og maltefabrikker anvendes 85-90 % til foder. De resterende 10-15 % er kiselgurresten, der i dag anvendes som filterhjelpe-middel til slamafvanding, komposteres eller deponeres på losseplads. Kiselguren kan ikke anvendes til foder, men kan muligvis anvendes til biogasproduktion³⁶.

Andre kilder

Der er en lang række andre kilder til organiske affalds- og restprodukter, herunder slagterier, fiskeindustrien, konsumfisk, muslingeindustrien, fiskemel- og fiskeolieindustrier, spritfabrikker, medicinalindustrien, mejerierne, kartoffelindustrien, pektin- og carregenfabrikker, oliemøller og margarinefabrikker, møllerier og bagerier, sukkerindustrien, frugt- og grøntindustrien, garverier, mv.

I en ældre opgørelse over organiske rest-/biprodukter i Danmark er det opgjort, at der pr. år produceres i alt ca. 8,5 mio. tons rest-/biprodukter som vådvægt og ca. 1,2 mio. tons rest-/biprodukter som tørstof i Danmark³⁷. De eksakte tal kan være uaktuelle, men størrelsesforholdet er antagelig stadig korrekt. Kun en mindre del af dette opstår som egentligt affald, idet omkring

³⁴ Procentsatsen er muligvis højere da der sker eksport af spildevandsslam til jordbrugsformål i Tyskland og Sverige.

³⁵ MST Affaldsstatistik 2006 og Orientering nr. 3, 2009 fra Miljøstyrelsen

³⁶ Miljøprojekt nr. 397 1998 Organiske restprodukter i industrien

³⁷ Ibid. Se også Statistik for jordbrugsmæssig anvendelse af affaldsprodukter fra husholdninger og institutioner og virksomheder 2001, Miljøprojekt Nr. 858 2003

halvdelen anvendes som udgangspunkt for andre produktioner eller som foder. Den anden halvdel af rest/biprodukterne anvendes dog som gødning/jordforbedringsmiddel enten direkte eller efter bioforgasning. Kun en meget lille andel af de organiske rest/biprodukter behandles ved forbrænding eller deponeres.

Som udgangspunkt er en meget stor del af disse affaldsmængder derfor etableret i mere eller mindre lukkede kredsløb. Der kunne dog være mulighed for at udnytte energiindholdet i affaldet bedre gennem øget anvendelse i biogas-anlæg eller andre tilsvarende energianlæg (ikke forbrænding), som bevarer næringsstoffer til jordbrugsanvendelse.

Madaffald fra storkøkkener

Den samlede mængde madaffald fra storkøkkener skønnes at udgøre mellem 20.000 og 25.000 tons årligt. Det indsamlede madaffald blev indtil 2003 oparbejdet til primært grisefoder (madpulp) samt til kød-/benmel og mel/fedt. Denne oparbejdning er ikke længere lovlig jf. bekendtgørelse nr. 355 af 19. maj 2003 om bortskaffelse og forarbejdning af animalske biprodukter.

Affaldsmængden - som er en mindre mængde - kan anvendes til biodieselproduktion eller andre tilsvarende teknologier.

4.1.5 Alternativer for behandling af biologisk affald

For alle ovenstående affaldstyper findes der en række behandlingsmuligheder/teknologier. Alle teknologier er ikke lige velegnede til alle affaldstyper, ligesom nogle affaldstyper og teknologier ikke harmonerer. Nedenfor er vist en matrix (Tabel 6) med angivelse af anvendelse, råvarer for teknologien, foreløbig vurdering af energieffektivitet, restprodukter og teknologisk niveau.

For de fleste anvendelser gælder, at der foruden det primære produkt kan være biprodukter med andre anvendelser. Eksempelvis vil produktion af et flydende brændsel give et restprodukt, som kan anvendes til foder, til produktion af biogas, eller som plantenæringsstof.

Tabel 6 Teknologier til behandling af bioaffald³⁸

Teknologi	Anvendelse	Råvarer	Energi effektivitet	Restprodukt	Næringsstoffers kredsløb	Teknologisk niveau
Kompostering	Jordforbedring, gødning	Fast husdyrgødning, organisk dagrenovation, haveaffald, etc.	Intet energiudbytte	Direkte anvendelse på jord	Lukket	Kommercielt
Bioforgasning (produktion af biogas)	Jordforbedring, kraftvarme produktion, motorbrændstof	Husdyrgødning, organisk dagrenovation, haveaffald, slam fra renseanlæg	Medium til høj	Afgasset materiale kan behandles yderligere og genanvendes på jord. Separeret fiberfraktion kan forbrændes/-forgasses	Lukket	Kommercielt i biogasgård- og -fællesanlæg
Direkte afbrænding	Kraftvarme produktion	Alt organisk affald, også fiber af husdyrgødning	Lav til høj	Aske, slagge, mv. ikke genanvendeligt	Åbent	Kommercielt
Termisk forgasning	Kraftvarme produktion, alternativt motorbrændstof	Alt organisk affald, også fiber af husdyrgødning og problematiske affaldstyper	(Meget) høj	Aske, slagge, mv. normalt ikke genanvendeligt	Åbent	I princippet kommercielt.
Biomasse til væske (f.eks. metanol eller dimethylether)	Motorbrændstof; kan også bruges til kraftvarme produktion	Alt organisk affald, især celluloseholdige restprodukter (træ, halm o.l.)	Medium	Aske, slagge, mv. normalt ikke genanvendeligt	Åbent	Ikke fuldt kommercielt. Store, højteknologiske anlæg. Et nyt pilotanlæg
Biodiesel, 2. generation	Primært motorbrændstof; kan også bruges til kraftvarme produktion	Normalt kun planteolie, men også animalsk fedt og lignende affaldsprodukter	Medium til høj	Restprodukter til foder eller andre anvendelser (afhængig af råmateriale)	Lukket	Kommercielt. Et større dansk anlæg
Bioethanol, 2. generation	Primært motorbrændstof; kan også bruges til kraftvarme produktion	Halm og andre celluloseholdige restprodukter	Medium til høj	Restfraktioner til foderanvendelse og/eller til forbrænding	Lukket	Næsten kommercielt udviklet (dansk demonstrations-anlæg)

Noter til Tabel 6:

- De enkelte teknologier er ikke opstillet i rangorden. I en kredsløbsstankegang er de teknologier, som både beforder bevarelse af næringsstoffer og tilbagefører disse til dyrkningsjorden og som samtidig udnytter et kemisk bundet energiindhold i affaldet, at fortrække
- Termen energieffektivitet er ikke nærmere defineret her. Anvendelse relaterer sig til en vurdering af i hvor høj grad den kemisk bundne energi i affaldet udnyttes i den givne proces og en vurdering af det interne brændselsforbrug til at holde processen kørende. Emnet er ikke udtømt og bør være genstand for nærmere undersøgelser
- Med hensyn til bioforgasning af eksempelvis husdyrgødning, så kan denne efter eller før udrådning separeres i en flydende og en

³⁸ Bygger på flere kilder, herunder kilder nævnt i fodnote 30, 31 og 32

fiberfraktion. Fiberfraktionen indeholder uomsat organisk materiale og en vis mængde næringsstoffer, som i en kredsløbstankegang bør tilbageføres dyrkningsjorden. En direkte afbrænding kan være på tale, hvilket vil give et udbytte i form af sparede fossile brændstoffer, men på bekostning af tab af organisk materiale og næringsstoffer.

- Direkte afbrænding af eksempelvis vådt organisk husholdningsaffald vil ikke i sig selv bidrage til kraftvarmeproduktionen med mindre røggasserne kondenseres, hvilket normalt ikke er tilfældet i almindelige forbrændingsanlæg
- I bioethanolanlæg anvendes bakterier/gær til produktion af alkohol ud fra glukose. I biogasanlæg anvendes bakterier til produktion af metan. I begge typer anlæg kan man gøre brug af enzymer i forbehandlingen. I 2.generations bioethanolanlæg er dette nødvendigt og i biogasanlæg kan enzymbehandling forøge udbyttet betragteligt ved at gøre ligninholdige produkter mere tilgængelige for bakterierne. Enzymbehandling, som det eksempelvis kommer til udtryk i teknologier som ReneScience betragtes ikke som selvstændige behandlingsteknologier, men som effektiviseringstiltag på de nævnte typer behandlingsanlæg
- Teknologierne beskrives mere detaljeret i Bilag 1 og Bilag 3.

En endelig vurdering af teknologierne er ikke foretaget i denne rapport. En sådan bør foretages for hver affaldstype separat ud fra en helhedsbetragtning omfattende mindst følgende:

- Samlet energieffektivitet for en bestemt teknologi/anvendelse i forhold til alternativerne
- Graden af omsætning af det organiske materiale og balance for dette
- Samlet balance af næringsstofferne, dvs. om der er tab af de enkelte næringsstoffer enten til atmosfære eller til miljøet udenfor dyrkningsjorden
- Øvrige miljøforhold
- Teknologisk stade, herunder kommerciel tilgængelighed
- Behandlingspris, herunder omkostninger til transport af råmateriale og restprodukter til og fra anlæg
- Strukturelle og organisatoriske forhold, altså om teknologien kan indpasses i eksisterende infrastruktur på affalds- og energiområdet
- Barrierer for og mulige incitamenter for øget udbredelse af teknologien

- En konklusion på beskrivelsen af teknologierne i det biologiske kredsløb er, at teknologier, der sikrer høj energidnyttelse og samtidig mulighed for tilbageføring af næringsstoffer og uomsat biologisk materiale til dyrkningsjorden i en kredsløbstankegang er at fortrække. Dette vil fremhæve biogasteknologier, 2. generations biodiesel- og bioethanolteknologier.

4.2 Det teknologiske kredsløb

I dette afsnit beskrives mængden af vigtige, udvalgte affaldstyper fra det teknologiske kredsløb i Danmark. Hensigten er at bestemme den nuværende affaldsbehandling i forhold til modellen om åbne og lukkede kredsløb og om muligt at pege på muligheder for og teknologier til eventuelt at omdirigere affald fra åbne til mere lukkede kredsløb.

Tabel 7 Frembringelse og behandling af udvalgte affaldstyper i Danmark, 2006³⁹

1000 tons	Genanvendelse	Forbrænding	Andet	I alt
Husholdninger	1077	1911	310	3298
Serviceerhverv	905	879	191	1975
<i>I alt</i>	<i>1982</i>	<i>2790</i>	<i>501</i>	<i>5273</i>
Industri	1261	276	399	1936
Bygge- og anlæg	5801	88	224	6113

Affald fra husholdninger, handel og institutioner udgør omkring 5,3 mio. tons på årsbasis. Ud af dette bliver ca. 2,8 mio. tons forbrændt, 2 mio. tons genanvendes, mens resten (0,5 mio. tons) bliver deponeret, behandlet særligt eller oplagret.

Af den forbrændte mængde er 1,9 mio. tons fra husholdninger mens 0,9 mio. tons er fra serviceerhverv. Af den genanvendte mængde på ca. 2 mio. tons, stammer de ca. 0,8 mio. tons alene fra haveaffald, 0,3 mio. tons stammer fra dagrenovation og storskrald fra husholdninger og 0,9 mio. tons stammer fra serviceerhverv.

Som nævnt i fodnote 93 er det nu antaget, at ca. 41 % af affald tilført affaldsforbrænding ikke er bionedbrydeligt. Det betyder i forhold til ovenstående, at omkring 1,1 mio. tons affald, der for nuværende tilføres forbrændingsanlæg fra husholdninger og serviceerhverv, ikke er bionedbrydeligt. Det antages, at dette affald derfor består af plastic, glas, metal og andre mineralske stoffer, idet det forudsættes at papir/pap, træ mv. er bionedbrydeligt. Hvis det samtidig antages, at papir/pap udgør 20 % af den samlede mængde til forbrænding og dermed en tredjedel af det bionedbrydelige affald, kan der tillægges op imod 0,5 mio. tons papir/pap. Den samlede mængde af fraktionerne ikke-bionedbrydeligt affald og papir/pap, der for nuværende forbrændes, er derfor i størrelsesordenen 1,6 mio. tons årligt.

Genanvendelsen af affald fra husholdninger og serviceerhverv omfatter 1.2 mio. tons ekskl. haveaffald. Denne mængde omfatter 0,6 mio. tons papir/pap, 0,09 mio. tons glas, 0,025 mio. tons plastic.

Det kan derfor konkluderes, at den genanvendte mængde affald fra husholdninger og serviceerhverv i teorien kunne mere end fordobles, hvis alt ikke-bionedbrydeligt affald samt alt papir/pap blev frasorteret fra forbrændingsanlæggene og genindsat i det teknologiske kredsløb.

³⁹ Affaldsstatistik 2006, Orientering nr. 2 Miljøstyrelsens, 2008

For industriaffald og affald fra bygge-anlægssektoren er situationen anderledes, idet kun en mindre del af affaldet herfra forbrændes, men en del affald fra disse sektorer deponeres.

I det følgende afsnit beskrives et udvalg af teknikker, som kan bidrage til fransortering af genanvendelige materialefraktioner fra forbrændingsanlæggene til indsættelse i det teknologiske kredsløb. Desuden beskrives nogle forhold omkring andre affaldstyper, som i dag betragtes som problematiske.

4.2.1 Affaldsforebyggelse og kildesortering

Affaldsforebyggelse er naturligvis den bedste vej til mindre affald og dermed mindre ressourceanvendelse og mindre miljø- og klimapåvirkning. Som nævnt fokuserer blandt andet det nye EU affaldsrammedirektiv på forebyggelse, og det er det første grundelement i Regeringens affaldspolitik.

Forebyggelse kan ske på to måder: Reduktion af affaldsmængden gennem kvantitativ reduktion af forbrug af affaldsdannende produkter, processer og serviceydelser ("vi bruger mindre") og kvalitativ ændring af produkter og processer således, at disse genererer mindre affald eller bedre kan genanvendes ("vi bruger smarte produkter og processer").

En reduktion af affaldsmængden gennem en kvantitativ reduktion af forbrug er ikke direkte på dagsordenen, selvom det kan opleves under økonomiske kriser.

Derimod er kvalitativ produktudvikling og ændring af produktionsprocesser i høj på dagsordenen, da dette ud over de miljø- og klimamæssige aspekter ofte også har positive økonomiske virkninger for virksomhederne: Renere produkter og renere produktionsteknologier med mindre affaldsdannelse, mindre miljøskadeligt affald og mindre klimapåvirkning nyder og bør nyde fremme på flere forskellige måder, bl.a. gennem forsknings- og udviklingsprogrammer. Emnet berøres ikke yderligere her⁴⁰.

Når der som i denne rapport fokuseres på det affald, der er dannet, så er mulighederne for sortering allerede ved kilden af betydning. I forhold til sortering senere i affaldets livsfaser, har kildesortering ofte den fordel, at affaldet forbliver renere og i bedre kvalitet, hvilket letter den efterfølgende forarbejdning og dermed genanvendelse. I hvor høj grad der skal anvendes kildesorteringssystemer frem for systemer (mekanisk eller andet) til udsortering af forskellige affaldsstrømme af den blandede affaldsmængde et senere sted i forløbet, bliver en afvejning af praktiske, økonomiske, miljømæssige samt andre forhold.

Systemer/teknik til øget kildesortering:

For husholdninger, serviceerhverv og lignende kan anvendes følgende systemer for kildesortering:

- Optibag-systemer, det vil sige systemer, hvor forbrugerne placerer det sorterede affald i to eller flere farvede plasticposer, som lukkes og placeres i en og samme opsamlingsbeholder (spand eller sæk). Sidstnævnte tømmes og de lukkede poser sorteres i et system, som virker ved farveseparering. Siden lukkes poserne op

⁴⁰ Der fokuseres direkte i Affaldsstrategi 2009-12 del 2 på affaldsforebyggelse, herunder en informationskampagne

og indholdet forarbejdes videre. Poserne kan indeholde enkeltfraktioner (f.eks. papir/pap, organisk) og/eller blandet affald (f.eks. til forbrænding eller til videresortering)

- Fler-spande systemer, som udfylder sammen funktion som ovenstående, men hvor affaldet holdes skarpt adskilt igennem hele forløbet fra forbruger over indsamling til forarbejdning og endelig genanvendelse
- Nærgenbrugsstationer, det vil sige en samling af beholdere (som ovenstående fler-spande system), til opsamling af de forskellige affaldsfraktioner. Disse beholdere placeres ikke hos den enkelte forbruger (husstand). I stedet opstilles de fælles for et antal husstande, eksempelvis en karré, en del af en boligforening eller et mindre boligkvarter
- Egentlige genbrugsstationer, som er det samme som ovenstående nærgenbrugsstationer, men hvor der er et større antal opsamlingsbeholdere, som dækker flere affaldsfraktioner, et større geografisk område og betjener et større antal forbrugere, hvorfor stationerne er større

Ovenstående systemer udelukker ikke gensidigt hinanden, tværtimod: Et integreret indsamlingssystem bør omfatte tre af ovennævnte systemer til kildesortering.

For erhvervsaffald etableres tilsvarende et antal separate opsamlingsbeholdere svarende til de frembragte affaldsmængder. Disse beholdere kan variere i udformning og størrelse i forhold til affaldstype og -mængderne og de tømmes separat⁴¹.

