



Miljøministeriet  
Miljøstyrelsen

# Feasibility-studie af behandlingsmetoder til shredderaffald

Jesper Cramer  
Birgitte Holm Christensen  
Pia Brunn Poulsen

FORCE TECHNOLOGY

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	9
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	11
BAGGRUND OG FORMÅL	11
UNDERSØGELSEN	12
HOVEDKONKLUSIONER	12
PROJEKTRESULTATER	13
SUMMARY AND CONCLUSIONS	15
BACKGROUND AND PURPOSE	15
THE SURVEY	16
MAIN CONCLUSIONS	16
RESULTS	17
1 INDLEDNING	19
1.1 BAGGRUND	19
1.1.1 <i>ELV-direktivet</i>	21
1.1.2 <i>WEEE-direktivet</i>	22
1.1.3 <i>Genanvendelses- og nyttiggørelsesprocenter</i>	23
1.2 FORMÅL	24
2 NUVÆRENDE DANSKE BEHANDLINGSMETODER	27
2.1 H. J. HANSEN GENVINDINGSINDUSTRI A/S	27
2.1.1 <i>Producentens tekniske og økonomiske formåen</i>	27
2.1.2 <i>Teknologisk udviklingsstadie</i>	28
2.1.3 <i>Driftserfaringer (driftstid)</i>	29
2.1.4 <i>Teknik</i>	29
2.1.5 <i>Energi</i>	29
2.1.6 <i>Miljø</i>	29
2.1.7 <i>Økonomi</i>	29
2.1.8 <i>Arbejds miljøforhold</i>	29
2.2 STENA METALL AB	30
2.2.1 <i>Producentens tekniske og økonomiske formåen</i>	30
2.2.2 <i>Teknologisk udviklingsstadie</i>	30
2.2.3 <i>Driftserfaringer (driftstid)</i>	30
2.2.4 <i>Teknik</i>	30
2.2.5 <i>Energi</i>	30
2.2.6 <i>Miljø</i>	31
2.2.7 <i>Økonomi</i>	31
2.2.8 <i>Arbejds miljøforhold</i>	31
2.3 UNISCRAP	31
2.3.1 <i>Producentens tekniske og økonomiske formåen</i>	31
2.3.2 <i>Teknologisk udviklingsstadie</i>	31
2.3.3 <i>Driftserfaringer (driftstid)</i>	32
2.3.4 <i>Teknik</i>	32
2.3.5 <i>Energi</i>	32
2.3.6 <i>Miljø</i>	32
2.3.7 <i>Økonomi</i>	32
2.3.8 <i>Arbejds miljøforhold</i>	32

3	LISTE OVER BEHANDLINGSMETODER	33
3.1	LISTENS TILBLIVELSE	33
3.2	BRUTTOLISTE OVER BEHANDLINGSMETODER	34
3.3	FRASORTEREDE METODER	37
3.4	LISTE OVER RELEVANTE BEHANDLINGSMETODER	39
4	KOMMERCIELT TILGÆNGELIGE BEHANDLINGSMETODER	43
4.1	S+S SEPARATION AND SORTING TECHNOLOGY	43
4.1.1	<i>Producentens tekniske og økonomiske formåen</i>	43
4.1.2	<i>Teknologisk udviklingsstadi</i>	43
4.1.3	<i>Driftserfaringer (driftstid)</i>	44
4.1.4	<i>Teknik</i>	44
4.1.5	<i>Energi</i>	44
4.1.6	<i>Miljø</i>	44
4.1.7	<i>Økonomi</i>	44
4.1.8	<i>Arbejds miljøforhold</i>	44
4.1.9	<i>Samlet vurdering</i>	44
4.2	VW-SiCON	44
4.2.1	<i>Producentens tekniske og økonomiske formåen</i>	45
4.2.2	<i>Teknologisk udviklingsstadi</i>	45
4.2.3	<i>Driftserfaringer (driftstid)</i>	45
4.2.4	<i>Teknik</i>	45
4.2.5	<i>Energi</i>	47
4.2.6	<i>Miljø</i>	47
4.2.7	<i>Økonomi</i>	47
4.2.8	<i>Arbejds miljøforhold</i>	48
4.2.9	<i>Samlet vurdering</i>	48
4.3	ALTERNRG WESTINGHOUSE	48
4.3.1	<i>Producentens tekniske og økonomiske formåen</i>	48
4.3.2	<i>Teknologisk udviklingsstadi</i>	49
4.3.3	<i>Driftserfaringer (driftstid)</i>	49
4.3.4	<i>Teknik</i>	49
4.3.5	<i>Energi</i>	49
4.3.6	<i>Miljø</i>	49
4.3.7	<i>Økonomi</i>	50
4.3.8	<i>Arbejds miljøforhold</i>	50
4.3.9	<i>Samlet vurdering</i>	50
4.4	SINERGA - THERMOSELECT	50
4.4.1	<i>Producentens tekniske og økonomiske formåen</i>	50
4.4.2	<i>Teknologisk udviklingsstadi</i>	51
4.4.3	<i>Driftserfaringer (driftstid)</i>	51
4.4.4	<i>Teknik</i>	52
4.4.5	<i>Energi</i>	52
4.4.6	<i>Miljø</i>	53
4.4.7	<i>Økonomi</i>	53
4.4.8	<i>Arbejds miljøforhold</i>	53
4.4.9	<i>Samlet vurdering</i>	53
4.5	BEST TORATEC	54
4.5.1	<i>Producentens tekniske og økonomiske formåen</i>	54
4.5.2	<i>Teknologisk udviklingsstadi</i>	54
4.5.3	<i>Driftserfaringer (driftstid)</i>	54
4.5.4	<i>Teknik</i>	54
4.5.5	<i>Energi</i>	55
4.5.6	<i>Miljø</i>	55

4.5.7	<i>Økonomi</i>	55
4.5.8	<i>Arbejds miljøforhold</i>	56
4.5.9	<i>Samlet vurdering</i>	56
5	BEHANDLINGSMETODER AFPRØVET I FULD SKALA/ANLÆG I DRIFT	57
5.1	GALLOO / AD REM	57
5.1.1	<i>Producentens tekniske og økonomiske formåen</i>	57
5.1.2	<i>Teknologisk udviklingsstadie</i>	57
5.1.3	<i>Driftserfaringer (driftstid)</i>	57
5.1.4	<i>Teknik</i>	57
5.1.5	<i>Energi</i>	58
5.1.6	<i>Miljø</i>	58
5.1.7	<i>Økonomi</i>	58
5.1.8	<i>Arbejds miljøforhold</i>	58
5.1.9	<i>Samlet vurdering</i>	59
5.2	SULT	59
5.2.1	<i>Producentens tekniske og økonomiske formåen</i>	59
5.2.2	<i>Teknologisk udviklingsstadie</i>	59
5.2.3	<i>Driftserfaringer (driftstid)</i>	59
5.2.4	<i>Teknik</i>	59
5.2.5	<i>Energi</i>	59
5.2.6	<i>Miljø</i>	59
5.2.7	<i>Økonomi</i>	60
5.2.8	<i>Arbejds miljøforhold</i>	60
5.2.9	<i>Samlet vurdering</i>	60
5.3	CITRON	60
5.3.1	<i>Producentens tekniske og økonomiske formåen</i>	60
5.3.2	<i>Teknologisk udviklingsstadie</i>	61
5.3.3	<i>Driftserfaringer (driftstid)</i>	61
5.3.4	<i>Teknik</i>	61
5.3.5	<i>Energi</i>	62
5.3.6	<i>Miljø</i>	62
5.3.7	<i>Økonomi</i>	62
5.3.8	<i>Arbejds miljøforhold</i>	62
5.3.9	<i>Samlet vurdering</i>	62
5.4	EBARA TWINREC	62
5.4.1	<i>Producentens tekniske og økonomiske formåen</i>	63
5.4.2	<i>Teknologisk udviklingsstadie</i>	63
5.4.3	<i>Driftserfaringer (driftstid)</i>	63
5.4.4	<i>Teknik</i>	63
5.4.5	<i>Energi</i>	63
5.4.6	<i>Miljø</i>	63
5.4.7	<i>Økonomi</i>	64
5.4.8	<i>Arbejds miljøforhold</i>	64
5.4.9	<i>Samlet vurdering</i>	64
5.5	TAKUMA	64
5.5.1	<i>Teknologisk udviklingsstadie</i>	64
5.5.2	<i>Driftserfaringer (driftstid)</i>	64
5.5.3	<i>Samlet vurdering</i>	65
6	BEHANDLINGSMETODER UNDER UDVIKLING OG I PILOTSKALA	67
6.1	ARGONNE NATIONAL LABORATORY	67
6.1.1	<i>Teknik</i>	68
6.1.2	<i>Energi</i>	68

6.1.3	<i>Miljø</i>	68
6.1.4	<i>Økonomi</i>	69
6.1.5	<i>Arbejds miljøforhold</i>	69
6.1.6	<i>Samlet vurdering</i>	69
6.2	VTT	69
6.2.1	<i>Teknik</i>	69
6.2.2	<i>Energi</i>	70
6.2.3	<i>Miljø</i>	70
6.2.4	<i>Økonomi</i>	70
6.2.5	<i>Arbejds miljøforhold</i>	71
6.2.6	<i>Samlet vurdering</i>	71
6.3	ENVIROARC	71
6.3.1	<i>Teknik</i>	71
6.3.2	<i>Energi</i>	72
6.3.3	<i>Miljø</i>	72
6.3.4	<i>Økonomi</i>	72
6.3.5	<i>Arbejds miljøforhold</i>	72
6.3.6	<i>Samlet vurdering</i>	72
6.4	CTU	72
6.4.1	<i>Teknik</i>	73
6.4.2	<i>Energi</i>	73
6.4.3	<i>Miljø</i>	74
6.4.4	<i>Økonomi</i>	74
6.4.5	<i>Arbejds miljøforhold</i>	74
6.4.6	<i>Samlet vurdering</i>	74
6.5	FORBRÆNDING AF SHREDDERAFFALD	74
6.5.1	<i>Teknik</i>	75
6.5.2	<i>Energi</i>	75
6.5.3	<i>Miljø</i>	75
6.5.4	<i>Økonomi</i>	75
6.5.5	<i>Arbejds miljøforhold</i>	76
6.5.6	<i>Samlet vurdering</i>	76
7	MULIGE BARRIERER FOR INDFØRELSE AF BEHANDLINGSKRAV	77
7.1	BRANCESTRUKTUR/KULTUR, MULIGHED FOR PARTNERSKABER	77
7.2	MARKEDSFORHOLD	78
7.3	ØKONOMISKE BEHOV SOM KAPITALBEHOV	80
7.4	LOVGIVNING	80
7.5	ANDRE BARRIERER	82
8	DISKUSSION	83
8.1	DISKUSSION AF BEHANDLINGSMETODER	83
8.1.1	<i>Mekaniske behandlingsmetoder</i>	83
8.1.2	<i>Termiske behandlingsmetoder</i>	83
8.1.3	<i>Metoder med både mekanisk og termisk behandling</i>	84
8.1.4	<i>Behandlingsmetoder på pilotstadiet</i>	85
8.2	DISKUSSION AF MULIGE BARRIERER FOR INDFØRELSE AF BEHANDLINGSKRAV	86
8.2.1	<i>Brancestruktur/kultur, mulighed for partnerskaber</i>	86
8.2.2	<i>Markedsforhold</i>	86
8.2.3	<i>Økonomiske behov som kapitalbehov</i>	87
8.2.4	<i>Lovgivning</i>	87
8.2.5	<i>Andre barrierer</i>	88
9	REFERENCER	89







# Forord

Dette projekt "Feasibility-studie af behandlingsmetoder til shredderaffald" er udarbejdet af FORCE Technology for Miljøstyrelsen.

Følgende medarbejder fra FORCE Technology har stået for udarbejdelsen af projektet:

- Jesper Cramer, projektleder
- Birgitte Holm Christensen
- Pia Brunn Poulsen

Projektet er blevet fulgt af Ole Kiilerich fra Miljøstyrelsen.

Projektet er blevet udført i perioden juli 2010 til april 2011.



# Sammenfatning og konklusioner

## Baggrund og formål

Shredderaffald bliver i dag deponeret – alene i Danmark ca. 180.000 tons årligt. Derudover er der gennem tiden deponeret meget store mængder shredderaffald. Den nyeste vurdering af den deponerede mængde shredderaffald lyder på ca. 1,3 mio. tons i alt. Shredderaffald indeholder en del ressourcer, der bør kunne udnyttes mere hensigtsmæssigt:

- Metaller, der kan genanvendes
- Organiske materialer, der kan energiudnyttes eller genanvendes
- Restfraktion af jord og grus, der kan genanvendes.

Ny lovgivning på området betyder, at shredderaffald fremover ikke længere vil være afgiftsfritaget. Fra 2015 vil afgiften være 475 kr. per ton. Samtidigt har EU stillet krav om en genanvendelseseffektivitet for bilskrot (**A**utomotive **S**hredder **R**esidue) i Direktiv 2000/53/EF, som bliver yderligere skærpet i ELV-direktiv 2015. EU stiller desuden krav til genanvendelseseffektivitet for elektronikaffald/elskrot eller WEEE (**W**aste **E**lectrical and **E**lectronic **E**quipment) udmøntet i den danske Elektronikaffaldsbekendtgørelse (BEK nr. 362, 2010). Kravene, som er vist i nedenstående tabel, gælder kun for bilskrot og elektronikaffald/elskrot og ikke for metalaffald generelt.

Metalaffald	Lovgrundlag	Genanvendelse	Nyttiggørelse
		%	%
Automotive Shredder Residue (ASR)	ELV-2015 (Bilskrotbek.)	85	95
WEEE	WEEE-direktiv (Elektronikaffaldsbek.)	50-75 <sup>1</sup>	70-80 <sup>2</sup>
Andet metalaffald	-	Ingen	ingen

Der er i praksis tale om krav, hvor maksimalt 5% af mængderne af bilskrot må deponeres. Det er således kun tilladt at afbrænde maksimalt 10% af mængderne af bilskrot og anvende det til energifremstilling.

Miljøstyrelsen overvejer desuden muligheden for i 2012 at stille behandlingskrav til shredderaffald, formuleret således, at det er miljømæssige krav, der skal opfyldes og ikke en konkret behandlingsmetode, der skal anvendes. Hensigten er at øge muligheden for nyttiggørelsen af både den brændbare del af shredderaffaldet og metallerne.

De seneste opgørelser over genbrugs-, genanvendelses- og nyttiggørelsesraterne for udtjente køretøjer (bilskrot) fra Eurostat viser, at både Danmarks genbrugs- og genanvendelsesandel samt genbrugs- og nyttiggørelsesandel

<sup>1</sup> Afhænger af kategorien af WEEE

<sup>2</sup> Afhænger af kategorien af WEEE

ligger på 82% for 2007, men er steget til henholdsvis 83 % og 83 % for 2008. Der er således et stykke igen, før Danmark kan nå 2015 kravene om henholdsvis 85% genanvendelse og 95% nyttiggørelse.

Formålet med dette projekt er at skabe et overblik over, hvilke behandlingsmetoder for shredderaffald, som vil kunne bidrage til opfyldelse af behandlingskrav, samt at analysere barrierer og muligheder for at gennemføre behandlingskrav.

Undersøgelsen

FORCE Technology har kortlagt internationale metoder til behandling af shredderaffald, som kan opfylde de nye behandlingskrav. Kortlægningen er sket bl.a. gennem litteraturgennemgang af tidligere projekter, kontakt til de tre store behandlere i Danmark, internetsøgning samt kontakt til udvalgte firmaer.

Rapporten belyser barrierer og muligheder for etableringen af anlæg i Danmark, som er en vigtig del af et feasibility-studie.

Hovedkonklusioner

Den internationale udvikling inden for behandlingsteknologier til shredderaffald har på mange områder stået stille de sidste 10 år. Flere termiske teknologier, er enten forsvundet eller udviklingen stoppet uden, at man har bygget kommercielle anlæg. EBARA er den eneste producent, som har et anlæg til shredderaffald kørende. Desværre er teknologien meget dyr, og EBARA har sandsynligvis opgivet det europæiske marked.

Det er tvivlsomt, om nogen af de få kommercielle termiske smelteprocesser uden effektiv mekanisk sortering vil kunne opfylde behandlingskravene, idet produkterne fra såvel CTU, SINERGA S.A. (tidligere Thermoselect S.A.) som Alter NRG Westinghouse enten er en legering af frie metaller eller et granulat af både metaller og mineraler. Værdien af disse blandingsprodukter er lav og svære at oparbejde.

Der pågår udvikling i Danmark og udlandet af behandlingsprocesser med både mekanisk sortering og simple termiske processer. I løbet af få år vil virksomhederne sandsynligvis være i stand til at bygge behandlingsanlæg, som kan leve op til behandlingskravene, men det er ikke klart, om teknologierne vil blive kommercielt tilgængelige for andre virksomheder.

I følge de tre store danske shredderoperatører vil der være barrierer for etablering af fælles danske behandlingsanlæg, bl.a. fordi:

- sammensætningen af shredderaffald fra de tre operatører forskellig
- effektiviteten bliver en konkurrenceparameter, der modarbejder samarbejde i branchen.

Bliver de danske behandlingskrav strengere end EU's, vil det kunne medføre, at danske virksomheder pga. forventede høje kapital- og driftsomkostninger ikke vil investere i effektive processer. Dermed risikerer man, at man fortsat må eksportere shredderaffald til behandling i anlæg, som ikke opfylder de danske behandlingskrav. Da det første danske fuldskalaanlæg sandsynligvis vil være 0.-generationsanlæg og derfor næppe have fuld behandlingskapacitet, vil der være behov for lempeligere vilkår for det første danske anlæg.

## Projektræsultater

Kortlægningen af internationale metoder til behandling af shredderaffald gav som resultat en bruttoliste af behandlingsmetoder. Efter frasortering af leverandører/teknologier, som af den ene eller anden årsag ikke længere er tilgængelige, er udarbejdet to lister:

1. Mekaniske processer
2. Termiske processer

### Mekaniske processer

Virksomhed	Under udvikling	Afprøvet pilotskala	Afprøvet fuldskala	Fuldskala-anlæg i drift pr okt. 2010	Kommercielt tilgængelig
Argonne National Laboratory		x	?		
Best Toratec (tidl. Toratec Recycling Solutions og før det SSE Separation Systems Engineering)				x	x
EBARA Twin-Rec		x	x	x	(x)
Galloo / AD REM			x	x	x
H.J. Hansen			x	x	
S+S Separation and Sorting Technology GmbH (SeSoTec)					x
STENA Metall			x	x	
Sult				?	
UniScrap				x	
VW - SiCon		x	x	x	x

### Termiske processer

Virksomhed	Under udvikling	Afprøvet pilotskala	Afprøvet fuldskala	Anlæg i drift	Kommercielt tilgængelig
AffaldPlus+		x			
Alter NRG / Westinghouse			x	x	x
Citron		x		?	
CTU (tidl. CT-Environment)		x	?		
EBARA Twin-Rec		x	x	x	(x)
EnviroArc Technologies AS		x			
H. J. Hansen Genvindingsindustri	x	x			
SINERGA S.A. (hed tidligere Thermostelect S.A.)		x	x	x	x
STENA Metall	x	x			
Takuma Co. Ltd		x	x	x	
VTT		x			

På basis af de to lister er alle kommercielt tilgængelige processer og processer under udvikling – og som vurderes af have potentiale til at kunne indgå i en samlet proces, som kan overholde behandlingskravene – gennemgået i detaljer.

