

Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen

Nr. 3 1991

Sortering af
blandet affaldsplast

Miljøministeriet **Miljøstyrelsen**

Strandgade 29, 1401 København K, tlf. 31 57 83 10

Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen, nr. 3/1991

Sortering af blandet affaldsplast
Forundersøgelse

Lars Mørck Ottosen & Tom Andersen
Dansk Teknologisk Institut

MILJØSTYRELSEN
BIBLIOTEKET
Strandgade 29
1401 København K

Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Rapporten er udarbejdet med tilskud fra Rådet vedr. genanvendelse og mindre forurenende teknologi.

Det skal bemærkes, at de fremsatte synspunkter ikke nødvendigvis dækkes af Rådet eller Miljøstyrelsen.

INDHOLDSFORTEGNELSE**SIDE**

1.	INDLEDNING	2
2.	KONKLUSION	4
3.	SAMMENFATNING	5
4.	INDHENTNING AF VIDEN	9
4.1	Databaseundersøgelse	9
4.2	Øvrig videnindhentning	10
5.	TEKNISK VURDERING	11
5.1	Affaldstyper	11
5.2	Plasttyper og -egenskaber	19
5.3	Basale teknologier	26
5.4	Anvendte teknologier	34
5.5	Vurdering	40
5.6	Anbefalinger	45

Litteraturliste

Bilag 1: Materialeegenskaber

1. INDLEDNING

Med den øgede indsamling og sortering af både husholdnings- og erhvervsaffald fremkommer stadig større mængder af blandede plastmaterialer, ligesom de enkelte plastprodukter i stadig større grad består af sammensatte plastmaterialer.

Disse blandinger af forskellige plastmaterialer har ingen eller kun en meget ringe værdi, og forsøg på at fremstille simple produkter af disse blandinger er kun i begrænset omfang lykkedes.

Der kendes op til flere hundrede forskellige plasttyper, men 4 af disse - de såkaldte volumenplaster - udgør 70 - 80% af det samlede forbrug (ca. 400.000 t/år i Danmark). Disse typer er PE (LD + HD) PP, PVC og PS.

PE, PP og PS er i "ren" form lette at genanvende, mens PVC pga. mange tilsætningsstoffer er uensartet og mere vanskeligt at genanvende.

Mindre dele af specielt PE-folie forfalder i så store mængder på enkelte steder, at en kildeindsamling og efterfølgende regenerering er økonomisk rentabel, men den indsamlede mængde andrager kun ca. 4-5.000 t/år i Danmark.

I langt den største del af erhvervsvirksomhederne forekommer de enkelte plasttyper i så små mængder, at en kildeindsamling ikke er rentabel.

Var det derimod efter en indsamling af alle typer af affaldsplast muligt at foretage en efterfølgende sortering i rene fraktioner, kunne genanvendelsen øges ganske væsentligt.

Restfraktionen efter sortering vil selvfølgelig stadig udgøre en betragtelig mængde, som indtil videre må oparbejdes til sekundære produkter, forbrændes eller deponeres.

PE, PS og PP har høj brændværdi og kan uden problemer forbrændes i et "kontrolleret" forbrændingsanlæg, medens PVC pga. sit høje Cl-indhold er uønsket i forbrændingen. Energibesparelsen mellem forbrænding og genanvendelse er imidlertid ganske væsentlig. Eksempelvis vil der ved regenerering af LDPE fremfor forbrænding være en energibesparelse på 88% ved en total energibetragtning ifølge rapporten "Secondary Reclamation of Plastic Waste", Plastic Institute of America INC, 1987.

I udlandet har man mere arbejdet med fremstilling af produkter af blandet plast og kun i begrænset omfang arbejdet med adskillelse af plast ud fra plastblandinger.

Sammenlignet med mekanisk sortering af almindelig blandet affald, hvor erfaringerne har været meget dårlige, synes der imidlertid at være betydelig bedre muligheder for mekanisk sortering af tørt blandet plast.

Her kan bl.a. nævnes forskellige anvendte metoder og diverse tiltag:

- Flotation/vægtfylde og hydrocykloner til rensning af LDPE-folie ved regenerering af folie.
- Formaling/sigtning til adskillelse af PE fra PVC ved genanvendelse af PVC-flasker.
- Kryomaling/sigtning til adskillelse af krom fra ABS i automobilindustrien.
- Forsøgsprojekt for adskillelse af HDPE (bunde) fra PET-flasker.
- Forsøg med vægtfyldesortering af let-fraktionen fra bilshredder anlæg.

Men dette er kun en begyndelse, og en konference afholdt af EF i Paris marts 1988 "Recovery of Plastic Waste" konkluderer da også, at der er et stort behov for indsats på området.

Formål

Det er derfor projektets formål at klarlægge metoder til adskillelse af blandet plast med henblik på at tilvejebringe muligheder for afprøvning af sorteringsudstyr.

2. KONKLUSION

Af de i dag kendte og afprøvede sorteringsteknologier er det kun de hydrodynamiske dvs. flyde/synke, flotation og hydrocykloner, der anvendes industrielt i større målestok, og det er til frasortering af urenheder m.m. ved oparbejdning af rene fraktioner, baseret på kildeindsamlinger. Til sortering af blandet plast er denne sorteringsteknologi, som de øvrige sorteringsteknologier, kun afprøvet i mindre skala.

Dette gælder også den omkostningskrævende kryoformaling, der i dag i et vist omfang anvendes i automobilindustrien, ved adskillelse af krom fra plast. Af de øvrige sorteringsteknologier viser magnetisering sig mest lovende, men endnu er den kun afprøvet på laboratoriebasis. En afprøvning i stor skala af magnetiseringsmetoden kunne derfor være ønskværdig.

Det kunne en afprøvning af de hydrodynamiske sorteringsmetoder til decideret plastsortering også være.

Sådanne afprøvninger i et bredt spektrum kunne mest hensigtsmæssigt gennemføres ved at etablere en maskinopstilling omfattende begge sorteringsprincipper.

3. SAMMENFATNING

Videnindhentning

Der er gennemført en databaseundersøgelse med det overordnede søgeprofil:

- Mix plastic recycling or recovering or reclaim mod sorting and separation.

Der er søgt på 17 baser, men det har kun resulteret i ganske få relevante svar, især når dubletter og sammenfaldende beskrivelser er sorteret fra.

Derudover er der manuelt indhentet viden bl.a. i egne arkiver og via kontakter. Total har aktiviteten frembragt beskrivelser af følgende relevante sorteringsteknikker:

- Flyde/synke - flotation
- Hydrocyklon
- Vindsigte - luftcyklon
- Overfladevædning
- Magnetisering
- Elektrostatisk
- Kryoformaling/sigtning

Teknisk vurdering

Der er først gennemført en vurdering af plastaffaldsmængder og af kvalitetsparametre. Dernæst er de aktuelle plasttyper og deres egenskaber beskrevet, hvorpå basale og anvendte sorteringsteknologier er gennemgået.

Vurderingen af affaldsmængder er foretaget ud fra tidligere undersøgelser. Heraf fremgår, at plastaffaldsmængde i Danmark omfattende de 4 volumenplaster PE, PVC, PP og PS udgør ca. 280.000 t pr. år i 1990 og ca. 335.000 t pr. år 2000.

Fordelingen mellem de 4 plasttyper er i dag nogenlunde, som følger:

PE	40%
PVC	18%
PP	27%
PS	15%

Frem mod år 2000 vil PVC-andelen sandsynligvis falde til fordel for PE og PP.

En kraftig medvirkende årsag til forskydninger i sammensætningen af plasttyper er udviklingen af modificerede typer med specielle egenskaber. Også laminater og co-extruderinger udvikles mere og mere intenst med sigte på forbedrede egenskaber - specielt barriereegenskaber.

Endelig vil forbruget af PET (polyethylene terephthalate = termoplastisk polyester) stige voldsomt de kommende år og også påvirke sammensætningen af plasttyper i affaldet.

Ved vurderingen af kvalitetsparametre er mængderne sammenholdt med geografisk koncentration og økonomisk værdi. Desuden er produktform (folie, dunke etc.), produkttilstand (tilsmudsning, etiketter etc.) og materialetilstand (UV-nedbrudt o.a.) blevet vurderet.

I beskrivelsen af plasttyper og -egenskaber er de tidligere nævnte volumenplaster PE, PVC, PP og PS samt PET udvalgt. For hver af disse er produkt eksempeler og affaldstilstand op-listet på side 20.

Disse materialer har hver især nogle egenskaber, som selvfølgelig danner grundlag for produktvalg, men nogle af egenskaberne vil også danne grundlag for valg af sorteringsteknologi.

Der skelnes mellem "statiske" og "dynamiske" egenskaber. Ved statisk skal her forstås, at egenskaberne måles under ganske bestemte betingelser i henhold til en given norm. Ved dynamisk skal her forstås, at egenskaberne måles ved forskellige betingelser fx ved variation i temperatur. Heri ligger allerede en indikation af, at ændrede betingelser kunne resultere i forskellige egenskaber, som kunne give bedre sorteringsmuligheder.

Fx skelnes ved termoplastiske materialer mellem forskellig krystallinitetsgrad. Nogle materialer har en høj krystallinitetsgrad og er krystallinske (PE, PP og PET), mens andre har en lav krystallinitetsgrad og er amorfe (PVC og PS). Materialernes egenskaber er afhængige af krystallinitetsgraden, og er mere eller mindre følsomme over for temperaturændringer.

Også de elektriske egenskaber er afhængige af temperaturen.

Endelig kan overfladeegenskaberne ændres vha. forskellige opløsningsmidler.

Ovennævnte egenskaber skal danne grundlag for valg af en række grundlæggende eller basale sorteringsteknologier. Disse er gennemgået for at kunne systematisere vurderingen af sorteringsteknologier.

Gennemgangen omfatter flere trin, som udgør et såkaldt mål/middeltræ. Til hver:

A Sorteringsteknologi:

stilles spørgsmålet, hvilke sorteringskriterier ligger til grund herfor.

B Sorteringskriterium:

stilles spørgsmålet, hvilke forudsætninger/egenskaber ligger til grund herfor.

C Forudsætning/egenskab:

stilles spørgsmålet, hvilke teknologier er anvendt for at opnå denne tilstand.

D Teknologi:

hører en eller flere processer, som kan tages i anvendelse.

En deformerende deling kan være brække, knuse og male, som er eksempler på processer.

Den næste etape er gennemgangen af anvendte teknologier. I den forbindelse kan det generelt siges:

- Der findes i dag velfungerende anlæg for oparbejdning af specifikke plasttyper.

- Input til disse anlæg baseres primært på kildesortering.
- Sortering af **blandet** plast er tilsyneladende kun gennemført på laboratoriebasis.

Det område, hvor der er genereret størst erfaring, er oparbejdning af LDPE-folier. Her frasorteres urenheder efter massefylde i flotationsbeholdere og/eller i hydrocykloner. PET rengøres bl.a. under anvendelse af de dielektriske tabsfaktorer.

Af andre anvendte sorteringsteknikker kan nævnes:

- Vindsigter
- Overfladevædning
- Magnetisering
- Elektrostatisk
- Kryoformaling/sigtning

Ved vurdering af de enkelte teknologiers egnethed er det værd at bemærke, at man i alle tilfælde har opnået de bedste resultater, når inputmaterialet har været af en veldefineret kvalitet. Dette sammenholdt med udviklingen af stadig mere komplekse materialer og materialesammensætninger medfører en forventning om, at teknologier til mekanisk sortering af blandet plastaffald vil blive udbygget til en lille, men økonomisk attraktiv del af plastaffaldet.

I den foretagne vurdering er teknisk egnethed, kompleksitet, udviklingsstade og usikkerhed samt sorteringskvalitet taget med i betragtning.

Her viser de hydrodynamiske teknologier sig ikke uventet bedst egnede totalt set. Også magnetisering synes attraktivt, men er endnu ikke udbygget i tilstrækkeligt omfang. Endelig kan det nævnes, at også kryoformaling ser attraktiv ud, men her skal der tænkes på, at kryoformaling er meget omkostningskrævende, - et forhold der som bekendt ikke er taget med i vurderingen.

En udbygning af de hydrodynamiske teknologiers virkefelt kombineret med en bedre udbygget magnetiseringsteknologi synes at rumme visse muligheder, hvorfor en prioritering heraf kan anbefales.

4. INDHENTNING AF VIDEN

4.1 Databaseundersøgelse

Der er til formålet oprettet en række søgeprofiler. Det overordnede profil er:

- Mix plastic recycling or recovering or reclaim mod sorting and separation, som er anvendt ved søgning på følgende baser:

RAPRA	72/90
PTS-PROMT	72/90
Engineered Materials Abstracts	86/90
Chemical Engineering Abstracts	71/90
Kirk-Othmer Online	
Polymer Online	
Compendex Plus	
MC Graw-Hill Publications Online	85/89
Information International Business	84/89
Ontap Doe Energy	83/90
Materials Business File	85/89
Packaging science and technology Abstracts	-/90
PASCAL	84/90
NTIS	
Environmental Bibliography	
International standard and specifications	

Desuden er der på DKI (Deutsches Kunststoff Institut) søgt med følgende profil:

- Kunststoff mod sortier eller sortiermetoden eller sortieranlage eller sortiereinrichtung.