Virkemidler til opnåelse af øget kildesortering i husholdninger, i servicesektoren og i industrien mv. omfatter:

- forbud, eksempelvis igennem lovgivning eller lokale regulativer
- påbud i lovgivning eller lokale regulativer,
- anden regulering, eksempelvis pantsystemer, aftaler med brancheorganisationer
- økonomiske incitamenter gennem differentierede takster, afgifter, belønningssystemer
- sanktioner for ikke-ønskelig adfærd: Bøder, smilieys, o.lign.
- holdningsmæssige incitamenter: Uddannelsesprogrammer, rollemodeller
- etc.

⁴¹ Kildesorteret erhvervsaffald bliver fritstillet per 1/1-10. Derfor kan kommunerne ikke lave anvisningsordninger, men der er stadig muligheder for statslig reguleringen, eksempelvis generelle krav til indsamling, behandling samt aftaler med organisationer

Virkemidlerne bør anvendes overfor lokale myndigheder såvel som overfor den enkelte forbruger.

I Danmark er ovenstående systemer og virkemidler udbredt i forskellige former og i forskellig udstrækning. De tekniske systemer er gennemprøvede, men paletten af incitament er ikke fuldt afprøvet og udnyttet.

4.2.2 Forsortering af det forbrændingsegnete affald

Sorteringsanlæg til genanvendelige materialer

Formålet med sorteringsanlæg til genanvendelige materialer er at sortere blandede, genanvendelige affaldsfraktioner ud i fraktioner. Disse affaldsfraktioner kan enten viderebehandles eller direkte anvendes i den videre genbrugsproduktion. De udsorterede fraktioner bliver herefter afsat til materialeanvendelse og energiudnyttelse. Sorteringsanlæg bliver ofte i udlandet kaldet MRF – Material Recovery Facility – og af navnet fremgår det, at formålet er at generhverve genanvendelige materialer til efterfølgende genvinding.

Affaldsinput

Der er to hovedtyper af sorteringsanlæg:

- en type modtager blandet affald til forbehandling (inkl. brændbart og organisk dagrenovation)
- en type som kun modtager kildesorterede genanvendelige materialer til fraktionsortering (blandede og rene fraktioner)

Forbehandlingsprocesser

Sorteringen kan sammensættes af flere enhedsprocesser, som hver har til formål at adskille fraktionerne. Anlæggene består oftest af en forbehandlingsproces, som har til formål at åbne plastposer og/eller neddele affaldet. I tabellen nedenfor ses en række af de mest almindelige forbehandlingsteknologier, som findes forud for separation af materialer.

Tabel 8 Forbehandlingsteknologier

Forbehandlingsteknologi	Processen
Hammermølle	Affaldet knuses til et meget fint og homogent materiale. Slitage på hammer,
Shredder	Affaldet neddeles af langsomt roterende knive, der skærer/heddeler det tilførte affald til en forud bestemt maksimal størrelse
Roterende tromlesigte	Affaldet føres ind i tromlesigten, som har en svag hældning. Affaldet falder herved i gennem huller i tromlen (20, 40, 80, eller 120 mm). Samtidig bliver blødere materialer neddelt af hårde materialer, hvorved bl.a. papir og organisk materiale neddeles.
Rullesigte	Affaldet føres ind på en flade med mange rullende skiver, som er placeret lodret. Affaldet falder herved i gennem mellemrummene mellem skiverne. Større genstande rulles hen over sigten til bagenden af sigten.
Boldmølle	Roterende tromlesigte som desuden anvender tunge bolde til at neddele og pulverisere affaldet.
Våd roterende tromle med knive	Affaldet vædes ved indførslen i tromlen, og der skabes klumper, som neddeles af knivene, når tromlen roterer.
Poseåbner	En blidere shredder, som anvendes til at åbne og rive plastposer op med. Indholdet af poserne påvirkes ikke nævneværdigt. Ingen størrelsesreduktion.

Fraktionsortering

Sortering af forskellige materialer kan ske ved flere processer eller som en kombination af flere processer tilpasset sit særlige materiale. Tabellen nedenfor viser de mest almindelige separationsteknologier.

Da sorteringsanlæg ofte er sammensat af flere sorteringsprocesser, kan der opstå flere affaldsstrømme. De mest almindelige genanvendelige materialer, som udsorteres er jern, andre metaller, papir samt plastmaterialer. Værdien af de genanvendelige materialer afhænger meget af renheden af de udsorterede materialer. Derfor bør der ikke tilføres blandet affald med et indhold af bioaffald, men kun tørre genanvendelige materialer.

Tabel 9 Fraktionssortering

Fraktionssortering	Proces
Metal – magnetisk	Den magnetiske separator fungerer som et transportbånd, der indeholder en magnet.
Metal - ikke-magnetisk	Udsorteringen af ikke-magnetisk metal sker i en Eddy Current separator (magnetisk felt)
Papir og karton	Papir og pap sorteres fra den øvrige affaldsstrøm ved ballistik, vindsigter og Near InfraRed(NIR-sensorer). Yderligere sorteres med anvendelse af Visual Spectrometry (VIS-sensor). Denne enhed kan sortere materialestrømmen i karton, papir, plastik mv.
Plastikemballage	Plastemballagen kan ske ved ballistik, optisk sortering og ved hjælp af NIR-sensorer og ved kombination af disse. Efter udsortering fra hovedaffaldsstrømmen kan plastikemballagen sorteres i materialer som PVC, HDPE, LDPE, PE, PET etc. Endelig kan de udsorterede materialer farvesorteres med det samme udstyr.
Glasemballage	Glas kan sorteres fra den øvrige affaldsstrøm med en ballistisk separator og scanning med lys kombineret med farvespektret
Træ	Sorteringen af træ vil foregå på et langsomtgående transportbånd placeret i gulvhøjde, et "vandrende gulv", hvorpå affaldsstrømmen vil blive transporteret. Mens affaldet passerer forbi bruges en manuelt styret polygrab til at sortere træet ud af affaldsstrømmen.

Teknologiudbredelse og erfaringer

Sorteringsanlæg har i mange år været anvendt i USA, England Holland, Øst-rig og Tyskland. Mange anlæg er meget arbejdsintensive, da en stor del af sorteringen sker med håndkraft. Nye teknologier har dog gjort, at flere fraktioner kan sorteres ud automatisk.

Ved valg af udstyr til udsortering af genanvendelige materialer, skal man være opmærksom på, at visse af de nyudviklede maskiner til sorteringen har en relativ lav kapacitet, så det samlede sorteringsanlæg skal designes under hensyntagen til dette. Desuden vil det være en fordel, hvis man kan designe indsamlingssystemerne og kildesorteringen under hensyntagen til de opstillede sorteringslinjer på sorteringsanlægget.

Renescience

En ny type forsoringsanlæg er udviklet gennem Renescience-teknologien. Teknologien er som nævnt primært udviklet for enzymbehandling af organisk affald med henblik øget udbytte i biogasprocesser, men da processen frembringer en homogen pulp af det organiske affald, er det simpelt at frasigte andre dele af affaldet, der efterfølgende kan vaskes, tørres og sorteres i et separat anlæg.

Da omkostningen til behandling i et renescience-anlæg sandsynligvis vil være ganske påvirket af anlægget kapacitet, vil det dog være bedre om affaldet ikke sammenblandes, før det biologiske affald behandles ved processen. Dette understøttes også af, at ikke-biologisk affald, der efterfølgende skal oparbejdes til genanvendelse, først skal vaskes og tørres, førend yderligere sortering kan foretages. Dette medfører potentielt miljø- og ressourcebelastning. Til gengæld

kan der spares i indsamlingsleddet i form af ekstra beholdere til separat indsamling. Brugen af Renaissance som sorteringsanlæg skal altså vurderes nøje.

4.2.3 Farligt affald

Der er i dag udviklet flere metoder til oparbejdning af forskellige fraktioner af farligt affald, således at materialer oparbejdes til nye materialer. I nedenstående liste er nævnt de affaldsfraktioner og deres behandlingsmetoder, der allerede benyttes eller er blevet benyttet i Danmark og Sydsverige.

- Blyakkumulatorer - genvinding af bly på Boliden-Bergsøes anlæg i Landskrona.
- Fotokemikalier - udvinding af sølv fra fotografiske fremkalderebade og fikserbade hos bl.a. Foxdal og DAN-RENS A/S.
- Oparbejdning (rensning og destillation) af frostsikringsvæske til ethylenglykol af f.eks. Jysk Miljørens
- Spildolie - oparbejdning af hydraulikolie til baseolie, f.eks. Dansk Olie Genbrug.
- Kommunekemi – andre farlige affaldsfraktioner og eksempelvis anlæg til behandling af halmáske

Den største udfordring for oparbejdning af farligt affald i Danmark er de små affaldsmængder, hvilket gør, at det ikke er økonomisk rentabelt at etablere et behandlingsanlæg for den enkelte fraktion i Danmark. Dette gælder bl.a. for blyakkumulatorer, der oparbejdes i Sverige og spildolie, der i en periode har været sendt til oparbejdning i Tyskland.

Eksisterende metoder i udlandet til behandling af farligt affald omfatter:

Syre- og base-affald

ZEA Iserlohn (Zentrale Entsorgungsanlage iserlohn)⁴² har siden 2004 oparbejdet følgende typer af affald, og virksomheden modtager også affald fra Danmark.

- kromsyreaffald - der udvindes en rensset og opkoncentreret kromsyre.
- olieemulsioner - udvinding af olie med mindre end 20 % vand.
- cyanidholdige opløsninger -afgiftning af cyanid, udskillelse af ædle metaller.
- oparbejdning af legeringsbade - udvinding af metalholdigt slam, hvor metaller kan genindvindes.
- oparbejdning af svovlsyre, salpetersyre, salpeterflussyre og fosforsyre, samt udvinding af ædle metaller fra filterslam
- genanvendelse af jernholdige saltsyrebejdser som fældningsmiddel i deres eget spildevandsbehandlingsanlæg.

⁴² <http://www.zea-iserlohn.de/>

Tungmetalholdige
batterier

Miljøstyrelsen har i Miljøprojekt 1009 "Behandlingsteknologier for batterier" belyst hvilke behandlingsanlæg, der eksisterer for batterier, deriblandt NiCd og NiMH batterier.

Følgende virksomheder i Europa oparbejder NiCd-batterier og NiMH-batterier:

- S.N.A.M., Frankrig⁴³
- SAFT NIFE AB, Oskarshamn, Sverige⁴⁴
- ACCUREC GmbH, Tyskland⁴⁵

Flere virksomheder i Europa oparbejder kviksølvholdige knapceller. Deriblandt er Batrex (Schweiz), Citron (Frankrig), NQR og Trienekens (Tyskland).

Trykimprægneret
træ

Miljøstyrelsen har i 2002 iværksat en miljø- og samfundsøkonomisk-analyse af metoder til behandling af trykimprægneret træ. Analysen⁴⁶ blev publiceret i 2008 og inkluderede følgende 4 behandlingsmetoder:

- deponering
- forbrænding
- forgasning, Kommunekemi
- ekstraktion, RGS90 Watech

Analysen viste, at forbrænding og Kommunekemis metode ekskl. oparbejdning af metaller er de billigste metoder, når miljøeffekterne (eksternaliteterne) inkluderes. De samlede samfundsøkonomiske omkostninger er i analysen opgjort til mindre end 200 kr./ton.

I den nye Affaldsbekendtgørelse fra 13. januar 2010, stilles der nu krav om at metalimprægneret træ ikke må deponeres, men skal energiudnyttes på en måde hvor restprodukterne hvori tungmetallerne er opkoncentreret, kan håndteres separat. Det betyder at det trykimprægnede træ f.eks. kan energiudnyttes på dedikerede forbrændingsanlæg eller forgasningsanlæg, hvor der ikke samtidig bliver behandlet andet affald.

Plast fra WEEE-
affald

Stena Metall Group (Sverige) har udviklet en metode til sortering af plast fra elektronikskrot (WEEE) i to fraktioner, én med og én uden bromerede flamme-hæmmere. Med den nye sorteringsmetode er det muligt at genanvende metallerne og en stor del af plasten i elektronikaffaldet⁴⁷.

⁴³ http://www.snam.com/uk_pg1.htm

⁴⁴ <http://www.saftbatteries.com/TheSaftGroup>

⁴⁵ <http://www.accurec.de/englisch/index.html>

⁴⁶ Miljø- og samfundsøkonomisk analyse af indsamling og behandling af imprægneret affaldstræ, Miljøstyrelsen, Miljøprojekt 1208, 2008.

⁴⁷ Kilde: Waste Management World, e-update 17. april 2009: "New process for dealing with WEEE plastics", <http://www.waste-management-world.com>

Genanvendelse af LCD-paneler

Det svenske forskningsinstitut Swedish LCD Center og genanvendelsesvirksomheden Hans Andersson Metal har udviklet en proces til genanvendelse af LCD-paneler i fladskærme⁴⁸.

Med den nye proces er det muligt at separere bl.a. polariserende film, glassubstrat, farvefilter, transparente elektrode-lag og flydende krystal fra LCD-paneler. De enkelte genanvendte komponenter kan anvendes til fremstilling af nye fladskærme.

4.2.4 Bygge-anlægsaffald

De samlede mængder affald fra bygge- og anlægssektoren er opgjort til omkring 6,1 mio. tons, jf. Tabel 7. Af dette genanvendes omkring 95 % (5,8 mio. tons/år), mens resten forbrændes, deponeres mv. (0,312 mio. tons/år). Dette er en høj genanvendelsesprocent, også i international sammenhæng, som blandt andet skyldes en kombination af affalds- og råstofafgifter samt kommunale krav til bygge-anlægsaktiviteter.

Sten- og glasuld

Stenuld skal ifølge bekendtgørelse om sortering og genanvendelse af bygge- og anlægsaffald⁴⁹ udsorteres i forbindelse med nedrivning eller renovering af bygninger.

Der foretages ikke særskilte opgørelser over mængden af sten-, glas- og mineraluld i Danmark, da disse mængder indgår i den samlede opgørelse over bygge- og anlægsaffald. I miljøprojekt 1107, 2006⁵⁰ estimeres der i 2008 at være 10.000 tons stenuldsaffald. Det har ikke været muligt at finde et potentiale på den samlede mængde mineraluldsaffald (både glasuld og stenuld) i Danmark.

Nogle mineraluldstyper er opført på listen over farlige stoffer grundet affaldets kræftfremkaldende egenskaber. Mineraluld produceret efter 2000 har ikke kræftfremkaldende egenskaber.

De to eneste producenter i Danmark er Rockwool A/S, der producerer stenuld, og Isover A/S, der producerer glasuld. Mineraluld fra nedrivningsprojekter deponeres i vid udstrækning. Ifølge egne oplysninger tilbagetager Rockwool A/S årligt 1200 ton stenuld til brug i nyproduktionen, hovedsageligt fra byggepladser og gartnerier. Firmaet har gennemført et større LIFE-finansieret udviklingsprojekt, som resulterede i udvikling af teknik til dette. På europæisk plan genanvender firmaet omkring 400.000 tons på årsbasis⁵¹, hvilket sparer store mængder råvarer og brændsler.

I 2006 har Miljøstyrelsen og Rockwool A/S gennemført en undersøgelse⁵² for at klarlægge genanvendelsesmulighederne for stenuld. Undersøgelsen viste, at det er muligt at kildesortere mineralulden (på nedrivningspladser) så den er af tilstrækkelig kvalitet til at den kan anvendes i nyproduktionen. Det vurderes endvidere, at det er forholdsvist enkelt at etablere et genanvendelsessystem for

⁴⁸ Kilde: <http://www.lcdcenter.se>

⁴⁹ Bekendtgørelse om sortering og genanvendelse af bygge- og anlægsaffald, nr. 20, af 11. januar 2010.

⁵⁰ MST miljøprojekt nr. 1106 og 1107, 2006 - For- og hovedprojekt om genanvendelse af brugt stenuld

⁵¹ Oplysninger til LIFE

⁵² MST miljøprojekt nr. 804, 2003 om ressourcebesparelser ved affaldsbehandlingen i Danmark

brugt stenuld. Der er miljømæssige fordele og ulemper ved genanvendelse (eksempelvis øgede påvirkninger fra transport, men besparelse af deponeringskapacitet). Ovenstående konklusioner er under forudsætning af tilstrækkelige mængder og kvaliteter af brugt stenuld. Der vil være behov for, at Rockwool A/S foretager investeringer til brug for udvikling mv. af værktøjer til styring af det affald der skal modtages i nyproduktionen.

Ovnene til glasuldproduktionen er meget følsomme overfor urenheder/forurening, og genanvendelsespotentialerne for glasuld vurderes derfor at være begrænset⁵³.

Gips

Gips skal ifølge bekendtgørelse om sortering og genanvendelse af bygge- og anlægsaffald udsorteres i forbindelse med nedrivning eller renovering af bygninger.

Der foreligger ingen nyere opgørelse af mængder af gipsaffald i Danmark. I 2000 blev gipsaffaldsmængden fra bygge- og anlægsbranchen opgjort til 71.500 ton⁵⁴, og det må forventes, at mængden er steget væsentlig i den efterfølgende periode.

Den danske virksomhed Gips Recycling A/S har udviklet et koncept for genanvendelse af gipsaffald, og der genanvendes nu samlet 60 % af den samlede mængde i Danmark, hvilket er et flot resultat set i europæisk sammenhæng. Genanvendelseskonceptet er nu indført i Sverige, Norge, England, Irland, Holland og USA⁵⁵.

Genanvendelsessystemet omdanner gipsaffaldet til nedknust gipspulver, som anvendes direkte i nyproduktion af gipselementer (se endvidere 0).