### Branchestruktur/kultur, mulighed for partnerskaber

De tre store, danske aktører opererer på forskellig vis i markedet og har også forskellig tilgang til muligheden for partnerskaber. HJH og Stena Metall arbejder med udvikling af deres egne behandlingsprocesser. Alle tre er opmærksomme på muligheden for partnerskaber, og den mindste af

virksomhederne, Uniscrap, er interesseret i et egentligt partnerskab om udvikling af behandlingsprocesser, mens de HJH og Stena Metall ikke har konkrete ønsker eller planer.

Det er dog tydeligt, at de tre aktører har interesse i at indgå i et partnerskab med bl.a. Miljøstyrelsen med fokus på en diskussion af fremtidige rammevilkår, som kan fremme etablering af danske behandlingsanlæg.

### **Markedsforhold**

Danske behandlingsanlæg vil skulle overleve i et konkurrencefyldt internationalt marked. Det er derfor vigtigt, at de samlede behandlingsomkostninger er konkurrencedygtige, hvis dansk shredderaffald skal behandles på danske anlæg

De to største udgiftsposter for et behandlingsanlæg vil generelt være faste udgifter til forrentning, afskrivninger, mm. (ca. 60%) samt afgifter (ca. 30%).

Indtægterne fra et behandlingsanlæg vil komme fra salg af diverse metalfraktioner, el, varme, brændsler samt andre bi- eller restprodukter. I forhold til affaldsforbrænding vil værdien af energi-produkterne være mindre – men stadig betydningsfulde.

### **Økonomiske behov som kapitalbehov**

Virksomhederne anlægger forskelligt syn på kapitalbehovet for et behandlingsanlæg. En strategi er at gå efter kombinationer af simple teknologier for at holde investeringsbehovet nede, en anden at arbejde med nye teknologier af større kompleksitet, som vil være meget kapitalkrævende.

### **Lovgivning**

Rammevilkårene for behandling af shredderaffald vil få afgørende betydning for mulighederne for overhovedet at etablere et anlæg og efterfølgende for anlæggets drift og økonomi.

# Summary and conclusions

## Background and purpose

Today, shredder waste is deposited – alone in Denmark, approx. 180,000 tons per year. Furthermore, during the years, very large amounts of shredder waste have been deposited. The latest estimation of the deposited amount of shredder waste says approx. 1.3 mio. tonnes in total. Shredder waste contains some resources which might be utilized more efficiently.

- Metals which can be recycled
- Organic materials which can be energy utilized or recycled
- Residual fraction of soil and gravel which can be recycled.

New legislation within the area means that in future shredder waste will no longer be exempted from taxes. From 2015, the tax will be 475 DKK per ton. At the same time, the EU has made demands for a recycling efficiency for end of life vehicles (**A**utomotive **S**hredder **R**esidue) in Directive 2000/53/EC which will be further tightened up in ELV Directive 2015. Furthermore, the EU makes demands for recycling efficiency for electronic waste/electrical scrap or WEEE (**W**aste **E**lectrical and **E**lectronic **E**quipment) implemented in the Danish Electronic Waste Executive Order (BEK no. 362, 2010). The demands which are shown in the table below only apply for end of life vehicles and electronic waste/electrical scrap and not for metal waste in general.

Metal waste	Legal frame work	Recycling	Recoverability
		%	%
Automotive Shredder Residue (ASR)	ELV-2015 (Bilskrotbek.)	85	95
WEEE	WEEE-direktiv (Elektronikaffaldsbek.)	50-75 <sup>3</sup>	70-80 <sup>4</sup>
Other metal waste	-	None	none

In practice, they are demands where as a maximum 5% of the amounts of end of life vehicles may be deposited. Thus, it is only permitted to burn maximally 10% of the amounts of end of life vehicles and utilize it for energy production.

Furthermore, the Danish Environmental Protection Agency considers the possibility of making demands on shredder waste in 2012, thus formulated that it is environmental demands which have to be fulfilled and not a concrete treatment which has to be utilized. The purpose is to increase the possibility of the utilization of both the combustible part of the shredder waste and the metals.

<sup>3</sup> Depends on the category of WEEE

<sup>4</sup> Depends on the category of WEEE

The recent statements of the rates for reuse, recycling, and recoverability for end of life vehicles from Eurostat show that both Denmark's rate of reuse and recycling as well as rate of reuse and recoverability is 82% for 2007 but has increased to 83% and 83% respectively for 2008. It will thus take some time before Denmark can reach the 2015 demands of 85% recycling and 95% recoverability respectively.

The purpose of this project is to give an overview of treatment methods for shredder waste that will be able to contribute to a fulfilment of treatment demands as well as to analyze the possible barriers and possibilities for carrying through treatment demands.

The survey

FORCE Technology has mapped international methods for treatment of shredder waste which can fulfil the new treatment demands. Among other things, the mapping has taken place through investigation of literature from former projects, contacts to the three large operators in Denmark as well as contact to selected companies.

Main conclusions

In many areas, the international development within treatment technologies for shredder waste has stagnated the last 10 years. Several thermal technologies have either disappeared or the development has stopped without having reached a commercial stage. EBARA is the only producer which has an operational plant for shredder waste. Unfortunately, the technology is very expensive and EBARA has most likely given up the European market.

It is doubtful whether any of the few commercial thermal melting processes without effectively mechanical sorting will be able to fulfil the treatment demands as the products from CTU, SINERGA S.A. (former Thermoselect S.A.) as well as Alter NRG Westinghouse either is a alloy of free metals or a granulate of both metals and minerals. The value of these mixed products is low and difficult to process.

In Denmark and abroad companies are developing treatment processes with both mechanical sorting and simple thermal processes. During a few years, the companies will probably be able to built treatment plants which can fulfil the treatment demands, but it is not clear whether the technologies will be commercially available.

According to the three large Danish shredder operators there will be barriers for establishment of common Danish treatment plants, among others:

- the composition of shredder waste from the three operators is different
- the effectiveness will be a competition parameter working against cooperation in the line of business.

If the Danish treatment demands will be more strict than the EU demands it could imply that Danish companies due to expected high capital and operating costs will not invest in effective processes. Thus the risk is that the waste will be exported and treated at plants not fulfilling the Danish demands. As the first Danish full scale plant will probably be a 0. generation plant and therefore hardly have full treatment capacity there will be a need for easy terms for the first Danish plant.



## Results

The main result of the survey on international methods for treatment of shredder is a gross list of methods for treatment of shredder waste. After removal of suppliers/technologies which of different reasons are not any longer available we have compiled two lists: Mechanical processes and Thermal processes.

Based on these two lists all commercial available processes and processes under development – which are evaluated to have a potential of being part of a total process meeting the new Danish demands on treatment – have been investigated in details.

### **Industrial structure and culture – potential for partnership**

The three large Danish operators are performing differently in the market and have different views on possibilities for partnerships. HJH and Stena Metall are developing their own treatment processes. All three are aware of the possibility for partnerships and the smaller company, Uniscrap is interested in an actual partnership working with development of treatment processes, while HJH and Stena Metall do not have concrete wishes or plans.

It is though obvious that the three operators have interests in entering a partnership with Danish Environmental Agency and other partners focusing on a discussion of the future framework facilitating Danish treatment plants.

### **Market conditions**

Danish treatment plants will have to survive in a competitive international market. It is therefore important that the total treatment costs are competitive, if Danish shredder waste must be treated at Danish plants.

The two largest items of expenditure for a treatment plant will in general be fixed expenses for payment of interest, depreciation, etc. (approx. 60%) and taxes (approx. 30%).

The income from a treatment plant will come from sale of different fractions of metals, power, heat, fuels and other by-products or residuals. Compared to waste incineration the value of energy products will be smaller – but still significant.

### **Financial needs as capital needs**

The companies take different views of the capital need for a treatment plant. One strategy is to look for combinations of simple technologies to keep the investment need down. Another is to work with new technologies of larger complexity which will have a high capital demand.

### **Legislation**

The frame work conditions for treatment of shredder waste will be decisive for the possibilities of establishing a plant at all and thereafter for the operation and economy of the plant.



# 1 Indledning

## 1.1 Baggrund

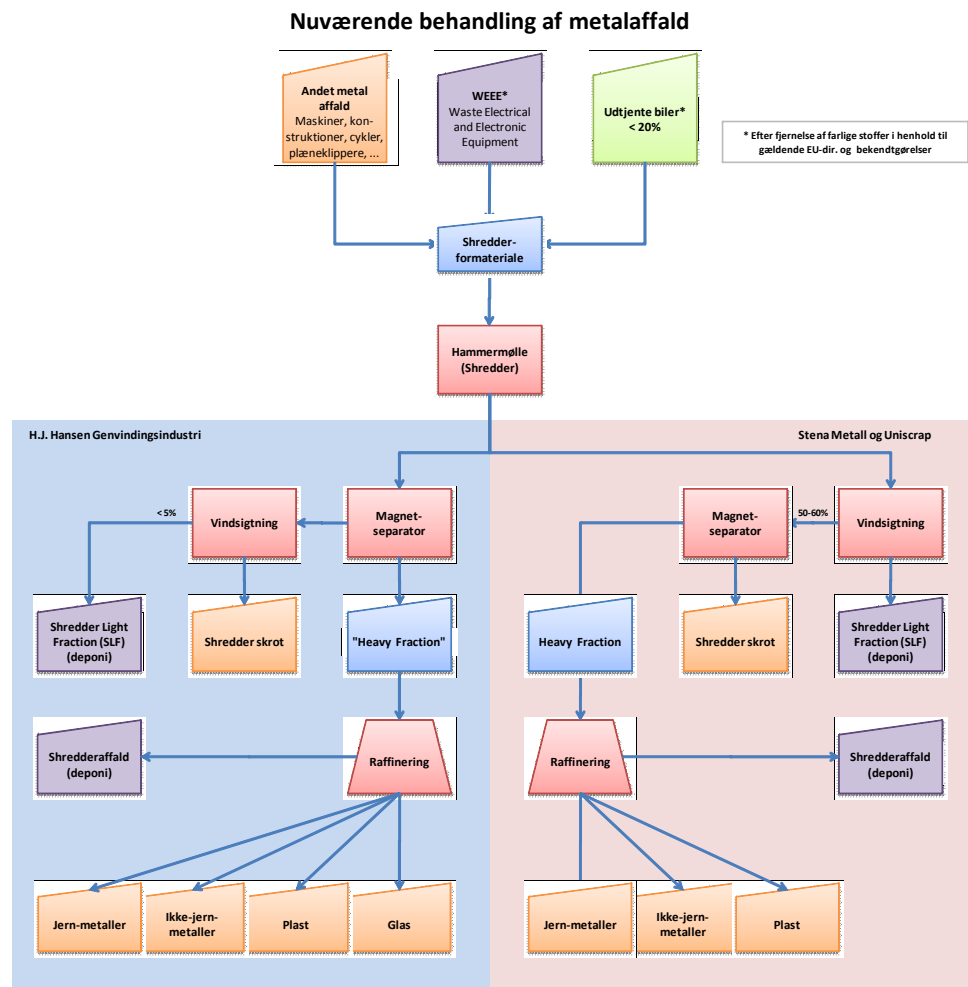
Ifølge Bekendtgørelse om affald (BEK nr. 224, 2011) skal affaldshåndtering ske med udgangspunkt i følgende prioritering:

- Forberedelse med henblik på genbrug
- Genanvendelse
- Anden nyttiggørelse, f.eks. energiudnyttelse (anvendelse som brændsel)
- Bortskaffelse

Figur 1-1 viser den nuværende danske (mekaniske) behandling af metalaffald, som hovedsageligt består af blandet metalaffald (udtjente maskiner, konstruktioner, cykler, plæneklippere, etc.), WEEE (affald af elektrisk og elektronisk udstyr) og udtjente biler (de sidste to affaldstyper efter, at man først har udtaget skadelige stoffer mv. jf. de relevante danske bekendtgørelser (Bilskrotbekendtgørelsen (BEK nr. 1708, 2006), Elektronikaffaldsbekendtgørelsen (WEEE) (BEK nr. 362, 2010)).

Denne rapport's definition af shredderaffald, Shredder Light Fraction og andre (mellem-)produkter fra den nuværende behandling af metalaffald fremgår af Figur 1-1. Denne rapport fokuserer på processer, som kan behandle shredderaffaldet og "Shredder Light Fraction"-en til fremstilling af renere materialefraktioner og energi.

Tidligere var raffineringen af "Heavy Fraction" ikke så effektiv, så der er meget metal at udvide fra det gamle deponerede shredderaffald. Der er stadigvæk mulighed for at udsortere mere metal (og andre materialer som fx plast) til genanvendelse, end det sker i dag, inden man deponerer det behandlede shredderaffald. Desuden er der fokus på at sikre udsortering af større dele af andet materiale end metaller til genanvendelse og/eller nyttiggørelse før neddelingen (eng. shredding). I Danmark deponeres ca. 180.000 tons affald årligt fra behandlingen af skrot (Miljøministeriet, 2010).



Figur 1-1 Illustration af den nuværende danske behandling af metalaffald.

Miljøstyrelsen har tidligere gennemført projekter til belysning af behandlingsmetoder til shredderaffald og andet tungmetalholdigt affald, herunder Miljøprojekt nr. 1055 og 1133. Da undersøgelserne er nogle år gamle, mangler der et overblik over det nuværende nationale og internationale stade for dette teknologiområde.

Ifølge Miljøministeriets Affaldsstrategi '10 ønsker Miljøstyrelsen senest i 2012 at stille behandlingskrav til shredderaffald, formuleret således, at det er miljømæssige krav, der skal opfyldes og ikke en konkret behandlingsmetode, der skal anvendes. Hensigten er at øge muligheden for nyttiggørelsen af den brændbare del af shredderaffaldet og en større genanvendelse af metallerne mv. i shredderaffaldet.

I Danmark er der tre store producenter af shredderaffald: H. J. Hansen, Stena Metall og Uniscrap. Den samlede danske produktion er på mere end 180.000 tons shredderaffald om året. Shredderaffaldet fra de tre producenter har meget forskellig sammensætning, fordi de benytter forskellige metoder til neddeling og separation af materialestrømmene efter shredderen (se Figur 1-1). Den nyeste vurdering af den deponerede mængde shredderaffald lyder på ca. 1,3 mio. tons i alt.

På verdensplan bliver ca. 40 mio. ton biler skrottet hvert år – heraf 8 til 9 mio. ton i EU alene, og da bilskrot kun udgør en mindre del af den samlede mængde metalaffald, som danske shredderoperatører behandler, er mængden

af behandlingskrævende shredderaffald på verdensplan meget stort. I Danmark udgør bilskrot ca. 25% af den samlede mængde af metalaffald i Danmark. Resten er stort elektronikaffald og blandet metalaffald som udtjente maskiner, konstruktioner, cykler, plæneklippere, men i lande med egen bilproduktion udgør bilskrot en større andel.

Baggrunden for denne undersøgelse er også den nyeste lovgivning på området:

- Nye afgifter for farligt affald, som Folketinget vedtog for nylig:
  - Frem til 2012: Afgiftsfrihed
  - 2012-15: 160 kr./ton
  - > 2015: 475 kr./ton
- EU's krav fra 2015 om en genanvendelseseffektivitet på 85% og en samlet nyttiggørelse på 95% (uddybet nærmere herunder). I dag er de tilsvarende krav henholdsvis 80% og 85%.

### 1.1.1 ELV-direktivet

EU Direktiv 2000/53/EF af 18. september 2000 om udrangerede køretøjer (ELV – End of Life Vehicles) er omsat til dansk lovgivning via den såkaldte Bilskrotbekendtgørelse (BEK nr. 1708, 2006 om håndtering af affald i form af motordrevne køretøjer og affaldsfraktioner herfra). Ifølge denne bekendtgørelse (og EU direktivet) skal shredder anlæg ved neddeling af udtjente køretøjer i form af person- og varebiler – med virkning fra 1. januar 2015 – sikre, at:

- Mængden af genanvendelige materialer, der udsorteres og leveres til oparbejdning med henblik på genanvendelse, udgør mindst 85% af vægten af det modtagne bilaffald pr. kalenderår.
- Og at mindst 95% af vægten af den modtagne mængde bilaffald nyttiggøres ved materialegenindvinding eller ved forbrænding med energiudnyttelse. (EU direktivet opererer her med begreberne genbrug og nyttiggørelse).

EU's ELV Direktiv og den danske Bilskrotbekendtgørelse opererer med følgende definitioner:

- **Genbrug:** ”Enhver proces, hvorved komponenter fra udrangerede køretøjer anvendes til samme formål, som de er udformet til.
- **Nyttiggørelse:** ”En af de anvendelige processer, der er omhandlet i bilag II B til direktiv 75/442/EØF (eller Bilag 6B i Bekendtgørelse om affald), dvs. f.eks.
  - Energi-udnyttelse: Hovedanvendelse som brændsel eller andre midler til energifremstilling
  - Genanvendelse: Recirkulering eller genindvinding af metaller eller metalforbindelser eller af andre uorganiske stoffer.

Dvs. i praksis er der tale om krav, hvor maksimalt 5% af shredderaffaldet må gå til deponi, og hvor mindst 85% af shredderaffaldet skal genbruges, som det er, eller materialerne (metaller, plast m.m.) skal genindvindes. Det er således kun tilladt ifølge denne definition at afbrænde maksimalt 10% af shredderaffaldet og anvende det til energifremstilling. Dog må man derudover gerne afbrænde de 5%, som det ellers er tilladt at deponere.

Kravet til effektiviteten ved energiudnyttelsen af den eventuelt afbrændte fraktion skal opfylde kravet i EU's affaldsdirektiv, som definerer, at forbrænding er nyttiggørelse, hvis resultatet af R1-formlen er større end 0,60 (0,65 for anlæg nyere end 31/12-2008).

Der er ikke fundet oplysninger om, hvordan genanvendelse- og nyttiggørelsesraterne præcist skal opgøres. EUROSTAT har udgivet en vejledning (European Commission, 2011) om, hvordan der skal rapporteres til EUROSTAT om bl.a. genanvendelse- og nyttiggørelsesrater på ELV, men præcist hvordan dette skal opgøres, er ikke nærmere defineret. Der henvises blot til definitionerne af genanvendelse og nyttiggørelse i affaldsdirektivet.

### 1.1.2 WEEE-direktivet

Reglerne om elektronikaffald/elskrot eller WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment), som det også kaldes, trådte i kraft 1. april 2006. Ifølge WEEE-direktivet og den danske Elektronikaffaldsbekendtgørelse (BEK nr. 362, 2010), der implementerer EU-reglerne på området, skal producenter og importører, der fremstiller elektrisk og elektronisk udstyr i Danmark eller importerer det til Danmark, mærke dette udstyr bl.a. med et symbol (skraldespand med kryds over), så det tydeligt fremgår, at denne type produkter skal affaldsbehandles særskilt.