Der er i alt kommet 73 svar, hvoraf 8 har vist sig mere eller mindre relevante. Af de 8 relevante var der 2 dubletter, omhandlende sortering ved at ændre overfladeegenskaber vha. forskellige opløsningsmidler. Et par af de øvrige svar omtaler samme sorteringsteknik, og den ene af disse daterer sig helt tilbage til 1974.

Af de resterende 4 svar omhandler de 2 sortering af polymerer med stor vægtfyldeforskel i hydrocykloner. De sidste 2 svar er større afhandlinger/artikler, som bringer en opsamling inden for områderne genanvendelse af blandet plast og sortering. Den ene af dem daterer sig tilbage til 1981, mens den anden er fra 1986.

Såvel sortering vha. forskellige overfladeegenskaber samt i hydrocykloner er omtalt udførligt i øvrige indsamlede artikler.

De herefter relevante svar er sammenfattet i litteraturlisten sammen med øvrigt indsamlet relevant litteratur.

4.2 Øvrig videnindhentning

Der er på baggrund af egen viden søgt uddybende leverandøroplysninger og kontakter. Forsøgsopstillinger og pilotanlæg har det ikke været muligt at få andre oplysninger om, end hvad der er tilgængeligt i artikler og lignende. Sådanne er der fremkommet en del relevante af ved denne videnindhentning. Desuden er der ved søgen i egne baser fremkommet relevante rapporter og artikler.

Alle disse er som tidligere nævnt sammenfattet i litteraturlisten og er sammen med egen viden, leverandøroplysninger, informationer fra øvrige kontakter anvendt ved vurderingen af de enkelte sorteringsteknikker.

5. TEKNISK VURDERING

5.1 Affaldstyper

Dette afsnit tjener alene det formål, at fremhæve væsentlige aspekter vedrørende plastaffaldsmængder og plastaffaldstyper, som har betydning ved vurdering af mulighederne for en øget sortering og genanvendelse.

Der er ikke i dette projekt foretaget nye vurderinger eller direkte målinger på typer og mængder af affaldsplast, men udelukkende resumeret tidligere undersøgelser.

Afsnittet vil indeholde følgende hovedpunkter:

- plastaffaldsmængder fordelt på typer og affaldsstrømme
- kvalitetsparametre

Mængder og typer

Der er i 1985 gennemført en materialestrømsanalyse for polymere materialer i Danmark [1]. Denne angiver følgende rådighedsmængde fordelt på de "væsentligste" plastmaterialer og forfaldssteder.

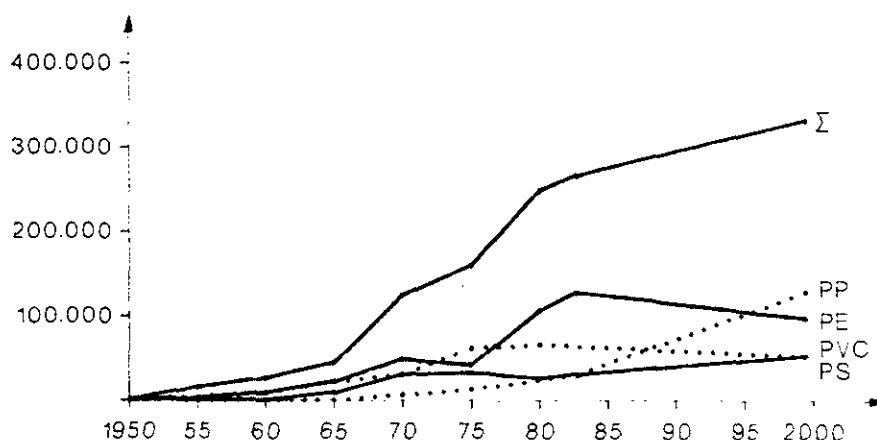
ANVENDELSE	MATERIALER					
	PE		PVC		PP	PS
	LD	HD	H	B		
Husholdning	22	10	3	8	6	3
Erhverv	38	19	7	7	15	22
Byggeri/anlæg	6	12	34	16	6	2
Forsyning	66	41	44	31	27	27
Rådighedsmængde	60	29	40		21	25

Figur 1. Plastaffald i Danmark. Rådighedsmængde 1983. [1]

I denne analyse er de forskellige typer plastaffald opdelt efter mængde på hhv. husholdningsaffald, erhvervsaffald og affald fra bygge- og anlæg. Med denne opgørelse som grundlag er det muligt dels at foretage en prioritering af, hvilke plasttyper der mængdemæssigt er interessante og dels for de pågældende plasttyper at indkredse typiske affaldsegenskaber. Udover de her viste plasttyper bør det fremhæves, at plastaffaldets sammensætning mængdemæssigt og typemæssigt ændrer sig løbende. Der er her grund til at fremhæve følgende tendenser.

- PVC tilgangen forventes reduceret kraftigt, men der vil stadig de næste 20 år, som er den gennemsnitlige levetid i bygninger og anlæg, findes store affaldsmængder.
- For stort set samtlige plasttyper findes en lang række modificerede typer med specielle egenskaber. Der er således en tendens til mere komplekse materialer.
- Der arbejdes intenst med forbedringer af barriereegenskaber, hvilket indebærer en anden form for kompleksitet - nemlig laminater og coextruderinger i stadig nye sammensætninger.
- Fra flere sider forventes en kraftig stigning i affaldsmængder, svarende til stigningen i plastforbruget. En ændring af forbrugets sammensætning vil naturligvis påvirke affaldets sammensætning, og her forventes specielt mængden af PET (polyethylene terephthalate = termoplastisk polyester) at stige kraftigt, men også laminater og coextruderinger vil stige meget på bekostning af mere simple emballagematerialer.

I figur 2 er vist udviklingen i plastforbruget i Danmark for de mest anvendte plasttyper.



Figur 2. Udviklingen i plastforbruget i Danmark fra 1950 til 1983 samt prognose frem til år 2000. [1]

Plastforbruget er imidlertid ikke identisk med rådigheds-mængden, som er den mængde, der falder som affald. Dette skyldes først og fremmest ophobning af PVC i byggeriet, hvilket der er redegjort for i [1].

I fig. 3 er PVC-forbruget sammenholdt med PVC-rådighedsmængden fra 1983 frem til år 2000 vist.

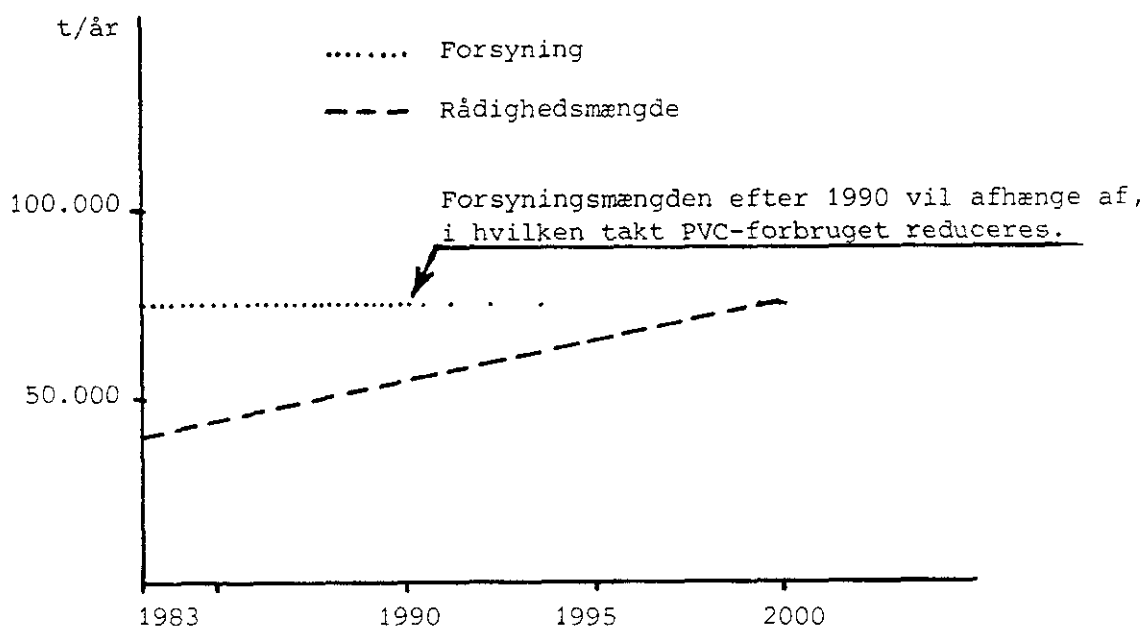


Fig. 3. PVC-forsynings- og rådighedsmængde

Den samlede rådighedsmængde i dag (1990) ligger altså ca. 20.000 t under forsyningsmængden dvs. hhv. 280.000 og 300.000 t/år.

Da denne samlede prognose for plastforbruget i Danmark er baseret på oplysning fra begyndelsen af 80'erne, er det fundet betimeligt at supplere med nyere oplysninger. Dette gøres i det følgende.

Plastforbrug i Vesteuropa

I det følgende vil forbruget af hhv. PVC, LDPE, HDPE, PP og PS i Vesteuropa blive beskrevet. Beskrivelserne af forbruget vil især koncentrere sig om de seneste 6-8 år, samt hvilke forbrugsprognoser der er for de enkelte plastmaterialer. Beskrivelserne bygger på oplysninger fra "Kunststoffer", oktober 1989 [2].

Polyvinylchlorid (PVC)

PVC-forbruget i Vesteuropa er gennem de seneste år steget kontinuert. I 1981 faldt forbruget som følge af den sidste oliekrise, men er siden da steget fra 3,5 mio. t til 4,92 mio. t i 1988. Da forbruget efter oliekrisen igen havde stabiliseret sig (1985), er der sket en gennemsnitlig stigning på 7% pr. år.

Vesttyskland har (1988) det største forbrug af PVC pr. person. Af nedenstående ses forbruget pr. person for de vigtigste vesteuropæiske lande.

Vesttyskland	20,5 kg
Belgien	18,7 -
Holland	15,9 -
Frankrig	15,1 -
Italien	14,7 -
Skandinavien	14,0 -
England	10,7 -
Spanien	8,4 -

Alle lande har haft et stigende forbrug pr. person siden 1980. Størst har den procentvise stigning været i England og Belgien (ca. 65%), mens Frankrig og Vesttyskland tegner sig for den mindste stigning (ca. 18%). Skandinavien har ligeledes haft en forholdsmæssig lille stigning i forbruget (ca. 26%) mod en for de nævnte lande gennemsnitlig stigning på ca. 40%.

Danmark adskiller sig (sammen med Grækenland, Irland og Portugal, hvor der ikke finder PVC-produktion sted) fra de øvrige EF-lande ved at have en meget lille eksport af PVC. Ud fra en opgørelse over udenrigshandlen med PVC mellem EF-lande fremgår det, at Danmark importerer de største mængder PVC fra Vesttyskland og Holland.

På baggrund af de seneste års vækst i PVC-forbruget regnes der med en moderat vækst i fremtiden. Der er dog ikke noget, der tyder på, at der vil fremkomme grundlæggende nye anvendelsesområder for PVC, der bevirker et øget forbrug. Miljøproblematikken i forbindelse med PVC er dog en faktor, der kan få betydelig indflydelse på PVC-forbruget. Det drejer sig om at reducere PVC-affaldsmængderne ved substitution til andre råvarer, og hvor substitution ikke kan gennemføres at udvikle genanvendelsessystemer.

Polyethylen (LDPE/LLDPE)

Vesteuropa har den største kapacitet til produktion af LDPE i verden, mens Nordamerika har den største kapacitet til produktion af LLDPE. Vesteuropas produktion af LDPE/LLDPE set i forhold til den samlede produktion i verden er godt 29%.

Forbruget af LDPE i Vesteuropa er fra 1983 steget med ca. 16% (fra 3,80 mio. t/år til 4,40 mio. t/år), mens forbruget af LLDPE er mere end tredoblet i samme periode (fra 0,2 mio. t/år til 0,7 mio. t/år). LDPE/LLDPE's samlede forbrugsstigning har været ca. 28%).

Der er ca. 14 LDPE-producenter i Vesteuropa, og så godt som alle har ligeledes en sideløbende produktion af LLDPE.

De udviklingsmæssigt gunstige konjunkturer, herunder de stabile råstofpriser har i de seneste 6 år haft betydning for den gennemsnitlige årlige forbrugsstigning på ca. 5%. Fordelingen mellem forbruget af LDPE og LLDPE har imidlertid også ændret sig de seneste år. I 1981 udgjorde LLDPE-forbruget ca. 5% af det samlede polyethylenforbrug, i 1988 ca. 14%, og det forventes, at andelen stiger til over 20% de kommende år.

Det forventes, at forbruget af LDPE/LLDPE i Vesteuropa får en mindre stigning de kommende år - en stigning på ca. 2,5%. Årsagen til denne antagelse er, at markedet er ved at være mættet såvel i Vesteuropa som i resten af verden.