Det vurderes, at der potentielt kan genanvendes 80 % af den samlede mængde gipsaffald i Danmark, mens de resterende 20 % må deponeres på grund af urenheder og forurening af affaldet. Genanvendelse af gipsaffald medfører både ressourcebesparelse og forlængelse af deponeringsanlæggenes levetid.

Danmark er i europæisk sammenhæng førende mht. behandling af gipsaffald til genanvendelse, og har udvidet konceptet til andre lande. Det vurderes, at Danmark på dette område har en styrkeposition.

Pladsproblemer på byggepladser kan medføre manglende udsortering til genanvendelse. I det centrale London har der været gode erfaringer med en såkaldt "mosquito fleet" metode, som består i at samle gipsaffaldet i bunker på jorden, hvorefter en vognpark af små pickups afhenter affaldet, og kører det til genanvendelse. Dette har medført at genanvendelsen øgedes fra 0 til 70.000 ton over en 4 års periode, og mængden er stigende⁵⁶.

I forbindelse med det kommende arbejde med højere kvalitet i genanvendelse af bygge- og anlægsaffald, bør krav om genanvendelse af gips overvejes.

⁵³ Ibid. Glasuld kan anvendes som voksemedium for planter

⁵⁴ Ibid

⁵⁵ Gips Recycling A/S. Se <http://www.gipsrecycling.dk/>

⁵⁶ Internationalt Affaldsnyt, nummer 3, 2007

Tagpap

Der forefindes ingen opgørelser over den samlede mængde tagpapaffald i Danmark. Sorteringsundersøgelser⁵⁷ har dog vist, at blandet affald til deponering gennemsnitlig indeholder ca. 4 % tagpap. Det må derfor antages, at der er ganske betydelige mængder tagpap, der i dag deponeres.

Tagpap bortskaffes evt. også til forbrænding, men da ikke alle forbrændingsanlæg kan modtage tagpap, kan der være lokale og regionale forskelle i affaldsbehandlingen⁵⁸ i Danmark.

Op til 80 % af tagpap består af mineralisk baserede produkter, bl.a. bitumen og tjære. Der er derfor interesse i at få tagpap indsamlet og behandlet særskilt.

I Danmark har et nyt patenteret koncept for genanvendelse af tagpap til asfaltproduktion netop set dagens lys. Konceptet er udviklet af Tarpaper Recycling, og behandlingsmetoden er nyudviklet og konstrueret således, at tagpap neddeles i smågranulat og anvendes i genbrugsasfalt til produktion af ny asfalt⁵⁹. Projektet er støttet af Life+ programmet. Det har ikke været muligt at finde oplysninger om eksisterende teknologier i udlandet⁶⁰.

Barrierer for genanvendelse af tagpap er manglende tradition for udsortering af tagpap, og begrænsninger i kapaciteten på behandlingsanlægget og i aftagningsleddet.

I forbindelse med det kommende arbejde med højere kvalitet i genanvendelse af bygge- og anlægsaffald, bør krav om genanvendelse af tagpap overvejes.

Mursten

Mursten skal ifølge bekendtgørelse om sortering og genanvendelse af bygge- og anlægsaffald udsorteres i forbindelse med nedrivning eller renovering af bygninger.

Der foreligger ingen særlige opgørelser på mængden af mursten der bortskaffes som affald. Mængden af mursten der bortskaffes som affald indgår i en samlet mængde bygge- og anlægsaffald der bortskaffes (primært til genanvendelse).

Mursten bortskaffes i dag til genanvendelse med henblik på nedknusning til brug for erstatning for primære råstoffer i bygge- og anlægsprojekter. Genanvendelsen for mursten er - sammen med beton og tegl - generelt meget høj.

Der er en pæn efterspørgsel på de nedknuste produkter, og det har medvirket til effektive maskinelle løsninger på markedet i ind- og udland.

Ved den nuværende form for genanvendelse af bl.a. mursten foregår der en ressourcebesparelse af de primære råstoffer. Til gengæld skal der nyproduceres mursten til nye byggerier, hvorved mursten som selvstændigt produkt ikke genbruges.

⁵⁷ MST Arbejdsrapport nr. 11, 2002 om etablering af praktisk anvendelige procedurer for accept af affald på deponeringsanlæg

⁵⁸ MST miljøprojekt nr. 593, 2001 om alternativer til blyinddækning

⁵⁹ Tarpaper Recyclings hjemmeside: www.tarpaper.dk,

http://ec.europa.eu/danmark/eu_politik/alle_emner/miljo/2008/081027_life-dk_da.htm og http://www.byggeteknik.dk/article/article_print.php?id=44208

⁶⁰ LIFE programmet støttede dog i 2005 et hollandsk projekt om genanvendelse af tagpap

I 2002 udviklede virksomheden Gamle Mursten v/OCB APS en maskinel behandlingsmetode til rensning af teglmursten. Ved rensningen bevares mursten som råvare. Med denne metode kan mursten i princippet anvendes flere gange inden den må bortskaffes som knust tilslagsmateriale eller erstatning for stabilgrus. Det vurderes, at der hovedsagelig vil være marked for genbrug af mursten inden for restaureringsområdet⁶¹ og ved byggerier, hvor gamle mursten ønskes anvendt grundet det særlige visuelle udtryk.

En indsats for øget direkte anvendelse af mursten som ovenfor vil møde forhindringer i forhold til væsentlige transportudgifter, og problemer med at få tilstrækkelige mængder til behandling, så der kan opnås en velfungerende og økonomisk behandlingsløsning. Da affaldsmængden samtidig anses som mindre betydningsfuld, både miljømæssigt og i mængde, og der allerede sker engangs-genanvendelse, vil der nok ikke være et stort potentiale i denne affaldstype.

PCB-forurenet byggeaffald

Brug af PCB-holdige byggematerialer har været forbudt siden 1. januar 1977. PCB-holdig fugemateriale skal ifølge bekendtgørelse om sortering og genanvendelse af bygge- og anlægsaffald identificeres og håndteres særskilt i forbindelse med kildesortering af natursten, tegl og beton, samt blandinger af disse. Termoruder, der ikke er egnet til genanvendelse, bl.a. fordi de indeholder PCB, skal destrueres eller deponeres. Byggeaffald som indeholder PCB må ikke genanvendes.

PCB-holdige fugemasser blev anvendt i perioden 1950-1977, hvorfor bygningsmassen fra denne periode kan være PCB-belastet⁶². Bygninger fra denne periode udgør ca. 30 % af den samlede danske bygningsmasse⁶³

Ifølge Orientering nr. 1, 2009⁶⁴ findes der bygninger i Danmark, hvor ophold gennem mange år kan indebære en forringet sundhedstilstand hos brugere af bygninger, som følge af PCB i indeluften. Det er endvidere med stor usikkerhed vurderet, at restmængden af PCB i danske bygningsfuger er på 6-12 ton PCB, samt at PCB-holdig byggeaffald ikke altid bortskaffes korrekt.

Det er ikke på nuværende tidspunkt muligt at foretage et sikkert skøn over, hvor udbredt PCB er i danske bygninger, og et mere solidt fagligt grundlag vil være nødvendigt for at vurdere, om der er et behov for en særlig indsats mod PCB i forhold til indeluft, arbejdsmiljø eller affaldshåndtering.

De største restmængder af PCB i Danmark skønnes pt. at være til stede i de elastiske murfuger samt i termoruder, og det er uvist, hvor store mængder PCB, der resterer i danske bygninger. Relevante myndigheder arbejder på at kortlægge problemets omfang, med henblik på at vurdere, om der er et behov for en særlig indsats mod PCB i forhold til indeluft, arbejdsmiljø eller affaldshåndtering.

Kommunekemi har sammen med Vestforbrænding og Amagerforbrænding etableret et system, der håndterer termoruder fra før 1975⁶⁵.

⁶¹ Genbrug af mursten ved maskinel afrensning, Specialrapport, Erhvervsakademiet København, 2005

⁶² www.mst.dk

⁶³ www.ing.dk, artikel fra den 3. april 2009

⁶⁴ MST Orientering nr. 1, 2009 om sundhedsmæssig vurdering af PCB-holdige bygningsfuger

⁶⁵ www.dakofa.dk

Sverige har gennem en årrække arbejdet med sanering af PCB-holdige bygningsfuger og gulvmasse, som indeholder mere end 500 ppm PCB. Det vurderes, at der pr. 2005 er saneret 10-15 % af bygningsmassen, og det skønnes, at der fortsat er 80-90 ton PCB tilbage i fugemasser i eksisterende bygninger⁶⁶. I Norge er der etableret et system til mærkning, indsamling og affaldsbehandling af PCB-holdige termoruder.

Miljøstyrelsen påbegynder i 2010 et arbejde med at hæve kvaliteten af byggeaffald til genanvendelse. Dette arbejde vil bl.a. omfatte muligheden for at fastlægge et "teknisk 0" for PCB i byggeaffald til genanvendelse. Herudover vil Miljøstyrelsens vejledning om håndtering af PCB-holdigt byggeaffald løbende blive opdateret i takt med at der foreligger ny viden.

4.2.5 Andre affaldsfraktioner

Shredderaffald,

De samlede registrerede mængder shredderaffald i Danmark indgår som en generel mængde under farligt affald, og er ikke selvstændig registreret. Det antages dog, at shredderaffald udgør ca. 30 % af den samlede mængde farligt affald⁶⁷. Mængden af farligt affald udgør i 2006 knap 500.000 ton hvilket medfører, at mængden af shredderaffald i 2006 forventeligt udgør ca. 150.000 ton.

Shredderaffald bortskaffes overvejende til deponering, hvorfor det er interessant at udvikle effektive genanvendelsesbehandlingsmetoder.

Miljøprojekt nr. 1133 fra 2006⁶⁷ beskriver en undersøgelse, hvor det er forsøgt eftervist om mekaniske metoder til genanvendelse af metallerne i kombination med termisk behandling kan reducere eller fjerne behovet for deponering. Det viste sig, at behandlingen ved smeltecyclon var i stand til at producere støv med tilstrækkeligt højt metalholdigt indhold til at det kunne afsættes til genanvendelse. Metoden bør undersøges nærmere mht. muligheden for at opnå en tilstrækkelig god slagge kvalitet, da dette er væsentlig for økonomien i processen.

I miljøprojekt nr. 1055 fra 2006⁶⁸ er internationale teknologier og anlæg til behandling af affald med høje koncentrationer af tungmetaller (herunder shredderaffald) identificeret, undersøgt og sammenlignet. Procesteknologierne for shredderaffald er termisk proces (pyrolyse, forgasning, forbrænding osv.) med og uden forbehandling.

Chinook Sciences Ltd., der leverer teknologier til forgasning, er gået sammen med genanvendelsesfirmaet European Metal Recycling Ltd. om at omdanne shredderaffald fra ophugning af biler til energi og genanvendeligt metal. Projektet kaldes Innovative Environmental Solutions UK Ltd. og skal behandle 120.000 tons shredderaffald om året. I projektet vil de anvende Chinook's forgasningsteknologi (non-incineration gasfication), også kaldet RODECS[®],

⁶⁶ Jord, affald og renere teknologi, 3F og Det økologiske Råd, 2005 - download fra http://www.ecocouncil.dk/download/3f_jordaffald.pdf

⁶⁷ MST Orientering nr. 2, 2008 om Affaldsstatistik 2006 og MST Miljøprojekt nr. 1133, 2006 om undersøgelse af mulighederne for termisk oparbejdning af mekanisk separeret shredderaffald

⁶⁸ MST Miljøprojekt nr. 1055, 2006 om metoder til behandling af tungmetalholdigt affald - fase 3

som vil nedbryde skadelige forbindelser og udvinde genanvendelige materialer⁶⁹.

Stena Metall Group har udviklet en metode til at separere plast fra WEEE affald i to fraktioner, en med og en uden bromerede flammehæmmere. Anlægget i Sverige har kørt med fuld last et år, og er nu parat til at blive anvendt på anlæg rundt om i Europa⁷⁰.

Ved behandlingen af shredderaffald skal det sikres, at der er tilstrækkelig kvalitet i restprodukterne (output) fra behandlingen, så behandlingen af shredderaffaldet er økonomisk rentabel. Endvidere skal metoderne sikre, at genanvendelsen er tilstrækkelig til at opfylde ELV-direktivet (Direktiv om udtjente køretøjer).

En anden vej teknologisk end shredding og sortering/oparbejdning af det blandede materiale er naturligvis at stille krav til producenter om produktansvar (tilbage tagging) og nem adskillelse af køretøjer efter endt brug. Dette kan fremmes gennem forskellige virkemidler, herunder aftaler, afgifter, pantordninger, osv.

PVC

Hård PVC-affald regenereres i Danmark på Dansk Affald A/S i Vojens, men oparbejdningen til nye PVC-produkter sker fortsat i udlandet. Producenterne anvender hovedsageligt den regenererede PVC til rørproduktion, og fabrikkerne ligger fortrinsvist i Tyskland og Nederlandene. Forsøg har vist, at PVC kan genanvendes mindst 7 gange i rør uden der sker en kvalitetsforringelse⁷¹.

Genanvendelsen i Danmark er organiseret af branchen⁷² og affaldet indsamles på genbrugsstationerne, hvor stort set alle kommuner er repræsenteret. Desuden indsamles en stor del fra entreprenører fra bygge- og nedrivningsprojekter. WUPPI indsamlede sidste år ca. 3500 ton hård genanvendeligt PVC-affald i Danmark⁷³. Den samlede mængde PVC behandlet i forbrændingsanlæg anslås til omkring 21.000 tons/år⁷⁴.

På europæisk plan blev der i 2008 genanvendt 194.500 ton PVC-affald⁷⁵ ud af en samlet mængde på omkring 3 mio. tons PVC affald⁷⁶.

Ved en total og fuldstændig recirkulering af alt PVC-materiale i samfundet ville miljøproblemerne omkring PVC primært være begrænset til produktionen (samt sundhedsmæssige forhold omkring phatelater). En fuldstændig recirkulering kan dog ikke opnås, og det må derfor forventes, at der i fremtiden ville skulle bortskaffes PVC i en ikke kendt mængde. Dette kan måske give anledning til vurdering af materialet som sådan.

⁶⁹ Videncenter for Affald, Internationalt Affaldsnyt nr. 2, juni 2009

⁷⁰ Videncenter for Affald, Internationalt Affaldsnyt nr. 2, 2009

⁷¹ PVC Informationsrådet

⁷² WUPPI A/S, stiftet i 1998 med det formål at etablere en landsdækkende indsamlings- og genanvendelsesordning for byggeaffald af hård PVC i Danmark

⁷³ Videncenter for Affald, 2008

⁷⁴ Det gennemsnitlige PVC-indhold i affald til forbrænding i Danmark skønnes til 0,6 % af den samlede affaldsmængde af Ole Hjelmar, DHI – Institut for Vand og Miljø 2002

⁷⁵ Jf. VINYL 2010

⁷⁶ <http://www.pvc.org>

Glasfiber

Glasfiber, eller rettere glasfiberarmeret plastic, er et plastbaseret kompositmateriale, som består af en armering af glasfibre, som er indlejret i epoxy- eller polyester. Produkter af glasfiber omfatter vindmøllevinger, affaldscontainere, togdele, bildele, trailere, tagbokse, småbåde, skibe og produktionsrester. Mængden af affald af plastbaseret kompositmaterialer er vurderet til at være ca. 10.000 tons om året⁷⁷. Mængden forventes at stige i takt med at gamle vindmølle anlæg udskiftes eller lukkes.

Det meste glasfiberaffald deponeres. Dette skyldes dels, at der typisk er tale om meget store produkter, som ikke kan håndteres på forbrændingsanlæggene og den store glasfraktion, der ikke kan brænde og som danner en stor mængde slagge. Når glasfiberprodukterne er fremstillet ved en hærdende proces kan plasten ikke smeltes om og genanvendes til nye produkter. Ved almindelig produktion af vindmøllevinge er dette også gældende⁷⁸. Vindmøllevinger indeholder også kernematerialer, som kan være vanskelige at skille ad fra hærdeplasten.

Ud over forbrænding, sker der i dag kun en lille genanvendelse af vindmøllevinger. Materialet kan indgå i fiberbeton eller som råstofforlænger i mursten. Det neddelte kompositmateriale anvender man desuden som byggemateriale blandt andet til plader i vådrum. Kompositbranchen støtter udviklingen i både design og materialevalg, som i højere grad gør det muligt at genanvende ud-tjente møllevinger og andre kompositemner. Firmaet ReFiber planlægger i samarbejde med industrielle partnere at bygge et referenceanlæg i Danmark med en kapacitet på 5000 tons/år⁷⁹. Der er derfor en teknologisk udvikling i gang i Danmark og internationalt med henblik på øget genanvendelse af glasfiber. Dette kunne understøttes gennem mere innovativ incitamentsregulering.

Dæk

Der indsamles årligt 54.000 ton dæk til genanvendelse⁸⁰ i Danmark (2006-mængder). Dækkene indsamles via de kommunale genbrugsstationer og via tilskudsordningen for indsamling af dæk under dækbranchens miljøfond, der fungerer som en tilskuds- og gebyrordning.

Dæk ønskes genanvendt af hensyn til ressourcebesparelsen og da der er en række gener forbundet med deponering og forbrænding. Ved deponering er der øget brandrisiko, og dækkene har en så høj brændværdi, at de vil optage en forholdsmæssig stor forbrændingskapacitet, hvis de bortskaffes til forbrænding. Genanvendelse af dæk er ressourcebesparende, idet der benyttes forholdsmæssigt store energimængder ved nyfremstilling⁸¹.