WEEE-direktivet indfører et producentansvar for alt affald af elektrisk og elektronisk udstyr, som er omfattet af direktivet. Alt udstyr, der er afhængig af strøm eller elektromagnetiske bølger, er som udgangspunkt er omfattet af producentansvar for elektrisk og elektronisk udstyr. WEEE gælder dog kun for følgende kategorier af elektrisk og elektronisk udstyr: Store og små husholdningsapparater, IT- og teleudstyr, forbrugerudstyr, belysningsudstyr, elektrisk og elektronisk værktøj, legetøj og fritids- og sportsudstyr, medicinsk udstyr, overvågnings- og reguleringsinstrumenter, salgsautomater. Den danske bekendtgørelse omfatter derudover affald af andet elektrisk og elektronisk udstyr, som ikke er omfattet af direktivet, men for dette udstyr gælder reglerne om producentansvar ikke.

Alle producenter og importører af elektrisk og elektronisk udstyr, der er omfattet af reglerne, har pligt til at lade sig registrere hos DPA-system (Dansk Producentansvarssystem). DPA-system er den private og selvejende non-profit organisation, der har administrative opgaver ifølge Elektronikaffaldsbekendtgørelsen, herunder registrering af producenter og importører, fordeling af eskrot fra kommunale indsamlingsordninger mellem kollektive og individuelle producentordninger, indgåelse af aftaler med kommunerne om afhentning af eskrot fra kommunale indsamlingssteder m.m.

WEEE-direktivet opererer med de genanvendelses- og nyttiggørelsesprocenter, der er angivet i Tabel 1-1.

Tabel 1-1 Genanvendelses- og nyttiggørelsesprocenter for WEEE

Type af WEEE	Genanvendelse eller genbrug	Nyttiggørelse
1. Store husholdningsapparater	75%	80%
2. Små husholdningsapparater	50%	70%
3. IT- og teleudstyr	65%	75%
4. Forbrugerudstyr	65%	75%
5. Belysningsudstyr	50%	70%
6. Elektrisk og elektronisk værktøj (undtagen stationære industrielle værktøjer i stor skala)	50%	70%
7. Legetøj og fritids- og sportsudstyr	50%	70%
8. Medicinsk udstyr (undtagen alt implanteret og inficeret udstyr)	Ingen krav	Ingen krav
9. Overvågnings- og reguleringsinstrumenter	50%	70%
10. Salgsautomater	75%	80%

I den nyeste danske Elektronikaffaldsbekendtgørelse er det specificeret, at genbrugs- og genanvendelsesandelen samt nyttiggørelsesandelen opgøres på grundlag af den tilbagetagne mængde i kg affald per kalenderår, og den andel heraf, der efter håndtering er henholdsvis genbrugt/genanvendt eller nyttiggjort. Indberetningerne om genbrugs- og genanvendelsesandelen er sket til DPA-system med frist 31. marts 2011 for 2010 data. Miljøstyrelsen har endnu ikke modtaget opsamlede data for første indberetning efter de nye retningslinjer, men data vil blive offentliggjort i den årlige WEEE statistik fra DPA system.

### 1.1.3 Genanvendelses- og nyttiggørelsesprocenter

Det væsentlige i denne sammenhæng er, at der gælder følgende genanvendelses- og nyttiggørelsesprocenter for de forskellige typer metalaffald:

Metalaffald	Lovgrundlag	Genanvendelse	Nyttiggørelse
		%	%
Automotive Shredder Residue (ASR)	ELV-2015 (Bilskrotbek.)	85	95
WEEE	WEEE-direktiv (Elektronikaffaldsbek.)	50-75 <sup>5</sup>	70-80 <sup>6</sup>
Andet metalaffald	-	ingen	ingen

#### 1.1.3.1 ELV

De seneste opgørelser over genbrug og genindvindingsraterne (opdateret 4. oktober 2010, men data repræsenterer 2008) fra Eurostat viser, at genbrug og genanvendelsesraten i EU-landene ligger mellem 76% (Irland) og 89% (Tyskland), og at genbrugs- og nyttiggørelsesraten ligger mellem 80% (Cypern) og 96% (Østrig). De tilsvarende tal for Danmark var i 2008 henholdsvis 83 og 83% (og var til sammenligning i 2007 henholdsvis 82 % og 82%). Der er således et stykke igen, før Danmark kan nå 2015 kravene om henholdsvis 85% genanvendelse og 95% nyttiggørelse. De detaljerede tal for Danmark i 2008 er angivet i nedenstående tabel (Eurostat, 2010).

<sup>5</sup> Afhænger af kategorien af WEEE

<sup>6</sup> Afhænger af kategorien af WEEE

Tabel 1-2 Oversigt over Danmarks genanvendelses- og nyttiggørelsesrater for udtjente køretøjer (ELV), 2008. Kilde Eurostat, 2010.

Danmarks udtjente køretøjer 2008	Tons
Bilskrot totalt (ELV)	101.173
Genbrug (andre materialer)	13.226
Genindvinding (recycling) fra adskillelse/afmontering af køretøjerne - heraf udgør batterier 13%, olie filtre 1%, katalysatorer 2%, metaller 27%, dæk 37%, store plastdele 9%, glas 11%, andre materialer 1%.	8.127
Genindvinding (recycling) fra neddeling (shredding) af køretøjerne - heraf jernskrot 91% og ikke-jern-holdige metaller, såsom Al, Cu, Zn, Pb osv. 9%	62.343
Genindvinding totalt	70.470
Energi udnyttelse (energy recovery) - stammer fra andre materialer ved afmontering	131
I alt genbrug + genindvinding	83.696 <b>(82,7%)</b>
I alt genbrug + energi udnyttelse	83.827 <b>(82,9%)</b>

### 1.1.3.2 WEEE

De seneste opgørelser over genbrug og genindvindingsraterne (opdateret 4. februar 2011, men data repræsenterer 2008) fra Eurostat viser, at genbrug og genanvendelsesraten i EU-landene ligger mellem 15% (belysningsudstyr Polen) og 100% (husholdningsudstyr Lichtenstein), og at genbrugs- og nyttiggørelsesraten ligger mellem 15% (belysningsudstyr Polen) og 100% (husholdningsudstyr Lichtenstein). De tilsvarende tal for Danmark var for de ti WEEE-kategorier i 2008 henholdsvis 76-84% og 82-93% (og var til sammenligning i 2007 henholdsvis 16-85% og 18-93%). Danmark lever således på WEEE området allerede op til EU's mål for nyttiggørelse og genbrug og genanvendelse. De detaljerede tal for Danmark i 2008 er angivet i nedenstående tabel (Eurostat, 2011).

Tabel 1-3 Behandlingsform for elskrot (WEEE). Oversigt over Danmarks genanvendelses- og nyttiggørelsesrater for WEEE, 2008. Kilde DPA-system, 2009.

Ar 2008 - angivet i tons (12)	Bortskaffelse (13)		Nyttiggørelse (14)			Genbrug og genanvendelse		
	Ton	Procent	Ton	Procent	EU Mål (15)	Ton	Procent	EU Mål (15)
1) Store husholdningsapparater	6.308	14%	37.638	86%	80%	33.279	76%	75%
2) Små husholdningsapparater	582	11%	4.703	89%	70%	4.431	84%	50%
3) It- og teleudstyr	1.339	8%	15.359	92%	75%	14.074	84%	65%
4) Forbrugerudstyr	1.114	7%	15.962	93%	75%	15.312	90%	65%
5a) Belysningsudstyr - armaturer	0	15%	3	85%	70%	3	82%	50%
5b) Belysningsudstyr - lyskilder	3	1%	547	99%	80%	542	98%	50%
6) Elektrisk og elektronisk værktøj	227	11%	1.828	89%	70%	1.722	84%	50%
7) Legetøj, fritids- og sports udstyr	73	11%	571	89%	70%	538	84%	50%
8) Medicinsk udstyr	24	15%	131	85%	70%	122	79%	50%
9) Overvågnings- og reg.-instrumenter	26	18%	117	82%	70%	112	78%	50%
10) Salgsautomater	2	11%	19	89%	80%	18	84%	75%
<b>Total</b>	<b>9.699</b>		<b>76.877</b>			<b>70.153</b>		

Noter anvendt i kilden:

(12) Der er i denne opgørelse ikke skelnet mellem elskrot fra husholdninger og erhverv.

(13) Med bortskaffelse menes, at elskroten kommer på deponi/losseplads eller bliver forbrændt uden energiudnyttelse.

(14) Nyttiggørelsen er summen af behandlingsformerne affaldsforbrænding med energifremstilling og genanvendelse og genbrug.

(15) EU procentmål for behandling som er fastsat i WEEE-Direktivet 2002/96/EC.

## 1.2 Formål

Formålet med projektet er:

- At identificere danske og udenlandske behandlingsmetoder for shredderaffald, som vil kunne bidrage til opfyldelse af et strengere behandlingskrav.



- At beskrive de identificerede behandlingsmetoder teknisk, økonomisk og miljømæssigt.
- At sammenligne behandlingsmetoderne med hensyn til deres tekniske, økonomiske og miljømæssige egnethed til at håndtere det forventede behandlingskrav.
- At analysere mulige barrierer for gennemførelse af et strengere behandlingskrav end i ELV- og WEEE- og affaldsdirektiverne.



## 2 Nuværende danske behandlingsmetoder

I Danmark er der i dag tre store producenter af shredderaffald:

- H. J. Hansen Genvindingsindustri A/S
- Stena Metall AB
- Uniscrap

Restprodukterne fra de tre danske behandlere har meget forskellig sammensætning, fordi de benytter forskellige metoder til neddeling og separation af metaller. Desuden udgør restprodukterne fra de tre danske behandlere forskellige andele af den indgåede mængde metalaffald. De nuværende behandlingsprocessen hos de tre danske behandlere er skitseret i grove træk i Figur 1-1.

Det skal bemærkes, at ingen af de tre danske behandlere mener, at de i dag har behandlingsmetoder, der vil kunne leve op til det fremtidige EU krav om fra 2015 om en samlet nyttiggørelse på 95% og en genanvendelseeffektivitet på 85% uden yderligere tiltag.

### 2.1 H. J. Hansen Genvindingsindustri A/S

#### 2.1.1 Producentens tekniske og økonomiske formåen

H. J. Hansen Genvindingsindustri A/S (HJH) er den største af de tre store, danske shredderoperatører. HJH producerer ca. 90.000 t shredderaffald/år. Virksomheden arbejder kommercielt og ejer i dag flere anlæg baseret på mekaniske metoder til neddeling og sortering af shredderaffald

HJH er en del af den familieejede koncern H.J. Hansen, som bl.a. omfatter H.J. Hansen Elektromiljø, H.J. Hansen Råstoffer, H.J. Hansen Granit, H.J. Hansen Nedbrydning, H.J. Hansen Vin, SaniNetto.dk – Online VVS Shop samt Rasmus Holbeck. Koncernens regnskab er ikke tilgængeligt.

Jørgen Overgaard har siden 2008 været ansat i HJH for bl.a. at undersøge internationalt tilgængelige teknologier til behandling af shredderaffald. Jørgen Overgaard har som selvstændig rådgiver tidligere deltaget i både Miljøprojekt 1055 og 1133. HJH har etableret et overordentligt godt overblik over alle seriøse leverandører af både mekaniske og termiske behandlingsmetoder samt kommende lovende teknologier.

Det vurderes, at HJH har teknisk og økonomisk formåen til at udvikle både mekaniske og termiske behandlingsmetoder. Etablering af egne og/eller kommercielle fuldsalanlæg til videresalg vil HJH kunne gennemføre i samarbejde med eksterne anlægs/maskin-leverandører.

## 2.1.2 Teknologisk udviklingsstadie

HJH har mange års driftserfaringer med en mange mekaniske neddelings- og sorteringsprocesser, som virksomheden har købt og i flere tilfælde videreudviklet.

HJH har videreudviklet deres shredderproces, så anlægget nu også producerer en Shredder Light Fraction med < 0,1% metaller. Denne fraktion udgør mindre end 5% af shredderaffaldet, består primært af mindre og lette materialer typisk brændbart materiale, og vil sandsynligvis uden problemer kunne forbrændes på affaldsforbrændingsanlæg. Dog er der stigende opmærksomhed i affaldsforbrændingsanlæggene om at få udsorteret affald med indhold af fossilt kulstof til genanvendelse af hensyn til den samlede klimabelastning (LCA-perspektiv). Hvis man ønsker energiudnyttelse af shredderaffaldet, kan man ikke undgå den dermed følgende CO<sub>2</sub>, uanset om det sker på affaldsforbrændingsanlæg eller et dedikeret anlæg. Det vil således udelukkende være en diskussion, om energiudnyttelsen vil ske inden eller uden for den kvotebelagte sektor.

HJH arbejder på at isolere skadelige stoffer og metaller (ud over det allerede krævede i ELV- og WEEE-direktiverne) bedst muligt før en termisk behandling. HJH ser kun forbrænding som en potentiel proces for Shredder Light Fraktionen. Forbrænding af shredderaffald vanskeliggør eller umuliggør en genanvendelse af metallerne. Forsøg viser, at man kan undgå en yderligere ødelæggelse ved ikke at hælde vand på slaggen – herved undgå man, at den meget basiske slagge "æder" metallerne yderligere.

HJH er også med i udviklingen af møller til yderligere neddeling af shredderaffald (se Figur 1-1) før en efterfølgende mekanisk/termisk behandling. Denne proces er meget energikrævende, så det er vigtigt at finde/udvikle en mølle, som er robust og har lave vedligeholdelsesomkostninger. HJH arbejder også med møller, hvor man kan genvinde en del af friktionsenergien – bl.a. sammen med en mølleproducent. HJH ser også på møller til neddeling af stort elektronikskrot.

HJH kører tre udviklingsspor inden for termisk behandling:

1. HJH's eget pyrolyse-proces
2. Samarbejde med en ikke navngiven partner om forgasning
3. Kombination af pyrolyse og forgasning

Pyrolyseprocessen bygger på viden om processer som f.eks. PKA, Nexus, CTU og Takuma (se Miljøprojekt 1055).

HJH ser ikke sambehandling af shredderaffald med andre affaldsfraktioner som f.eks. røggasrensningsaffald som en åbenlys mulighed. Dog tager HJH lignende typer affald som kableskrot i betragtning.

HJH har i 2009-10 gennemført vellykkede forsøg i pilot-skala med pyrolyse af shredderaffald. HJH har fået tilsagn fra Miljøstyrelsen under Handlingsplanen for fremme af miljøeffektiv teknologi 2010-11 til projektet "Forbedret ressourceudnyttelse af shredderaffald", som vil medfinansiere yderligere forsøg i 2010-11. Det nye projekt skal afklare en mængde veldefinerede, tekniske spørgsmål og også afklare økonomiske spørgsmål som f.eks. anlægskapacitet. Forsøgene omfatter også oparbejdning af produkterne fra pyrolyseprocessen. HJH har på nuværende tidspunkt ikke en klar forretnings-

plan, hvis teknologien bliver en succes, men der er et åbenlyst stort potentiale på verdensplan.

Målet er på længere sigt at opbygge anlæg, som udover den øjeblikkelige produktion kan behandle shredderaffald fra deponi, som har lav brændværdi, men meget højt indhold af metaller, fordi man tidligere ikke effektivt udsorterede metaller.

HJH har kontakt til en industriel leverandør, som vil kunne levere fuldskalaanlæg.

HJH samarbejder bl.a. med Vattenfall og Ålborg Portland som aftagere af en metalfri koksfraktion fra pyrolyse/forgasning til videre energiudnyttelse.

Næste trin i udviklingsforløbet er at bygge et anlæg med en kapacitet på 60-80.000 ton shredderaffald/år uden egentlig energiudnyttelse.

### 2.1.3 Driftserfaringer (driftstid)

HJH har mange års driftserfaringer med en bred vifte af neddelings- og sorteringsprocesser.

HJH har derudover positive erfaringer med deres egen termiske proces fra forsøg med pyrolyseenheden.

### 2.1.4 Teknik

HJH's batch pyrolyseproces består af en stationær tromle med roterende medbringere. Varmen tilføres af elektriske varmelegemer. Temperatur og opholdstid er typisk 350 °C og 24 timer. Produkterne er pyrolysegas og en koksfraktion med rene metaller. Det er ikke nødvendigt at neddele/knuse koksen før en mekanisk sortering. HJH har gennemført signingsforsøg, som viser, at metaller og koks let vil kunne adskilles, så processen fremstiller værdifulde produkter til videre oparbejdning.

### 2.1.5 Energi

Energibalancen for de nye processer er ikke kortlagt.

### 2.1.6 Miljø

Miljøforhold for de nye processer er ikke kortlagt.

### 2.1.7 Økonomi

HJH har endnu ikke afklaret de økonomiske forhold, men med de nuværende metalpriser og forventninger til skrotmetalpriser i fremtiden, mener virksomheden, at der vil kunne skabes økonomisk balance i et anlæg, som både behandler shredderaffald fra deponi og den øjeblikkelige produktion shredderaffald.

### 2.1.8 Arbejdsmiljøforhold

De arbejdsmiljømæssige forhold for de nye processer er ikke kortlagt. FORCE Technology vil dog ikke forvente, at operatører og teknisk personale behøver at have mere kontakt med shredderaffaldet ved termiske processer end

tilsvarende personale har på almindelige affaldsforbrændingsanlæg. Vi forventer indføddning, drift og håndtering af restprodukter vil ske med automatisk udstyr, som kan betjenes fra et lukket kontrolrum.

## 2.2 Stena Metall AB

### 2.2.1 Producentens tekniske og økonomiske formåen

Stena Metall AB er en del af to svenske familieejede firmaer, Stena Metall AB og Stena AB, som har aktiviteter indenfor færgedrift, shipping, offshore boring, ejendomme, finansiering, genanvendelse, miljøservices og handel. Stena Metall AB har 3500 medarbejdere og en omsætning på 15 mia. DKK.

### 2.2.2 Teknologisk udviklingsstadie

Stena Metall AB ejer 8 shredder anlæg, heraf 2 i Danmark. Der er forskellige regler i Danmark og Sverige. Blandt andet sorteres elektronikaffald ikke i Danmark i samme grad som i Sverige. Det betyder, at shredderaffaldet har forskellig sammensætning i de to lande, hvilket påvirker den efterfølgende proces til sortering og genanvendelse.

Virksomheden arbejder kommercielt og ejer i dag anlæg baseret på mekaniske metoder til sortering af shredderaffald.

Derudover arbejder virksomheden også med udvikling af termiske processer til shredderaffald. Udviklingen sker til dels via et forskningsprofessorat på universitet i Kalmar, som Stena Metall AB finansierer. Her udvikles mere overordnet set metoder til industriel genanvendelse af bl.a. værdifulde metaller fra katalysatorer, batterier, solceller og LCD-skærme.