Polyethylen (HDPE)

Vesteuropa havde i 1988 den næststørste kapacitet til produktion af HDPE (24,5% af den totale kapacitet i verden), mens Nordamerika havde en kapacitetsandel på 36,9%. Den samlede kapacitet er steget de sidste tre år (ca. 27%). Vesteuropa og Nordamerika har haft en %-vis lavere kapacitetsstigning end Japan og Østeuropa, mens resten af verden har haft den største kapacitetsstigning.

Der er kun sket en forholdsvis begrænset kapacitetsstigning i Vesteuropa, men på trods heraf er produktionen øget som følge af en højere kapacitetsudnyttelse. I 1983 havde man i Vesteuropa en kapacitetsudnyttelse på 75% stigende jævnt frem til 1988, hvor kapacitetsudnyttelsen var på 93%. Som følge af store udbygninger er der imidlertid noget, der tyder på, at der de kommende par år igen vil opstå overkapacitet i Vesteuropa.

Til stor overraskelse for mange er HDPE-forbruget i Vesteuropa steget med mere end 12% pr. år de seneste år, men det forventes, at forbrugsstigningen bliver noget mindre de kommende par år (ca. 5%). Den stærke vækst i forbruget skyldtes bl.a., at klassiske flaskeråstoffer (bl.a. PVC) i høj grad er udskiftet med HDPE.

Eksporten af HDPE fra Vesteuropa (samt Japan og USA) er faldet de seneste år, da udviklingslandene i højere grad er blevet selvforsynende. Eksportvarerne bærer således i højere grad præg af at være specialprodukter med ganske specielle anvendelsesområder.

I de kommende år forventes der at være et overudbud af HDPE såvel i Vesteuropa som i resten af verden.

For HDPE-industrien bliver opgaven i fremtiden at tage hensyn til bortskaffelsen af HDPE-produkterne. Her tænkes der specielt på emballagemængden, som udgør henved 60% af det samlede forbrug af HDPE.

Polypropylen (PP)

I 1988 var der på verdensplan en kapacitet på ca. 12 mio. t/år. Heraf havde Nordamerika en kapacitet på 33%, Vesteuropa 30%, Japan 13%.

De sidste fem år (1983 - 1988) har Vesteuropa udvidet sin kapacitet med 1,2 mio. t fra 2,44 til 3,65 mio. t.

I samme periode er produktionen steget med 1,33 mio. t fra 2,00 til 3,33 mio. t. Forbruget er i denne periode steget med 1,4 mio. t fra 1,7 til 3,11 mio. t.

Der har altså været tale om en stigende kapacitetsudnyttelse, som toppede i 1987, hvor den var 92%.

I perioden (1983 - 1988) er forbruget af PP i Vesteuropa således steget med gennemsnitlig 13% om året. Fra 1988 til 1992 forventes der en stigning i forbruget af PP på godt 9% pr. år.

Det største PP-forbrugerland i Vesteuropa er Vesttyskland, hvis forbrug udgør ca. 22% af det samlede forbrug. Ses der imidlertid på forbruget pr. person i de enkelte Vesteuropæiske lande, der det Benelux-landene, der har det største forbrug. Forbruget pr. person i de enkelte lande fremgår af følgende:

Benelux-landene	17,4 kg
Vesttyskland	10,9 -
Italien	10,0 -
Østrig	8,3 -
England	8,1 -
Frankrig	7,2 -
Skandinavien	6,2 -
Spanien	4,3 -

Ses der på forbrugsstigningen for de enkelte lande fra 1983 til 1988, fremgår det, at Benelux-landene har haft den største stigning. Vesttyskland, Frankrig og Spanien har haft en større forbrugsstigning end gennemsnittet, mens Italien, England, Østrig og Skandinavien har haft en mindre forbrugsstigning end gennemsnittet.

Vesteuropa har fra 1985 til 1988 haft en kraftig nedgang (ca. 20%) i eksporten af PP. Derimod har USA næsten fordoblet sin eksportmængde af PP, mens Japan har haft en mindre eksportstigning (ca. 14%). Vesteuropa havde i 1988 Østen og Afrika som de væsentligste eksportmarkeder.

Som nævnt ventes der til 1992 en gennemsnitlig stigning i forbruget af PP i Vesteuropa på ca. 9% pr. år. Stigningen skyldes, at der må forventes at findes nye anvendelsesområder for PP (substitutionsmateriale) som følge af gunstige PP-priser.

Polystyren (PS, SB)

Efter der gennem en årrække (1979 - 1985) har været en kapacitet på ca. 6,3 mio. t/år på verdensplan (excl. Østeuropa og Kina), er den steget de seneste år. Stigningen har gennemsnitlig været på godt 6% fra 1985 - 1988, og der forventes en yderligere kapacitetsstigning på gennemsnitlig 5% pr. år frem til 1992.

Vesteuropa har fra 1974 - 1988 haft en kapacitet på 1,9-2,0 mio. t/år, men det forventes, at der vil ske en gennemsnitlig årlig kapacitetsstigning fra 1988 til 1992 på ca. 5%. Behovet for udvidelse skyldes, at der i de seneste år har været en stadig stigende kapacitetsudnyttelse.

Forbruget af polystyren er steget ganske lidt de sidste mange år. Fra 1978 - 1988 har der været en gennemsnitlig årlig forbrugsstigning på ca. 3% (fra 1,30 mio. t/år til 1,66 mio. t/år) - dog med et stort fald i 1982. Fra 1982 - 1988 var der således en tilvækst i forbruget på ca. 6% pr. år.

Der importeres kun en ringe mængde polystyren til Vesteuropa, mens eksporten de seneste år har ligget på 10 - 12% af den samlede produktion.

Polystyrenpriserne har været trykket den sidste tid, hvorfor der bl.a. også kun regnes med en forbrugsvækst i Vesteuropa på knap 3% pr. år frem til 1992 (fra 1,66 mio. t/år i 1988 til ca. 1,85 mio. t/år i 1992). Den i forvejen lille forbrugsvækst ventes altså at blive mindre de kommende år.

Kvalitetsparametre

Det vil naturligvis ikke være alle former for plastaffald, som vil have interesse med henblik på genanvendelse. Mængder kan være for små, for utilgængelige, være af for ringe værdi osv.

Her skal fremhæves en række generelle betragtninger vedrørende de kvalitetsparametre, som i denne sammenhæng har interesse. Disse betragtninger skal anvendes ved vurderinger mht. opbygning af indsamlingssystemer, valg af sorterings-teknologier og anvendelsesområder (produkter evt. ny råvare).

MÆNGDER:

- Er ikke en direkte kvalitetsparameter, men af hensyn til en helhedsvurdering er det naturligt at opstille en række forudsætninger vedrørende totale mængder af et givet plastmateriale, sammenholdt med geografisk koncentration og økonomisk værdi.

PRODUKTFORM:

- Affaldet forekommer som folie, rør, spande, dunke, kasser, ringbind, møbler, madrasser, legetøj m.m. Tilstanden kan fx være karakteristisk for bestemte plasttyper, og kan da være grundlaget for en forhåndssortering. (Eks. EPS-emballage).

PRODUKTTILSTAND:

- Dette kan omfatte en beskrivelse af forureningsgraden, opfattet både mht. snavs, fugt, andre materialer m.m., men også plastmaterialets tilgængelighed. Er der fx påklæbet etiketter, indstøbt metal, lakeret, lamineret m.m.

MATERIALETILSTAND:

- Skal her opfattes som materialets kemiske og fysiske tilstand. Der kan være tale om delvist nedbrudt materiale fx forårsaget af solens UV-lys eller som følge af temperaturpåvirkning eller kemikaliepåvirkning.

5.2 Plasttyper og -egenskaber

I dette afsnit beskrives dels de karakteristika der kendetegner affaldet, og dels de karakteristika, der kendetegner de enkelte plasttyper. Formålet er at opnå et samlet overblik over forskelle i egenskaber, som kan danne grundlaget for valg af sønderdelings- og sorteringsteknologi.

For at begrænse omfanget medtages kun de plasttyper, som på grundlag af overvejelserne i afsnit 5.1 er fundet attraktive, dvs.:

- Polyethylen (LDPE, HDPE)
- Polystyren (PS, EPS)
- Polyvinylchlorid (PVC, hård og blød)
- Polypropylen (PP)
- Polyethylen Terephthalat (PET)

Det vil dog være relativt enkelt, at udvide/revidere listen, såfremt dette måtte ønskes.

Udover de i 5.1. afsnit omtalte referencer kan der henvises til et forsøg med kildeindsamling af PVC-, PS- og PE-affald i Københavns Kommune, som ligeledes bekræfter den her foretagne prioritering. [3]. De senere afsnit i denne rapport vil tage udgangspunkt i den afgrænsning, som finder sted her.

Plastaffaldets karakteristika

Der fokuseres på erhvervsaffald samt affald fra kontrollerede containere (storskrald), og det vil være naturligt, dels at fremhæve typiske produkt eksempler og dels kort at beskrive affaldets tilstand.

Plastmateriale	Produkteksempler	Affaldets tilstand
LDPE	Sække, folier, krympe- folier, bæreposer	Folier, poser, m.m. kan være våde, snav- sede, med etiketter, med trykfarve, med restindhold osv. Kan være blandet med øvrige materialer.
HDPE	Dunke, spande, rør, flasker, møbler	Som for LDPE. Evt. kemikalierester i flasker og dunke.
PVC (blød)	Slanger, folie, gulv- belægning, kabler, plastbelagt pap og papir, kunsthæder	Som for PE og fra byg- ge- og anlæg, blandet og sammenhængende med øvrige materialer.
PVC (hård)	Rør, profiler, plader, folier, emballage, dunke	Rester og spild m.m. fra bygge- og anlæg, blandet med øvrige materialer.
PP	Plader, emballage, flasker, rør, teksti- ler, div. varer	Med trykssvarte, rest- indhold og blandet med øvrige materialer.
PS (incl. EPS)	Plader, emballage, eengangsservice, EPS-emballage udgør ca. 30%	EPS-emballager til- smudsede, blandede med øvrige materialer. PS med restindhold og el- ler kontaminering.
PET	Emballage, bakker, flasker	Pt. begrænsede mængder i Danmark.

Plastmaterialernes egenskaber

Det grundlag de sorteringsteknologier, der kan komme på tale vælges ud fra, er de aktuelle materials egenskaber. Det er derfor hensigtsmæssigt at få listet de aktuelle materials egenskaber, uden at det skal opfattes som en lærebog i materialeteknologi.

Der skelnes i dette afsnit mellem "statiske" og "dynamiske" materialeegenskaber. Ved statisk skal her forstås, at egenskaberne måles under ganske bestemte betingelser iht. en given norm,. Ved dynamisk skal her forstås, at egenskaberne måles ved forskellige betingelser fx ved variation i temperatur.

Baggrunden for denne deling er naturligvis, at materialernes egenskaber i stor udstrækning varierer med temperatur, tid o.lign. Når dette er tilfældet kunne det være en mulighed, at ændrede betingelser gav bedre sønderdelings- og sorteringsmuligheder.

"STATISKE EGENSKABER"

I bilag 1 er opstillet en række data for de plastmaterialer, der er aktuelle i denne rapport. Samtlige data i disse tabeller er baseret på oplysninger i kilderne [4], [5] og [6].

Dataene vil således ikke i alle henseender være fyldestgørende, men indikerer dog variationen i egenskaber. Sammenholdes dette med de mange varianter og modifikationer inden for hver enkelt materialegruppe, samt de mulige ændringer i egenskaber som følge af begyndende nedbrydning, anses de for tilstrækkelige.

"DYNAMISKE EGENSKABER"

Det er kendt, at bl.a. temperaturen har en afgørende indflydelse på plastmaterials egenskaber. En ændring af temperaturen vil således ændre på fx trækstyrke, hårdhed og elektriske egenskaber.

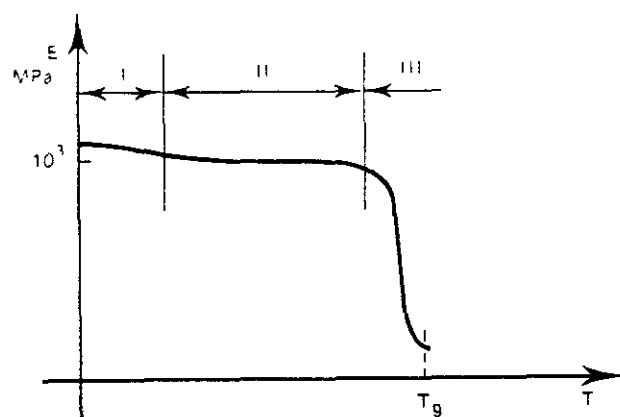
Her skal gives et par eksempler på betydningen af dette:

- **Krystallinitetsgrad og glastemperatur:**

Ved termoplastiske materialer skelnes mellem typer med høj krystallinitetsgrad (krystallinske) og typer med lav krystallinitetsgrad (amorfe). Krystallinitetsgraden er ikke éntydig, men generelt gælder at:

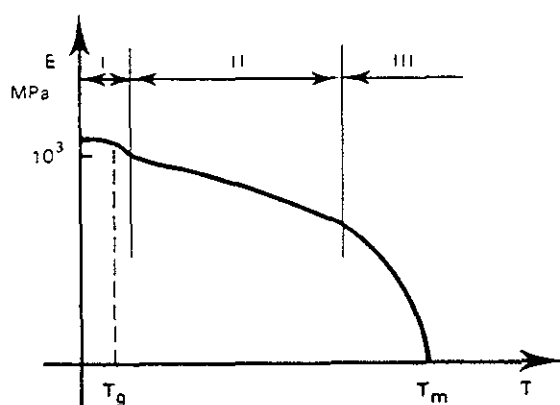
PE er et krystallinsk materiale
PS er et amorft materiale
PVC er et amorft materiale
PP er et krystallinsk materiale
PET er et krystallinsk materiale

Materialeegenskabernes følsomhed over for temperaturændringer er afhængig af krystallinitetsgraden. Dette gælder specielt for amorfe materialer i temperaturområdet lige over den såkaldte glastemperatur, T_g . Dette kan illustreres som vist på fig. 3 og fig. 4.