Dækkene bortskaffes til genanvendelse hos Genan, der siden 1990 har oparbejdet dæk til gummi, tekstil og stål. Gummigranulatet anvendes til bl.a. kunstgræs, legepladser og i produktet Road+ som anvendes i asfaltbelægninger for at forlænge holdbarheden og mindske vedligeholdelsesomkostningerne.

Genan har siden opstart af virksomheden i Viborg i 1990 videreført teknologi-konceptet med yderligere 2 virksomheder i Tyskland, der i 2010 udvides med

⁷⁷ Videnscenter for affald

⁷⁸ Forskningsprojektet Blade King vil udvikle en termoplastisk metode i stedet for den termohærdende proces. Højteknologifonden har for nyligt bevilget 30 mio. kr. til dette forskningsprogram, hvor LM Glasfiber arbejder sammen med Aalborg Universitet og Risø DTU (kilde: Videncenter for affald)

⁷⁹ <http://www.refiber.com>

⁸⁰ MST orientering nr. 2, 2008 om Affaldsstatistik 2006

⁸¹ www.mst.dk

endnu en fabrik, som ved opstarten bliver verdens største fabrik for genanvendelse af dæk⁸². Genan arbejder med en vækstsstrategi, der medfører yderligere vækst i Europa, Asien og USA inden 2018⁸³. Ved gennemførelse af vækststrategien indtager den danske virksomhed en førerposition i verden indenfor genanvendelsesbehandling af dæk.

4.2.6 Restprodukter fra forbrænding af affald

Affaldsforbrænding

Ved affaldsforbrænding fremkommer slagge, ristegennemfald, kedelaske og flyveaske samt restprodukter fra røggasrensning.

Genanvendelsen af slagge til entreprenørmæssige formål er tidligere sket under relativt liberale vilkår, men i 2000 udstedtes en ny bekendtgørelse med noget mere restriktive krav, baseret på slaggens udvaskningsegenskaber. Størstedelen af slaggen genanvendes stadig til entreprenørmæssige formål.

Askerne indeholder forskellige opløselige salte samt tungmetaller i en sådan koncentration og med sådanne udvaskningsegenskaber, at genanvendelse ikke er mulig og materialet må heller ikke deponeres på danske deponeringsanlæg. I stedet eksporteres askerne til specialdeponier i Tyskland og Norge.

Røggasrensningens produkter afhænger af den valgte rensningsmetode. Ved tørre og semi-tørre processer fås et sammensat restprodukt. Restproduktet er et tørt, hygroskopisk pulver med stort saltindhold (primært kalciumklorid), stort tungmetalindhold og stor alkalinitet. Pulveret kan indeholde flyveaske. Det kan ikke genanvendes og må ikke deponeres i Danmark. I stedet eksporteres det, ligesom flyveaske, til Tyskland og Norge.

Ved våd rensning fås - foruden flyveaske - gips og afvandet hydroxidslam. Også disse restprodukter eksporteres⁸⁴. På nogle anlæg blander man uafvandet hydroxidslam og flyveaske, hvorved asken befugtes og gøres mindre støvende.

Der er i de senere år gennemført nogle danske forsøg til rensning af restprodukterne for at mindske behovet for specialdeponering. Hensigten er, at de rensede restprodukter skal kunne deponeres under mindre krævende forhold. De undersøgte processer består af saltextraktion og efterfølgende stabilisering af remanensen med CO₂ eller FeSO₄⁸⁵.

Mængderne af restprodukter mv fra forbrændingsanlæg ses af nedenstående Tabel 10.

Tabel 10 Slagger, flyveaske og røggasrensningprodukter fraført affaldsforbrændingsanlæg⁸⁶.

Type af restprodukt	Tons (2006)
Slagger fraført	497.927
Flyveaske og røggasrensningprodukter fraført/eksporteret	90.167
Fraført i alt fra affaldsforbrændingsanlæg	588.094
Deponeret slagger	1.971

⁸² Videncenter for Affald, Internationalt Affaldsnyt nr. 4, oktober 2008

⁸³ Artikel i Industriens dagblad den 4. november 2009, www.idag.dk

⁸⁴ Gips kan genanvendes fra kraftværkerne, men ikke fra affaldsforbrænding

⁸⁵ Videnscenter for affald

⁸⁶ Kilde: Affaldsstatistik 2006, Miljøstyrelsen

Type af restprodukt	Tons (2006)
Deponeret flyveaske og røggasrensingsprodukter	260
Flyveaske og røggasrensingsprodukt deponeret i udlandet	112.648
Deponeret i alt fra affaldsforbrændingsanlæg	114.907
Slagger registreret som tilført oparbejdningsanlæg	89.232
Slagger fraført og vurderet tilført direkte til genanvendelse	406.724
Genanvendt i alt fra affaldsforbrændingsanlæg	495.956
Flyveaske og røggasrensingsprod. Fraført og vurderet oplagret	-22.769

Mængden af restprodukter fra affaldsforbrænding afspejler naturligvis den mængde affald, der forbrændes. Som nævnt under de forskellige teknologier og affaldsstrømme, bør flere kredsløb søges lukket, hvilket normalt ikke kan ske ved termisk forbrænding. I takt med flere lukkede affaldsstrømme, vil mængden af restprodukter fra affaldsforbrænding derfor mindskes. I mellem-tiden kan der fortsat ske en anvendelse af slagger og røggasrensingsprodukter fra affaldsforbrænding til de nuværende formål.

Halm-aske

Ved afbrænding af halm og andre biobrændsler i kraft- og varmegærker fås tilsvarende restprodukter, dog naturligvis med en anden kemisk og materiale-sammensætning. Inklusiv aske fra blokvarmecentraler, individuelle kedler og brændeovne produceres årligt ca. 55.000 ton biomasseaske, hvoraf langt størstedelen er halmaske⁸⁷. Asken har, foruden et næringsstofindhold, også et indhold af miljøfremmede stoffer, især cadmium, som stammer fra den gødning, som blev brugt på markerne. Ved at anvende asken som gødning kan der spares dels på gødningen, dels reduceres cadmiumbelastningen. Imidlertid har tungmetalindholdet i asken hidtil forhindret en fuldstændig genanvendelse af al aske fra halmforbrænding, herunder både flyveaske og bundaske.

Som nævnt i Opar Kommunekemi udviklet et anlæg til udvinding af gødningsindholdet fra flyveaske fra halmforbrænding, især kalium, som er et basisgødningsstof.

4.3 Sammenfatning

Organisk affaldskredsløb

Analysen af det **organiske affaldskredsløb** kan sammenfattes som følger:

- Omkring 1 mio. tons organisk affald fra husholdningerne behandles årligt i forbrændingsanlæg. Affaldet bidrager ikke i nogen væsentlig udstrækning til produktionen af el og varme, og affaldsstrømmen kan siges at være åben, da næringsstofferne og det organiske materiale i affaldet ikke tilbageføres til dyrkningsjord. Affaldsstrømmen kan i højere grad lukkes ved anvendelse af forskellige biologiske behandlingsmetoder, herunder især teknologier til produktion af biogas, bioethanol og biodiesel.

⁸⁷ Miljøprojekt nr. 962, 2004: Separation og genanvendelse af aske fra biobrændselsanlæg

- Husdyrgødningen udgør omkring 32 mio. tons årligt, hvoraf kun omkring 4 % udnyttes i biogasanlæg eller på anden måde i energiforsyningen. Affaldskredsløbet er i princippet lukket, men med problemer omkring forvaltningen af næringsstofferne, især fosfor, i forhold til det yder miljø. Øget behandling i eksempelvis biogasanlæg kan forbedre dette forhold
- Halmproduktionen er ca. 5,5 mio. tons per år. En tredjedel af dette afbrændes i kraftvarme- og varmegærdker samt i små gårdanlæg. En tredjedel anvendes i landbruget som foder, strøelse, mv, mens den sidste tredjedel ikke bjærges, men nedmuldes. To tredjedele af halmen indgår altså i et lukket kredsløb uden energiudnyttelse, mens den sidste tredjedel indgår i en åben strøm, hvor næringsstofferne og det organiske materiale i det store hele tabes, men energiindholdet udnyttes. Affaldsstrømmen kan i højere grad lukkes ved anvendelse af forskellige biologiske behandlingsmetoder, herunder især teknologier til produktion af bioethanol og biodiesel
- Slamproduktionen fra spildevandsanlæg er omkring 1 mio. tons per år med et tørstofindhold på omkring 100.000 tons. Energiindholdet udnyttes i vid udstrækning og omkring halvdelen af mængden udspreddes på dyrkede arealer og indgår således i et lukket kredsløb. Den anden halvdel indgår i en åben stofstrøm idet slammet forbrændes med tab af næringsstoffer og det organiske materiale til følge. En mindre del af slammet er uegnet til genanvendelse pga. tungmetalindholdet. Den åbne del af stofstrømmen kan gøres mere lukket ved øget brug af biologiske behandlingsmetoder og direkte udspreddning, hvis blandt andet indholdet af problematiske stoffer kan reguleres
- Andre kilder til organisk affald, primært landbruget og landbrugets forarbejdningsindustri (eksempelvis kartoffelmelsindustrien) producerer årligt omkring 8,5 mio. tons rest- og biprodukter med et tørstofindhold på omkring 1,2 mio. tons. Halvdelen af dette anvendes som foder eller som råmateriale for andre produktioner, mens den anden halvdel anvendes som gødning/jordforbedringsmiddel. Der sker en vis udnyttelse af energiindholdet. Rest- og biprodukterne indgår i det store og hele i lukkede kredsløb, men energiindholdet kunne udnyttes mere intensivt gennem eksempelvis bioforgasning eller andre biologiske metoder

Vedrørende mulighederne for behandling af det organiske affald kan analysen sammenfattes som følger:

- Flere teknologier til behandling af det organiske affald er tilgængelige på kommercielt niveau, herunder kompostering, bioforgasning, direkte forbrænding, termisk forgasning og produktion af biodiesel. Andre teknologier er næsten kommercielt færdigudviklede og udgør aktuelle alternativer for behandling af det organiske affald. Disse teknologier omfatter 2. generations bioethanolanlæg og synteseanlæg til konvertering af biomasse til flydende brændstof via forgasning. Disse teknologier adskiller sig med

hensyn til energieffektivitet og med hensyn til, om de indgår i en åben stofstrøm eller om de kan udgøre et element i et lukket kredsløb.

- Her udmærker forbrændingsanlæg og termiske forgasningsanlæg sig med hensyn til udnyttelse af energiindholdet i affaldet med god effektivitet, men næringsstofferne og det organiske materiale i affaldet tabes. Generelt set kan anlæggene derfor ikke indgå som elementer i lukkede kredsløb, de behandler en åben stofstrøm
- Omvendt udmærker biogasanlæg, biodiesel- og bioethanolanlæg sig ved, at anlæggene kan indgå som elementer i lukkede kredsløb samtidig med, at energiindholdet i affaldet udnyttes ved en medium eller høj effektivitet
- Komposteringsanlæg kan indgå som element i lukkede kredsløb, men der sker ingen energiudnyttelse ved denne proces. Til gengæld kan der ske en vis opgradering af det organiske materiale, da der sker en omsætning af miljøfremmede stoffer, men ved ikke-veldrevne processer kan der ske tab af næringsstoffer.

Som nævnt i afsnit 4.1.5 bør der for hver affaldstype foretages en mere detaljeret analyse af de forskellige, mulige behandlingsteknologier med henblik på miljøforhold, næringsstofbalance, udnyttelse af organisk materiale og kulstoflagring, energieffektivitet, teknologisk stade, økonomi, strukturelle forhold og barrierer mv. som baggrund for en endelig anbefaling af behandlingsteknologi.

Teknologiske kredsløb

Analysen af det **teknologiske affaldskredsløb** kan sammenfattes som følger:

- 1,6 mio. tons ikke-bionedbrydeligt affald og papir/pap forbrændes i dag i forbrændingsanlæg. Dette affald udgør et potentiale for øget genanvendelse idet affaldet består af sådanne fraktioner som plast, metal, papir, pap
- Kan denne mængde inddrages, vil der være basis for mere end en fordobling af genanvendelsen af husholdningsaffaldet, især ved genanvendelse af plastfraktionen i affaldet
- En række såkaldte monoaffaldsstrømme, det vil sige specifikke affaldsstrømme, eksempelvis gips, autodæk, PVC, stenuld indsamles og genanvendes ved tilbageførelse til produktionen. Herved lukkes affaldskredsløbet med store positive miljø- og klimaeffekter. Hele mængden af affaldsstrømmen er dog endnu ikke omfattet af denne genanvendelse
- Andre monoaffaldsstrømme er stadig helt åbne, eksempelvis glasfiberarmeret plast og tagpap. Der er dog bestræbelser i gang for udvikling af genanvendelsesordninger for disse affaldsstrømme
- Mere sammensatte affaldsstrømme som eksempelvis farligt affald herunder shredderaffald indsamles og behandles separat, men indgår ikke i et lukket kredsløb. Affaldet behandles ved forbræn-

ding og stabilisering med henblik på deponering. Disse affaldsstrømme er altså åbne

- Bygge- og anlægsaffald genanvendes i vid udstrækning i dag. Denne genanvendelse sparer råstoffer (f.eks. grus), men materialerne tilbageføres kun i mindre udstrækning til et lukket kredsløb, hvorfor affaldsstrømmene faktisk stadig er åbne
- Affald fra energisektoren, det vil sige røggasrensningsaffald, slagge og flyveaske fra forbrændingsanlæg, halmaske og lignende deponeres hovedsageligt. Visse dele af disse affaldsmængder anvendes dog som erstatningsmaterialer for eksempelvis cementproduktionen (flyveaske) og i anlægssektoren (slagge), hvorved der sker en ressourcebesparelse, men stofferne tilbageføres ikke til et lukket kredsløb, hvorfor affaldsstrømmene faktisk stadig er åbne
- Der er dog udviklet et koncept for genanvendelse af flyveaske fra halmafbrænding

Teknologierne til behandling af affaldsstrømmene i det teknologiske kredsløb er tilpasset den enkelte affaldsstrøm og er derfor meget forskellige. Forudsætningerne for at opnå en større grad af lukkede affaldskredsløb er enten sortering ved kilden af de forskellige affaldstyper og -fraktioner eller øget sortering efter indsamlingen og før den videre behandling (front-end sorteringsanlæg). En ny teknik er her Renaissance, som kunne tænkes at erstatte tør sorterings-teknologi.

Teknikker til opnåelse af kildesortering er blandt andet optibag-systemer, flerspandesystemer, nærgenbrugsstationer og egentlige genbrugsstationer.

Teknikker i forbindelse med central sortering omfatter forskellige metoder baseret på materialernes forskellige fysiske egenskaber.

Kildesorteringsordningerne og de centrale sorteringsteknikker udelukker ikke gensidigt hinanden. Faktisk bør der forud for ethvert centralt anlæg være en grad af kildesortering. Herved opnås større udsortering i bedre kvalitet.

I forbindelse med øget kildesortering i husholdninger, institutioner, serviceerhverv og industri er der en række virkemidler, som bør udnyttes for at opnå den størst mulige effektivitet. Disse omfatter eksempelvis forbud, påbud, aftaler, økonomiske incitamenter, sanktioner, holdningspåvirkning og uddannelse.

5 Opsummering af styrker, svagheder, muligheder og trusler for den danske affaldssektor

I dette afsnit opsummeres styrker, svagheder, muligheder og trusler for den danske affaldssektor i lyset af den foregående analyse og den afholdt workshop, jvf. Bilag 4.

5.1 Danske styrkeområder

Baseret på vurderingen af markedet og de internationale og danske tendenser i affaldssektoren, vurderes de særlige danske styrkeområder at være følgende:

1 Det biologiske kredsløb

- 1.1 Biogasproduktion fra gårdanlæg og fællesanlæg med tilknyttet kraftvarmeproduktion. Husdyrgødning og andre rest- og biprodukter indgår som råstof. Lukket kredsløb, hvis alt det afgassede materiale anvendes som gødning/jordforbedringsmiddel på jorden. Delvis lukket, hvis fiberfraktionen forbrændes og asken deponeres.
- 1.2 Bioethanol/biodiesel teknologi, herunder anlægsteknologi, enzymer og forskning. Der sker udvikling af bioethanol- og biodieselløsninger i nogle specialiserede forskningsmiljøer i Danmark, og der er etableret kommerciel produktion. Kan indgå i lukkede kredsløb.
- 1.3 Forskellige teknologier på halm (bioethanol på halm, halmasker til gødning, forbrænding af halm). Kan indgå i lukkede kredsløb.
- 1.4 Andre tiltag for behandling og genanvendelse af den organiske affaldsmængde, herunder blandt andet husholdningsaffald, ved kombineret anaerob og aerob behandling. Kan indgå i lukkede kredsløb.

2 Det teknologiske kredsløb

- 2.1 Specielle teknologier for visse monoaffaldsstrømme/særlige fraktioner: gips, rockwool, dæk, nedknusning af beton og tegl, trykimprægneret træ, etc. En række af disse strømme indgår allerede i lukkede eller delvis lukkede kredsløb, mens andre (f.eks. kompositmaterialer) ikke gør det

3 Det teknologiske kredsløb/Energisektoren

- 3.1 Forbrændingsanlæg og -teknologi: Danmark har en særlig styrke, og det er understøttet af en international førerposition mht. installe-

ret kapacitet per indbygger. Forbrænding indgår typisk i åbne kredsløb.