De nye termiske processer befinder sig udviklingsmæssigt på pilot-stadiet.

### 2.2.3 Driftserfaringer (driftstid)

Stena Metall AB har flere års driftserfaring med mekanisk behandling af shredderaffald, men endnu ingen driftserfaringer med de nye termiske processer.

### 2.2.4 Teknik

De mekaniske behandlingsmetoder, Stena Metall AB anvender i deres proces i dag, beskrives ikke i detaljer her, blot skal det nævnes, at der indgår neddeling, magnetseparation og cyklonseparation.

De nye termiske processer vil blive baseret på pyrolyse, hvor pyrolysens energioverførsel som noget nyt sker med mikrobølger. Stena Metall AB forventer kun, at pyrolyse vil kunne blive en del-løsning. Stena Metall AB overvejer at kombinere pyrolyse med forgasning.

### 2.2.5 Energi

Energibalancen for de nye processer er ikke kortlagt.

## 2.2.6 Miljø

Miljøforhold for de nye processer er ikke kortlagt.

## 2.2.7 Økonomi

Stena Metall AB forventer, at pyrolyse kombineret med forgasning vil blive en kostbar løsning. Om den kan finde anvendelse i praksis vil derfor afhænge af den tilførte mængde affald, priser på el, deponi, skatter, afgifter osv.

## 2.2.8 Arbejdsmiljøforhold

De arbejdsmiljømæssige forhold for de nye processer er ikke kortlagt. FORCE Technology vil dog ikke forvente, at operatører og teknisk personale behøver at have mere kontakt med shredderaffaldet ved termiske processer end tilsvarende personale har på almindelige affaldsforbrændingsanlæg. Vi forventer indførelse, drift og håndtering af restprodukter vil ske med automatisk udstyr, som kan betjenes fra et lukket kontrolrum.

## 2.3 Uniscrap

### 2.3.1 Producentens tekniske og økonomiske formåen

Uniscrap ejes af Alco-Scholz A/S, hvor det tyske firma Scholz AG ejer 75% og et dansk firma Alco-Metal Holding A/S ejer 25% af aktierne.

Scholz AG driver genvindingselskaber indenfor jern og metal i Tyskland og adskillige lande i Østeuropa og havde i 2006 en omsætning på mere end 11 mia. DKK. Alco-Metal A/S besidder viden indenfor genvinding af metaller og rustfrit stål samt handel med nye jern- og metal produkter.

### 2.3.2 Teknologisk udviklingsstadiet

Uniscrap har anlæg til forarbejdning, dvs. fragmentering, presning, og klipning af alle typer skrotjern på 4 lokationer i Danmark, herunder et shredder-anlæg i Kolding. Magnetseparator og anden mekanisk sortering følger efter neddelingen i virksomhedens eksisterende anlæg.

Indenfor nye teknologier kender Uniscrap til, at der findes forskellige termiske forgasningsanlæg i Japan, men Uniscrap kan ikke pege på nogen oplagt teknologi. Derudover har virksomheden tidligere, i 1996, deltaget i et projekt finansieret af Miljøstyrelsen, som belyste om forbrændingsløsninger kunne være interessante. Man konkluderede dengang, at den tids shredderaffald gav anledning til driftsproblemer, i det væsentligste forårsaget af det store indhold af visse tungmetaller. Man konkluderede derudover, at principielt simple rensningsprocesser (mekaniske) tilsyneladende gjorde det muligt at raffinere shredderaffaldet på en måde, som kraftigt reducerede indholdet af problematiske tungmetaller uden samtidigt at fjerne større mængder brændbart materiale.

Uniscrap giver ikke oplysninger om selv at have aktuelle planer om at indføre løsninger, der yderligere kan forhøje den andel af materialer, som genanvendes.

### **2.3.3 Driftserfaringer (driftstid)**

Ingen nye processer beskrives.

### **2.3.4 Teknik**

Ingen nye processer beskrives.

### **2.3.5 Energi**

Ingen nye processer beskrives.

### **2.3.6 Miljø**

Ingen nye processer beskrives.

### **2.3.7 Økonomi**

Ingen nye processer beskrives.

### **2.3.8 Arbejdsmiljøforhold**

Ingen nye processer beskrives.



## 3 Liste over behandlingsmetoder

Dette kapitel indeholder en bruttoliste med de identificerede danske og udenlandske behandlingsmetoder samt en overordnet kategorisering af disse. Listen indeholder (så vidt informationerne har været tilgængelige) en beskrivelse af hver behandlingsmetode med hensyn til:

- Teknisk virkemåde:
  - Mekanisk neddeling og sortering
  - Termisk proces: Forbrænding, forgasning, pyrolyse, torrefaction, etc.
  - Krav til forbehandling af affaldet og andre forudsætninger
- Teknisk udviklingsstadium:
  - Under udvikling
  - Afprøvet i pilotskala
  - Afprøvet i fuld skala
  - Kommercielt tilgængelig
  - Andet

### 3.1 Listens tilblivelse

Der er foretaget en kortlægning af hvilke metoder, der findes til behandling af shredderaffald, således at eventuelle fremtidige behandlingskrav i form af f.eks. genanvendelse af shredderaffald, kan opfyldes. Kortlægningen er sket ved:

- En litteraturgennemgang af tidligere projekter om området. Primært Miljøprojekt nr. 1055 (Cramer et al, 2006), Miljøprojekt nr. 1133 (Nielsen et al, 2006), samt et nyere projekt udført af amerikanske studerende og offentliggjort af RenoSam (Moakley et al, 2010).
- Kontakt til de tre store behandlere i Danmark (H.J. Hansen, Stena Metall og Uniscrap).
- Kontakt til forskningsmiljøet, DTU Miljø, samt Teknologisk Institut (der har været medvirkende i Miljøprojekt nr. 1055).
- En søgning på Internettet over behandlingsmetoder.
- Kontakt til udvalgte firmaer på listen.

Den endelige liste over teknologier indeholder teknologierne fra bruttolisten undtagen teknologier, hvor producenten ikke har den tekniske og økonomiske formåen til eller har ønske om at etablere disse behandlingsmetoder i Danmark.

De firmaer, der repræsenterer de behandlingsmetoderne på den endelige liste, er blevet kontaktet dels pr. mail og dels ved opfølgende telefonopkald. I den forbindelse er der efterspurgt følgende informationer:

- Teknisk beskrivelse af behandlingsmetoden/processen

- Økonomiske aspekter ved behandlingsmetoden/processen
- Teknologisk udviklingsstade
- Erfaringer (drift, driftstider, driftsomkostninger m.m.)
- Eventuelle krav til forbehandling
- Genanvendelses- og nyttiggørelsesrater <sup>7</sup>
- Energimæssige aspekter
- Miljømæssige aspekter
- Arbejdsmiljømæssige aspekter

Det generelle billede er, at virksomhederne har udleveret oplysninger om tekniske forhold og informationer om erfaringer og udviklingsstadiet. Virksomhederne har været yderst sparsomme med andre informationer.

Desuden er det ikke alle virksomheder, der har givet informationer til projektet, hvorfor beskrivelserne af behandlingsmetoderne er baseret på informationer enten fra tidligere projekter/rapporter eller tilgængelige på Internettet.

### 3.2 Bruttoliste over behandlingsmetoder

Nedenstående Tabel 3-1 viser de behandlingsmetoder til shredderaffald, der er identificeret via kortlægningen. Tabellen indeholder alle identificerede behandlingsmetoder – også metoder fra firmaer, der ikke p.t. er i drift pga. evt. konkurs, eller fordi behandlingsmetoden ikke var rentabel. Kilden til oplysningerne fremgår af kolonnen ”Kilde” (se fodnoter efter tabellen) med mindre, der er tale om informationer modtaget direkte fra virksomhederne selv. I nedenstående tabeller angiver betegnelsen ”anlæg” en kørende applikation af en proces.

Tabel 3-1. Bruttoliste over behandlingsmetoder til shredderaffald

Firma	Proces	Land	Kilde	Kommentar
AffaldPlus+	Termisk proces (forbrænding)	Danmark	7	Shredderaffald har været forsøgt afbrændt i Næstved Forbrændingsanlæg. Men kun 14% shredderaffald sammen med andet sædvanligt brændbart affald.
Alter NRG Westinghouse	Termisk proces (forgasning)	Japan	5	Fire kommercielle anlæg i drift siden 2003. Kun et af disse behandler shredderaffald (i Japan), men sammen med MSW.
Argonne National Laboratory	Mekanisk separation	USA	3	Pilotanlæg etableret til genindvinding af plast og metal. Forsøg en succes.
Best Toratec (tidl. Toratec Recycling Solutions og før det SSE Separation Systems Engineering)	Mekanisk separation	Belgien/ Spanien	6	Sælger sorteringsanlæg. Afprøvet og idriftsat i fuldskala. Velfungerende.  Ser ud til at være anlæg i drift hos Kanemura – et shredder anlæg i

<sup>7</sup> Vi har forsøgt at vurdere virksomhedernes beskrivelse af størrelse og indhold af de udgående fraktioner, men det er svært at sammenligne de meget inkonsistente data. Spørgsmålet er komplekst og vanskeligt at beskrive nøjagtigt for alle metoderne indenfor projektets rammer.

Firma	Proces	Land	Kilde	Kommentar
				Japan. Fremgår dog ikke klart om anlægget behandler shredderaffald.
Citron	Termisk proces (oxyreducer)	Schweiz/ Frankrig	4	Forsøgsanlæg i drift i Frankrig. Planer om etablering af større anlæg.
CT-Environment	Mekanisk neddeling/sortering + termisk proces (smeltecyklon)	Schweiz	1	Fuldskalaforsøg gennemført dog uden effektiv mekanisk oparbejdning. Havde ordre på første anlæg i Schweiz til behandling af shredderaffald. Kunden aflyste ordren.
CTU	Mekanisk neddeling/sortering + termisk proces (smeltecyklon)	Sverige	1, 2, 3	Forsøg hos Mefos i Sverige viser, at processen er i stand til at behandle shredderaffald. Affaldet skal neddeles inden. Videreførelse af CT-Environment
EBARA Twin-Rec	Termisk proces (pyrolyse/forgasning)	Schweiz/ Japan	1, 3, 4	Anlæg i drift i Japan, der behandler shredderaffald. Har kørt i mere end 10 år.
Energos	Termisk proces (forbrænding)	Norge	1	Udført forsøg, men problemer med processen. Kun til en delfraktion af shredderaffald (> 10 mm).
Enviroarc Technologies AS	Termisk proces (forgasning/pyrolyse i skaktovn) (Pyroarc-proces)	Norge	1	Afprøvet i pilotskala. Krævede tilførsel af briketter, der er stabile ved 1000 °C. Markedet / efterspørgslen har ikke været der, så der er ikke sket yderligere end pilotforsøget med shredderaffald.
Galloo/AD REM	Mekanisk separation	Frankrig/ Belgien	3, 4	Anlæg i brug.
H.J. Hansen	Mekanisk neddeling og sortering	Danmark	1, 2, 3	Anlægget er stadig i brug
Interstate Waste Technologies (IWT) Thermoselect	Mekanisk komprimering + termisk proces (højtemperatur pyrolyse og forgasning)	?	5	Afprøvet uden succes for shredderaffald
Kawasaki Steel (JFE Holding)	Termisk proces (pyrolyse/forgasning) (Thermoselect process)	Japan	1, 3	Anlæg i drift i Japan på Kurashiki anlægget. (Thermoselect proces). Shredderaffald bliver behandlet i dag, men kræver ekstra indsats af kul. Se under SINERGA.
KSK	Termisk proces (skaktovnsforgasser/pyrolyse)	Tyskland	1, 2	Ser ud til primært at kunne behandle den grove fraktion af shredderaffald. Ingen erfaring med højere indsats end 15% pga. problemer med brikettering af shredderaffald.

Firma	Proces	Land	Kilde	Kommentar
Mitsui, Yame Seibu Clean Centre	Termisk proces (pyrolyse) (Mitsui R21)	Japan	1	Har i forsøgsanlæg kørt med shredderaffald. Vil muligvis i fremtiden tilbyde anlæg til shredderaffald. Men ser ikke ud til, at de i dag behandler shredderaffald, kun MSW.
MVF	Termisk proces (skaktovnsforgasser)	?	1	MVF er gået konkurs og procesudviklingen er stoppet
NEXUS	Termisk proces (batch pyrolyse)	Frankrig	1	NEXUS er gået konkurs og procesudviklingen er stoppet
PKA Umwelttechnik	Termisk proces (pyrolyse)	Tyskland	1, 3	Det er sandsynligt, at processen kræver et energitilskud i form af kul eller koks for at have energi nok til at smelte shredderaffaldets mineralske del. Kun pilotanlæg. PKA er gået konkurs.
Reshment	Mekanisk separation + termisk proces (blandes med flyveaske, termisk behandling v. < 2000 °C)	Schweiz	4	Reshment er navnet på CTU/CT-Environments proces. Ingen pilotanlæg eller forsøgsanlæg.
Result Technologies	Mekanisk neddeling og sortering	Schweiz	1	Velfungerende til specielt elektronikskrot. For dyr til shredderaffald.
R-plus	Mekanisk neddeling og sortering. Benyttede sig af Sult processen.	Tyskland	1, 3, 4	Driftsklart anlæg, men stoppet pga. lave deponiomkostninger, dvs. ikke rentabelt (1).
S+S Separation and Sorting Technology GmbH (SeSoTec) (tidl. S+S Metallsuchgeräte und Recyclingtechnik)	Mekanisk separation	Tyskland	1	Sælger maskiner til mekanisk separation. Velfungerende.
Salyp	Mekanisk separation (gør brug af Argonnes teknologi)	Belgien	1, 3	Demonstrationsanlæg. Men ser ikke ud til at eksistere længere.
Seiler-Hochtemperatur-Trennanlagen AG	Mekanisk separation og smelteproces	Østrig	1	Procesudvikling stoppet pga. konkurs
SINERGA S.A. (hed tidligere Thermoselect S.A.)	Mekanisk (komprimering) + termisk process (højtemperatur pyrolyse og forgasning)	Schweiz	1, 5	Anlæg i drift i Japan (på anlægget Kurashiki (ejet af bl.a. Kawasaki Steel)). Shredderaffald bliver behandlet i dag, men kræver ekstra indsats af kul.
STENA Metall	Mekanisk separation (og termiske processer på pilotskala).	Sverige/	1, 3	Den mekaniske proces er stadig i brug. Arbejder med udvikling af termiske processer – men på

Firma	Proces	Land	Kilde	Kommentar
		Danmark		pilotskala.
Sult	Mekanisk separation. R-plus benytter sig af processen.	Japan	3, 4	Anlæg i drift i Japan. Ingen anlæg i EU (4). R-plus har benyttet sig af processen, men er stoppet pga. lave deponiomkostninger, dvs. processen er ikke rentabel (1).
SVZ Schwartze Pumpe	Mekanisk neddeling + termisk proces (højtemperatur forgasning)	Tyskland	1, 3, 4	Forsøgsanlæg i drift. Planer om at øge brugen.
Takuma Co. Ltd	Termisk proces (pyrolyse)	Japan	1	Fuldskalanalæg i drift.
UniScrap	Mekanisk neddeling og sortering	Danmark	3	Processen er stadig i brug.
Von Roll	Termisk proces (pyrolyse + smelteproces)	Schweiz	1, 3	Fuldskalaforsøg gennemført med succes. Smelteproces urentabel.
VTT	Termisk proces (forgasning)	Finland	2, 3	Forsøg gennemført.
VW - SiCon	Mekanisk separation	Tyskland	3, 4	Forsøgsanlæg i drift. Større anlæg er etableret i Østrig i 2006. To anlæg mere er under opbygning i Holland og Frankrig (info fra Sicon, september 2010).

1 Miljøprojekt nr. 1055 (Cramer et al., 2006)

2 Miljøprojekt nr. 1133 (Nielsen et al., 2006)

3 An Evaluation of Shredder Waste Treatment in Denmark (Moakley et al., 2010)

4 Report to DG Environment on the benefits of ELV Directive (GHK, 2006)

5 Information via tidligere opgave udført af FORCE Technology for privat kunde, som er fortrolig.

6 Hjemmeside Toratec Recycling Solution [http://www.toratec.com/news\\_GB\\_news.html](http://www.toratec.com/news_GB_news.html) og

[http://www.toratec.com/pdf/RecyclingTodayGlobal\\_March2009.pdf](http://www.toratec.com/pdf/RecyclingTodayGlobal_March2009.pdf)

7 Rapport fra DTU: "Residues from waste incineration" (Astrup et al., 2010)

### 3.3 Frasorterede metoder

Ved en nærmere gennemgang af behandlingsmetoderne angivet i Tabel 3-1 viser, at en del behandlingsmetoder ikke er kommercielt tilgængelige. Årsagerne er fx

- Firmaerne er gået konkurs
- Anlæggene er ikke rentable
- Processen virker ikke (optimalt) med shredderaffald

Nedenstående behandlingsmetoder vil ikke indgå i den endelige liste. Tabellen viser årsagen til fravælgelsen. Kilden til oplysningerne er angivet i kolonnen "Kilde" med mindre, der er tale om informationer modtaget direkte fra firmaerne selv.

Tabel 3-2: Behandlingsmetoder, der fravælges til videre undersøgelser

Firma	Proces	Land	Kilde	Årsag til fravælgelse
Energos	Termisk proces (forbrænding)	Norge	1	Energos har kun udført forsøg, og der har været mange problemer med processen. Kun en

Firma	Proces	Land	Kilde	Årsag til fravælgelse
				delfraktion af shredderaffaldet er blevet behandlet (> 10 mm).
Interstate Waste Technologies (IWT) Thermoselect	Mekanisk komprimering + termisk proces (højtemperatur pyrolyse og forgasning)	?	5	Afprøvet uden succes med shredderaffald.
KSK	Termisk proces (skaktovnsforgasser/pyrolyse)	Tyskland	1, 2	Ser ud til primært at kunne behandle den grove fraktion af shredderaffald. Ingen erfaring med højere indsats end 15% pga. problemer med brikettering af shredderaffald.
Mitsui, Yame Seibu Clean Centre	Termisk proces (pyrolyse) (Mitsui R21)	Japan	1	Har i forsøgsanlæg kørt med shredderaffald. Vil muligvis i fremtiden tilbyde anlæg til shredderaffald. Men ser ikke ud til, at de i dag behandler shredderaffald, kun MSW.
MVF	Termisk proces (skaktovnsforgasser)	?	1	MVF er gået konkurs og procesudviklingen er stoppet.
NEXUS	Termisk proces (pyrolyse)	Frankrig	1	NEXUS er gået konkurs og procesudviklingen er stoppet.
PKA Umwelttechnik	Termisk proces (pyrolyse)	Tyskland	1, 3	Det er sandsynligt, at processen kræver et energitilskud i form af kul eller koks for at have energi nok til at smelte shredderaffaldets mineralske del. Kun pilotanlæg. PKA er gået konkurs.
Reshment	Mekanisk separation + termisk proces (blandes med flyveaske, termisk rensning v. < 2000 °C)	Schweiz	4	Ingen pilotanlæg eller forsøgsanlæg.
Result Technologies	Mekanisk neddeling og sortering	Schweiz	1	For dyr til bilskrot, men ok og velfungerende til elektronikskrot.
R-plus	Mekanisk neddeling og sortering	Tyskland	1, 3, 4	Driftsklart anlæg, men stoppet pga. lave deponiomkostninger, dvs. processen er ikke rentabel (1).
Salyp	Mekanisk separation (gør brug af Argonnes teknologi)	Belgien	1, 3	Demonstrationsanlæg. Men ser ikke ud til at eksistere længere.
Seiler-Hochtemperatur-Trennanlagen AG	Mekanisk separation og smelteproces	Østrig	1	Procesudvikling stoppet pga. konkurs.
SVZ Schwartze Pumpe	Mekanisk neddeling + termisk proces (højtemperatur forgasning)	Tyskland	1, 3, 4	Fuldskala forsøgsanlæg med "entrained flow" forgasser. Ikke kommerciel teknologiproducent.
Von Roll	Termisk proces (pyrolyse + smelteproces)	Schweiz	1, 3	Fuldskalaforsøg gennemført med succes. Men er i dag lukket ned, fordi smelteprocessen var alt for dyr. Firmaet ville derfor ikke markedsføre processen. Men alle

Firma	Proces	Land	Kilde	Årsag til fravælgelse
				metaller kunne trækkes ud.