Figur 4. E-modulens variation med temperaturen for amorf termoplast [7].

I = sprødt
 II = hårdt
 III = blødt
 T_g - glasstemperatur



Figur 5. E-modulens variation med temperaturen for delkrystallinsk termoplast. [7]

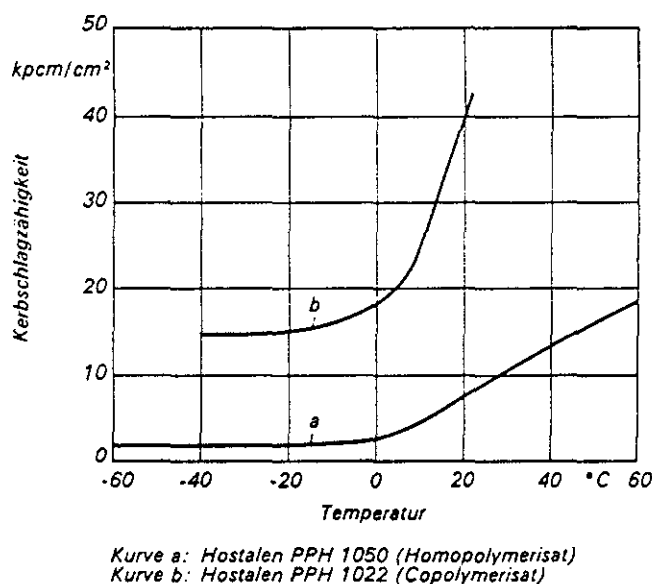
I = sprødt
 II = hårdt, sejt
 III = blødt
 T_m - smeltepunkt

Glastemperaturen er heller ikke éntydigt bestemt, idet en række materialeegenskaber kan ændres og dermed påvirke glastemperaturen. Et eksempel herpå er tilsætning af blødgørere til PVC.

Her følger imidlertid et standardeksempel på glastemperaturer:

HDPE	- 70°C
PS	95°C
PVC(hård)	75°C
PP	- 20°C

Sammenholdes disse oplysninger, vil det altså ved en temperaturændring være muligt at ændre specielt de mekaniske egenskaber for materialerne. Dette illustreres ligeledes af figur 5.



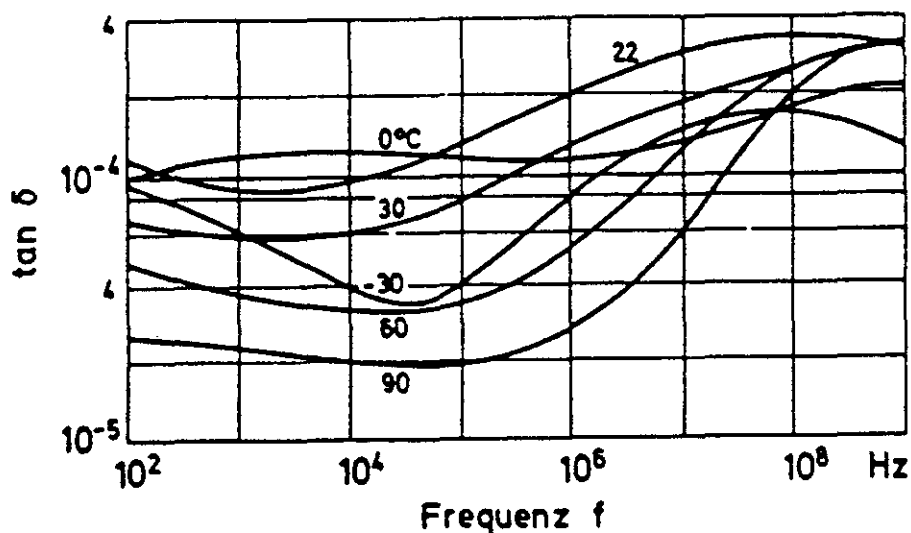
Figur 6. Kærslagsejhed for 2 Hostalen PP-typer som funktion af temperaturen (DIN 53453 m. v-kærv) [4].

- Andre egenskaber:

Ved dimensionering af plastkonstruktioner er det kendt, at det ikke kun er belastningens størrelse og temperatur, men også belastningstiden der har afgørende indflydelse.

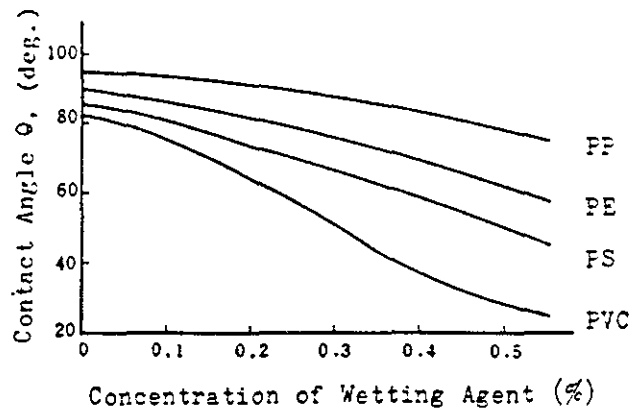
Dette vurderes dog ikke at have den store praktiske betydning i denne sammenhæng.

Til gengæld skal her vises et eksempel på, at de elektriske egenskaber også er afhængig af bl.a. temperaturer.



Figur 7. Frekvens og temperaturafhængighed for den dielektriske tabsfaktor, $\tan \delta$, for LDPE. [8].

Endelig et helt andet eksempel hentet fra litteraturen vedrørende sorteringsteknologi. Her er målt kontaktvinklen mellem en vanddråbe og et plastmateriale udsat for forskellige koncentrationer af en "Wetting Agent".



Figur 8. Sammenhæng mellem "Wetting Agent" koncentration og kontaktvinkel mellem vanddråbe og plastoverflade. [11].

5.3 Basale teknologier

Dette afsnit indeholder en gennemgang af anvendelige basale sorteringsteknologier med henblik på at systematisere fremgangsmåden ved vurdering af eksperimenter med sorteringsteknologier.

Fremgangsmåde

- 1) Der er foretaget en oplistning af emner, der har relevans over for sortering af plast i forskellige fraktioner.

Omstående oplistning skal opfattes som en omfattende samling af eksempler, som ikke nødvendigvis er komplet inden for det enkelte emne.

Listerne indeholder: A) Sorteringsteknologier

B) Sorteringskriterier

C) Forudsætninger/egenskaber for sorteringskriterier.

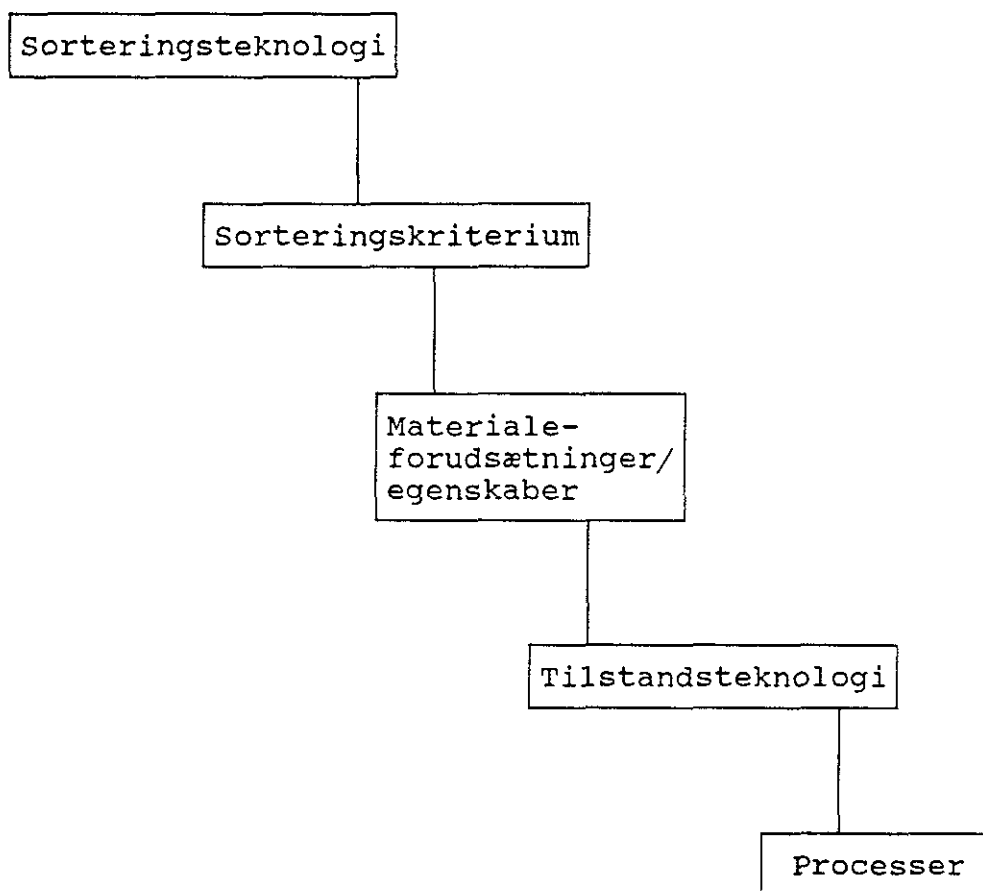
D) Teknologier til opnåelse af en bestemt tilstand.

E) Processer sorteret efter teknologier.

Mål/middeltræ

- 2) Der opstilles herefter et mål/middeltræ for hver enkelt sorteringsteknologi, idet der til hver teknologitype stilles spørgsmålet: Hvilket sorteringskriterium ligger til grund for denne teknologi?
- 3) Mål/middeltræet udbygges, idet der til hvert sorteringskriterium stilles spørgsmålet: Hvilke forudsætninger skal være opfyldt for at det er muligt at anvende det pågældende kriterium?
- 4) Mål/middeltræ videreudbygges ved at stille spørgsmål til den enkelte forudsætning/egenskab: Hvordan opnås denne egenskab? Hvilken teknologi anvendes?

- 5) Mål/middeltræ afsluttes med oplistning af mulige processer, idet der spørges: Hvilke processer kan tages i anvendelse for at anvende den ønskede teknologi, og dermed opnå den ønskede egenskab?



Sorteringsteknologi

- Håndsortering
- Luftklassifisering
- Flotation
- Sedimentation
- Sigtning
- Vibration
- Acceleration
- Friktion
- Oscillation
- Deformation
- Diffusion
- Destillation
- Elektrostatisk separation
- Elektrodynamisk separation
- Magnetisk separation
- Absorption
- Adsorption
-
-

De forskellige sorteringsteknologier kan, hvis det ønskes, gruppeopdeles, idet der typisk er forskellige **kriterier** for anvendelse af den specifikke teknologi.

Sorteringskriterier

- Udseende
- Form
- Farve
- Størrelse
- Massefylde
- Hårdhed
- Elasticitet
- Porøsitet
- Overfladeegenskaber
- Styrkeegenskaber
- Nedkølingsegenskaber
- Kemisk sammensætning
- Opløselighed
-
-

Sorteringskriterierne opdeles herefter, idet der typisk er visse **forudsætninger** for anvendelse af de enkelte kriterier.

Forudsætninger/egenskaber

- Forskellighed
- Ensartethed
- En bestemt tilstand er opnået fx:
 - . materialet skal være elektrisk ladet, eller
 - . materialet skal være i en ganske bestemt form eller størrelse.

Hvilke basale **teknologier** kan tages i anvendelse for at opnå ovenstående forudsætninger/egenskaber.

Teknologier

Teknologi til opnåelse af en bestemt egenskab:

- Sønderdele
- Indfarve
- Overfladebehandle
- Hærde
-
-

Teknologi til at opnå en bestemt tilstand:

- Fryse
- Varme
- Smelte
-
-

Teknologi til at fjerne materiale:

- Fordampe
- Brænde
- Ætse
- Inficere
-
-

De forskellige forudsætninger, der oven for er opstillet, kan tilvejebringes ved at forarbejde det indkommende plastmateriale gennem bestemte **processer**.