- 3.2 Bioethanol og biodiesel (begge 2. generationsanlæg på især halm). Kan indgå i lukkede kredsløb.
- 3.3 Forbrænding af halm og træflis, både i centrale anlæg med kraftvarme produktion og i mindre varmeproducerende anlæg såvel som individuelle anlæg. Ved tilbageføring af asken til jordbrugsformål eller udnyttelse af næringsstofferne i halm/træflisasken er der tale om en mindre grad af åbne kredsløb, da det organiske materiale og visse næringsstoffer tabes.

4 Systemeksport og videnformidling

- 4.1 Generelt store videnvirksomheder, institutter, forskningscentre, rådgivere o.l., som er involveret i eksport af viden og systemløsninger til andre lande på miljøområdet
- 4.2 Integreerede energi- og affaldssystemer med optimering af effektivitet, både hvad angår sortering og energieffektivitet
- 4.3 Eksport af forbrændingsteknologi og rådgivningsydelser, eksport af drifts- og vedligeholdelses erfaring, og general videneksport

5 Befordrende rammebetingelser

- 5.1 Der er generelt et godt innovationsmiljø og et højt vidensniveau og udviklingsfokus i industrien og på universiteter, herunder en god tradition for praktisk optimering og kombineret af eksisterende teknologier
- 5.2 Ofte strammere miljøkrav end gennemsnittet i Europa (f.eks. "deponeringsforbud", affaldsafgifter og andre miljøkrav samt tidlig implementering af EU direktiver), hvilket skaber forbedret teknologi og udvikling, som kan blive til eksportmuligheder

5.2 Svagheder

Specielt med udgangspunkt i den gennemførte workshop (se 0) er der identificeret en række barrierer og svagheder, som besværliggør implementering af de lovende teknologier, herunder specielt:

- 1 Mange i industrien mener, at fælleskommunale affaldsselskabers behandlingskapacitet (forbrændingsanlæg, komposteringsanlæg og evt. biogasanlæg) favoriseres, hvilket begrænser markedsmulighederne for nye teknologier målrettet særlige affaldsstrømme. Disse kan derfor ikke opnå tilstrækkelig stordriftsfordele
- 2 Der er tilfælde hvor de nuværende affaldsafgifter m.v. gør det vanskeligt at få økonomi i affaldsteknologier der f.eks. miljømæssigt og ressourcemæssigt er at foretrække. Mange deltagere ved workshop-

pen mente, at der mangler integrering af Skatteministeriets afgifter og de miljømål, der burde prioriteres ud fra en livscyklus-tankegang

- 3 Der er i Danmark ikke sket væsentlige stigning af mængde af kildesorterede genanvendelige materialer fra husholdninger i forhold til andre lande i Europa. Der er således adskillige lande i Europa, hvor der sorteres væsentligt mere og flere fraktioner fra som rene materialer ved husstande og institutioner. Der er derfor behov for at udvikle sådanne teknologier i Danmark, der kan håndtere og genanvende disse materialer, herunder biologisk affald til bioforgasning eller kompostering
- 4 Danmark er i mange sammenhænge, på trods af et godt udviklingsmiljø, for lille til at sikre tilstrækkelig stordriftsfordele for nye behandlingsteknologier for særlige affaldsfraktioner. Det er derfor svært at overleve økonomisk, med mindre der kan importeres affald fra andre lande, eller der kan sikres adgang til alt affald af den pågældende type i en periode. Derfor kan nogle lovende teknologier ikke overleve med de nuværende markedsvilkår, eller de må etableres sig i større Europæiske lande, hvor der er et større affaldsgrundlag
- 5 Der afsættes i øjeblikket ikke væsentlige offentlige midler til at støtte udviklingen og forbedringen af affaldsteknologier, og der ses et stærkt behov for ændring heraf
- 6 Der udføres ikke for tiden fra myndigheders side en aktiv indsats for at støtte lovende nye affaldsteknologier f.eks. ved at sikre at uhenigtsmæssige økonomiske, organisatoriske, eller markedsmæssige barrierer fjernes hurtigt

Der var blandt industriens deltagere i workshoppen en udtalt holdning, at der er væsentlige barrierer i Danmark for nye affaldsteknologier. Disse barrierer betyder, at lovende nye affaldsteknologier ikke overlever pga. manglende markedsadgang og manglende offentlig interesse eller mulighed for at fjerne barrierer. Det var holdningen blandt industriens deltagere, at Danmark derved går glip af nye erhvervsudviklingsmuligheder samt arbejdspladser.

5.3 Muligheder

Udviklingsmulighederne for affaldssektoren kan være:

- 1 Øget separat behandling af biologisk nedbrydeligt affald, fra især husholdninger og fra landbruget (halm og husdyrgødning) med henblik på opretholdelse af et lukket stofkredsløb med samtidig udnyttelse af energien i affaldet:
 - 1.1 Produktion af biogas af kildesorteret organisk dagrenovation og lignende affaldstyper, enten i dedikerede biogasanlæg eller kombinerede anlæg som eksempelvis AIKAN
 - 1.2 Stærk forøgelse af produktionen af biogas af husdyrgødning og andre restprodukter fra landbrugsproduktionen og tilknyttede erhverv

- 1.3 Stærk forøgelse af produktionen af biogas og/eller andre brændstoffer af rest- og biprodukter fra den vegetabiliske og animalske produktion (halm, husdyrgødning) (biodiesel, bioethanol)
- 2 Forbedring af det teknologiske kredsløb med henblik på at lukke stofstrømme og etablere flere lukkede kredsløb:
 - 2.1 Stærk forøgelse af kvaliteten i affaldet gennem f.eks. udsortering/fjernelse af farligt affald
 - 2.2 Øget kildesortering i husholdninger og serviceerhverv med henblik på øget genanvendelse af især plastic, men også andre affaldsfraktioner som papir/pap, metal, tekstiler, glas, etc.
 - 2.3 Udvikling/udbredelse af mekaniske (for)sorteringsanlæg for både husholdningsaffald og andet affald
 - 2.4 Lukning af andre åbne stofstrømme, eksempelvis glasfiber, shredderaffald, kompositter tagpap, gips, stenuld
- 3 Teknologiske kredsløb/energisektoren:
 - 3.1 Termisk forgasning af særlige affaldsfraktioner som for eksempel trykimprægneret træ, træstød og lignende

Virkemidler

Disse udviklingsmuligheder kan forfølges ved blandt andet iværksættelse af følgende tiltag:

Øget offentlig støtte til forsknings- og udvikling på området, herunder især

- Yderligere udvikling af biologiske behandlingsteknologier, især biogas, biodiesel, bioethanol og enzymbaseret forbehandling
- Udvikling og yderligere kommerialisering af danske teknologier for behandling af mono-strømme

Implementere nye krav til produkter og produktansvar, herunder

- Udfasning/forbud mod anvendelse af visse stoffer/materialer
- Forbedring af produkter, også sammensatte og komplekse produkter, med henblik på øget genanvendelighed
- Flere retur og pantordninger

Fjernelse af barrierer og udnyttelse af incitament med henblik på at

- Støtte etablering af økonomisk bæredygtige markeder for lovende nye affaldsteknologier via affaldsplaner, affaldsregulativer, miljøkrav m.m.
- Oparbejde en model for hurtig samordning af afgifter, lovgivning og miljøkrav m.m. på tværs af ministerier og styrelser med ansvar

for skatter, energi, miljø og erhverv for at støtte etablering af et marked for nye lovende teknologier

Sikring af tilstrækkelige affaldsmængder til nye lovende teknologier

- gennem affaldsplaner på nationalt og kommunalt niveau at sætte visse minimumskrav for antal fraktioner eller affaldstyper, der kildesorteres og indsamles separat fra forskellige typer affaldsproducenter
- særlige aftaler med eller lovgivning vedrørende relevante brancher for at sikre håndtering af særlige affaldstyper, f.eks. via yderligere producentordninger
- arbejde aktivt med den internationale arbejdsdeling i forhold til hvilke aktiviteter der økonomisk og miljømæssigt bedst udføres i Danmark, i andre europæiske lande eller i f.eks. i Asien.

5.4 Trusler

Der blev på workshoppen identificeret en række mulige trusler for udvikling og implementering af nye affaldsteknologier i Danmark, herunder:

- At det ikke er politisk muligt eller ønskeligt at fjerne barrierer for at nye teknologier kan få andel i affaldsmarkedet, og dermed, såfremt det samlede marked ikke kan udvides, tage en andel fra eksisterende spillere i markedet
- At den teknologiske udvikling i udlandet har gunstigere vilkår mht til adgang til viden, finansiering, markedsadgang m.m., hvorfor de danske udviklere af ny teknologi ikke kan konkurrerer
- At europæiske og globale aktører dominerer markedet via opkøb, fusioner o.l. hvorved den teknologiske udvikling trækkes til andre lande
- At det danske marked for affaldsbehandling, specielt for særlige fraktioner, er for lille til at sikre tilstrækkelig omsætning og stor-driftsfordele for teknologier baseret på det danske marked alene
Affaldsteknologier i det biologiske kredsløb

Bilag 1 Affaldsteknologier i det biologiske kredsløb

1. Kompostering

Tabel 11 Fordele og ulemper ved kompostering

Fordele	Bevarer de fleste næringsstoffer og organisk materiale i restproduktet, som kan udbringes på dyrkningsjord. Bidrager til kulstofbinding i jorden
	Kendt teknologi sammensat af industrielle komponenter
	Kan etableres decentralt
	Flere forskellige anlægskonfigurationer fra helt simple, åbne milekompostering-sanlæg til lukkede reaktor anlæg
Ulemper:	Udnytter ikke energien i biomassen
	Ingen drivhusgasfortrængning
	Vanskeligt at opnå et høj grad af omsætning af materialet
	Lugt omkring anlæggene kan være et problem

Teknik

Teknikken til kompostering af organisk affald (aerob behandling) kan variere. Anlægstyperne spænder eksempelvis over simple mile- og madraskompostering-sanlæg, med eller uden tvungen ventilation over mere komplicerede tunnel/reaktor kompostering-sanlæg af forskellig type, eksempelvis batch- eller kontinuert type til mere højteknologiske tromlekompostering, eksempelvis DANO tromle eller lignende kontinuerligt anlæg.

Fælles for alle typer anlæg er, at affaldet omsættes under tilgang af atmosfærisk luft og at omsætningen derfor sker af iltkrævende mikroorganismer. Fælles er også, at omsætningen ikke sker fuldstændigt, da kun det lettere nedbrydelige materiale omsættes, mens det cellulose- og ligninholdige materiale kun langsomt nedbrydes. Dette udgør således restproduktet fra processen (sammen med eventuelle urenheder og andre affaldsfraktioner, som er til stede i råvaren/komposten).

Forud for selve komposteringsprocessen forbehandles råmaterialet ved neddeling og eventuelt blanding med andre materialer. For organisk dagrenovation vil der eksempelvis altid skulle ske en blanding med grovere strukturmateriale. Dette sikrer, at luften får tilgang til hele materialet. I modsat fald kan der ske en iltfattig omsætning med lugtgener til følge.

I de simple anlæg udlægges det forbehandlede materiale i miler eller bunker, som enten vendes regelmæssigt eller som beluftes med mekaniske blæsere. Kort efter sætningen af milerne vil temperaturen i materialet stige kraftigt som følge af den mikrobiologiske aktivitet. Denne temperaturstigning skyldes mikroorganismernes stofomsætning og der skal altså ikke tilføres energi til processen i form af varme.

Med en hensigtsmæssig processtyring og regelmæssig vending kan det sikres, at hele massen har været opvarmet i et passende tidsrum, således at komposten bliver fri for sygdomsfremkaldende organismer, ligesom ukrudtsfrø og lignende dræbes. Efter et vist tidsrum (op til nogle måneder) vil omsætnings-hastigheden aftage stærkt, hvorfor det ikke kan svare sig at beholde materialet i selv anlægget. Det lægges derfor til eftermodning på en separat plads. Denne eftermodning kan også vare op til nogle måneder og stabiliserer yderligere materialet, hvorefter det kan afsættes til jordbrugsanvendelse.

Den grundlæggende proces er den samme i mere komplicerede anlæg. I reaktoranlæg af forskellig type er der foretaget en indkapsling af materialet, hvorfor procesparametrene bedre og mere præcist kan styres, herunder fugtighed, temperatur, pH, CN-værdi, etc.. I reaktoranlæg kan processen som oftest accelereres i forhold til åbne anlæg, men det sker på bekostning af større anlægs- og driftsinvestering. Til gengæld kan gener som lugt og andre emissioner lettere kontrolleres.

I princippet er der mulighed for udnyttelse af procesvarmen i lukkede anlæg, men da temperaturniveauet er lavt, kan der i praksis ikke udvindes meget varme. Ingen anlæg har så vidt vides udnyttet muligheden.

Der kan – afhængig af råvarernes kvalitet – være miljømæssige hindringer for anvendelse af den færdige kompost. Der kan ligeledes være økonomiske, strukturelle og organisatoriske hindringer herfor.

Råvarer	Udgangsmaterialet for komposteringsprocessen kan være fast husdyrgødning, andre vegetabiliske restprodukter fra landbrug og gartneri, kildesorteret organisk dagrenovation, have- parkaffald, med mere. Råvarepotentialet er stort.
Teknologisk niveau	Teknologien er gammelkendt og velafprøvet. Der er etableret en række komposteringsanlæg i Danmark til behandling af have- og parkaffald, men kun enkle til andre affaldsfraktioner. I udlandet findes en række anlæg, der også behandler organisk husholdningsaffald og andre affaldsprodukter. Især i forbindelse med etablering af MBT-anlæg (mekaniske-biologiske behandlingsanlæg) er der etableret mange anlæg særligt i Spanien, Italien, Tyskland.
Danske producenter	Der findes mange danske og udenlandske virksomheder, der kan levere materiel til eller komplette anlæg på kommercielle vilkår.

2. Bioforgasning

Tabel 12 Fordele og ulemper ved bioforgasning

Fordele	Kan producere gas fra biomasse med højt vandindhold og fra flere forskellige typer affald/råvarer
	Biogas er et høj kvalitets brændsel. Kan anvendes som motorbrændstof, kan forædles eller anvendes i kraftvarme produktionen
	Næringsstofferne og det organiske materiale i affaldet bevares og værdien heraf kan i husdyrgødning øges, hvis gødningen ikke efterfølgende separeres. Bidrager til kulstoflagring i jorden.
	Høj drivhusgasfortrængning både pga produceret biogas som fortrænger andet brændsel og på grund af mindre lattergasdannelse ved udspreddning af afgasset husdyrgødning på marken
Ulemper:	Der må bruges en del af den producerede gas til interne procesformål, hvorfor den samlede energieffektivitet bliver ringere end visse andre anvendelser
	Anlæg kan påvirke omgivelserne negativt, bl.a. med lugt

Teknik	Under medvirkning af forskellige typer mikroorganismer (blandt andet specialiserede metan-producerende bakterier) og under iltfrie (anaerobe) forhold kan der fra det organiske materiale i husdyrgødning og andet organisk affald dannes gasserne metan (CH ₄) og kuldioxid - biogas. Der findes to optimale temperaturniveauer for processen: det mesofile driftsområde (30-40 °C) og det termofile driftsområde (50-55 °C). Mesofil drift har lavere proceshastighed, men er mere robust overfor ændringer i procesparametre. Processen er ikke selvforsynende med varme, sådan som den aerobe proces, tværtimod må
--------	--

der tilføres energi i form af varme for at holde temperaturen på det ønskede niveau.

Selve processen sker i lukkede tanke, eventuelt i flere trin. Der findes forskellige typer anlæg, herunder fuldt opblandede anlæg, "tørre" anlæg og perkoleringsanlæg. I de fuldt opblandede anlæg holdes biomassen flydende (opslemmet i vand) og der bruges pumper til flytning af biomassen i rør. Eventuelle lugtgener opstår ved fyldning og tømning af tanke mv. I de mere tørre anlæg skal bakterierne også være i vandfase og under iltfrie forhold, men her kan opblanding ske ved mekanisk omrøring. I perkoleringsanlæg sker der en gennemstrømning af procesvand gennem det ellers tørre materiale, hvorved de aktive, biogasproducerende dele vaskes ud og frigiver gassen i en separat tank⁸⁸.

Opholdstiden for affaldet i tankene afhænger af temperaturniveauet og ønsket grad af udrådning. Sædvanligvis er opholdstiden fra en til nogle få uger. Normalt omsættes kun en lille del af det organiske materiale, hvorfor kun en del af biomassens energiindhold frigives som gas. Gassen opsamles ovenover væskeoverfladen og føres til en separat tank, eventuelt efter rensning og komprimering, afhængig af anvendelsen af gassen.

Biogassen anvendes primært til kraftvarmeproduktion, eller i mindre anlæg til ren varmeproduktion. Kraftvarmeproduktionen kan ske på mange måder. Den mest simple er måske ved hjælp af en motor, der driver en el-generator. En del af kølevarmen fra motoren anvendes til opvarmning af biogasreaktoren. Den største energieffektivitet fås i forbindelse med fjernvarmeanlæg, hvor spildvarmen fra elproduktionen kan udnyttes.

Som nævnt er det også muligt at rense og komprimere biogas til brug i køretøjer. En del af den producerede elektricitet skal dog i så fald bruges til at drive kompressoren, og der skal investeres i rensnings- og komprimeringsudstyr. I flere af vores nabolande gennemføres denne opgradering dog, således at man på en række tankstationer kan købe biogas.