1 Miljøprojekt nr. 1055 (Cramer et al., 2006)

2 Miljøprojekt nr. 1133 (Nielsen et al., 2006)

3 An Evaluation of Shredder Waste Treatment in Denmark (Moakley et al., 2010)

4 Report to DG Environment on the benefits of ELV Directive (GHK, 2006)

5 Information via ældre opgaver i FORCE Technology

### 3.4 Liste over relevante behandlingsmetoder

Efter frasortering af de behandlingsmetoder, som enten ikke virker, ikke er rentable eller hvor producenten er gået konkurs, fremkommer nedenstående liste over relevante behandlingsmetoder. For alle metoder er angivet listen på hvilket teknologisk udviklingsstadium behandlingsmetoden er, samt om processen kræver specielle forudsætninger. Listen er opdelt i to lister: én for mekaniske metoder og én for termiske metoder.

Det skal bemærkes, at ingen af de mekaniske eller termiske metoder nævnt nedenfor nødvendigvis alene vil kunne leve op til behandlingskravet om 95% nyttiggørelse samt en genanvendelseseffektivitet på 85%, men en kombination af en mekanisk og termisk proces vil måske kunne nå dette mål. Metoderne nævnes således nærmere her, fordi de kan være en nødvendig del af en samlet fremtidig proces – på trods af, at de i dag ikke nødvendigvis vil kunne leve op til EU's behandlingskrav for 2015.

Tabel 3-3: Liste over relevante *mekaniske* behandlingsmetoder til shredderaffald

Firma	Proces	Specielle forudsætninger/ Kommentar	Under udvikling	Afprøvet pilotskala	Afprøvet fuldskala	Anlæg i drift	Kommercielt tilgængelig
Argonne National Laboratory	Mekanisk separation	Pilotanlæg etableret til genindvinding af polymerer og metal. Forsøg en succes. Primært til genindvinding af plast. Fuld skala anlæg bygget i Salyp, Belgien i 2004?		x	?		
Best Toratec (tidl. Toratec Recycling Solutions og før det SSE Separation Systems Engineering)	Mekanisk separation	Sælger sorteringsanlæg. Afprøvede og idriftsat i fuldskala. Velfungerende. Ser ud til at være anlæg i drift hos Kanemura – shredder anlæg i Japan. Det fremgår dog ikke klart om anlægget behandler shredderaffald. (6)				x	x
Galloo / AD REM	Mekanisk separation	Anlæg i brug.			x	x	x <sup>8</sup>
H.J. Hansen	Mekanisk neddeling og sortering	Anlægget er stadig i brug.			x	x	
S+S Separation and Sorting Technology	Mekanisk separation	Sælger maskiner til mekanisk					x

<sup>8</sup> Ifølge telefonsamtale med Luc Waignein, Galloo 20.09.2010.

Firma	Proces	Specielle forudsætninger/ Kommentar	Under udvikling	Afprøvet pilotskala	Afprøvet fuldskala	Anlæg i drift	Kommercielt tilgængelig
GmbH (SeSoTec)	(hed tidligere S+S Metallsuchgeräte und Recyclingstechnik)	separation. Velfungerende.					
STENA Metall	Mekanisk separation (og termiske processer på pilotskala).	Processen er stadig I brug. Arbejder med udvikling af termiske processer – men på pilotskala.			x	x	
Sult	Mekanisk separation	Anlæg i drift I Japan. Ingen anlæg i EU (4). R-plus har benyttet sig af processen, men er stoppet pga. lave deponiomkostninger, dvs. ikke rentabelt (1).				?	
UniScrap	Mekanisk neddeling og sortering	Processen er stadig i brug. Er ikke anlægsleverandør.				x	
VW - SiCon	Mekanisk separation	Forsøgsanlæg i drift. Større anlæg er etableret i Østrig i 2006. To anlæg mere er under opbygning i Holland og Frankrig (info fra Sicon, september 2010).		x	x	x	x



Tabel 3-4: Liste over relevante *termiske* behandlingsmetoder til shredderaffald

Firma	Proces	Specielle forudsætninger/ Kommentar	Under udvikling	Afprøvet pilotskala	Afprøvet fuldskala	Anlæg i drift	Kommercielt tilgængelig
AffaldPlus+	Termisk proces (forbrænding)	Shredderaffald har været forsøgt afbrændt i Næstved Forbrændingsanlæg. Men kun 14% shredderaffald sammen med andet sædvanligt brændbart affald. Der har været fokus på emissioner ved forbrænding af forskelligt type affald – ikke fokus på om shredderaffald kan forbrændes.  Er ikke anlægsleverandør.		x			
Alter NRG / Westinghouse	Termisk process (forgasning)  (Plasma Assisted Gasification)	Tre anlæg i Japan bygget. Tilsyneladende behandler kun et af disse shredderaffald (Utashinai). Anlægget behandler 50% kommunalt og 50% Automotive Shredder Residue . Var bygget til 100% Automotive Shredder Residue. Start i 2003.  Westinghouse Plasma Cooperation leverede plasma brændere og design. Alter NRG har fuld adgang til data herfra <sup>9</sup> . Er en del informationer i Juniper, 2008.			x	x	x
Citron	Termisk proces (oxyreducer)	Forsøgsanlæg i drift i Frankrig. Planer om etablering af større anlæg. Ser ud til at anlæg i drift i Frankrig, der behandler den lette shredderfraktion (20.000 tons/år).		x		?	
CTU (tidl. CT- Environment)	Mekanisk neddeling/sortering + termisk proces (smeltecyklon)	Forsøg hos Mefos i Sverige viser, at processen er i stand til at behandle shredderaffald. Affaldet skal neddeles yderligere inden den termiske behandling. Indtrykket er, at virksomheden kan levere anlæg – den har en proces, men mangler reference. Har bl.a. mistet ordrer i Østrig og Schweiz. Er en forholdsvis dyr proces, der ikke får nok metaller ud.		x	?		
EBARA Twin- Rec	Termisk proces (pyrolyse/forgasning)	Anlæg i drift i Japan. Har behandlet shredderaffald i mere end 10 år. Processen er kommerciel ifølge EBARA, men virksomheden markedsfører ikke processen på det Europæiske marked (processen er sandsynligvis for dyr uden for Japan).		x	x	x	(x)
EnviroArc Technologies AS	Termisk proces (forgasning/pyrolyse i skaktovn)  (Pyroarc-proces)	Afprøvet i pilotskala. Krævede tilførsel af briketter, der var stabile ved 1000 °C. Markedet/efterspørgslen har ikke været der, så der er ikke sket yderligere end pilotforsøget med shredderaffald.		x <sup>10</sup>			
SINERGA S.A. (hed tidligere Thermoselect	Mekanisk (komprimering) + termisk process (højtemperatur pyrolyse og	Anlæg i drift i Japan (på anlægget Kurashiki (ejet af bl.a. Kawasaki Steel)). Shredderaffald bliver behandlet i dag, men kræver ekstra indsats af kul for at have tilstrækkelig energi til smeltning af shredderaffaldets mineralske		x	x	x	x

<sup>9</sup> Oplysninger fra AlterNRG Westinghouse.

<sup>10</sup> Ifølge samtale med Per Morten Lefdal, EnviroArc 20.9.2010.

Firma	Proces	Specielle forudsætninger/ Kommentar	Under udvikling	Afprøvet pilotskala	Afprøvet fuldskala	Anlæg i drift	Kommercielt tilgængelig
S.A.)	forasning)	del.					
STENA Metall	Mekanisk separation (og termiske processer på pilotskala).	Processen er stadig I brug. Arbejder med udvikling af termiske processer – men på pilotskala.		x			
Takuma Co. Ltd	Termisk proces (pyrolyse)	Har haft fuldskalanalæg i drift i flere år. <sup>11</sup>		x	x	x	
VTT	Termisk proces (forgasning)	Forsøg gennemført i pilotskala. Lovende resultater, men skal udvikles mere, især for at undgå dannelse af aflejringer i bunden af forgasseren. Processen var rent økonomisk ikke god nok, og VTT er derfor ikke kommet videre end pilotforsøgene <sup>12</sup> . (VTT, 2006)		x			

<sup>11</sup> H.J. Hansen mener, at anlægget lukket pga. korrosion i kedlen.

<sup>12</sup> Information fra Matti Nieminen, VTT 20.9.2010.

# 4 Kommercielt tilgængelige behandlingsmetoder

I dette afsnit beskrives de kommercielt tilgængelige behandlingsmetoder mere detaljeret – på trods af, at ikke alle behandlingsmetoder i dag kan klare 95% genanvendelses- og nyttiggørelseskravet alene.

Den detaljerede beskrivelse af de kommercielt tilgængelige teknologier omfatter:

- Producentens tekniske og økonomiske formåen
- Teknologisk udviklingsstade
- Driftserfaringer (driftstid)
- Teknik
- Energi
- Miljø
- Økonomi
- Arbejdsmiljøforhold

## 4.1 S+S Separation and Sorting Technology

S+S Separation and Sorting Technology (S+S SeSoTec) har været kontaktet i løbet af projektperioden og har leveret enkelte informationer.

### 4.1.1 Producentens tekniske og økonomiske formåen

Det tidligere S+S Metallsuchgeräte und Recyclingstechnik hedder nu S+S Separation and Sorting Technology GmbH (SeSoTec<sup>13</sup>). S+S blev etableret i 1976, og har i dag 230 medarbejdere fordelt på Tyskland, Frankrig, UK, Nordamerika, Singapore og Kina.

S+S er en af verdens førende producenter af automatiserede sorteringsmaskiner. Deres sorteringsmaskiner bliver i dag anvendt indenfor flere forskellige områder, såsom fødevarer, medicinalindustrien, plast, træ, glas m.m.<sup>14</sup> S+S har bl.a. solgt deres automatiserede sorteringsmaskiner til SiCon, der anvender sorteringsmaskinerne i deres VW-SiCon proces<sup>15</sup>, som er yderligere beskrevet nedenfor.

### 4.1.2 Teknologisk udviklingsstade

S+S producerer og sælger automatiserede maskiner til sortering af metaller, men leverer ikke fuldstændige anlæg til håndtering af shredderaffald.

---

<sup>13</sup> <http://www.sesotec.com/>

<sup>14</sup> [http://www.sesotec.com/company/facts\\_figures/?n=30-45](http://www.sesotec.com/company/facts_figures/?n=30-45)

<sup>15</sup> Information fra Christian Stockinger, S+S, september 2010.

#### 4.1.3 Driftserfaringer (driftstid)

Der foreligger ikke specifikke oplysninger.

#### 4.1.4 Teknik

Teknikken anvendt i de automatiserede sorteringsmaskiner fra S+S består i en mekanisk separation, der benytter forskellige sensorer:

- optiske sensorer til at adskille materialer ud fra farve (via CCD-kamera) eller polymer materiale (via NIR (Near Infrared Radiation))
- metal detektorer

Selve sorteringsmekanismen benytter magnetventiler og tryklufstdrevne dyser til at blæse emner til de rette produktbeholdere.

#### 4.1.5 Energi

Der er ikke modtaget oplysninger om de energimæssige forhold, kun at det afhænger af det enkelte anlæg.

#### 4.1.6 Miljø

Der er ikke modtaget oplysninger om de miljømæssige forhold.

#### 4.1.7 Økonomi

Der er ikke modtaget oplysninger om de økonomiske aspekter, kun at det afhænger af det enkelte anlæg.

#### 4.1.8 Arbejdsmiljøforhold

Der foreligger ikke oplysninger om arbejdsmiljøforholdene ved processen.

#### 4.1.9 Samlet vurdering

S+S Separation and Sorting Technology udvikler, fremstiller og markedsfører automatiske sorteringsmaskiner, som benyttes indenfor flere forskellige områder, S+S har bl.a. solgt deres automatiserede sorteringsmaskiner til SiCon, der anvender sorteringsmaskinerne i deres VW-SiCon proces.

S+S's teknologien vil ikke alene kunne leve op til fremtidens krav, men er en seriøs kandidat, som underleverandør til den mekaniske del af et behandlingsanlæg.

### 4.2 VW-SiCon

SiCon har været kontaktet i projektperioden og er kommet med en række informationer, dog ingen vedrørende økonomi, da dette vil afhænge meget af den enkelte situation, anlæg m.m. Nedenstående beskrivelse er udarbejdet med baggrund i de oplysninger, der er modtaget fra SiCon med mindre andet er angivet.

I samarbejde med Volkswagen har SiCon udviklet en metode til behandling af shredderaffald (både let og tung fraktion). Ifølge SiCons hjemmeside<sup>16</sup> behandles i dag mere end 200.000 tons shredderaffald vha. VW-SiCon processen. SiCon estimerer, at dette tal runder 400.000 tons i juli 2011. Processen kan sørge for genbrug af op til 95-98% af shredderaffaldet.

#### 4.2.1 Producentens tekniske og økonomiske formåen

Vi har ikke umiddelbart fundet eller fået oplysninger, som belyser virksomhedens økonomiske formåen, men samarbejdet med VW mere end antyder, at virksomheden har både den nødvendige tekniske og økonomiske formåen til at udvikle, fremstille og markedsføre behandlingsanlæg. Det er uklart om virksomheden selv udvikler de termiske processer, eller den samarbejder med andre virksomheder.

#### 4.2.2 Teknologisk udviklingsstadie

Processen er kommerciel tilgængelig og er i dag i drift flere steder. Ifølge SiCon<sup>17</sup> er følgende anlæg med VW-SiCon processen i drift:

- Østrig – håndterer 100.000 tons/år (opstart i 2006)
- Belgien – et lille anlæg, der håndterer 20.000 tons/år
- Frankrig – et forbehandlingsanlæg (pre-processing), der håndterer 50.000 tons/år

Følgende anlæg er under opførelse:

- Holland – 100.000 tons/år
- Frankrig – 40.000 tons/år

H.J. Hansen har korresponderet med VW-SiCon, og mener derigennem at kunne konkludere, at kun forskellige dele af den samlede proces kører og hver for sig. VW-SiCon har på nuværende tidspunkt ikke et samlet forsøgsanlæg eller kommercielt anlæg, som demonstrer hele processen.

#### 4.2.3 Driftserfaringer (driftstid)

SiCon angiver, at anlæggene normalt kører med 3-holdsskift. Andre oplysninger er ikke fundet/modtaget.

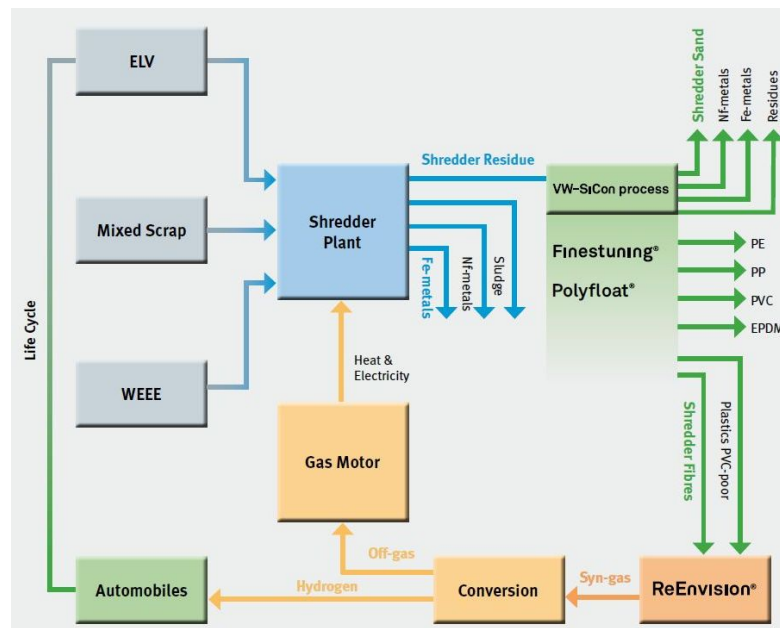
#### 4.2.4 Teknik

I materiale modtaget fra SiCon angives følgende oversigt over processen.

---

<sup>16</sup> <http://www.sicontechnology.com/recycling-verfahren/vw-sicon-verfahren/>

<sup>17</sup> Oplysninger fra Heiner Guschall, Sicon, september 2010.



Figur 4-1 Oversigt over VW-SiCon-Processen (Kilde: Materiale modtaget fra SiCon)

VW-SiCon processen er en mekanisk proces, der deler shredderaffald (såvel SLF = Shredder light fraction og SHF = Shredder heavy fraction) i følgende fraktioner:

- Jernholdige og ikke-jernholdige metaller
- Shredder granulat
- Shredder fibre
- Shredder sand

Denne separering sker via knusning og brug af luft i et trin, der kaldes forbehandlingsmodulet (pre-processing module). I de efterfølgende raffineringer (refining modules) sker en raffinering af shredder granulatet i henhold til kundens ønsker.

Ifølge SiCon er det teoretisk muligt at opnå en genanvendelsesgrad på op til 98%, men det er ikke ved brug af VW-SiCon processen alene, men ved yderligere raffinering vha. andre processer. Ifølge Volkswagens hjemmeside<sup>18</sup> kan VW-SiCon processen give en genanvendelsesgrad på 80%, og de sidste 20% (shredder residue) skal raffineres yderligere for at opnå en højere genanvendelsesgrad (se nedenfor). Ifølge SiCon er processen Polyfloat<sup>®</sup> dog en del af selve VW-SiCon systemet. Polyfloat<sup>®</sup>, er en proces, der separerer plasten i forskellige plastfraktioner vha. densitet og luft. Her opnås en renhed af plasten på minimum 99%. Polyfloat<sup>®</sup> anvendes enten i et enkelt trin til at separere PVC eller som adskillige trin efter hinanden for at separere forskellige typer af plast.