Processer

Spåntagende bearbejdning:

- Høvle
- Save
- File
- Skrabe
- Fræse
- Slibe
- Bore
- Skrælle
- Dreje
- Mejsle
- Gnave
- Raspe
- Hakke
-
-

Plastisk deformation:

- Hamre
- Bukke
- Valse
- Trykke
- Trække
- Strække

- Rulle
- Rette
- Presse
- Klemme
- Vride
- Mase
- Bøje
- Folde
- Tromle
- Banke
- Sno
- Stukke

Skærende deling:

- Klippe
- Skære
- Save
- Lokke
-
-

Deformerende deling:

- Brække
- Rive
- Knuse
- Smuldre
- Mose
- Male
- Bryde

- Flå
- Trevle

Deformerende deling m. værktøj:

- Flække
- Spalte
-
-

Pulveriserende deling:

- Sprænge
- Eksploedere
- Splintre
- Kvase
-
-

Fig. 9 giver et eksempel på vurdering vha. mål/middeltræet

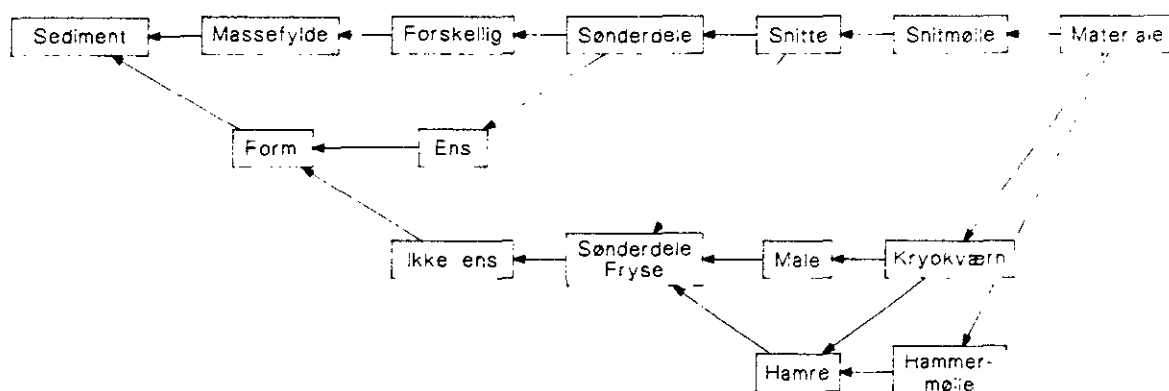


Fig. 9. Eksempel på netværk for vurdering af processer og udstyr til sortering via sedimentation.

5.4 Anvendte teknologier

I dette afsnit gennemgås de referencer, der specielt omhandler sorteringsteknologi.

Af hensyn til overskueligheden grupperes teknologierne således:

- **Generelle erfaringer**
- **Sortering efter produktens egenskaber**
(typer, størrelse, form, vægt)
- **Sortering efter materialeegenskaber**
 - a) massefylde
 - b) overfladeegenskaber
 - c) magnetiseringsmetode
 - d) elektriske egenskaber
 - e) partikelstørrelse

Generelle erfaringer

I den gennemgåede litteratur og øvrige informationskilder er der tre gennemgående elementer:

1. Input materiale til regenereringsanlæg baseres primært på kildesortering.
2. Der findes i dag velfungerende anlæg inden for oparbejdning af specifikke materialetyper.
3. Det er tilsyneladende kun på laboratoriebasis, at det er lykkedes at sortere blandet plast.

Ad 1

De virksomheder, der i dag oparbejder plastaffald med tilfredsstillende kvalitet, baserer alle deres input materiale på kildesortering eller en fysisk adskillelse fra øvrige affaldstyper.

Erfaringerne stammer primært fra genanvendelse af LDPE-folie, men dette materiale udgør også langt den største enkelttype i plastaffaldsmængden.

De forsøg, der hidtil er gjort på at udsortere LDPE fra blandet affald, har ikke givet et regenerat af overbevisende kvalitet. Ingen af forsøgene i Jysk Teknologisk projekt vedrørende genanvendelse af kilde og mekanisk sorterede plastaffald påviste en tilstrækkelig kvalitet i den mekanisk sorterede del [1].

Forespørgsler vedrørende affaldsbehandlingsanlægget i Oslo [22] giver heller ikke et positivt resultat, idet genanvendelses- og regenereringsdelen er lukket pga. tekniske og økonomiske problemer. Det positive indtryk artiklen efterlader, stemmer altså ikke overens med virkeligheden.

Rapporten fra Warren Spring Laboratoriet [9] og artiklen fra USA [15] siger samstemmende, at kun en begrænset del af plastaffaldet kan genanvendes som plast og forudsætningen er, at denne plastdel holdes adskilt fra øvrigt affald.

Ad 2

Tilsyneladende er samtlige de anlæg, som i dag fungerer tilfredsstillende på basis af produktionsaffald eller kilde-sorteret materiale, alle baseret på at oparbejde en type plastmateriale.

Dette betyder nødvendigvis ikke, at anlæggene ikke kan frasortere fremmede materialer, men i højere grad at alle øvrige materialer betragtes som affald i det pågældende anlæg.

Når der ses bort fra oparbejdning af produktionsaffald, er der to-tre dominerende anlægstyper:

- Anlæg til oparbejdning af LDPE-folier
- Anlæg til oparbejdning af PET-flasker
- Anlæg til oparbejdning af PP-batterikasser

Herhjemme er det mest kendte område oparbejdning af LDPE-folie på basis af en vask, sortering efter massefylde i floatationsbeholdere og/eller i hydrocykloner samt en regenerering. [Replast m.fl.]. I denne proces frasorteres store mængder snavs m.v., medens frasorteringen af andre plastmaterialer er meget begrænset bl.a. pga. renhedsgrad af input.

Anlæg til oparbejdning af PET-flasker er ikke kendte i Danmark, men den anvendte teknologi bør naturligvis vurderes [14 m.fl.]. Retursystemet fungerer, og fx frasorteres store mængder papir i disse processer.

En samlet vurdering er derfor, at såfremt der foreligger rimeligt veldefinerede affaldstyper af et rimeligt rent materiale, er genanvendelse muligt.

Ad 3

Der er ikke i den gennemgåede information kilder, som hævder at kunne udsortere forskellige plasttyper fra blandet plastaffald på kommerciel basis. Samtlige de gennemgåede referencer, hvor der sorteres blandet plast, omhandler alle primært laboratorieforsøg. Men da en række af disse referencer er 5-10 år gamle, vil det være naturligt dels at fremhæve principperne og dels senere at følge dem op mht. nuværende udviklingsstadie.

Sortering efter produktenskaber

Da nuværende sorteringsanlæg stort set kræver kildesorteret input, kan det være oplagt at fremhæve produktenskaber som sorteringskriterium.

Sådanne sorteringskriterier kunne være:

- produkttype (folie, dunke, flasker, skum, m.m.)
- produktform (størrelse, vægt, farve, m.m.)

Den manuelle sortering vil i langt de fleste tilfælde være anden teknologi overlegen i disse situationer, idet langt de fleste teknologiske løsninger kræver tilnærmelsesvis ensartede emner for en effektiv sortering.

Fra mekaniske sorteringsanlæg for blandet affald, kendes dog løsninger, hvor lette fraktioner suges af et sorteringsbånd/-tromle. Den lette fraktion skulle indeholde papir og plastfolie.

Disse løsninger kræver stadig en vis form for ensartethed i materialestørrelser, hvorfor en vis sønderdeling er nødvendig.

Da de miljømæssige aspekter ved manuel sortering er problematiske, vil en vis mekanisk sortering før/efter den første sønderdeling dog være at foretrække.

Sortering efter materialeegenskaber

Samtlige indhentede informationer vedrører primært sortering af blandet plast på basis af forskelle i materialernes egenskaber. Informationerne er derfor forsøgt grupperet i henhold til disse egenskaber. Dette hindrer naturligvis ikke, at forskellige metoder kan kombineres eller supplere hinanden.

a) Sortering efter massefylde:

Forskellen i massefylde [bilag 1, tabel 1] er det oftest forekommende sorteringsgrundlag.

Af teknologier kan her nævnes:

- Flyde/synke beholdere med vand eller andre væsker
- Flotation
- Hydrocykloner
- Vindsigter
- Luftcykloner

Disse teknologier anvendes i nuværende anlæg og er velegnet til sortering af fx PE og PVC, da PE har en massefylde under 1, og PVC har en massefylde over 1 g/cm³. Derimod er sorteringsevnen ringe ved sortering af fx EPS og PE eller PVC og PET, men omvendt er der også eksempler på anvendelse af væsker med en massefylde forskellig fra 1 g/cm³.

En effektiv sortering baseret på massfyldeforskellen er samtidig afhængig af rimelig ensartede emnestørrelser.

De forskellige teknologier kan optimeres til specielle formål, men konstruktionsprincipperne skal ikke beskrives nøjere her.

Ud over konstruktiv udformning kan der være tale om at kombinere massfyldeforskellen og andre forskelle i egenskaber som sorteringskriterie. Dette beskrives bl.a. i det følgende.

Der henvises specielt til følgende referencer: [1], [9], [10], [12], [18], [19], [21], [22], [Replast m.fl.].

b) Overfladeegenskaber:

Da forskellen i massefylde ikke i alle henseender er et tilstrækkeligt sorteringskriterium, er der gjort forsøg med at kombinere disse principper med forskelle i plastmaterialeoverfladernes "vædningsevne".

Ligesom massefylde-separationen er kendt fra minedrift, er teknologier til at udnytte forskelle i vædnings- eller befugtningssevne også kendt fra minedriften.

Principielt er der tale om en flotationsteknik, hvor der er tilsat vandet et vædningsmiddel (sulfo, gelantine m.fl.), som har forskellig indflydelse på vædningsevnen hos forskellige plastmaterialer.

Sammenholdes dette med, at luftboblers adhæsion til materialerne ligeledes er forskellig, er der udviklet et specielt sorteringsanlæg for blandet plastaffald. Laboratorieresultaterne viser renhedsgrader fra 96-99%, men vel at mærke på basis af veldefineret input.

Følgende referencer omtaler floteringsmidler m.v. [9], [10] og [11].

c) Magnetiseringsmetoden:

Dette er igen en kombination af forskelle i massefylde og forskelle i andre egenskaber som udnyttes i hhv. en hydrodynamisk - og en hydrostatisk magnetiseringsteknik.

Hydrodynamisk magnetisering

Ved denne teknologi opslemmes plastmateriale i en elektrolyt i et kar.

Karret bevæges samtidig med, at elektrolyt og plastmateriale påvirkes af et magnetfelt fra to permamagneter i karret. Magneterne virker samtidig som anode og katode, idet der sættes strøm til magneterne.

Der opstår nu, foruden ved tyngdekraft og opdrift på plastpartiklen, en kraft hidrørende fra ionbevægelsen i elektrolytten. Denne kraft virker nedadrettet i karret, idet ionerne afbøjes nedad i magnetfeltet, når der går en strøm gennem elektrolytten.

Plastpartiklerne, der ellers ville svømme på overfladen, påvirkes således af en kraft nedad udover tyngdekraft. Da massefylden er forskellig for de forskellige fraktioner og dermed opdrift forskellig, bliver den resulterende kraft på emnerne forskellig, hvorved disse lægger sig i lag i elektrolytten. Referencer [20].

d) Elektriske egenskaber:

Sorteringsgrundlaget er her dels forskelle i elektrostatiske egenskaber og forskelle i dielektriske tabsfaktorer.

De elektrostatiske egenskaber har sammenhæng med overflademodstanden [bilag 1, tabel 15], idet det normalt gælder, at jo større overflademodstand des større evne til elektrostatisk opladning.

Der er gennemført forsøg med sortering på basis af elektrostatisk opladning af blandet plast og efterfølgende passage forbi to divergerende elektrisk ladede kobberplader. Der er tale om laboratorieforsøg, men renhedsgraden på de udsorterede fraktioner var på op til 96%.

Den dielektriske tabsfaktor [bilag 1, tabel 13] er et mål for den energi, der bliver omdannet til varme, når et elektrisk isolerende materiale befinder sig i et elektrisk vekselstrømsfelt.

Der er her beskrevet metoder, som er anvendt specielt ved sortering af PET. Det sønderdelte elektrostatisk opladede materiale tiltrækkes og hænger ved et conveyorbånd. Ved opvarmning mister forskellige materialetyper den elektrostatiske tiltrækning på forskellige tidspunkter og falder af forskellige steder.

Referencer [13], [14].

e) Partikelstørrelse:

Ud over at materialerne har forskellige smeltepunkter, glas-temperaturer m.v., er der jf. afsnittet om materialeegenskaber en afgørende forskel på amorfe og krystallinske materialer.

Denne forskel kan muligvis udnyttes i sønderdelingsteknologier, idet flere af disse baseres på, at materialet er skørt.

Der arbejdes på flere områder med kryoteknik i forbindelse med sønderdeling.

Det er kendt, at forskelle i materialernes "skørhed" kan medføre, at et materiale sønderdeles nemt i ensartede dele, medens et andet materiale ved samme temperatur er sejt, og sønderdeles vanskeligt og i meget uensartede stykker.

Der er ikke fundet referencer om kryoformaling af blandede plastmaterialer, men det vurderes, at disse teknologier vil være relevante for en ensartet emnestørrelse, når blandet plastaffald skal sorteres effektivt.

Såfremt der kan opnås "styrede" forskelle i partikelstørrelse, vil kendte sigtningsprincipper være relelvante.

Referencer [19], [div. firmaoplysninger].