Råvarer

I Danmark er husdyrgødning normalt det vigtigste råmateriale til biogasproduktion, sammen med spildevandsslam. De fleste biogasanlæg tilføres også andet organisk materiale som f.eks. kildesorteret organisk husholdningsaffald og andre affaldstyper end husdyrgødning af hensyn til forøget gasproduktion. Der tilføres også affald fra fødevarerindustrien, fiskeaffald, mave-tarmindhold fra slagterier samt fedt og slam fra rensningsanlæg.

Der udnyttes i dag kun ganske få procent af husdyrgødningen og næsten intet af det organiske husholdningsaffald i biogasanlæg. Derfor er potentialet betydeligt.

Teknologisk niveau

Teknologien er udviklet til et kommercielt stade, men der pågår stadig udviklingsarbejde med henblik på at optimere processen⁸⁹. Husdyrgødning har et højt vandindhold. På grund af dette og på grund af den svært omsættelige ligninstruktur af gyllens fiberfraktion er udbyttet af gas relativt lavt. Fiberfraktionen indeholder 60-80 pct. af det organiske materiale i gødningen og omsætningen i et traditionelt biogasanlæg er ofte kun 30-50 pct. af potentialet.

⁸⁸ Dette er blandt andet konceptet i Solums Aikan-anlæg, som er etableret som demonstrationsanlæg i hhv Norge og Danmark.

⁸⁹ Fødevarerøkonomisk Institut, Rapport nr. 188, Fremtidens biogasfællesanlæg. Nye anlægskoncepter og økonomisk potentiale

Øgningen af biogaspotentiale kan ske ved at opkoncentrere gyllens organiske biomasse og/eller ved at forøge omsætning og dermed biogasudbyttet af fiber materialet.

Opkoncentrering kan ske igennem separering af en del af den gylle, som behandles på biogasanlægget. En øget omsætning af fiberfraktionen kan opnås gennem forøgelse af den hydrauliske opholdstid af fiber materiale i reaktoren, tilbageføring heraf til processen og/eller opspaltning af fibrenes ligninstruktur ved en forbehandling ved fysiske, kemiske og biologiske metoder. Dette omfatter eksempelvis temperaturforøgelse, tilsætning af syre eller base, eller tilsætning af enten enzymer eller bestemte mikroorganismer, som er i stand til at angribe lignin eller nedbryde andre dele af biomassen⁹⁰.

Ved tilførsel af flere affaldstyper til landbrugsbaserede biogasanlæg øges også indholdet af næringsstoffer i restproduktet, hvilket medfører et behov for efterseparering heraf, med efterfølgende afsætning af fiberfraktionen til direkte afbrænding eller forgasning.

Det betyder på sin side, at det kan blive afgørende for udbygningen med biogasanlæg, at der etableres kapacitet til enten forbrænding eller forgasning af fiberfraktionen.

Danske producenter

Der findes både danske og udenlandske virksomheder, der kan levere biogasanlæg på kommercielle vilkår.

⁹⁰ Renaissance, et udviklingsprojekt mellem DONG Energy, Haldor Topsøe, Amager Forbrænding, DTU og Københavns Universitet arbejder med dette emne. Et forsøgsanlæg er opstillet på Amagerforbrænding.

Bilag 2 Affaldsteknologier i det teknologiske kredsløb

1. Nyttiggørelse af halmaske

Kommunekemi a/s har etableret et anlæg til behandling af aske fra afbrænding af halm med henblik på genanvendelse⁹¹. På anlægget omdannes gødningssalte (kaliumklorid) i halmasken til et kaliumkloridprodukt uden tungmetaller. Anlægget medfører genanvendelse af halmflyveaskens indhold af kalium til erstatning af importeret kalium i gødningsproduktionen. Processen begrænser hermed udvindingen og importen af kalium, ligesom den reducerer spredningen af tungmetaller, især cadmium, på landsbrugsjorden. Cadmiumbelastningen reduceres generelt, idet cadmium tilført markerne med kunstgødning og optaget i halmen udfældes af asken inden indholdet af kalium genanvendes i landbrugsproduktionen. Produktet afsættes til gødningsindustrien.

Teknik

Hovedprincippet i anlægget er opblanding af flyveaske med vand, hvorved tungmetaller og en lille del af asken, som ikke opløses i vand, bundfældes ved tilsætning af kemikalier, som også justerer surhedsgraden. Det tungmetalholdige (især cadmiumholdige) bundfald fjernes og deponeres, mens opløsningen tilsættes flokkuleringsmiddel og afvandes ved hjælp af båndfiltre og skruetpresse. Filterkage med fældet cadmium, uopløseligt kaliumsulfat og kulstøv deponeres.

Produktionen af kaliumklorid er ca. 3000 tons/år fra en askemængde på omkring 10.000 tons.

Råvarer

Anlægget modtager flyveaske fra afbrænding af halm i kraftværker.

Teknologisk niveau

Anlægget er sat i kommerciel drift i 2006. Anlægget kan behandle 25.000 tons halmflyveaske per år, men behandler p.t. 10.000 tons (2006 tal). Anlægget vil kunne behandle aske fra afbrænding af andre affaldsfraktioner end halm, bl.a. flis og den faste fraktion af biomasse fra biogasanlæg, der indeholder store mængder fosfor, hvorved dette næringsstof kunne genvendes i større udstrækning. Mere halm ville kunne anvendes i energiproduktionen, hvorved en større del af kalium ville kunne genvindes og cadmiumbelastningen kunne mindskes yderligere.

Der er også behov for behandling af bundaske fra forbrænding af halm, men dette behandles ikke på Kommunekemis anlæg.

2. Genanvendelse af gips fra gipsplader

To firmaer har i Danmark etableret systemer/anlæg til genanvendelse af gips fra bygningsindustrien⁹².

Der er i mere end 3 år blevet indsamlet gipsaffald over hele landet, som er bragt til genanvendelse. I DK er der ca. 70.000 ton gipsplader årligt, over 60 % af alt gipsaffald bliver nu genanvendt.

⁹¹ <http://www.kommunekemi.dk>. Dansk BioEnergi nr. 86, april 2006

⁹² Gips Recycling A/S, som er en del af Gypsum Recycling International koncernen, som samarbejder med de 5 største gipsproducenter i verden. Der leveres genanvendt gipspulver til mere end 20 fabrikker over hele verden. Frandsen WSC ApS

Teknik	<p>Teknik til adskillelse af papirlag fra gips i kasserede gipsplader og genanvendelse af gipsen. De patenterede gipsgenanvendelses anlæg fjerner alle de forurenede materialer samt kartonen rundt om gipsen. Derefter knuses gipskernen ned til det genanvendelige gipspulver. Papir/karton-delen indsamles også til genanvendelse.</p> <p>Genanvendelses anlæggene er mobile, således at det samme genanvendelses anlæg kan betjene flere indsamlingssteder.</p>
Råvarer	<p>Alle former for gipsaffald fra nybygninger, renoveringer og nedrivninger kan nu genanvendes. Gipsaffaldet behøver ikke være rent. Affaldet kan indeholde tapet, glasvæv, maling, søm, skruer m.v., idet disse materialer automatisk sorteres fra i behandlings anlægget. Gipsen skal dog være tør og med et indhold af andre materialer på mindre end 2 %.</p>
Teknologisk niveau	<p>Der findes et kommercielt og velfungerende system for genanvendelse af gips fra gipsplader fra bygningsindustrien i Danmark.</p>

Bilag 3 Affaldsteknologier i det teknologiske kredsløb – brændsler/energiydelse

1. Direkte afbrænding

Tabel 13 Fordele og ulemper ved direkte afbrænding

Fordele	Kommercielt tilgængelig og velkendt teknologi
	Højt nettoenergiudbytte ved kraftvarmeproduktion
	Privatøkonomisk konkurrencedygtig
	Simpel indsamling af affald og ikke generelt behov for forbehandling ud over frasortering af genanvendelige materialer
	En vis grad af drivhusgasforøgning ⁹³
Ulemper:	Restproduktet er ikke genanvendeligt, næringsstoffer og organisk materiale i organisk affald tabes
	Store, centrale anlæg, hvorfor transportomkostninger er betydelige
	Anlæg kan påvirke omgivelserne negativt, bl.a. med lugt, støj, røggasemissioner, etc.

Teknik

På affaldsfyrede kraftvarmeanlæg er der i de seneste årtier sket en kraftig teknologisk udvikling, som har bidraget til at øge energivirkningsgraden og reducere omkostningerne. Der er ikke et særligt stort procesenergiforbrug ved direkte afbrænding, og derfor kan der opnås høje nettoenergiudbytter. Som nævnt i afsnit 2.3 er Danmark det land i verden, som har den største installerede affaldsforbrændingskapacitet per indbygger.

Samtidig har Danmark været det land i verden, som har fokuseret mest på at udnytte halm til kraftvarme. Det er lykkedes at udvikle fuldskala halmfyrede kraftvarmeanlæg, der fungerer tilfredsstillende, og som kan bidrage til teknologiekspert.

Både anlæg til forbrænding af blandet affald og anlæg til forbrænding af andre affaldstyper, eksempelvis halm, er indrettet i overensstemmelse med det valgte brændsels særlige egenskaber. For kraftvarmeanlæg gælder i Danmark, at kedlen er en dampkedel, der producerede damp som sendes til en dampturbine, som driver en elgenerator. Restvarmen i dampen udnyttes til produktion af fjernvarme, sædvanligvis i modtryk. På rene varmeværker udnyttes halm til fjernvarmeproduktion.

I denne sammenhæng gives ingen detaljerede beskrivelser af de forskellige typer anlæg. Der henvises til kilderne⁹⁴.

Råvarer

Affaldsforbrændingsanlæg kan modtage blandet affald og affald, som er fraseret med brændværdier op til ca. 12-15 GJ/ton. Dedikerede anlæg til direkte afbrænding kan anvende faste og forholdsvis tørre brændsler, såsom træ, træpiller og halm. Træ kan dog afbrændes med op til 50-60 % vand i fjernvarmeanlæg, og hvis der er installeret røggaskondensering, genindvindes den energi, der går til at fordampe det høje vandindhold. De lokalt tilgængelige

⁹³ I energistyrelsens statistik er tidligere forudsat, at 77,7 % af affald tilført affaldsforbrændingsanlæg var bionedbrydeligt. Efter et udredningsarbejde varetaget af DMU er denne andel nu forudsat at være 58,8 %.

⁹⁴ Se f.eks. Affaldsforbrænding i Danmark –Europa's mest effektive affaldsbehandling. RenoSam, oktober 2005

ressourcer af træ og halm kan suppleres med import (hvilket i høj grad er tilfældet med træpiller) eller med dyrkning af deciderede energiafgrøder.

Fiberfraktionen fra husdyrgødning (eller evt. hele gødningen) er en hidtil upåagtet og potentiel råvare til afbrænding, som er aktuel ved en større udbygning af biogasanlæg (se •). Det er nu muligt at afbrænde husdyrgødning (eller dele heraf). Der er dog stadig meget strenge krav til emissionskontrol ved afbrænding af husdyrgødning, som ikke gælder for anden biomasse, hvilket fordyrer udnyttelsen.

Teknologisk niveau Danske og udenlandske producenter markedsfører på kommercielle vilkår udstyr til produktion af varme og kraftvarme af affald, træ, træpiller, træflis og halm.

2. Termisk forgasning

Tabel 14 Fordele og ulemper ved termisk forgasning

Fordele	Næsten alle former for fast biomasse kan udnyttes til forgasning
	Giver højere elvirkningsgrad end direkte afbrænding
	Høj drivhusgasfortrængning
	Gas kan konverteres til andre produkter, herunder motorbrændstof
	Lav-temperatur fluid bed anlæg udviklet med gode muligheder for genanvendelse af aske
Ulemper:	Metoden er stadig relativ dyr
	Næringsstoffer og organisk materiale i organisk affald tabes. Restproduktet er ikke eller kun under visse omstændigheder genanvendeligt,
	Kedeltæring og andre problemer under udviklingen

Teknik Termisk forgasning er en gammelkendt proces, hvor den flygtige gasformige del af et fast brændsel adskilles fra en fast kulholdig koksdel. I første del af processen, (pyrolyseprocessen) opvarmes det organiske materiale uden tilstedeværelse af ilt og ved den efterfølgende termiske forgasning opvarmes den dannede tjære og koks yderligere til høj temperatur (700-2000 °C). Processen kan også foregå i et trin. Det organiske materiale omdannes til en brændbar gas, der primært består af H₂, CO, CO₂ og CH₄ samt tjærestoffer. Gassen kan efterfølgende anvendes i en gasturbine eller et motor/generatoranlæg for kraftvarme produktion. Gassen kan også renses og forædles og anvendes til motorkøretøjer.

Råvarer Til termisk forgasning kan anvendes næsten alle former for fast organisk affald, herunder træ/træflis, halm og fast husdyrgødning. Problematisk affaldstyper som eksempelvis jernbanesveller og trykimprægneret træ kan også behandles. Forgassing har hidtil mest været anvendt til træ og halm. Lav-temperatur cirkulerende fluid bed anlæg (LT-CFB) har også vist sig velegnet til behandling af f.eks. husdyrgødning. Dette åbner mulighed for at forgasse fiber fra afgasset separeret gylle, der er en hidtil upåagtet ressource i dansk sammenhæng til kraftvarmeproduktion.

Teknologisk niveau Der findes både danske og udenlandske virksomheder, der markedsfører forgasningsanlæg på kommercielle vilkår. Men det helt store gennembrud mangler fortsat, i hvert fald i Danmark.

Danske producenter Der findes både danske og udenlandske virksomheder, der markedsfører forgasningsanlæg på kommercielle vilkår, herunder lav-temperatur fluid bed med gode muligheder for genanvendelse af aske⁹⁵.

3. Biomasse til flydende brændstof

Tabel 15 Fordele og ulemper ved biomasse til flydende brændstof

Fordele	Produktion af flydende brændstof (f.eks. metanol eller dimethylether) ud fra træ, halm o.l.
	Fleksibel proces fremtidssikret til nye teknologspor
	Meget rene brændstoffer med lave emissioner
	Høj drivhusgasfortrængning
Ulemper:	Teknologien kræver endnu en del udvikling
	Kan kræve motormodifikationer
	Procesøkonomi og samlet miljøprofil stadig usikker
	Næringsstoffer i organisk affald tabes. Restproduktet er ikke eller kun under visse omstændigheder genanvendeligt,
	Kræver store centrale produktionsanlæg

Teknik Det er en gammelkendt teknologi at fremstille flydende brændstof ud fra ligno-celluloseholdige materialer. Flydende brændstof kan fremstilles ud fra naturgas eller fra syntesegas af kul via Fischer-Tropsch processen. Processen for biomasser er i to trin, hvor materialet først forgasses og derefter renses og syntetiseres til et flydende brændstof. Slutproduktet kan f.eks. være metanol eller dimethylether (DME), som kan være brændstof i brændselsceller. Produktionen er en højteknologisk proces, hvor økonomien vil være meget skalaafhængig og hvor det i givet fald vil være tale om store, centrale anlæg.

Råvarer Som nævnt ovenfor kan et bredt spektrum af råvarer anvendes til forgasning. Halm er en vanskelig råvare at forgasse, men en mulighed er først at behandle den i en pyrolyseproces, hvor pyrolyseolien derefter forgasses. Syntesen kan foregå i større enheder.

Teknologisk niveau Den samlede proces fra forgasning af biomassen til anvendelse af et flydende brændstof i køretøjer er endnu ikke kommercielt udviklet. På grund af den høje kvalitet (stor renhed, lave emissioner) af brændstofferne og det brede råvaregrundlag til processen forventes processen i EU at komme til at stå for en væsentlig del af den fremtidige forsyning med flydende brændstoffer. Produktion af flydende brændstoffer fra gas er på det nuværende teknologiske udviklingsniveau stadig dyr. Det forventes, at den fortsatte teknologiske udvikling vil kunne gøre produktionen konkurrencedygtig med de andre teknologier til produktion af flydende brændstoffer.

Danske producenter I Danmark har Haldor Topsøe igennem en årrække opnået stor ekspertise i at fremstille og udnytte DME ud fra naturgas. DME kan benyttes som dieselbrændstof, men det kræver dog en vis motortilpasning. Firmaet Organic Fuel Technology har også udviklet et lille lav-temperatur anlæg til fremstilling af flydende brændstof ud fra ligningholdige restprodukter, eksempelvis halm.