Som illustreret i Figur 4-1 har SiCon yderligere raffineringer ud over selve VW-SiCon processen, der er nødvendige for at opnå en høj genanvendelsesgrad. Disse er:

18

[http://www.volkswagen.com/vwcms/master\\_public/virtualmaster/en2/unternehmen/mobility\\_and\\_sustainability0/modelle/Recycling/Verwertung.html](http://www.volkswagen.com/vwcms/master_public/virtualmaster/en2/unternehmen/mobility_and_sustainability0/modelle/Recycling/Verwertung.html)

- Finestuning<sup>®</sup> er en proces, der genvinder jernholdige og ikke-jernholdige metaller fra Automotive Shredder Residue. Processen gør brug af magnetseparation.
- ReEnvision<sup>®</sup> er en proces, der genererer en syntetisk gas ud fra andre brændstoffer (som f.eks. shredder fibre eller plast fra shredderaffald). Gassen kan bruges som brændsel i andre processer. Det fremgår ikke, hvilken termisk proces, der er tale om (forgasning, pyrolyse, ...).

Den kritiske fraktion mht. at opnå en høj nyttiggørelsesprocent er shredder sand fraktionen. Her har SiCon sammen med Volkswagen i øjeblikket nogle udviklingsprojekter i gang for at få en højere genanvendelsesrate. SiCon har fokus på eksterne anlæg, som kan udnytte shredder sandfraktionen. Dette arbejde er i gang i øjeblikket og er i fin fremdrift. SiCon satser på at være klar til en industriel implementering i 2013/2014, så det dermed bliver muligt at opnå en nyttiggørelsesprocent på 98% eller i hvert fald 95% i ethvert europæisk land. Den samlede løsning er med VW-SiCon processen som udgangspunkt og med ekstra processer/behandlingsmetoder afhængig af kundens ønsker/behov.

For SLF er der ingen krav til forbehandling, hvorimod der for SHF kræves forbehandling via hvirvelstrømsseparation (eddy current separation) eller massefyldeseperation.

Vi har ikke modtaget informationer om driftserfaringer.

#### 4.2.5 Energi

Der er ikke modtaget oplysninger om de energimæssige forhold, kun at det afhænger af det enkelte anlæg.

#### 4.2.6 Miljø

Der er ikke modtaget specifikke oplysninger vedrørende miljøforhold, kun en bemærkning om, at processen er i brug og derfor kan overholde gældende europæiske udledningskrav.

I forbindelse med 13th International Conference on Life Cycle Engineering har Volkswagen fået foretaget en livscyklusvurdering af VW-SiCon processen sammenlignet med en proces, hvor et bilvrag først skilles ad og plastdele og metaldele udsorteres (85%), hvorefter det resterende bils-krot shreddes og energien i det udnyttes (ved forbrænding).

Denne livscyklusanalyse viser, at VW-SiCon processen er 6-29% bedre på de miljømæssige kategorier drivhuseffekt, forsuring, fotokemisk ozondannelse og eutrofiering. En følsomhedsanalyse viser, at den alternative proces - adskillelse af plastdele og efterfølgende shredding og energiudnyttelse - bliver en anelse bedre end VW-SiCon processen (1-5% bedre), hvis der bruges mere tid på det første trin og plastdele udsorteres helt ned til 100 g i stedet for de først antagne 500 g. Men denne yderligere nedsortering er tidskrævende og derfor også økonomisk tung (Krinke et al., 2006).

#### 4.2.7 Økonomi

Vi har ikke modtaget informationer fra SiCon om de økonomiske aspekter ved processen. I Annex 3 i GHK (2006) er økonomien for SiCon processen dog beskrevet i detaljer. Heri angives, at for et etablere et anlæg (mekanisk), der

kan håndtere 100.000 tons shredderaffald per år kræves der en investering på €1,54 mio. svarende til €1,758 mio. per år (eller €18/ton shredderaffald). Andre omkostninger er angivet til:

- Arbejdskraft - €8 per ton
- Vedligehold og energi - €23 per ton

Det estimeres, at salget af de udsorterede materialer, såsom metaller, shredder granulat, shredder sand, støv og slam kan indbringe €19 per ton. De totale omkostninger per ton shredderaffald er således €30 for et anlæg af størrelsen 100.000 ton/år. Økonomien afhænger selvfølgelig af anlæggets størrelse. GHK (2006) vurderes således, at der skal behandlingsomkostninger (gate fee) på €34 per ton for at få økonomien til at løbe rundt. For et større anlæg på 163.170 tons/år bliver de vurderede behandlingsomkostninger (gate fee) på €21 per ton.

#### 4.2.8 Arbejdsmiljøforhold

Der foreligger ikke mange oplysninger om arbejdsmiljøforholdene ved processen. SiCon angiver selv, at støj er det væsentlige arbejdsmiljøproblem.

#### 4.2.9 Samlet vurdering

VW-SiCon's udvikler et samlet behandlingssystem, som både indeholder mekaniske separationsprocesser og termiske processer til udnyttelse af energiindholdet i shredderaffald. Udviklingen er endnu ikke afsluttet, og virksomheden har ikke et samlet anlæg, som demonstrerer alle systemets komponenter.

Hvis udviklingsarbejdet afsluttes med succes, er VW-SiCon's proces et seriøst bud på en teknologi, som vil kunne overholde fremtidens behandlingskrav. Det er endnu for tidligt at vurdere størrelsen af de samlede behandlingsomkostninger, men et omkostningsniveau på 21/ton for den mekaniske del af anlægget virker realistisk.

### 4.3 AlterNRG Westinghouse

#### 4.3.1 Producentens tekniske og økonomiske formåen

Westinghouse Plasma Corporation er alene ejet af Alter Nrg, et canadisk firma, hvis aktier handles offentligt på TSX Venture Børsen. Egenkapitalen udgør som basis - \$ 56.2 millioner Virksomheden gav underskud i 2009, hvor omsætningen var \$ 3,644,249. Aktiverne var samme år opgjort til \$ 106,789,330. Også de to foregående år gav virksomheden underskud.

Westinghouse Plasma Corporation (WPC) er firmaet, som har udviklet og udtaget patent på WPC plasma forgasningsteknologien. Patentet ejes alene af Alter NRG. WPC, tidligere en forretningsdel af Westinghouse Electric Corporation, er et firma med base i Madison, Pennsylvania, som sælger licenser og plasma forgasnings teknologi og produkter på verdensplan. Firmaet oplyser på deres web-side, at de har 24 patenter relaterende til plasma dyser, plasma dyse systemer og proces design. Antallet af ansatte er 50. Baseret på disse oplysninger må AlterNRG Westinghouse anses for at være leveringsdygtig på teknologi og trods underskud at have mulighed for fortsat at drive forretning.



### 4.3.2 Teknologisk udviklingsstadie

AlterNRG Westinghouse har bygget 4 kommercielle anlæg siden 2003. Teknologien anses derfor som moden. To af de kommercielle referenceanlæg aftager to typer brændsler:

1. Neddelt affald fra biler og husholdningsaffald.
2. Spildevandsslam og husholdningsaffald.

Brændslet skal være neddelte til 1 m.

### 4.3.3 Driftserfaringer (driftstid)

Data om rådighed er ikke tilgængelige.

Kommercielle anlæg har været i drift siden 2003. Plasma dyserne indeholder ingen roterende dele. De meget høje temperaturer kan muligvis influere på robustheden.

### 4.3.4 Teknik

AlterNRG Westinghouse processen er bygget op omkring en fixed bed plasma forgasning. Affaldet skal neddeles til 1 m før det fødes ind i højtemperaturreaktoren. Plasma dyser opvarmer luft til ekstreme høje temperaturer, op til 5500 °C. Iltindholdet er under-støkiometrisk så affaldet forbrændes ikke, men nedbrydes til syntesegas, som indeholder H<sub>2</sub>, CO, N<sub>2</sub> og CO<sub>2</sub>. Røggasrensning er ikke en del af AlterNRG Westinghouses leverance.

### 4.3.5 Energi

Et anlæg til neddelte affald fra biler ejet af Hitachi Metals i Japan oparbejder op til 280 ton/d (med en brændværdi på 8,5 MJ/kg svarer det til ca. 27 MWh). Der er ingen indikation på begrænsning i opskalering. Eventuelt kan plasma dyserne sætte grænsen.

Hvad angår energibalancen er det fastlagt, at plasma dyserne bidrager med mellem 2 og 5% af den omsatte energi i forgasseren. Den metallurgiske koks bidrager med omkring 4% af energitilførslen til forgasseren. Resten af energien kommer fra det tilførte materiale. En energibalance viser en god virkningsgrad på forgasserprocessen. Ca. 90% output i form af syntesegas el til plasma dyserne og energiindhold i koksen i forhold til inputtet af energi. Energibalancen er tænkt som et eksempel og basis for en drøftelse, da hvert anlæg er baseret på kundeønsker.

### 4.3.6 Miljø

En rapport om slagge fra Mihama-Mikata anlægget har været forelagt for FORCE Technology. Mihama-Mikata behandler spildevandsslam. Rapporten er mærket fortrolig. Analysen på slagge perkolat blev udført af ALS Laboratory Group (Calgary office). Resultaterne for arsenik, barium, krom og bly var under USEPA TCLP grænseværdierne. Cadmium, kviksølv, silicium og sølv blev ikke bestemt. Sammenholdt med dansk lovgivning om perkolat, hører slaggen under kategori 3.

#### 4.3.7 Økonomi

Hvert plasma forgasnings anlæg er designet i henhold til kundebehov. Der foreligger ikke standard kostpris.

Det er ikke muligt at vurdere størrelsen af investeringen baseret på de givne informationer.

#### 4.3.8 Arbejdsmiljøforhold

Der foreligger ikke oplysninger om dette.

#### 4.3.9 Samlet vurdering

AlterNRG Westinghouse markedsfører en velafprøvet fixed bed plasma forgasser, som foruden syntesegas producerer en samlet metalfraktion og en mineralsk slagge (kategori 3). Med en foranstillet, meget effektiv mekanisk sorteringsproces vil processen kunne udnytte energien i shredderaffald uden at for mange frie metaller tabes. Værdien af metalfraktionen vil være meget begrænset, da alle resterende frie metaller er legeret sammen.

Det er uafklaret, om processen selv med en foranstillet mekanisk sortering vil kunne leve op til fremtidens behandlingskrav.

Det er ikke muligt at vurdere størrelsen af investeringen baseret på de givne informationer, men baseret på erfaringer fra Cramer et al. er plasmaprocesser investeringstunge, hvilket sandsynligvis vil medføre relative høje behandlingsomkostninger.

### 4.4 SINERGA - Thermoselect

#### 4.4.1 Producentens tekniske og økonomiske formåen

Det tidligere Thermoselect S.A. var et 100% datterselskab af Thermoselect A.G, Lichtenstein. Størsteparten af aktierne var ejet af en privat person.

Thermoselect S.A. eksisterer ikke mere, men SINERGA S.A. viderefører teknologien. SINERGA er et multinationalt selskab med R&D, salg og marketing. SINERGA har hovedkvarter i Locarno, Schweiz. Firmaets hovedaktivitet er ingeniørvirksomhed. R&D blev udført i eget regi, for det meste i halvfemserne under pilotforsøg med teknologien i Fondotoce, Italien. På den tid var der ansat 100 ingeniører. Nu er forskningen afsluttet. Der udføres mindre optimeringer. Salg og marketing varetages af SINERGA i samarbejde med et multinationalt netværk af projektrelaterede personer/virksomheder.

Der er solgt licenser f.eks. i Japan: JFE og USA: IWT. Desuden er servicevirksomhed blevet outsourcet til eksterne ingeniørvirksomheder. Fremstilling af komponenter er outsourcet til specialvirksomheder.

Teknologien er markedsført og varetaget af følgende virksomheder: The 7 Hills, JFE Steel, JFE Thermoselect, Kawasaki Steel, Thermoselect S.A.: Interstate Waste Technologies (IWT).

Stabiliteten hos leverandørerne er en smule usikker i kraft af, at organisationen er ret lille. På den anden side synes deres aktiviteter at være vel tilrettelagt. Da de har leveret mange kommercielle anlæg, det nyeste på referencelisten er bygget i 2006, anses virksomheden for at være kompetent og robust.

#### 4.4.2 Teknologisk udviklingsstadiet

Baseret på oplysninger fra leverandøren og fra firmaets web-side kombineret med tidligere undersøgelser af teknologien anses Thermoselect processen for at være moden teknologi.

De fleste af Thermoselects anlæg behandler husholdningsaffald og stort affald (bulky waste), men 4 anlæg behandler også industriaffald og et af de fire behandler også neddelte affald fra biler (Automotive Shredder Residue). En vis fleksibilitet er således mulig.

Det er Kurashiki anlægget i Japan, der som det eneste anlæg med Thermoselect processen behandler shredderaffald (Automotive Shredder Residue). Det har været i drift siden december 2004 og har en kapacitet på 555 t/d (SINERGA, 2010).

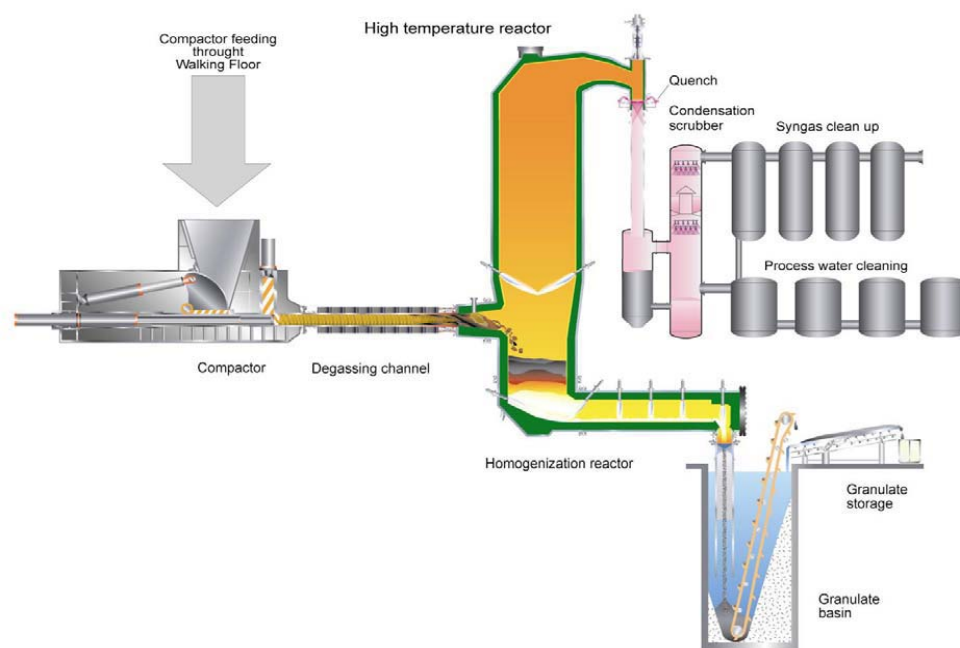
Forbehandling af affaldet er generelt ikke nødvendigt så længe affaldet imødekommer kravet til brændværdi, fugtindhold og indhold af organiske og uorganiske komponenter.

#### 4.4.3 Driftserfaringer (driftstid)

Siden 1999 er der blevet bygget 8 kommercielle anlæg. SINERGA (Thermoselect) hævder at have gode driftserfaringer med de leverede anlæg, hvor der er opnået en rådighed på mellem 85 og 92%.

Baseret på antallet af referenceanlæg og deres rådighedsdata vurderes, at teknologien er robust.

#### 4.4.4 Teknik



Figur 4-2: Overblik over Thermoselect<sup>®</sup> processen (SINERGA, 2010).

Thermoselect processen er sammensat af pyrolyse efterfulgt af forgasning og askesmeltning i en fixed bed højtemperaturreaktor. Før pyrolysen komprimeres affaldet. Ved denne komprimering øges vægtfylden, luft presses ud og materialet homogeniseres. Pyrolysekanalen opvarmes udefra ved forbrænding af en del af syntesegassen. Affaldet tørres og der dannes gas og tjære. En del af tjæren krakker. Opholdstiden er oplyst i en tidligere undersøgelse til at være 1 til 2 timer (Juniper, 1997). I højtemperaturreaktoren forgasser kultjæren. Opholdstiden i gasfase er kun nogle få sekunder, og gassen forlader reaktoren ved 1200 °C. Syntesegassen består af H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO og N<sub>2</sub>. Syntesegassen renses ved vaskning. I højtemperaturreaktoren dannes i bunden en slagge af smeltede metaller og mineraler i en smelte ved 1600 – 2000 °C. I granulatbassinet bratkøles de smeltede metaller og mineraler til et granulat.

#### 4.4.5 Energi

Pyrolyse/afgasningskanalen begrænser muligheden for opskalering af en produktionslinje. Anlæg med stor behandlingskapacitet skal derfor have flere parallelle linjer.

Hver produktionslinje kan behandle op til 15 ton/time, dvs. ca. 110.000 tons/år. Det er muligt at bygge anlæg med op til 10 linjer. Såfremt brændværdien er 8,5 MJ/kg kan hver linje behandle 15 ton/time x 8500 MJ/ton/3600 s/time = 33 MWth. Det største anlæg er på 555 tons affald/d (23 ton/time). Såfremt brændværdien er 8,5 MJ/kg er varmeproduktionen 55 MJ/s (55 MWth).

#### 4.4.6 Miljø

Der foreligger ældre emissionsdata for anlægget i Karlsruhe, der behandlede shredderaffald. Dette anlæg eksisterer dog ikke længere – idet det blev lukket efter offentlig debat om anlægget og pga. firmapolitik<sup>19</sup>.

Emissionsdata for anlægget i Karlsruhe for støv, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, HCl, HF, Hg, Total C, Cd, tungmetaller og dioxiner/furaner, viser at emissionen er lavere end hvad den europæiske lovgivning foreskriver, og også hvad anlægget havde fået tilladelse til at afgive.

Dioxin i alle udgående strømme (total sum) fra anlægget i Chiba er blevet målt til 0,00069 microgram-TEQ per ton affald. Data for udvaskning er ikke oplyst, men det anføres, at de opfylder japanske og EU krav. Anlægget i Chiba behandler dog ikke shredderaffald (SINERGA, 2010).

#### 4.4.7 Økonomi

Økonomien afhænger af mængde og kvalitet af tilført affald (brændværdi), afgifter, mulighed for produktion af el, salgspris for syntesegas og el. Erfaringer fra Karlsruhe viser, at der bruges ca. 35 Nm<sup>3</sup> naturgas i processen per ton affald.

Det er ikke muligt at estimere en driftsøkonomi fra disse informationer. Bemærk, at anlægget benytter ren ilt fra et iltanlæg.

#### 4.4.8 Arbejds miljøforhold

Intet oplyst.

#### 4.4.9 Samlet vurdering

Thermoselect processen er en velafprøvet teknologi, som foruden syntesegas producerer et granulat bestående af både metaller og mineraler. Shredderaffald har været forsøgt behandlet, men kræver ekstra indsats af kul/N-gas for at have tilstrækkelig energi til smeltning af shredderaffaldets mineralske del.