5.5 Vurdering

Disse vurderinger baseres primært på det gennemgåede materiale samt på samtaler med enkelte personer med tilknytning til området.

Det er således væsentligt at understrege, at der ikke er gennemført egentlige studiebesøg, foretaget egne tekniske analyser eller lignende.

Vurderingerne vil omfatte følgende hovedområder:

- Typer af affald til regenerering
- Produkt- og materialeegenskaber
- Anvendte teknologier til sortering
- Systematik ved fortsat udvikling af sorteringsteknologier

Typer af affald til sortering

I denne udredningsopgave er det på forhånd givet, at et evt. anlægs output skal være renest mulige råvare af specificeret type til egenproduktion eller salg, samt at anlægget primært skal være baseret på mekaniske processer.

Der er intet i det gennemgåede materiale, der tyder på, at der på markedet findes anlæg, der umiddelbart kan foretage en sådan sortering på blandet plastaffald. Tværtimod tales der fra flere sider om, at en kritisk kildesortering er en absolut forudsætning for et kvalitetsmæssigt og prismæssigt tilfredsstillende regenerat. Ved de laboratorieforsøg med blandet plast, hvor der er tale om rimelige resultater, har input materialet ligeledes været af en veldefineret kvalitet.

Der nævnes bl.a., at det må forventes, at max. ca. 25% af den samlede plastaffald kan genanvendes ad denne vej. Den resterende mængde må udnyttes via pyrolyse eller forbrænding.

- ✓ Ca. 40% af plastaffaldet kan henføres til emballageområdet. Det er derfor afgørende, at erhverv med store mængder emballageaffald er velmotiverede for at holde affaldet adskilt.

Sammenholdes ovenstående med den materialeteknologiske udvikling med mere komplekse materialer og mange flere materialetyper, må det forventes, at teknologier til mekanisk sortering og rensning af blandet plastaffald vil blive udviklet og anvendt til en lille, men økonomisk attraktiv del af plastaffaldet.

Produkt- og materialeegenskaber

Produktegenskaberne vil være væsentlige parametre ved kilde-sortering/forhåndssortering. Størrelse, vægt, folie, dunke, rent, beskidt, vådt, tørt osv. er alle kriterier, som er relativt enkle at benytte som baggrund for en manuel forhåndssortering. Det er derimod straks vanskeligere at sortere PE, PVC, PP osv. hver for sig, med mindre affaldet stammer fra kendte produktioner. Med de nuværende refererede sorteringsteknologier skal der finde en forhåndssortering sted.

Massefyldeforskellen er karakteristisk for en række plastmaterialer, og specielt hvor værdierne befinder sig på hver sin side af 1, er massefylden et egnet sorteringskriterium. Men da der altid vil være tale om mere end to plasttyper, vil en efterfølgende sortering på andre kriterier være nødvendig.

Forskelle i mekaniske egenskaber vurderes primært at have interesse i forbindelse med valg af sonderdelingsteknologi. Her er det specielt sammenhængen mellem temperatur og hårdhed/skørhed, der kan have interesse. Denne forskel kan muligvis anvendes til at opnå forskellige partikelstørrelse på forskellige materialer, hvorefter partikelstørrelsen kan være sorteringskriteriet.

Under alle omstændigheder vil en ensartet partikelstørrelse være forudsætning for anvendelse af en række teknologier.

Forskelle i smeltepunkter vurderes primært at have betydning i ekstruderingsprocessen ved den egentlige regenerering, hvor ikke smeltede partikler kan opfanges af filteret.

Forskelle i varmeledningsevne og varmemefylde vurderes ikke umiddelbart at have betydning mht. sorteringskriterium, da det blandede plastaffald vil være meget inhomogent.

Forskelle i de elektriske egenskaber forventes i tørre processer at være et egnet sorteringskriterium. Specielt hvis egenskaberne afhængighed af temperatur, frekvens m.v. tages med i betragtning.

Generelt gælder, at der givetvis ved fremtidige vurderinger af sorteringsteknologier skal ofres væsentlig mere opmærksomhed på de "dynamiske" materialeegenskaber. Dvs. hvordan opfører de forskellige materialer sig, når en række parametre ændrer sig?

Anvendte teknologier til sortering

Dette projekt indeholder i afsnit 5.4 en gennemgang af en del tilgængelig litteratur omkring anvendte teknologier ved sortering af blandet plastaffald.

Nedenstående er opstillet en samlet vurdering af de i artiklerne omtalte teknologier. De enkelte teknologier er vurderet på følgende kriterier, idet disse hver især tillægges point mellem 0 og 3, alt afhængig af hvor attraktiv teknologien er.

Vurderingskriterium:

- Teknisk egnethed	Lille = 0 Stor = 3
- Teknisk kompleksitet	Stor = 0 Lille = 3
- Teknisk udviklingsstade	Lidt = 0 Meget = 3
- Teknisk usikkerhed	Stor = 0 Lille = 3
- Sorteringskvalitet	Lav = 0 Høj = 3

Det var oprindeligt projektgruppens agt også at vurdere anvendte teknologier på økonomi. Vi har imidlertid ikke medtaget økonomi som vurderingskriterium i denne opstilling, idet det ikke har været muligt at vurdere denne parameter ud fra de givne oplysninger.

I vurderingsskemaet har vi valgt at vægte vurderingskriteriet: Teknisk egnethed dobbelt så meget som de øvrige kriterier, idet vi har vurderet, at denne parameter er den altafgørende.

Vurderingsskemaet resulterer således i en prioritering af de enkelte teknologier, idet den mest egnede teknologi således tildeles det højeste pointantal.

Vurderingsskema:

VURDERINGSKRITERIUM	TEKN. EGNET	TEKN. KOMPLEKS	TEKN. UDV.	TEKN. USIKKER	SORT. KVALITET	TOTAL VÆGTET
SORTERINGSTEKNOLOGI:						
1. Flyde/synke	3	3	3	1	1	15
2. Flotation	3	2	3	2	2	15
3. Hydrocyklon	3	3	2	2	2	15
4. Vindsigte	1	3	3	1	2	11
5. Luftcyklon	1	2	2	1	1	8
6. Overfladevædning	2	2	1	1	2	10
7. Magnetisering	3	1	0	1	2	10
8. Elektrostatisk	2	1	0	1	2	8
9. Kryoformaling/ sigte	2	2	2	2	2	12

Ikke anvendte teknologier til sortering

Et af målene med dette projektarbejde var at finde nye anvendelige teknologier til sortering af blandet plastaffald.

Den valgte fremgangsmåde for at nå dette mål er opdelt i tre trin, hvor nærværende vurdering er det tredje og afsluttende trin.

1. trin: Udarbejdelse af en oversigt over de væsentlige fysiske og kemiske egenskaber for udvalgte plasttyper:
 - Polyethylen
 - Polystyren
 - Polyvinylchlorid
 - Polypropylen
 - Polyethylen Terephthalat
2. trin: Gennemgang af basale sorteringsteknologier, som i øvrigt førte frem til en generel systematisk fremgangsmåde til opstilling af sorteringsteknologier og hermed forbundne processer.

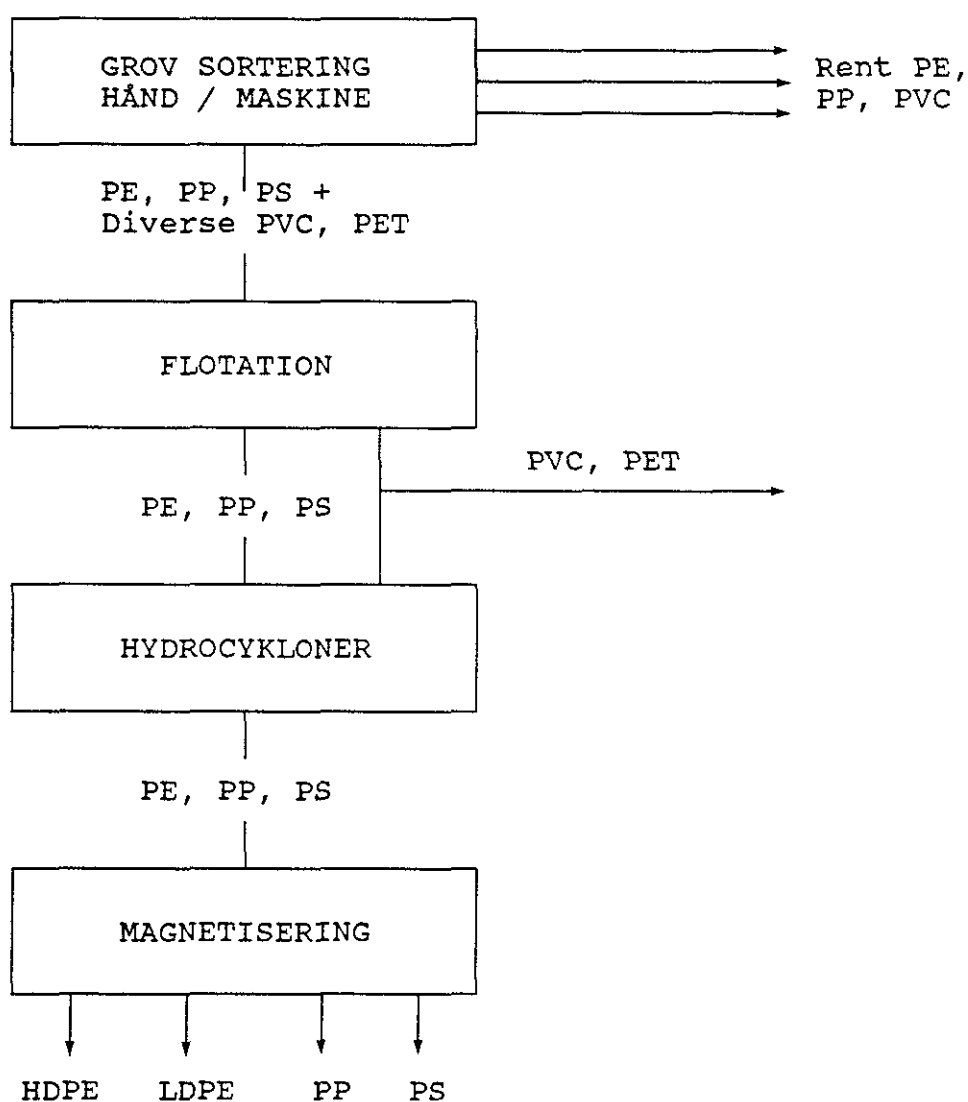
Projektarbejdet med ovenstående to trin førte imidlertid ikke til et resultat, hvor der foreligger et konkret forslag til en eller flere umiddelbart anvendelige sorteringsteknologier til plastaffald.

Det er dog, på trods af resultatet, projektgruppens overbevisning, at det er muligt at anvende det foreliggende materiale ved en fortsat systematisk opbygning af sorteringsteknologier for blandet plastaffald.

5.6 Anbefalinger

En sådan opbygning skal for at opnå de bedste resultater ske med behørig skelen til, hvordan affaldsplast genereres, og hvordan det op- og indsamles.

Et anlæg for separering af blandet affaldsplast kunne herefter tænkes opbygget, som følger:



Flotation kombineret med hydrocykloner anvendes i dag industrielt i forbindelse med regenerering af PE til frasoortering af PVC og andre urenheder. Den udvidede anvendelse der her er tale om, er der imidlertid behov for en gennemprøvelse af.

Det andet hovedelement i en sådan anlægsopbygning er magnetisering. Denne er ikke udviklet i en sådan grad til plastseparering, at den i dag anvendes industrielt. Omvendt er metoden jf. vurderingsskemaet side 43 teknisk yderst lovende, hvorfor en udbygning inden for området synes at være relevant.

Det anbefales derfor, at der søges etableret maskinopstillinger til gennemførelse af brede separeringsprøver i stor skala med hhv. flotation/hydrocykloner og magnetisering.

L I T T E R A T U R L I S T E

[1]

BOG:

Forfatter: Jysk Teknologisk

Titel: Materialestrømsanalyse for polymere materialer
i DK

Udgave: 1

Trykkested: JT, Teknologiparken, 8000 Århus C

Trykkeår: 1985

[2]

TIDSSKRIFT:

Navn: Kunststoffs

Årgang: 79

Nummer: 10

Sidetall: 893 - 941

Årstal: 1989

Forfatter navn: H. Kampmann, Mare PVC
M. Herner og H.J. Wolter LDPE/LLDPE
F. Bestgen HDPE
G. Beer PP
H. Jenne PS/SB

Artiklens navn: Der Kunststoffmarkt in Westeuropa

[3]

BOG:

Forfatter: Steffen Rossof, Jysk Teknologisk

Titel: Kildeindsamling af PVC, PS og PE-affald i Københavns kommune

Udgave: 1

Trykkested: Århus, JT

Trykkeår: 1988

Sammenfatning af de aktuelle afsnit i bogen:

Rapporten omfatter et forsøg med indsamling af plastaffald fra erhverv. Forsøgsresultaterne er fordelt på branche og materialetype, og giver derfor et indtryk dels af det mængdemæssige forhold mellem plasttyperne og dels af mængderne indenfor de enkelte brancher.