⁹⁵ Firmaet Organic Fuel Technology A/S og Samson Bimatech A/S markedsfører mindre gårdanlæg

4. Biodiesel, 2. Generation

Tabel 16 Fordele og ulemper ved fremstilling af biodiesel (2. generation)

Fordele	Produktion af diesel animalsk fedt og andre restprodukter
	Produktet kan umiddelbart erstatte eller supplere fossilt baseret diesel
	Kommercielt tilgængeligt
	Lavere emissioner end ved afbrænding af fossilt diesel
	Høj drivhusgasforøgning
	Konkurrencedygtig produktionspris, salgspris ikke konkurrencedygtig uden afgiftsnedsættelse
	Rest- og biprodukter kan genanvendes
Ulemper:	Begrænset råvaregrundlag

Teknik	Biologisk baserede olier, der ved kemisk forestring og udtræk af oliens glycerinindhold omdannes til et rent brændstof, kaldet biodiesel. Biodiesel har tilnærmet de samme funktionelle egenskaber som fossilt diesel. Bedst kendt er RME, metylester fra rapsolie. De fleste dieselmotorer kan umiddelbart køre på biodiesel. Biodiesel produceres normalt på middelstore procesanlæg.
Råvarer	Biodiesel fremstilles oftest ud fra planteolie, eksempelvis rapsolie (med samtidig produktion af rapskage og glycerin). Biodiesel kan imidlertid også fremstilles ud fra animalsk fedt, og DAKA har på basis af fedtfraktionen fra døde dyr og andre restprodukter etableret et produktionsanlæg til ca. 50.000 tons biodiesel årligt ⁹⁶ .
Teknologisk niveau	Biodiesel er fuldt kommercielt udviklet og har i en årrække været anvendt i bilparkerne i en række europæiske lande, specielt i Tyskland, Frankrig og Tjekkiet. I Danmark har der været en kommerciel produktion af biodiesel i en årrække, bl.a. på Emmelev Mølle. Hele den danske produktion er dog blevet eksporteret til bl.a. Tyskland på grund af afgiftsforholdene.
Danske producenter	Som nævnt produceres der biodiesel på Emmelev mølle ud fra raps. Et fuldskala 2. generationsanlæg er som nævnt etableret af DAKA.

5. Bioethanol, 2. Generation

Tabel 17 Fordele og ulemper ved fremstilling af bioethanol (2. generation)

Fordele	Produktion af flydende motorbrændstof (ethanol) fra celluloseholdige restprodukter, bl.a. halm
	Ethanol iblandet benzin under 10 % kan uden videre anvendes i benzinmotorer og kan erstatte fossilt baseret benzin
	Enzymbaseret proces. Novozymes og Genencor er dansk ejede
	Kommercielt tilgængeligt
	Høj drivhusgasforøgning
	Rest- og biprodukter kan genanvendes som brændsel og foder
Ulemper:	Kræver store anlæg og dermed store investeringer. Kan udnytte overskudsvarme fra kraftværker

⁹⁶ Beliggende i tilknytning til Dakas eksisterende fabriksanlæg i Løsning syd for Horsens. Anlægget kan udvides til den dobbelte kapacitet.

Teknik	Råvarer til produktion af bioethanol er lignocelluloseholdige biomasser. Denne type råvare kræver en kraftigere, termisk og enzymbaseret oplukning (hydrolyse) og der skal anvendes genmodificeret gær eller bakterier til produktionen. Af hensyn til størrelsesøkonomien forventes produktion af brændstofethanol ud fra lignocellulose at finde sted på større anlæg.
Råvarer	Råvarer kan være træ og halm, flere andre restprodukter fra fødevareproduktion samt andet affald (eksempelvis husholdningsaffald). Fiberfraktionen fra gylle er oftest inhomogen og indeholder en del aske, og er derfor næppe et godt råstof til ethanolproduktion.
Teknologisk niveau	Der er etableret et fuldskalaanlæg i Kalundborg ⁹⁷ . Firmaet Biogasol opfører et demonstrationsanlæg på Bornholm, der bygger på det såkaldte "Maxifuel" koncept, hvori bl.a. indgår xylosefermentering med termofile mikroorganismer og en biogasbehandling. Endvidere planlægges et demonstrationsanlæg opført i USA.
Danske producenter	Dong Energy og Biogasol.

⁹⁷ Dong Energys selskab Inbicon. Anlægget forarbejder 30.000 tons halm årligt og producerer 8.250 tons brændselspiller, 11.000 tons melasse til foderbrug og 5.400 tons ethanol

Bilag 4 Referat af Dialogmøde/Workshop afholdt d. 18. august 2009

1. Introduktion

1.1. Formål og baggrund

Den 18. august 2009 blev der afholdt et dialogmøde med en række repræsentanter fra videninstitutioner og virksomheder. Formålet med dialogmødet var at levere input og inspiration til 2. del af Miljøstyrelsens Affaldsstrategi 2009-12, samt at levere bidrag til to kataloger: Et katalog over forslag til initiativer til affaldsforebyggelse og et katalog over miljøteknologisk udvikling inden af affaldssektoren.

På mødet blev der derfor afholdt to parallelle workshops, som startede med fælles oplæg og inspiration fra Miljøstyrelsen samt henholdsvis Copenhagen Ressource Institute (Tidl. Temacenter for affald og ressourcer) og COWI A/S, der udarbejder katalogerne på vegne af Miljøstyrelsen.

1.2. Programmet for dialogmødet

Dialogmødet vedrørende affaldsteknologier blev afholdt parallelt med dialogmødet vedrørende affaldsminimering, idet der var fælles indledning og inspirationsoplæg for begge møder.

Programmet for dialogmødet var:

- 09.30 - 10:00 Fælles morgenmad
- 10:00 - 10:10 Velkomst v/ Miljøstyrelsen
- 10:10 - 10:30 Indlæg om affaldsforebyggelse v/ Birgitte Kjær, Copenhagen Resource Institute. Kort inspirations-intro
- 10:30 - 10:50 Indlæg om miljøteknologi v/ Torben Kristiansen, COWI, Kort inspirations-intro
- 10:50 - 11:10: Præsentation af deltagere og eftermiddagens aktiviteter v. Dorte Glensvig Nymann, COWI (Facilitator)
- 11:10 - 12:30: 1. Gruppearbejde: Beskrivelse af væsentlige nye og nyere teknologier. Med afsæt i listen over teknologier medsendt programmet identificeres og evalueres væsentlige nye og nyere teknologier indenfor områderne bioteknologi, monostrømme teknologi og masse teknologi. Der lægges særlig vægt på barrierer og incitamenter for implementering af teknologierne
- 12:30 - 13.15: Frokost

13:15 - 13:30: Fokus på helhed og bæredygtighed: Helhed og bæredygtighed er i fokus i strategiarbejdet. Optakt til 2. og 3. Gruppearbejde. V. Lizzi Andersen og Dorte Glensvig Nymann, COWI

13:30 - 14:30: 2. Gruppearbejde: Verifikation af paletten af teknologier
Er der teknologiske huller i vores palet af teknologier? Opnår vi tilstrækkeligt mht. genanvendelse og reduktion af deponering? Beskrivelse af supplerende teknologier eller uløste problemer, som bør indgå i Miljøstyrelsens strategi

14:30 - 14:45: Kaffepause

14:45 - 15:45: 3. Gruppearbejde: Barrierer og incitamenter på tværs af teknologi paletten

Er der barrierer og incitamenter på tværs af teknologi paletten, som bør have særlig fokus i Miljøstyrelsens affalds strategi? Hvilke teknologier spår I størst succes i Danmark i fremtiden hvis vi skal reducere deponeringen og øge genanvendelsen?

15.45 - 16.00: Afrunding med fokus på det videre forløb ved Miljøstyrelsen

De 3 grupper til det første gruppearbejde bestod af deltagere med lignende interesser, således at f.eks. deltagere med særlige forudsætninger inden for det biologiske kredsløb var i én gruppe. I de følgende 2 gruppearbejder var gruppedlemmerne blandede for at sikre en bredere diskussion på tværs af teknologier.

1.3. Deltagere

Dialogmødet havde følgende deltagere:

	Navn	Firma
1.	Jens Kallesøe	AFATEK
2.	Hanne Johnsen	Affald danmark
3.	Thomas Norman	Babcock & Wilcox Vølund A/S
4.	Lizzie Andersen	COWI A/S
5.	Torben Kristiansen	COWI A/S
6.	Dorthe Glensvig Nymann	COWI A/S
7.	Leif Sørensen	Dong Energy
8.	Karsten Rasmussen	Envisio Group A/S
9.	Jesper Cramer	Force
10.	Bjarne Bro	Grindsted biogasanlæg
11.	Kim Olsson	Helsingborg renholdningsselskab
12.	Ole Kristensen	Kommunekemi
13.	Bjarne Larsen	Komtek Miljø
14.	Bo Møller Gottlieb	Miljøstyrelsen
15.	Palle Meng	Nomi

	Navn	Firma
16.	Jørgen Krabbe	Organic Fuel Technology
17.	Erik Grove-Nielsen	Refiber
18.	Thomas Astrup	ReneSience/DTU
19.	Niels Remtofte	RenoSam
20.	Karsten Ludvigsen	RGS90
21.	Morten Brøgger	Solum
22.	Rikke Helstrup	STENA
23.	Poul Bengt Petersen	Uniscrap
24.	Birgit Holmboe	Videncenter for affald
25.	Tjalfe Poulsen	Aalborg Universitet
26.	Inge Werther	DAKOFA

2.. Kort resumé af dialogmødet

2.1. Input under den indledende præsentationsrunde

Dialogmødet startede med en runde, hvor samtlige deltager havde lejlighed til at præsentere sig selv og deres personlige fokus for mødet.

Deltagerne havde ved ankomst umiddelbart 7 særlige fokusområder, som de mener, bør indgå med særlig stor vægt i den kommende affaldsstrategi.

I det nedenstående er deltagerens fokus præsenteret og kort beskrevet for hvert af de 7 emner:

Behov for hurtig myndighedsintervention til at støtte lovende nye teknologier, så de undgår at dø i opstarten (5):

- Fem personer nævnte konkrete eksempler på funktionsdygtige og miljømæssigt foretrukne teknologier til genanvendelse eller behandling af affald, der ikke har kunnet overleve/fået kommercielt fodfæste. Det skyldes langsommelig myndighedsbehandling, barrierer i nuværende lovgivning, afgiftsstruktur eller opgavefordeling mellem kommuner og private. Disse fremhævede, at der er et stort behov for at f.eks. Miljøstyrelsen og andre myndigheder aktivt søger at bryde barrierer ned for lovende teknologier, da de ellers vil visne. Det blev fremhævet, at det ikke er økonomisk støtte der efterspørges, men offentlig vilje til at fjerne institutionelle, afgiftsmæssige eller lovgivningsmæssige barrierer hurtigt. Det blev her endvidere fremsat, at der på trods af et meget stort potentiale for nye teknologier i Danmark, ikke sker kommercialisering i landet. Det medfører, at kapacitet for nye teknologier primært udbygges i andre europæiske lande

Behov for afregulering og færre barrierer for nye teknologier, undgå favorisering af affaldsforbrænding, deponi og kommunale løsninger (5):

- Fem deltager fremhævede særligt behovet for afregulering og barriererfjernelse, således at nye teknologier og løsninger kan få en chance, og således at affaldsforbrænding og deponi samt kommunale løsninger ikke prioriteres. Fokus bør i stedet være på ressource- og energiudnyttelse baseret på en langsigtet overordnet politik på tværs af disse områder (Energi, affald, ressourcer)

Behov for mere integreret og langsigtet politik for affald, ressourcer og energi i Danmark (4):

- Fire deltagere fremhævede, at der er et særligt behov for at først lave en mere velfunderet og integreret langsigtet dansk politik og strategi for affald, ressourcer og energi, før der kan laves kortsigtede affaldsstrategier. En sådan overordnet politik burde være baseret på tydelige mål, understøttet af LCA/miljøvurderinger samt samfundsøkonomiske analyser, der medtager energi, ressourcer, affald, sundhed, miljø og samfundsøkonomi.

Fokus på udvikling og implementering af løsninger for monoaffaldsstrømme (4):

- Der er adskillige virksomheder og vidensinstitutioner, som har eller er ved at udvikle gode løsninger og teknologier til behandling eller udnyttelse af ressourcer fra nuværende monoaffaldsstrømmen, som f.eks. trykimprægneret træ, restprodukt fra røggasrensning, bundaske, bioaffald, træaffald osv.

Ressourcetænkning frem for bortskaffelse af affald (3):

- Tre personer fremhævede særligt behovet for et paradigmeskifte nu, således at vi fremover fokuserer på ressourcer og ikke på affaldshåndtering og affaldsbortskaffelse. Som eksempler på ressource-tankegangen blev 2. generations bio-drivmidler, håndtering af trykimprægneret træ, forædling af ressourcer og udnyttelse af de mange gode internationale erfaringer i Danmark fremhævet, hvor lave deponeringsprocenter og høje genanvendelsesprocenter kan opnås uden storstilet brug af forbrændingsanlæg.

Samarbejder mellem aktører (universiteter/industri, offentlig/private) (3):

- Tre repræsentanter fra universitetsmiljøet og brancheorganisationer fremhævede behovet for samarbejder for at udvikle og gøre nye teknologier bæredygtige. Sådanne samarbejder kunne være tekniske/videnskabelige mellem industri og videninstitutioner, samt økonomiske samarbejder, f.eks. via offentlig-private-partnerskaber (OPP). Endelig blev samarbejder inden for de enkelte brancher fremhævet.

Biologiske processer (2):

- To deltagere var særligt fokuserede på udviklingen af biologiske processer til behandling af bionedbrydeligt affald og sikring af næringsstoffer og ressourcer i det biologiske kredsløb. Disse mente, at der er god brug for at udbygge den biologiske behandlingskapacitet, specielt for bioforgasning, i Danmark, herunder at bevare fosfor, som er en meget knap ressource i verden.

2.2. Input under gruppe arbejde 1: Beskrivelse af væsentlige nye og nyere teknologier

Gruppearbejde 1 foregik i tre parallelle grupper, nemlig:

- Monoaffaldsstrømme,
- Blandet affald i det biologiske kredsløb,
- Blandet affald i det teknologiske kredsløb.

Gruppen vedrørende monoaffaldsstrømme:

I gruppen for monoaffaldsstrømme, blev der identificeret en lang række monostrømmen, som i dag har ingen eller utilstrækkelige teknologiske løsninger, men hvor en sådan løsning ville kunne øge genanvendelse, mindske ressource-tabet og reducere behovet for forbrændingskapacitet:

- læder- og garveriaffald
- emballage
- PCB-fugemasse
- beton, tegl, asfalt
- nedrivnings- og bygningsaffald
- organisk affald, herunder:
 - have- & parkaffald
 - organisk dagrenovation
- shredderaffald
- imprægneret træ
- røggasrensingsprodukt
- PVC
- batterier

- træ
- spildevandsslam
- bundaske
- mineraluld
- glasfiber (komposit)
- blæsemidler (kræver meget store mængder, hvis genanvendelse ellers deponi)
- nanopartikler

Gruppen mente, at i mange tilfælde er Danmark for lille et opland til at sikre tilstrækkelige mængder til en økonomisk behandling. Det gælder eksempelvis batterier. I nogle tilfælde er Norden for lille til at sikre tilstrækkelig kapacitetsbehov. Der er således ofte behov for at acceptere løsninger på europæisk niveau, idet den mest økonomiske løsning ofte vil være placeret i Centraleuropa eller Asien

På trods af disse begrænsninger var der i gruppen enighed om, at Danmark er et godt testland for nye teknologier, idet vi har gode erfaringer, viden og innovative virksomheder. Det går dog oftest galt med at gøre virksomhedsideer økonomiskbæredygtige p.g.a. mange barrierer med at etablere sig på hjemmemarkedet.

F.eks. er der for små mængder batterier til at sikre en bæredygtig miljømæssig korrekt oparbejdning og ressourcegenvinding i Danmark. Vedr. behandling af røggasrestprodukter er de miljømæssigt gode løsninger ikke konkurrencedygtige overfor de relativt set meget billige løsninger med deponering på Langøya i Oslofjorden eller opfyldning af gamle miner i Østtyskland.

Shredderaffald blev af gruppen anset for en særlig interessant fraktion, da over de seneste 20 år og fortsat deponeres meget store mængder shredderaffald (gruppen skønner 200,000 tons/år), som udover at indeholde en række miljøfremmede stoffer, også indeholder en række værdifulde ressourcer, og har et potentiale som brændsel til energifremstilling. Her bør der sættes ind med regulering af mulighed for deponering, krav om sortering af shredderaffaldet. Der er fortsat behov for yderligere forskning og udvikling på området, hvilket kunne accelereres ved en tydelig politik på området og offentlig støtte til udviklingsarbejdet. Der er et stort potentiale for at genopgrave og behandle de store mængder shredderaffald, der allerede er deponeret, hvorved tabt deponeringskapacitet kan genskabes, eller depoter helt kan afvikles.

Gruppen var enig om, at der er behov for større brug af samfundsøkonomiske analyser og miljøvurderinger, således at et egentlig paradigmeskifte hen i mod fokus på bevaring og genvinding af ressourcer vil være muligt. Dette vil også kræve mere hensigtsmæssig regulering eller delvis afregulering af, hvordan affaldsstrømmene fremover skal flyde.

Gruppen vedrørende behandling af blandet affald i det teknologiske kredsløb

En række lovende teknologier blev udvalgt til nærmere diskussion, herunder:

- Sorteringsteknikker/mekanisk sortering til øget genanvendelse og ressourcegenvinding
- Produktion af erstatningsbrændsel (RDF - Refuse derived fuel) ud fra affald
- Termisk forgasning, herunder af monostrømme som træflis o.l.
- Metoder til øgning af el- og varmeeffektiviteten på forbrændingsanlæg
- Bio-dieselproduktion

Gruppen identificerede en række fælles barrierer for implementering af disse nye teknologier, nemlig:

- De nuværende affaldsafgifter, den kommer affaldsvarmeafgift samt den nuværende kommunale driftsmetode gør det svært for nye teknologier at blive bæredygtige, herunder at sikre sig tilstrækkelige affaldsmængder.
- Det vil kræve en mere fri konkurrencesituation, hvor der fokuseres på de ønskede miljø-, ressource- og energimål, frem for favorisering af bestemte anlægstyper og anlægsejere.
- Der skal være større prioritering af ressourcegenvinding i forhold til deponering og forbrænding.
- Behov for yderligere teknologioverføring, hvor erfaringer fra udlandet tilføres Danmark.
- Prioritering af særlige fraktioner således at disse kan behandles i forhold til ønskede miljø- og samfundsøkonomiske mål, som skal defineres.
- Prioritering af energieffektive løsninger, hvor dette passer med ressourceprioriteringen
- Der skal gøres op med vanetænkningen i den danske affaldsbranche og hos de ansvarlige myndigheder
- Yderligere krav om kildesortering for industri og erhverv samt husholdninger

Gruppen vedrørende behandling af blandet affald i det biologiske kredsløb

Gruppen fandt, at der er en lang række velafprøvede og forholdsvis velafprøvede biologiske behandlingsteknologier til rådighed internationalt og i Danmark. Den primære grund til at disse teknologier ikke er bragt i anvendelse ud

over det eksperimenterende niveau er, at de nuværende incitamentstrukturer favoriserer de traditionelle teknologier, nemlig forbrænding og deponi.