Værdien af det producerede granulat vil være meget begrænset. Thermoselect processen har behandlet shredderaffald i ét anlæg i Karlsruhe. Anlægget er imidlertid lukket pga. af folkelig modstand.

Det er ikke sandsynligt, at processen selv med en foranstillet mekanisk sortering vil kunne leve op til fremtidens behandlingskrav.

Det er ikke muligt at vurdere størrelsen af investeringen baseret på de givne informationer, men baseret på erfaringer fra Cramer et al. er plasmaprocesser investeringstunge, hvilket sandsynligvis vil medføre høje behandlingsomkostninger.

---

<sup>19</sup> Oplysninger modtaget fra SINERGA 21.09.2010.

## 4.5 Best Toratec

Toratec har været kontakten i løbet af projektperioden, men der er ikke modtaget nogen informationer.

### 4.5.1 Producentens tekniske og økonomiske formåen

Det tidligere SSE Separation Systems Engineering<sup>20</sup> med direktøren Erik van Looy i spidsen, blev i perioden 2006-2008 omdannet til Toratec Recycling Solutions<sup>21</sup> (Recycling Today Global, 2009), og ifølge en pressemeddelelse fra April 2010 er Best (Belgien) og Toratec Recycling Solutions (Spanien) gået sammen og har dannet virksomheden Best Toratec<sup>22</sup>.

Best Toratec sælger sensorbaserede sorteringsmaskiner til mekanisk sortering af diverse former for affald inklusiv shredderaffald.

### 4.5.2 Teknologisk udviklingsstadie

I og med, at Best Toratec sælger sorteringsmaskiner til mekanisk sortering, er teknologien kommerciel tilgængelig.

### 4.5.3 Driftserfaringer (driftstid)

Der er ikke fundet oplysninger om referenceanlæg eller driftstider for behandlingsmetoden.

### 4.5.4 Teknik

Best Toratec sælger flere forskellige typer af sorteringsmaskiner, der kan sortere forskellige fraktioner, men den mest omtalte er EcoTowerSort, der er en multisensor sorteringsmaskine, der økonomisk og effektivt sorterer flere materialer i et trin<sup>23, 24</sup>.

EcoTowerSort er en maskine/system, hvor materialet, der skal sorteres, tilføres ind i systemet via en vibrerende føder. Materialet er sorteret fra top til bund i de ønskede fraktioner afhængig af de sorteringsteknologier, der anvendes for hver sorteringsetage. De mulige sorteringsteknologier i EcoTowerSort<sup>25, 26</sup> er

- Magneseparator
- Hvirvelstrømsseparator
- Induktions sensorer
- Optiske sensorer (kameraer), dvs. sortering vha. farver
- Røntgen
- Laser teknologi
- Kombinationer af ovenstående.

---

<sup>20</sup> Separation Systems Engineering (SSE) var tidligere et datterselskab af CommoDaS Group (Wedel) (eNewsletter Environmental Technology Germany, 2007)

<sup>21</sup> [http://www.toratec.com/news\\_GB\\_press.html](http://www.toratec.com/news_GB_press.html)

<sup>22</sup> [http://www.bestsorting.com/news/pdf/pr\\_BestToratecSortingSolutions0410\\_EN.pdf](http://www.bestsorting.com/news/pdf/pr_BestToratecSortingSolutions0410_EN.pdf)

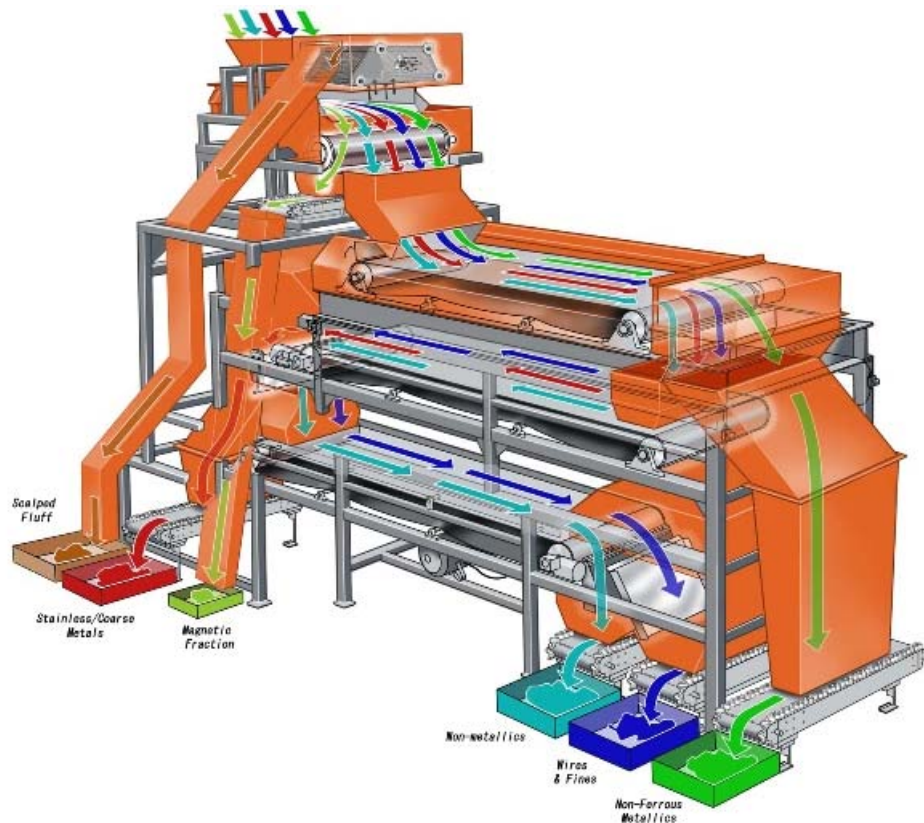
<sup>23</sup> [http://www.besttoratec.com/market/ELV\\_sorting.html](http://www.besttoratec.com/market/ELV_sorting.html)

<sup>24</sup> [http://www.toratec.com/news\\_GB\\_news.html](http://www.toratec.com/news_GB_news.html)

<sup>25</sup> <http://www.besttoratec.com/sorter/ETS-sorter.html>

<sup>26</sup> [http://www.bestsorting.com/news/pdf/pr\\_BestToratecSortingSolutions0410\\_EN.pdf](http://www.bestsorting.com/news/pdf/pr_BestToratecSortingSolutions0410_EN.pdf)

Udsorteringen (udskydning) af materialet sker ved brug af luft eller mekaniske skovl-systemer.



Figur 4-3 Illustration af sorteringsmaskine fra Best Toratec (Kilde: [http://www.toratec.com/news\\_GB\\_news.html](http://www.toratec.com/news_GB_news.html))

Ifølge Recycling Today Global (2009) er et anlæg installeret i januar 2009 på et Japansk shredder anlæg (for Automotive Shredder Residue) Kanemura Eco Works. Det fremgår dog ikke tydeligt om behandlingsmetoden anvendes til sortering af shredderaffald. Der er udelukkende nævnt sortering af aluminium som eksempel.

Der er ikke fundet oplysninger om genanvendelsesgrad af shredderaffald, men på Best Toratecs hjemmeside præsenteres EU sorteringskrav for 2015, sammen med en præsentation af deres EcoTowerSort multisensor sorteringsmaskine. Om det er et udtryk for at deres sorteringsmaskine kan leve op til sorteringskravene vides ikke.

#### 4.5.5 Energi

Der er ikke fundet oplysninger om de energimæssige aspekter af behandlingsmetoden.

#### 4.5.6 Miljø

Der er ikke fundet oplysninger om de miljømæssige aspekter af behandlingsmetoden.

#### 4.5.7 Økonomi

Der er ikke fundet oplysninger om de økonomiske aspekter af behandlingsmetoden, kun at virksomhedens salgsmateriale fremstiller

EcoTowerSort som en økonomisk metode, der sparer plads<sup>27</sup>, da flere forskellige sorteringsmekanismer anvendes i samme maskine.

#### 4.5.8 Arbejdsmiljøforhold

Der er ikke fundet oplysninger om de arbejdsmiljømæssige aspekter af behandlingsmetoden.

#### 4.5.9 Samlet vurdering

Best Toratec sælger sensorbaserede sorteringsmaskiner til mekanisk sortering af diverse former for affald. Det fremgår dog ikke tydeligt om behandlingsmetoden anvendes til sortering af shredderaffald.

Best Toratecs teknologi vil ikke alene kunne leve op til fremtidens behandlingskrav, men er en seriøs kandidat, som underleverandør til den mekaniske del af et behandlingsanlæg.

---

<sup>27</sup> <http://www.besttoratec.com/sorter/ETS-sorter.html>



# 5 Behandlingsmetoder afprøvet i fuld skala/anlæg i drift

Dette kapitel beskriver de behandlingsmetoder, der har været afprøvet i fuld skala, men som ikke er kommercielt tilgængelige på nuværende tidspunkt.

## 5.1 Galloo / AD REM

Galloo har været kontaktet for at få mere information, end der er tilgængelig i tidligere beskrivelser f.eks. GHK (2006) eller Galloo's hjemmeside ([www.galloo.com](http://www.galloo.com)). Teknologien videreføres af virksomheden AD REM (Advanced Recycling Machines; [www.adrecyclingmachines.com](http://www.adrecyclingmachines.com)).

### 5.1.1 Producentens tekniske og økonomiske formåen

Group Galloo Recycling har mere end 30 afdelinger og anlæg i Frankrig, Belgien og Holland tilsammen. Aktiviteter på shredderaffaldsområdet er primært i Belgien og Frankrig. Group Galloo Recycling håndterer 150.000 tons shredderaffald årligt<sup>28</sup>. Ifølge GHK (2006) er en tredjedel af det affald Galloo håndterer bilskrot (ELV).

### 5.1.2 Teknologisk udviklingsstadiet

Processen er i som beskrevet ovenfor i drift i både Belgien og Frankrig og håndterer i alt 150.000 tons shredderaffald årligt.

### 5.1.3 Driftserfaringer (driftstid)

Der er ikke fundet nogen oplysninger om driftserfaringer.

### 5.1.4 Teknik

Galloo benytter udelukkende mekanisk separation. Først tømmes biler for diverse væsker og skilles ad før de shreds, hvorefter der sker en mekanisk separation til følgende fraktioner (SIGRAUTO, 2008):

- Mineralsk fraktion (40%)
- Let fraktion (30%)
- Energiholdig fraktion (15%)
- Plast fraktion (10%)
- Rest (5%)

Disse fraktioner kan genbruges i andre industrier.

Ifølge SIGRAUTO (2008) opnår man med Galloo processen en genanvendelsesprocent på 15-45% med 15% nyttiggørelse. Ifølge GHK (2006) vurderes Galloo processen ikke at være god nok til at opnå EU's

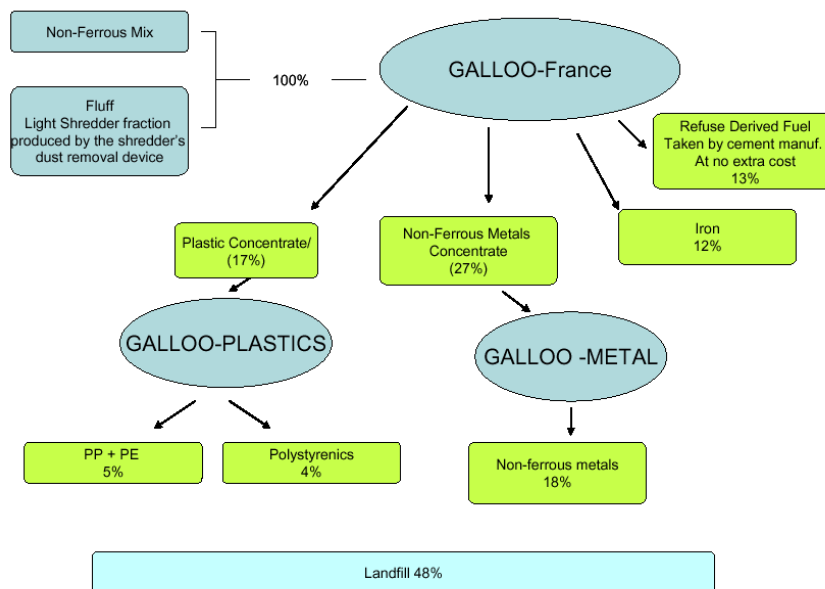
---

<sup>28</sup> <http://www.galloo.com/index.html>

omtalte 2015 krav til genanvendelse og nyttiggørelse. Heri vurderes processen maksimalt at kunne komme op på en samlet genanvendelse og nyttiggørelse på 90%. Galloo

Galoo processen er illustreret nedenfor.

Figur 5-1 Oversigt over Galloo processen



AD REM har pr. e-mail antydnet, at processen vil kunne overholde EU's behandlingskrav, men vi har ikke modtaget yderligere information/dokumentation AD REM/Galoo.

### 5.1.5 Energi

Der er ikke identificeret informationer om de energimæssige aspekter ved processen.

### 5.1.6 Miljø

Der er ikke identificeret informationer om de miljømæssige aspekter ved processen.

### 5.1.7 Økonomi

I GHK (2006) er angivet nogle få økonomiske data for processen, men udelukkende investeringsomkostningerne for Galloo France (kapacitet 300.000 tons/år) og Galloo Plastics (kapacitet 20.000 tons/år), der har været €12 millioner (i begge tilfælde).

### 5.1.8 Arbejds miljøforhold

Der er ikke identificeret informationer om de arbejdsmiljømæssige aspekter ved processen.

### 5.1.9 Samlet vurdering

Group Galloo Recycling markedsfører mekaniske sorteringsmetoder, som maksimalt vil kunne opnå en samlet genanvendelse og nyttiggørelse på 90%. Processen kan muligvis leve op til behandlingskravene, men virksomheden har ikke givet dokumentation/information.

## 5.2 Sult

Ifølge GHK (2006) undersøgelsen gennemført for DG Environment ("A study to examine the benefits of the End of Life Vehicles Directive and the costs and benefits of a revision of the 2015 targets for recycling, re-use and recovery under the ELV Directive") eksisterer der en såkaldt Sult process til behandling af shredderaffald. Der er imidlertid ikke identificeret andre beskrivelser af denne proces end, hvad der står i Annex 3 af denne rapport. Processen beskrives derfor kun meget kort her. Beskrivelsen er baseret på GHK (2006).

### 5.2.1 Producentens tekniske og økonomiske formåen

Der er ikke fundet oplysninger, der kan belyse dette.

### 5.2.2 Teknologisk udviklingsstadiet

Der er i dag ingen anlæg i Europa, der anvender Sult processen (i 2006). Kun et anlæg i Japan angives at være i drift ifølge GHK (2006).

### 5.2.3 Driftserfaringer (driftstid)

Der er ikke fundet oplysninger om driftserfaringerne af Sult processen.

### 5.2.4 Teknik

Sult processen er en mekanisk metode til behandling af shredderaffald. Der anvendes sigtning og separation vha. densitet. Shredderaffaldet opdeles i en organisk fraktion (som igen kan udsorteres i en plastfraktion), en mineralsk fraktion (sand og glas), og en metalfraktion. Den mineralske fraktion kan anvendes til bygning af veje og metalfraktionen kan sælges. Den resterende del af den organiske fraktion (plast udsorteret) kan bruges som alternativt brændsel til fremstilling af elektricitet.

Ifølge GHK (2006) kan Sult processen opnå en genanvendelsesrate på 96% og 100% i samlet genanvendelse- og nyttiggørelsesrate.

### 5.2.5 Energi

Der er ikke fundet oplysninger om de energimæssige aspekter ved Sult processen.

### 5.2.6 Miljø

Der er ikke fundet oplysninger om de miljømæssige aspekter ved Sult processen.

### 5.2.7 Økonomi

Investeringsomkostningerne angives i GHK (2006) til at være €4,5 millioner og driftsomkostningerne er ca. €70/tons (inkl. arbejdskraft) for et typisk anlæg, der kan håndtere 8 tons i timen. Desuden angives det, at behandlingsomkostningerne (gate fee) ved processen er ca. €100/tons.

Shredderfirmaet R-Plus anvendte ifølge GHK (2006) denne Sult proces, men i dag er R-plus anlægget stoppet pga. lave deponiomkostninger, dvs. anlægget var ikke rentabelt.

### 5.2.8 Arbejdsmiljøforhold

Der er ikke fundet oplysninger om de arbejdsmiljømæssige aspekter ved Sult processen.

### 5.2.9 Samlet vurdering

Det har kun været muligt at verificere, at Sult-processen har været benyttet i R-plus-anlægget (Cramer et al.). Dette – velfungerende anlæg - er imidlertid lukket, fordi behandlingsomkostningerne er for høje i forhold til deponeringsomkostningerne.

Det er uvist om nogen virksomheder markedsfører denne mekaniske sorteringsteknologi, som vil være yderst relevant foran en termisk proces.

## 5.3 Citron

Citron har været kontaktet for at få yderligere informationer end hvad der er tilgængeligt via tidligere beskrivelser f.eks. GHK (2006) eller Citron's hjemmeside ([www.citron.ch](http://www.citron.ch)). Der er imidlertid ikke modtaget nogen informationer fra Citron.

### 5.3.1 Producentens tekniske og økonomiske formåen

Citron SA er verdens største batteri genanvendelsesvirksomhed. Citron er en schweizisk virksomhed med et anlæg i Frankrig (siden 1999). Affald der behandles er primært batterier, men også shredderaffald<sup>29</sup> - i alt behandles 17 forskellige typer af affald. Der er et anlæg i drift, der håndterer 130.000 tons affald årligt, hvoraf de 20.000 tons er shredderaffald og heraf er 12.000 tons bilskrot (Automotive Shredder Residue) ifølge GHK (2006).

Der er planer om at bygge et større anlæg (500.000 tons/år) i Tyskland, som også vil skulle behandle mere shredderaffald (200.000 tons/år hvoraf 120.000 tons vil være Automotive Shredder Residue), (GHK, 2006). Planerne for dette anlæg er, at den producerede gas skal anvendes i processen til fremstilling af elektricitet. Der er imidlertid ikke fundet oplysninger om dette anlæg er i drift eller under opbygning, idet Citron ikke har givet informationer til projektet.

---

<sup>29</sup> [http://econo-batt.com/about\\_us.php](http://econo-batt.com/about_us.php)

### 5.3.2 Teknologisk udviklingsstadie

Det fremgår ikke af det fundne materiale, om metoden er kommerciel, og den er kun i drift på et anlæg i Frankrig.

### 5.3.3 Driftserfaringer (driftstid)

Der er ikke fundet oplysninger om driftserfaringer.

### 5.3.4 Teknik

Citron anvender en oxy-reducer<sup>TM</sup> teknologi med en roterovn med en reducerende atmosfære, men med en række af brændere, der producerer en oxiderende zone, der sørger for at de resterende organiske fraktioner bliver omsat. Processen foregår ved 1200 °C, således at nogle tungmetaller overgår til gasfase. Asken kan således bruges som råmateriale i cementfabrikker (SIGRAUTO, 2008).