[4]

Forfatter: Hoechst AG

Titel: Datablade vedr. Hostalen, LD, HD, PP, Hostyren, Hostalit

Udgave:

Trykkested: Hoechst AG, 6230 Frankfurt (M) 80

Trykkeår:

[5]

Forfatter: Teknoplast A/S

Titel: Oversigtsskema vedr. konstruktionsplast

Udgave:

Trykkested: Teknoplast A/S, Postbox 4, 5000 Odense

Trykkeår:

[6]

Forfatter: Molytex A/S

Titel: Tekniske data for konstruktionsplast 1+2

Trykkested: Molytex A/S, Nyholms Allé 43-45, 2610 Rødovre

[7]

BOG:

Forfatter:

Titel: Materialval och materialdata

Udgave: 1

Trykkested: Sverige Mekanförbund

Trykkeår: 1984

[8]

BOG:

Forfatter: Karl Oberbach

Titel: Kunststoff Kennwerte für konstruktore

Udgave: 1

Trykkested: Carl Hauser Verlag, München

Trykkeår: 1975

[9]

BOG:

Forfatter: Raymond New

Titel: Plastics Waste Recycling in the United Kingdom

Udgave: 1

Trykkested: Department of Trade and Industry, Warren Spring Laboratory

Trykkeår: April 1986

Sammenfatning af de aktuelle afsnit i bogen:

Er en opsummering (april 1986) over det samlede udviklingsstadie for plastgenanvendelse. Rapporten omfatter en gennemgang af plastaffaldsmængder og kilder, genanvendelser, potentialer, separationsmetoder og kemisk/termiske metoder.

x Af speciel interesse her er en række referencer vedr. separationsteknikker. En del af disse referencer vil blive behandlet særskilt, (se øvrige referencer) og skal derfor ikke omtales yderligere her. Men det konkluderes i rapporten, at de fleste separeringsmetoder er baseret på materialernes densitet og/eller overfladeegenskaber. Sådanne metoder er ikke tilstrækkelige når det drejer sig om armerede, laminerede, coatede eller fyldte materialer. Metodens anvendelse begrænses derfor til plastaffald fra kendte kilder, hvor affaldstypen er kendt. For øvrigt plastaffald henvises til kemisk/termiske processer.

[10]

TIDSSKRIFT:

Navn: Plastverarbejder

Årgang: 32 **Nummer:** 9

Sidetal: 1257 - 1261 **Årstal:** 1981

Forfatter navn: Lauer W.

Artiklens navn: Rückführung von Kunststoffabfällen

Sammenfatning af artiklens indhold:

En samlet gennemgang af de i 1981 kendte teknologier, herunder sønderdeling af materialer med "Schneidmühle" og "Prallmühle", flotation med forskellige flotationsmidler, sortering i vand eller luft på grundlag af massefylde forskelle, hydrocykloner samt forskellige sammensatte metoder. Specielt behandles plastflasker (PVC og PET) og folie. Artiklen vurderes stadig at give et udmærket overblik.

[11]

KONFERENCE:

Navn: Proc. of the 5th mineral waste utilization symposium
Arrangør: US Bureau of Mines and IIT Research Institute
Sted: Chicago, Illinois
År: 1976, April 13-14

Forfatter navn: Saitoh K., Nagano I., Izumi S.

Artiklens navn: New separation technique for waste plastics

Sammenfatning af konferensens indhold:

Ved at ændre plastmaterialers overfladeegenskaber selektivt, i retning fra vandskyende mod nemmere at befugte eller omvendt, er der udviklet en sorteringsteknologi, hvor selv materialer med samme specifikke massefylde kan separeres ved flotation. Der omtales dels hvordan overfladeegenskaberne ændres ved at tilsætte en eller flere "wetting agents" og dels forskellige ændringer ved forskellige materialer (PE, PS, PP, PVC).

Der er konstrueret en speciel flotationsseparator og gennemført forsøg også på blandet plastaffald fra 40.000 husholdninger. Den her genvundne plastfraktion blev anvendt til produkter af blandet plast.

Vurdering af konferencens systemer: Metoder, teknologier, anlæg:

Teknisk kompleksitet: Rimelig
Teknisk usikkerhed: Rimelig
Teknisk egnethed: Rimelig
Teknisk udviklingsstade: Bør undersøges, metoden kendt fra minedrift.
Kapacitet: < 300 kg/h
Kvalitet: Ved lab. test god

[12]

TIDSSKRIFT:

Navn: Journal of Energy Engineering

Årgang: vol 112 **Nummer:** 1

Sidetal: 1 - 13 **Årstal:** 1986

Forfatter navn: Stessel R.I. and Peirce J.J.

Artiklens navn: Comparing Pulsing Classifiers for Waste-to-Energy

Sammenfatning af artiklens indhold:

Effektiviteten af vindsigter diskuteres. Der er gennemført forsøg med en ny type vindsigte, baseret på en pulserende luftstrøm. Der er vist skitser af forsøgsanlæg samt foretaget sammenlignelige forsøg mellem forskellige eksisterende typer og den nye type. Der dokumenteres en væsentlig bedre effektivitet ved den pulserende luftsigte. (Lige 78,6%, Zig-zag 79%, Pulserende 90%).

Vurdering af artiklens systemer: Metoder, teknologier, anlæg:

Teknisk kompleksitet: Rimelig

Teknisk usikkerhed: Rimelig, men er den i drift?

Teknisk egnethed: Rimelig

[13]

TIDSSKRIFT:

Navn: Resource Recovery and Conservation

Årgang: 1978

Nummer: 3

Sidetæl: 179 - 190

Årstal:

Forfatter navn: Pearse M.J. and Hickey T.J.

Artiklens navn: The separation of mixed plastics using a dry, triboelectric technique

Sammenfatning af artiklens indhold:

Blandet plast gøres statisk elektrisk ved friktion mod væggen i en luftcyklon. Herefter ledes materialet forbi to elektrisk divergerende kobberplader (jord og -30kV). Forskellen i afbøjningen af faldretningen for de elektriske ladede materialer dannede sorteringsgrundlaget. Der er tale om laboratorieforsøg med rene blandede materialer, bl.a. PVC, PE og PA. Ved denne blanding er der opnået op til 96% renhed for 60-70% af materialet ved et gennemløb. Forsøgsopstilling og resultater er beskrevet.

Vurdering af artiklens systemer: Metoder, teknologier, anlæg:

Teknisk kompleksitet: Rimelig

Teknisk usikkerhed: Krav til inputbetingelser (mtr., fugt)

Teknisk egnethed: Usikker

Teknisk udviklingsstade: Laboratorieforsøg

Kvalitet: Rimelig på godt input

[14]

TIDSSKRIFT:

Navn: Resources and Conservation

Årgang: 1984

Nummer: 11

Sidetal: 117 - 141

Årstal:

Forfatter navn: Datye K.V., Raje H.M. and Sharma N.D.

Artiklens navn: Polyethylene Terephthalate waste and its utilisation: A review

Sammenfatning af artiklens indhold:

En gennemgang af mulighederne for oparbejdning af PET affald. Gennemgangen omfatter traditionel regenerering samt opløsning m.v.

Af speciel interesse her: U.S. patent 4.162.880 (juli 1979) som omhandler separation af PET i forbindelse med genanvendelse af forskellige dielektriske tabsfaktorer. Det sønderdelte elektrostatiske opladede materiale, tiltrækkes og hænges ved et conveyor bånd. Ved opvarmning mister forskellige materialetyper tiltrækningen på forskellige tidspunkter og falder af forskellige steder.

Generelt vurderes de kemiske metoder som værende de eneste anvendelige, såfremt materialet er blandet og kraftigt forurenet.

Vurdering af artiklens systemer: Metoder, teknologier, anlæg:

Teknisk kompleksitet: Komplet, men PET flasker indgår i genanvendelsessystemer

Teknisk egnethed: Ja

Teknisk udviklingsstade: Bør undersøges nøjere

Kapacitet: Ukendt

Kvalitet: Afhængig af input

Økonomi: Ukendt

[15]

TIDSSKRIFT:

Navn: Waste age

Årgang: 18

Nummer: 7

Sidetæl: 55 - 60

Årstal: 1987

Forfatter navn: Curlee T.

Artiklens navn: Plastics recycling faces barriers

Sammenfatning af artiklens indhold:

Udredningsarbejde vedr. udviklingen i plastaffaldsmængder og hindringer for en øget genanvendelse. Artiklen er primært en overordnet vurdering baseret på kendt teknologi, affaldsmængder og specielt økonomiske muligheder.

Definerer 4 genvindingsprincipper fra regenerering til energidnyttelse. På grundlag af affaldsmængder og erfaringer med specielt PET flaskerne og pantsystemer konkluderes, at der er væsentligt at holde værdifuldt plastaffald adskilt fra øvrigt affald. Pantsystemer er en reguleringsmulighed.

Max. 25% af den samlede plastaffaldsmængde kan genvindes som plast. Da ca. 43% af affaldet er emballage, skal der sættes på de områder, hvor det kan lade sig gøre at holde plastaffaldet isoleret. Her nævnes transportindustri, elektronikindustri og maskinindustri.

[16]

TIDSSKRIFT:

Navn: Müll and Abfall

Årgang: 18

Nummer: 6

Sidetal: 238 - 242

Årstal: 1986

Forfatter navn: Herrier J.

Artiklens navn: Ist ein umweltverträgliches Recycling von
Kunststoffabfällen aus dem Hausmüll möglich

Sammenfatning af artiklens indhold:

De miljømæssige aspekter ved plastgenanvendelse gennemgås.
Der foreligger måleresultater i forbindelse med vask, sortering og regenerering, men hovedindholdet fokuserer på blandede plastprodukter, pyrolyse og forbrænding.

Ved den egentlige vask, sortering og regenerering nævnes specielt vandforbruget. Dette kan ved recirkulation mv. holdes på 3 m³/h ved en plastproduktionsmængde på 1000 kg/h.

[17]

TIDSSKRIFT:

Navn: Plastverarbejder

Årgang: 2

Nummer: 35 del 1-4

Sidetal: 140

Årstal: 1984

Forfatter navn: U. Neumann

Artiklens navn: Betriebserfahrungen bei der verarbeitung, gestaltung und anwendung von kunststoffen.

Sammenfatning af artiklens indhold:

Artiklen omhandler forskellige teknikker ved genanvendelse af plast:

- SMELTE-EXTRUDERING:

Her omtales forskellige teknikker ved anvendelse af extruders, hvor man går ud fra at plasten er sorteret.

- PYROLYSE:

Under pyrolyse, der ikke er en forbrænding, opdeles kunststofferne i deres kemiske bestanddele.

- HYDROLYSE:

Hydrolyse er genanvendelse af nødvendige udgangsprodukter til fremstilling af bestemte kunststoffer. Hydrolyse er en proces der forløber under tilsætning af vanddamp under højt tryk og temperatur.

Vurdering af artiklens systemer: Metoder, teknologier, anlæg:

Teknisk kompleksitet: Pyrolyse: Kompliceret
Hydrolyse: Kompliceret

Teknisk usikkerhed: Pyrolyse kan anvendes ved store urenheder i udgangsmaterialet.
Hydrolyse kræver større renhed.

Teknisk egnethed: Stor

Teknisk udviklingsstade: Ikke ret langt udviklet

Kvalitet: Stor renhed

[18]

TIDSSKRIFT:**Navn:** Maschinenmarkt**Årgang:** 92**Nummer:** 43**Sidetal:** 38**Årstal:** 1986**Forfatter navn:** T. Bram**Artiklens navn:** Hydrocyklone richtig einbauen**Sammenfatning af artiklens indhold:**

Artiklen omfatter en beskrivelse af hydrocykloners virkemåde, samt oplysninger om hvorledes hydrocykloner bør indbygges i anlæg for at opnå maximal effektivitet.

Hydrocyklonens placering i et rørsystem har ingen indflydelse på udskillelsesgraden. F.eks. har man prøvet at dreje cyklonen i forhold til lodret uden det fik indflydelse. Forsøg har vist at konusviklen har stor indflydelse på udskillelsesgraden, mindre konusvinkel: større udskillelsesgrad.

Hydrocykloner med flad bund har den fordel, at de ikke stopper til i udgangsdysen samt at faststofkoncentrationen i udgangsdysen er konstant, selv ved svingende indløbsflow.

Vurdering af artiklens systemer: Metoder, teknologier, anlæg:

Teknisk kompleksitet: Enkel**Teknisk usikkerhed:** Lille**Teknisk egnethed:** Meget stor**Teknisk udviklingsstade:** Højt udviklet**Kvalitet:** God

[19]

TIDSSKRIFT:

Navn: Mull und Abfall

Årgang: 1

Nummer: 18

Sidetal: 9-15

Årstal: 1986

Forfatter navn: H. Heiner

Artiklens navn: Wirtschaftliches Recycling von Verbundwerkstoffen und Edelmetallen

Sammenfatning af artiklens indhold:

Artiklen omhandler generelt anvendelse af flydende kvælstof til køling af forskellige komplekst sammensatte dele, med henblik på at separere disse i deres enkelte dele gennem fx klipning efter nedkøling.

Et omtalt indsatsområde er nedmaling af tekniske profiler fra bil og møbelindustri. Man har nedkølet og derefter opklippet emnerne i en snittemølle.