For at bioforgasning for alvor skal kunne anvendes i Danmark, kræves der bevidst politisk vilje og beslutninger, der støtter op herom, samt at de nye teknologier kan blive opskaleret til et kapacitetsniveau, hvor de bliver i stand til at håndtere væsentligt større affaldsmængder.

Der var enighed i gruppen om, at man politisk ikke må favorisere bestemte teknologier, men snarere skal lovgive og skabe incitament for at opnå de typiske effekter af sådanne anlæg.

Der blev identificeret følgende barrierer for implementering:

- Høje omkostninger, herunder omkostninger til separat indsamling
- Foreløbig mangel på stordriftsfordele ved opskalering
- Problemer med at tilvejebringe nok sorteret affald under de nuværende forudsætninger
- Teknologien skal fortsat udvikles, specielt m.h.t. opskalering
- Det vurderes, at der maksimalt er 700.000 tons bionedbrydeligt affald til rådighed i de danske husholdninger
- Nuværende brændstofafgifter støtter ikke tilstrækkelig introduktion af bio-drivmidler

Der bør derfor arbejdes på at skabe bedre incitament for bioforgasning og lignende biologiske teknologier, herunder:

- Fokusér på mål, - ikke hvordan eller hvilken specifik teknologi
- Højere elpris fra disse anlæg
- Ønske om bedre energiudnyttelse samtidig med at man får et brugbart restprodukt
- Prioritering af gassen som en god energibærer
- Aktiv dansk politik vedr. ressourcekredsløb over energi
- Større afgift på deponi (+forbrænding)
- Prioritering af at der sker bio-nedbrydning af miljøfremmende stoffer i de organiske anlæg.
- Gode energibærere (bio-diesel, syngas, biogas) skal prioriteres over varme og el.

2.3. Input under gruppe arbejde 2: Hvilke yderligere teknologier og løsninger er der brug for fremover?

Gruppe 2 blev gennemført i 3 nye grupper i forhold til gruppearbejde 1. Alle 3 grupper forholdt sig til de samme 2 spørgsmål, nemlig hvilke yderligere løsningsforslag eller teknologier der er behov for, samt hvilke yderligere behov for retningslinjer der er.

Samlet input fra grupperne

I det følgende er input fra grupperne præsenteret.

- Emner som alle 3 grupper berørte:
 - Affaldet er en "ressource", som efterspørges som "råvare" i forskellige sammenhænge - i dag som energi. Affald eksisterer ikke i fremtiden, kun ressourcer!
 - Der er behov for en langsigtet overordnet politik, som består af en holistisk samtænkning af ressourcer, energi og affald
 - Politik og strategier udfærdiges med udgangspunkt i kredsløbsstankegangen, LCA/miljøvurdering og samfundsøkonomi
 - Der er behov for friere konkurrence
 - Miljøpolitikken bør være positivt adfærdsregulerende
- Emner som 2 grupper berørte:
 - Der er behov for flere ressourcer i Miljøstyrelsen til at støtte teknologiudvikling, herunder hurtigere sagsbehandling og assistance med fjernelse af barrierer
 - Lovgivningen må ikke begrænse teknologivalget
 - Der skal sikres prioritering af ressourcegenvinding.
 - Shredderaffald væk fra deponierne
- Emner som 1 gruppe berørte:
 - Tags/mikromarkører e.l. på alle produkter så de lettere kan sorteres og genanvendes
 - Yderligere styringsmekanismer indbygget i f.eks. bygningsreglementet vedr. landbrug / blandet affald
 - Der er behov for løsninger vedr. landbrugsaffald.

- Der er behov for bedre løsninger vedr. plast, herunder bedre sorteringsmetoder og metoder til identificering af plasttyper. Der er bedre sorteringsteknologier, men dårligt marked for genanvendt plast
- Yderligere arbejde med strategier for fjernelse af farlige/miljøfremmede stoffer fra affaldsstrømme, især hvor disse begrænser muligheder for praktisk og/eller økonomisk genanvendelse
- Røggasrensingsprodukt skal ikke deponeres
- Anvendelse af teknik der producerer mindst affald
- Bedre teknologi til genanvendelse af komposit
- Øget genanvendelse kræver investeringer (producentansvaret skal være reelt)
- 100 % (99,9) genbrug af bygningsaffald (- asbest + PCB)
- Krav til produkterne
- Behov for teknologiske løsninger for mineraluld/stenuld
- Omklassificering af visse affaldstyper (afgiftsfritagelse af bygningstræ)
- Ingen udbygning af forbrændingskapacitet, således at forebyggelse og genanvendelse tvinges frem (ikke alle i gruppen var enige i dette)
- Miljømærkning vigtigt

Sammenfatning af gruppearbejde 2

Sammenfattende blev der af mange udtrykt behov for et gennemgribende paradigmeskifte, således at der ikke længere fokuseres på bortskaffelse af affald, men derimod på genvinding og styring af ressourcer. Herunder yderligere stramning af hvilke fraktioner, der kan tillades på deponi. F.eks. skal materialer, der kan udnyttes til energifremstilling, og som ikke kan ressourcegenvindes, behandles termisk med energiudnyttelse, også selvom der er farlige stoffer, så må miljøproblemerne løses af teknologisk vej.

Alle grupper fremhævede behovet for en mere robust langsigtet national energi, affalds- og ressourcepolitik og herunder afgiftspolitik, der understøtter og balancerer de samlede mål for affald, energi, ressourcer, afgifter/skatter på affald og ressourcer osv.

Derudover blev der fremhævet en række monostrømme, der bør findes bedre teknologiske løsninger for, herunder især shredderaffald, røggasrensingsrestprodukter, plast o.l.

Anvendelse af moderne sorteringsteknologier for blandet affald, gerne gjort lettere af standardiserede tags eller lignende markører blev fremhævet.

Endelig mente mange deltagere, at der er behov for et betydeligt løft af de ressourcer, der er til rådighed i Miljøstyrelsen, således at Miljøstyrelsen aktivt kan støtte udvikling af affaldsløsninger, både via F&U midler og via bedre ressourcer til at fokusere på dette område.

2.4. Input under gruppe arbejde 3: Barrierer og incitamenter for implementering

De tre grupper blev bedt om at forholde sig til hvilke barriere, der skal overkommes for at nye og bedre løsninger kan komme i anvendelse, samt hvordan incitamentstrukturen bør være fremover.

Samlet input fra grupperne

- Emner som alle 3 grupper berørte:
 - Det er en barriere, at der ikke er en tydelig overordnet langsigtet mission, vision og strategi. Det skal være tydeligt hvilke miljøproblemer, der prioriteres miljøvurderinger, LCA og samfundsøkonomi for alle affaldsstrømme
 - Strategien skal være langsigtet. Det er for kort med 4 års strategi. Der er behov for langsigtet politik / vision, stærk langsigtet miljøpolitik, klare langsigtede mål og udmeldinger
 - Det er behov for en tydelig plan for affaldsstrømme underbygget af bedre data for de enkelte affaldsstrømme med prioritering af affaldsstrømme ift. miljø- og økonomifordele. Der bør være fokus på strømme i stedet for enkeltteknologier. Strømmene bør kortlægges
 - Der skal tænkes i ressourcer frem for affald. Lovgivning skal arbejde for ressourcerne f.eks. reduktion af afgifter. Øge kvaliteten ved at betragte affaldet som en ressource
 - Affaldssystemet skal fokusere på de begrænsede ressourcer, f.eks.. kobber, fosfor, osv.
 - Tænk systemer frem for enkelt teknologier
 - Der bør være et aktivt fokus på at fjerne "stopklodser" i love og afgifter
- Emner som 2 grupper berørte:
 - Der mangler national opbakning + hurtig behandlingstid til at støtte nye teknologier, der er lovende. Herunder F&U-midler til prioriterede områder f.eks. biogas
 - Der er for meget forbrændingskapacitet og prioritering af forbrænding, hvilket er hæmmende for nye teknologier

- Markedet for behandling bør liberaliseres, men være reguleret. Lovgivningen må ikke begrænse anvendelsen af teknologier eller prioritere bestemte teknologier, men skal målrettes de ønskelige effekter (energiudnyttelse, ressourcegenvinding, osv.)
- En række affaldsstrømme bør forbydes til deponi for at fremme anvendelse af anden teknologi, f.eks. deponering af shredderaffald
- Høj-effektive termiske processer bør prioriteres
- Større krav til sortering og genanvendelse til industrien, herunder i miljøregnskaber
- Emner som 1 gruppe berørte:
 - Der bør være krav til producenter så farlige stoffer i produkter undgås
 - Forbud af eksport af affald til "huller" i udlandet
 - Fokus på restprodukter fra forbrænding, der er bedre løsninger end eksport til huller i udlandet
 - Mere fokus på producentansvar
 - Introducer vugge-til-vugge princippet
 - Der må gøres op med tanken om, at Danmark er en ø. Genanvendelsesmarkedet og affaldsmarkedet er globalt og europæisk
 - Der er behov for større ambitioner, vi skal få Danmark som foregangsland tilbage, så det tabte terræn genvindes
 - Det skal huskes, at der altid vil være behov for deponier
 - Fokus på samspil mellem offentlige og private/Miljøstyrelsen før, under, efter samarbejde i innovative netværk
 - Der bør introduceres konkrete, langsigtede krav til (mono) affaldsstrømme
 - Der er behov for harmonisering af afgifter/tilskud med de nærmeste EU-lande, således at afgiftsturisme undgås
 - Krav til affaldsdannelse og materialer ved nybyggerier
 - Regulering og tilgang til affaldet bør opdeles i privat/erhverv

- Der må fokuseres yderligere på affaldslogistikken. Det forventes at blive et større og større problem at flytte affald på en bæredygtig måde i voksende bysamfund med større og større trængselsproblemer. Derfor behandling tættere på kilden?
- Behov for fokus på produktion af biobrændsler, blandt andet for at imødegå fremtidig brændselsmangel
- Fokuser på forgasning i stedet for forbrænding pga. potentielle miljøfordele
- Mere fokus på mekanisk / avanceret (for)sortering på erhvervsaffald med neddeling. F.eks. som i Sverige: 0-10 mm videre forarbejdning til jord samt efterbehandle af rest > 10 mm, med højere brændværdi til forbrænding.

Sammenfatning af gruppearbejde 3

Der var tydeligt sammenfald i mange af de barrierer, som de tre grupper identificerede. Specielt den manglende prioritering af ressourcer og det manglende proaktive støtte til at fjerne barrierer for nye teknologier.

Den manglende langsigtede og integrerede nationale politik for affald, ressourcer og energi blev fremhævet af alle grupper som en væsentlig barriere for fremdrift. Det skyldes blandt andet manglende prioritering af andre teknologier end traditionel forbrænding og deponering.

En række grupper fremhævede, at der ofte er økonomiske incitament til deponering frem for en mere miljømæssig korrekt løsning, herunder eksport til behandling i udlandet, som måske ikke er miljømæssigt acceptabelt. Grupperne fremhævede en mere aktiv fokus på enkeltstrømmen, herunder regulering af disse enkeltstrømme som en løsning.

Alle grupper fremhævede behovet for ressource-tænkning, og dermed at en prioritering af ressourcer, herunder specielt knappe ressourcer, bør være en væsentlig prioritet for regulering af affaldsstrømme og teknologier.

2.5. Input fra den afsluttende diskussion i plenum

Som afslutning på de tre gruppearbejder foregik der en samlet opsummering fra de 3 grupper, hvor der var lejlighed til at fremdrage de væsentligste budskaber til Miljøstyrelsen.

Disse prioriterede budskaber fra den afsluttende plenumrunde var:

- Stop med at lave kortsigtede affaldsstrategier. Først skal der laves en overordnet langsigtet politik for bl.a. skat, energi, miljø, affald/ressource. Herefter kan der udarbejdes delstrategier for blandet affald, som er i overensstemmelse med disse overordnede nationale politikker. Uden dette risikeres der at være for meget spildt arbejde
- Der skal fastsættes rammer og mål frem for specifikke affaldsstrømme, herunder monostrømme, og typer af affaldsbehandling

uden at favorisere specifikke teknologier (regulering af mål, ikke middel)

- Det er nu en grundforudsætning, at affaldshåndtering - og specielt ressourcegenanvendelsen - foregår i et paneuropæisk marked og i et globalt marked. Løsninger som forudsætter et afgrænset dansk marked er ikke realistiske
- Der er behov for risikovillig kapital, og der er muligheder for erhvervsudvikling, men barriererne skal håndteres aktivt
- Styrk og bevar det, der virker i dag i den danske affaldsbranche, men giv plads til nytænkning
- Fokuser på bevaring af (knappe) ressourcer
- Der er klart behov for styrkelse af kapaciteten i Miljøstyrelsen, så det bliver muligt at agere proaktivt i forhold til den mangel på udfordringer i affaldssektoren. Der er ligeledes brug for støtte til teknologiudvikling og implementering af bedre løsninger og genetablering af Danmark som foregangsland for affaldshåndtering
- Begræns udvidelser af forbrændingskapacitet
- Yderligere fokus på miljømærkning af produkter
- Håndhævnning af producentansvar
- Udvikling af teknologier til kompositmaterialer
- Forbyd shredderaffald på depoterne

3. Generelle observationer

3.1. Sammenfatning af budskaber fra de enkelte gruppearbejder

Som det fremgår af de ovenstående referater fra gruppearbejderne, er der høj grad af sammenfald i de ønsker og holdninger deltagerne i dialogmødet udtrykker i forhold til ønskede prioriteringer og indsatsområder i del 2 af affaldsstrategien.

Sammenfattende kan der udledes følgende tydelige budskaber fra dialogmødet:

- 1 Der er behov for en tydelig langsigtet samlet politik for affald, energi og ressourcer, som sektorstrategier for f.eks. affald kan bygge solidt på
- 2 Der er primært behov for at adressere barrierer for indførelse af nye teknologier frem for at fokusere på de enkelte navngivne teknologier

- 3 Der er behov for i højere grad at regulere i forhold til mål og etablere incitamentstrukturer for at nå disse mål frem for at regulere bestemte anlægstyper og teknologier
- 4 Beslutninger på affaldsområdet bør være baseret på Livscyklusanalyser (LCA), miljøvurderinger og samfundsøkonomiske analyser, herunder særlig prioritering og mål for knappe ressourcer
- 5 Aktørerne ønsker færre begrænsninger og barrierer for markedsadgang, hvilket primært ses opnået via øget liberalisering af markedet
- 6 Der er en lang række lovende teknologier og løsninger, men introduktion af disse begrænses af myndigheders langsommelige sagsbehandling, de nuværende incitamentstrukturer og anden lovgivning samt organisering. De nuværende rammebetingelser anses for at favorisere affaldsforbrændingsanlæg og deponier.
- 7 Der er behov for hurtig og aktiv støtte/starthjælp/barrierefjernelse for nye/etablerede lovende teknologier og løsninger på affaldsområdet. Der er således ikke specielt behov for økonomisk støtte til nye teknologier, men derimod brug for hurtig fjernelse af administrative og reguleringsmæssige barrierer
- 8 Der bør fremover tænkes i ressourcer og ikke i affald og affaldsbortskaffelse. Der er specielt behov for prioritering af ressourcebevarelse, ressourcegenvinding med en aktiv politik vedr. særlige knappe globale eller danske ressourcer
- 9 Mere aktiv brug af LCA/miljøvurdering/samfundsøkonomi i beslutningsprocesser og prioriteringer
- 10 Der er behov for mere kapacitet i Miljøstyrelsen, således at styrelsen kan være aktiv deltagende, støttende, proaktiv og arbejde for Danmark som foregangsland på affaldsområdet
- 11 Miljøstyrelsen bør umiddelbart tage fat i disse fraktioner, hvor der vurderes særlige muligheder for at opnå reduktion af mængde til deponi, øget ressourcegenvinding eller reduceret miljøpåvirkning:
 - Shredderaffald
 - Sorteringsteknologier til øget udsortering af genanvendelige fraktioner
 - Mere bæredygtig håndtering af røggasrestprodukter
 - Løbende vurdering af acceptable affaldsfraktioner på deponi

Der var generelt meget lidt uenighed i de meninger, der kom til udtryk fra deltagerne. Dog skal det fremhæves, at skønt der f.eks. er enighed om behovet for fjernelse af barrierer for markedsadgang, er der forskelle i holdningen til graden af afregulering, der er nødvendig. Specielt i forhold til liberalisering med hensyn til evt. afskaffelse af f.eks. den kommunale anvisningsret for forbrændingseget affald var der uenighed.