Separering af profilerne i bestanddelene PVC og Aluminium foretages i en vindsigte. Yderligere succesrige forsøg er foretaget med kantprofiler til automobiler bestående af PVC med stål og kordindlæg.

Vurdering af artiklens systemer: Metoder, teknologier, anlæg:

Teknisk kompleksitet: Simpelt

Teknisk usikkerhed: Lille

Teknisk egnethed: Måske god, taget i betragtning, at vægtfyldeforskel er meget stor

Teknisk udviklingsstade: Veludviklet

Kvalitet: God

[20]

TIDSSKRIFT:

Navn: Separation Science

Årgang: 10

Nummer: 2

Sidetal: 119-131

Årstal: 1975

Forfatter navn: U. Andres

Artiklens navn: On New Single-operation Magnetic Methods for separation of Comminuted Solid-Waste Components

Sammenfatning af artiklens indhold:

Artiklen omtaler to metoder til separering af granuleret plast:

- MHD: Hydrodynamisk magnetiseringsteknik
- MHS: Hydrostatisk magnetiseringsteknik

Begge processer tillader separering af en blanding af flere forskellige plasttyper. Fem forskellige typer har været afprøvet med vægtfylde varierende fra 1,06 - 1,40 g/cm³. Det er væsentligt at hæfte sig ved at processen er en eet-trins proces, altså ikke som hidtil: Flere på hinanden følgende processer.

MHD: Processen forløber i et rektangulært kar, hvor en vandig opløsning af NaOH indeholder blandingen af plast. Karret udsættes for frem og tilbagegående bevægelser, samtidig med at et magnetfelt etableres i karret.

Resultatet af processen er frastødningskraft i væsken, ikke kun på vægtfylde, men også ved elektromagnetisk kraft på massefylden.

Følgende parametre kan varieres i processen: Frekvens og amplitude af magnetfelt, bevægelsesmønstre, og dybde af elektrolyt over karrets bund.

MHS: Ved denne proces er plastpartiklerne opslemmet i en magnetisk væske, der udsættes for et magnetfelt med varierende feltstyrke. De forskellige plasttyper med forskellig massefylde stiller sig også her på frastødning af partikler med forskellig massefylde.

Vurdering af artiklens systemer: Metoder, teknologier, anlæg:

Teknisk kompleksitet: Enkel

Teknisk usikkerhed: Formentlig stor

Teknisk egnethed: Stor

Teknisk udviklingsstade: Meget lidt udviklet

[21]

TIDSSKRIFT:

Navn: Europa-Chemie

Årgang:

Nummer: 7

Sidetal: 109

Årstal: 1981

Artiklens navn: Wiederverwertung von kunststoff:
Hydrozyklon trennt auch vermischte kunststoff abfalle.

Sammenfatning af artiklens indhold:

Artiklen indeholder en beskrivelse af et plastsorteringsanlæg, hvis hovedbestanddel er hydrocykloner. Anlægget er udviklet af Institut für aufbereitung der TU, Clausthal. Sammenfatning af forsøgsresultaterne kan fås fra: Verband Kunststoffherzeugende Industri VKE, Karlsstrasse 21, 6000 Frankfurt/Main.

Anlægget, der er vist på flowsheet, er i stand til at adskille forskellige plastfraktioner fra en blanding af disse. Anlægget er patentanmeldt, så det må tidshorisonten taget i betragtning, være muligt at få et udskrift af patentansøgningen.

Et pilotanlæg har været prøvekørt med blandet kunststofindustriaffald samt kunststof fra husholdningsaffald. Prøvekørslerne har vist at anlægget ikke er ømfindtlig overfor indhold af fremmedstoffer.

Forudsætning for sortering i anlægget er, at det tilgående materiale er snittet til små stykker på mindre end 20 mm. Materialet slemmes op i vand og tilføres anlægget, der gennem flere cykloner sorterer materialet i forskellige fraktioner. Det er ikke oplyst med hvilken renhedsgrad man er i stand til at sortere.

Anlægget er opbygget af en opslemningsbeholder: 1, hvorfra det opslemmede materiale ledes til en forrådsbeholder: 2. Fra forrådsbeholderen pumpes råmassen til den første hydrocyklon, hvor første fraktion tages ud og afvandes efterfølgende på en afvandingssi: sandsynligvis en Buesi.

Det ikke sorterede materiale fra den første hydrocyklon ledes til forrådsbeholder: 2A, hvorfra der pumpes til den anden hydrocyklon, hvorfra anden og tredje fraktion udtages.

Vurdering af artiklens systemer: Metoder, teknologier, anlæg:

Teknisk kompleksitet: Simpelt

Teknisk usikkerhed: Lille

Teknisk egnethed: Meget stor

Teknisk udviklingsstade: Veludviklet?

Økonomi: Investeringsomkostninger for et anlæg med kapacitet 4000 ton/år samt 2 fraktioner oplyses at være: 140 kr/ton (1981).

Investeringsomkostninger for et anlæg med kapacitet 2000 ton/år samt een fraktion oplyses at være: 170 kr/ton (1981).

[22]

TIDSSKRIFT:**Navn:** Plastforum Scandinavia**Årgang:** 8**Nummer:** 7-12**Sidetal:** 68-72**Årstal:** 1986**Forfatter navn:** Fure**Artiklens navn:** Norska plastsopor återvinns med modernasta teknologin**Sammenfatning af artiklens indhold:**

Artiklen giver en beskrivelse af et plastgenvindingsanlæg i Oslo. Plastanlægget ligner på mange måder Replast i Vojens, men input materialet er et andet. I anlægget regenereres primært LDPE fra bæreposer i husholdningsaffald samt en mindre del industriaffald. 80-90% af den regenererede plast er LDPE med et smelteindex noget under 1, og en vægtfylde på 0.922 g/cm^3 .

Husholdningsaffaldet indeholder typisk 7% plast, hvoraf 5% er PE, 1% er PVC, og 1% div. andre plasttyper. Anlægget genanvender 50% af PE, hvorimod de resterende 50% PE og andre plasttyper frasorteres og afbrændes i anlæggets forbrændingsdel.

Hvordan PVC og andre plasttyper sorteres fra PE er ikke oplyst i artiklen.

Anlægget er nyudviklet med basis i affaldssortering fra et Italiensk anlæg, der har været i drift i Rom i 22 år. Firma Kværner Brug A/S har bygget anlægget, og ejer samtidig anlægget samt rettighederne til den teknologi, der anvendes.

Primærsortering er en tør proces, hvor plast og papir frasorteres i en opadgående luftstrøm. Plast og papir sorteres efter at være kørt gennem en kværn, hvor papir slås til små stykker og plast stort set bevarer sin oprindelige form. Det er ikke oplyst hvordan plast og papir herefter sorteres/separeres.

Plastfraktionen vaskes to gange med mellemliggende og afsluttende opkoncentrering i hydrocykloner, hvorefter der produceres et granulat, der kan anvendes til folieblæsning, formsprøjtning og profilextrudering.

Vurdering af artiklens systemer: Metoder, teknologier, anlæg:

Teknisk kompleksitet: Rimelig

Teknisk egnethed: Meget stor

Teknisk udviklingsstade: Langt udviklet

Kapacitet: 3600 ton LDFE/år

Kvalitet: Meget god

[23]

BOG:

Forfatter: William D. Robinson

Titel: The Solid Waste Handbook

Udgave: 1.

Trykkested: United States of America

Trykkeår: 1986

Sammenfatning af de aktuelle afsnit i bogen:

Bogens afsnit 12.6.5 Shear shedder Manufactures omfatter en beskrivelse af 3 typer "sigte":

- Vibrationssigter
- Rotationssigter
- Disksigte

Karakteristisk for alle tre teknologier er at størrelsen af emnerne er sorteringskriterie.

Erfaringer viser at rotationssigten er den maskine der kører mest uproblematisk, idet disksigten skal renses meget ofte i forhold til rotationssigten.

Typiske anvendelsesområder er:

- Vibrationssigte: Sigtning af fine fraktioner i kst. strøm
- Rotationssigte: Sigtning af glas til genanvendelse
- Disksigte: Sortering før og efter klipning af materialet

Vurdering af bogens systemer: Metoder, teknologier, anlæg:

Teknisk kompleksitet: Rimeligt ukompliceret

Teknisk usikkerhed: Sikkert afprøvet materiel

Teknisk egnethed: Ikke egnet til fraktionering af plast

Teknisk udviklingsstade: Er videreudviklet siden år 1500

Kapacitet: Rotationssigter op til 60 ton/h

Kvalitet: God størrelsessigtningskvalitet

B I L A G 1

MATERIALEEGENSKABER

Massefylde [g/cm^3] (DIN 53479)

LDPE	0,91 - 0,93
HDPE	0,94 - 0,96
PS	1,05
(EPS)	(0,015- 0,060)
PVC - hård	1,38 - 1,55
PVC - blød	1,16 - 1,35
PP	0,90 - 0,91
PET	1,33 - 1,37

Tabel 1

Trækstyrke [N/mm^2] (DIN 53455)

LDPE	8 - 23
HDPE	18 - 35
PS	45 - 65
PVC - hård	25 - 80
PVC - blød	14 - 35
PP	21 - 37
PET	(55)

Tabel 2

Brudforlængelse [%] (DIN 53453)

LDPE	300 - 600
HDPE	300 - 700
PS	3 - 4
PVC - hård	10 - 50
PVC - blød	170 - 400
PP	ca. 700
PET	200 - 300

Tabel 3

Elasticitetsmodul (træk) [N/mm²] (DIN 53457)

LDPE	150 - 500
HDPE	700 - 1499
PS	8000 - 3500
PVC - hård	1000 - 3500
PVC - blød	-
PP	700 - 1300
PET	(2200)

Tabel 4

Kærvslagstyrke [kJ/m²] (DIN 53453)

LDPE	ej brud
HDPE	ej brud
PS	2 - 5
PVC - hård	2 - 50
PVC - blød	ej brud
PP	3 - 17
PET	(3 - 6)

Tabel 5

Slagstyrke [kJ/m²] (DIN 53453)

LDPE	ej brud
HDPE	ej brud
PS	5 - 20
PVC - hård	ej brud
PVC - blød	ej brud
PP	ej brud
PET	ej brud

Tabel 6

Kugletrykhardhed [N/mm²] (DIN 53456)

LDPE	18 - 26
HDPE	45 - 64
PS	145 - 160
PVC - hård	110 - 130
PVC - blød	0 - 70
PP	63 - 68
PET	(100 - 150)

Tabel 7

Smeltepunkt [°C] (DIN 7724) (Glasovergangstemperatur)

LDPE	110 - 118
HDPE	125 - 140
PS	
PVC - hård	
PVC - blød	
PP	160 - 165
PET	225

Tabel 8

Varmefylde [kJ/kg.K] (DIN 52612)

LDPE	2,1 - 2,5
HDPE	1,7 - 2,1
PS	1,2 - 1,3
PVC - hård	0,8 - 1,1
PVC - blød	-
PP	1,3 - 1,7
PET	1,3

Tabel 9

Varmeledningsevne [W/m.K] (DIN 52612)

LDPE	0,32 - 0,45
HDPE	0,46 - 0,51
PS	0,14 - 0,16
PVC - hård	0,14 - 0,17
PVC - blød	0,11 - 0,15
PP	0,17 - 0,22
PET	0,24

Tabel 10

Lineær varmeudvidelseskoefficient
[K⁻¹, 10⁻⁵]

LDPE	20 - 25
HDPE	15 - 20
PS	7 - 8
PVC - hård	6 - 9
PVC - blød	15 - 21
PP	14 - 18
PET	8

Tabel 11

Dielektricitetskonstant [10⁶ Hz]
(DIN 53483)

LDPE	2,3
HDPE	2,35
PS	2,5
PVC - hård	2,7 - 3,5
PVC - blød	-
PP	2,5
PET	3,6

Tabel 12

Dielektrisk tabsfaktor [10^6 Hz]
(DIN 53483)

LDPE	$< 2 \times 10^4$
HDPE	$< 10^4$
PS	$< 3 \times 10^4$
PVC - hård	0,013
PVC - blød	
PP	2×10^4
PET	0,002

Tabel 13

Specifik modstand [Ω/cm]
(DIN 53482)

LDPE	$> 10^{17}$	
HDPE	$> 10^{17}$	
PS	10^{14}	$- 10^{18}$
PVC - hård	$> 10^{15}$	
PVC - blød	$> 10^{10}$	$- 10^{11}$
PP	$> 10^{16}$	
PET	$> 2 \times 10^{16}$	

Tabel 14

Overflademodstand [Ω] (DIN 53482)

LDPE	10^{13}	$- 10^{14}$
HDPE	10^{13}	$- 10^{14}$
PS	10^{13}	$- 10^{14}$
PVC - hård	10^{13}	
PVC - blød	10^{11}	$- 10^{12}$
PP	$> 10^{13}$	
PET	5×10^{14}	

Tabel 15

Gennemslagsspænding [kV/mm] (DIN 53481)

LDPE	40
HDPE	40
PS	> 50
PVC - hård	20 - 40
PVC - blød	23 - 35
PP	77 - 100
PET	115

Tabel 16