Processen involverer følgende trin<sup>30</sup>:

- Opvarmning og pyrolyse af organiske forbindelser
- Reduktion af metaloxider til deres metalliske tilstandsform
- Højtemperatur separation af Zn, Cd og Hg fra Fe, Cu og Mn-fraktionen.
- Oxidation af procesgasserne samt re-oxidation af Zn.

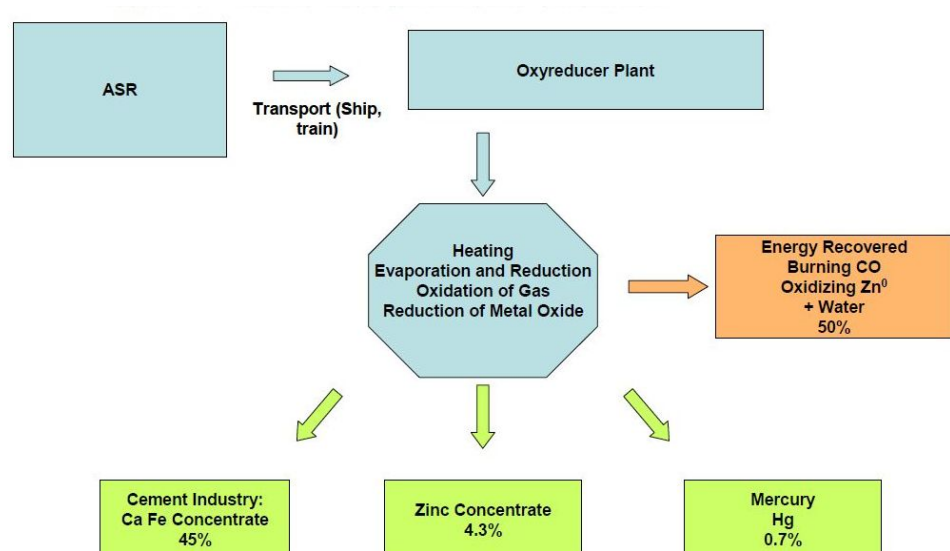
Reaktionen er kontrolleret hovedsageligt vha. temperatur, koncentrationen af oxygen og opholdstiden.

Processens output: metaller, en mineralsk fraktion, gas og aske (SIGRAUTO, 2008).

Ifølge SIGRAUTO (2008) opnås ved denne proces 50% genanvendelse og 50% nyttiggørelse. Ifølge GHK (2006) vil Citrons Oxy-reducer<sup>TM</sup> proces ved det planlagte større anlæg kunne opnå 90% genanvendelse, og have en total genanvendelses- og nyttiggørelsesprocent på 100% ved energifremstilling.

Oxy-reducer<sup>TM</sup> processen er gengivet i figuren nedenfor.

Figur 5-2 Citrons Oxy-reducer<sup>TM</sup> proces



### 5.3.5 Energi

Shredderaffaldets energiindhold udnyttes ved denne metode, men der er ikke fundet detaljerede oplysninger.

### 5.3.6 Miljø

Der er ikke fundet oplysninger om de miljømæssige aspekter ved Citron-processen.

### 5.3.7 Økonomi

Ifølge GHK (2006) er omkostninger ved behandling af shredderaffald (Automotive Shredder Residue) uden produktion af elektricitet følgende for et anlæg, der kan håndtere 80.000 tons/år:

- Investeringsomkostninger i alt: €58,32 millioner
- Kapitalomkostninger: €113 per ton
- Arbejdskraft: €68 per ton
- Totale produktionsomkostninger (inkl. energi): €40 per ton
- Materialesalg (eks. Zn og Hg): -77 €per ton
- Totale omkostninger: 181€per ton
- Forventede behandlingsomkostninger (gate fee): €208 per ton

Processen er således en dyrere proces end andre angivne processer.

### 5.3.8 Arbejdsmiljøforhold

Der er ikke fundet oplysninger om de arbejdsmiljømæssige aspekter ved Sult processen.

### 5.3.9 Samlet vurdering

Citron-processen er en termisk proces til behandling af tungmetalholdigt affald som f.eks. hydroxid slam, katalysatorer, slibe slam, shredderaffald og batterier. Ifølge GHK (2006) vil Citrons Oxy-reducer™ proces i et planlagt større anlæg til shredderaffald i Tyskland kunne opnå 90% genanvendelse, og have en total genanvendelses- og nyttiggørelsesprocent på 100% ved energifremstilling. Processens forventede behandlingsomkostninger er €208/ton, hvilket er meget højt.

Det er ikke klart, om metoden er kommercielt tilgængelig, og den er kun i drift på ét anlæg i Frankrig.

## 5.4 EBARA TwinRec

EBARA har været kontakten i løbet af projektperioden og har oplyst, at på trods af, at de har haft et anlæg, der behandler shredderaffald i drift i Japan i mere end 10 år (med deres teknologi), så er det ikke lykkedes at komme ind på det Europæiske marked. Markedet har ikke været der. EBARA ser ud til nu at have opgivet det Europæiske marked.

#### 5.4.1 Producentens tekniske og økonomiske formåen

Virksomheden er et aktieselskab. Den totale omsætning er 607.000 mio. Yen (40 mia. kr.). EBARA er et multinationalt firma med hovedsæde i Japan. Aktionærerne er individuelle ejere (39%), finansielle institutioner (25%), udenlandske investorer (26%) og andre (10%). Der er ingen oplysninger om ejerskab til teknologien. Leverandøren betragtes som økonomisk solid. Med henvisning til antallet af leverede kommercielle anlæg anses leverandøren for at være teknologisk kompetent.

#### 5.4.2 Teknologisk udviklingsstadiet

Referencelisten indeholder 14 anlæg til forskellige typer af affald, hvoraf 12 er kommercielle anlæg. De kommercielle anlæg er blevet bygget siden år 2000. Så teknologien må betegnes som moden. Et anlæg i Aomori (Japan) har behandlet shredderaffald i mere end 10 år og har indtil nu behandlet mere end 1 million ton shredderaffald.

En del af anlæggene er bygget til at behandle en blanding af brændsler f.eks. tørret slam og plastikaffald. Anlæggene betegnes at være fleksible. Affaldet skal neddeles til 0,3 m.

#### 5.4.3 Driftserfaringer (driftstid)

Der foreligger ikke data for rådighed.

En del af anlæggene har været i drift siden år 2000. Der er ingen bevægelige dele i hovedprocessen. Fluid bed delen anses for at være den mest følsomme del af anlægget.

#### 5.4.4 Teknik

Ebaras proces er opbygget omkring en cirkulerende fluid bed forgasser, der arbejder ved en relativ lav temperatur på 500 – 600 °C. Iltindholdet holdes lavt. Fordi temperaturen er under smeltepunktet for aluminium, vil metaller som aluminium, kobber, jern mm. passere upåvirket igennem processen. De efterfølgende mekaniske processer udsorterer de værdifulde metaller. Den cirkulerende fluid bed fremmer, at der opnås god kontakt mellem affald, sand og luft. I bunden udtages de ikke-brændbare bestanddele, som efterfølgende kan sorteres. Ved at tilføre luft til det cyklonformede forbrændingskammer øges temperaturen til 1300 - 1400 °C. Den smeltede slagge tappes fra forbrændingskammeret.

#### 5.4.5 Energi

Det største anlæg på referencelisten er indrettet til behandling af neddelt affald fra biler og spildevandsslam. Det oparbejder 2 x 225 ton/d, som anføres at svare til 2 x 40 MW. Der angives ingen grænse for opskalering.

#### 5.4.6 Miljø

Ebara anfører, at luftemissioner fra Ebara processen vil være bestemt af hvilket røggasrengøringsanlæg, der anvendes.

Det oplyses, at luftemissionerne for referenceanlæggene i Japan lever op til europæisk lovgivning. Metalfraktionerne kan sælges. Den størknede slagge

genbruges som grus, sand og opfyldningsmateriale. Der er ingen data for målte perkolat værdier, men leverandøren oplyser, at materialet er meget modstandsdygtigt over for udvaskning, og at slaggen er blevet testet i henhold til tyske, franske, japanske, svejtsiske, og hollandske udvaskningstests.

#### 5.4.7 Økonomi

Ebara hævder, at processen kører uden brug af fossile brændsler, og at energibalancen er positiv.

Ebara hævder som en tommelfingerregel, at investeringen kan bestemmes ud fra 1,5 gange prisen for en incinerator med stoker rist.

#### 5.4.8 Arbejds miljøforhold

Der foreligger ikke oplysninger om arbejdsmiljøforhold.

#### 5.4.9 Samlet vurdering

De anslåede behandlingsomkostninger for et komplet anlæg med en kapacitet på 50.000 t/år er omkring 1.000-1.200 DKK/t affald.

Anlægget genvinder alle metaller af en størrelse over intervallet 2-5 mm i en jernrig fraktion og en fraktion af ikke jern metaller. Den endelige genvindingsgrad af individuelle metaller inkl. ekstern oparbejdning af metaller er ikke kendt og vil være afhængig af det anvendte mekaniske separationsudstyr.

Energien i affaldet kan udnyttes til produktion af kraft/varme med en forventet virkningsgrad på ca. 74%.

EBARA har oplyst, at på trods af, at de har haft et anlæg, der behandler shredderaffald i drift i Japan i mere end 10 år, er det ikke lykkedes at komme ind på det Europæiske marked. EBARA ser ud til nu at have opgivet det Europæiske marked.

### 5.5 Takuma

#### 5.5.1 Teknologisk udviklingsstadiet

Takuma har leveret ét fuldskalaanlæg til behandling af 27.000 t shredderaffald/år. Hjertet i anlægget er en roterende pyrolyseovn med efterfølgende forbrænding af pyrolysegas og metalfri koksrest i en kedel med el-produktion.

#### 5.5.2 Driftserfaringer (driftstid)

Takumas anlæg hos Kanemura Co. Ltd. i Japan har behandlet shredderaffald siden 1998, men anlægget er nu endelig lukket bl.a. på grund af problemer med korrosion i kedlen.



### 5.5.3 Samlet vurdering

Takumas proces er ikke kommercielt tilgængelig, men de positive erfaringer med selve pyrolyseprocessen er absolut relevant for fremtidige danske behandlingsanlæg.



# 6 Behandlingsmetoder under udvikling og i pilotskala

I dette afsnit beskrives de behandlingsmetoder, der er under udvikling. Beskrivelsen af disse teknologier vil omfatte følgende parametre, hvor det er muligt at vurdere:

- Teknik
- Energi
- Miljø
- Økonomi
- Arbejdsmiljøforhold

## 6.1 Argonne National Laboratory

Argonne National Laboratory blev kontaktet, men har kun givet sparsomme informationer.

I 2003 byggede og testede Argonne National Laboratory sammen med The United States Council for Automotive Research (USCAR), Vehicle Recycling Partnership (Chrysler LLC., Ford Motor Company, and General Motors Corporation) og The American Chemistry Council-Plastics Division et pilot anlæg til at sortere og genvinde plast- og metalrester fra shredderaffald. Det afprøvede anlæg kunne håndtere 2 tons per time og behandlede i alt 100 tons shredderaffald<sup>31</sup>. Resultatet var, at mere end 90% af både polymer- og metalindhold blev udsorteret.

Der er tale om et mekanisk separationsanlæg, men det primære formål er at udsortere plasten<sup>32</sup>.

Der er bygget et fuldskala demonstrationsanlæg hos Salyp i Belgien<sup>33</sup>. Men hjemmeside [www.salyp.com](http://www.salyp.com), som der henvises til eksisterer ikke mere, hvilket kunne tyde på, at hverken anlægget eller Salyp eksisterer længere.

Argonne har solgt licensen til at genindvinde materialer fra shredderaffald til et amerikansk firma (navnet ukendt). Dette firma har købt det nødvendige udstyr til separation af metaller, plast osv., og er i en opstartsphase/testfase i øjeblikket (september 2010). Argonne foretager ikke selv behandling af shredderaffald mere, men udelukkende af andre metal og/eller plast affaldsstrømme<sup>34</sup>.

---

<sup>31</sup> [http://www.transportation.anl.gov/materials/crada\\_recycling.html](http://www.transportation.anl.gov/materials/crada_recycling.html)

<sup>32</sup> [http://www.es.anl.gov/Energy\\_systems/docs/process\\_tech/materials\\_recycling/3-ASR\\_2003.pdf](http://www.es.anl.gov/Energy_systems/docs/process_tech/materials_recycling/3-ASR_2003.pdf)

<sup>33</sup> <http://www.recyclingbizz.com/productnews/LA768495.html>

<sup>34</sup> Information fra Argonne National Laboratory, Paul Betten, september 2010.

### 6.1.1 Teknik

Den mekaniske proces har det primære formål at udsortere de forskellige plasttyper i f.eks. Automotive Shredder Residue. I pilotanlægget blev shredderaffaldet mekanisk udsorteret i fem forskellige fraktioner<sup>35</sup>:

- En polymer fraktion (45% af vægten)
- En metalfraktion (10% af vægten)
- En metaloxid fraktion (15% af vægten), som består af metaloxider, glas, snavs og noget organisk materiale.
- En polyurethan fraktion (5% af vægten)
- En fraktion rig på organisk materiale (25% af vægten), som består af en blanding af plast, gummi, tekstil og fibre.

Polymerfraktionen kunne så herefter yderligere udsorteres ved hjælp af konventionelt synke/flyde teknik til at separere plasten ud fra densitet. De individuelle plasttyper blev herefter separeret ved hjælp af flotation<sup>36</sup>.

Ved magnetisk separation af metaloxid fraktionen kan jernoxid sorteres yderligere ud, hvilket ser ud til at være en lovende kilde til jern for cementindustrien<sup>37</sup>.

Ifølge Ciacci et al. (2010), der har foretaget en livscyklusanalyse af forskellige behandlingsmetoder for shredderaffald, kan Argonne processen med efterfølgende forbrænding opnå en genanvendelseseffektivitet på 86,9% og en samlet nyttiggørelse på 97,6%. Disse værdier må være baseret på antagelser i og med, at denne samlede proces ikke er i drift noget sted.

### 6.1.2 Energi

Der er ikke fundet oplysninger om de energimæssige aspekter af behandlingsmetoden.

### 6.1.3 Miljø

Der er ikke modtaget oplysninger om de miljømæssige aspekter af behandlingsmetoden. Der er imidlertid identificeret en livscyklusvurdering af Argonnes teknologi til behandling af shredderaffald, selvom den p.t. ikke er i brug. Livscyklusvurderingen er foretaget med ECO Indicator 99 metoden, der normalt ikke anvendes i Danmark. ECO Indicator metoden er en økonomisk indikatormetode, hvorfor resultaterne skal tolkes med stor forsigtighed. Hovedkonklusionen ser dog ud fra en livscyklusbetragtning at være i orden, idet den overordnede konklusion er, at jo mere der udsorteres og genanvendes, desto bedre bliver miljøprofilen.

Der er foretaget en livscyklusvurdering af fem forskellige metoder til behandling af shredderaffald i Italien, dvs. under italienske forhold. Argonnes mekaniske sorteringsproces med efterfølgende forbrænding, er en af de 5 undersøgte metoder, og en af de metoder, der med den angivne livscyklusvurderingsmetode giver den bedste miljøprofil.

<sup>35</sup> [http://www.transportation.anl.gov/materials/shredder\\_recycling.html](http://www.transportation.anl.gov/materials/shredder_recycling.html)

<sup>36</sup> [http://www.es.anl.gov/Energy\\_systems/docs/process\\_tech/materials\\_recycling/Plastics%20Recycle%20Summary.pdf](http://www.es.anl.gov/Energy_systems/docs/process_tech/materials_recycling/Plastics%20Recycle%20Summary.pdf)

<sup>37</sup> [http://www.transportation.anl.gov/materials/shredder\\_recycling.html](http://www.transportation.anl.gov/materials/shredder_recycling.html)

#### 6.1.4 Økonomi

Der er ikke fundet oplysninger om de økonomiske aspekter af behandlingsmetoden.

#### 6.1.5 Arbejdsmiljøforhold

Der er ikke fundet oplysninger om de arbejdsmiljømæssige aspekter af behandlingsmetoden.

#### 6.1.6 Samlet vurdering

Argonne har bygget et fuldskala demonstrationsanlæg hos Salyp i Belgien. Anlægget eksisterer ikke længere. Anlægget havde fokus på udsortering i flere, rene plastfraktioner.

Argonne har solgt licensen til at genindvinde materialer fra shredderaffald til et amerikansk firma (navnet ukendt). Dette firma har købt det nødvendige udstyr til separation af metaller, plast osv., og er i en opstartsphase/testfase i øjeblikket (september 2010). Argonne foretager ikke selv behandling af shredderaffald længere.

### 6.2 VTT

VTT har været kontaktet i løbet af projektperioden, og har oplyst, at der ikke er sket yderligere med deres teknik/forsøg siden de forsøg, der blev gennemført i perioden 2003 til 2005 og afrapporteret i VTT (2006) og Nielsen et al. (2006). Metoden anses ikke for at være økonomisk rentabel<sup>38</sup>, og VTT har derfor ikke satset på videreudvikling af metoden, men forventer at der vil ske en videreudvikling på et tidspunkt.

Nedenstående oplysninger er således primært baseret på Nielsen et al. (2006) og VTT (2006).

#### 6.2.1 Teknik

Teknikken bag VTT's behandlingsmetode er en CFB-forgasser (CFB = Circulating Fluidised-Bed), der opererer ved en procestemperatur på 600 til 1000 °C og har en maksimal kapacitet på 80 kg/time.

Ved de forsøg, der blev kørt i perioden 2003 til 2005, blev der brugt shredderaffald fra H.J. Hansen. Både normalt shredderaffald (SR), dvs. 20% bilskrot (ELV) og 80% metalaffald, samt bilskrot (Automotive Shredder Residue) alene, dvs. 100% ELV. Sand og kalk blev anvendt som hjælpematerialer.

Ved forsøgene blev både Automotive Shredder Residue og SR knust og siet til stykstørrelser < 20 mm, men denne nedknusning vurderes ikke at være nødvendig ved indsats i en forgasser i kommerciel størrelse.

---

<sup>38</sup> Information fra VTT, Matti Nieminen september 2010.

Ved forsøgene viste det sig nødvendigt at køre med træpiller som sekundært brændsel. Alle forsøg blev gennemført med 10% træpiller og 90% shredderaffald.

Resultatet af forsøgene var positive og viste, at der både med ASR og SR kunne produceres en gas, som direkte kan afbrændes i eksisterende kraftværker og således udnyttes med høj termisk virkningsgrad.

Selvom resultaterne var meget lovende, så er der stadig behov for videreudvikling af metoden for at undgå dannelse af bundfald i bunden af forgasseren. Forsøgene viste, at der specielt er en risiko for dannelse af bundfald, når shredderaffald rigt på klor eller calcium blev forgasset. VTT vurderede dog, at dette kunne undgås ved rigtigt design af ilttilførsel/fordeling i stor skala.

### 6.2.2 Energi

Forsøgene viste, at forgasningsprocessen kan behandle og udnytte affald med en brændværdi for Automotive Shredder Residue og SR på henholdsvis 10,6 MJ/kg Automotive Shredder Residue og 5,7 MJ/kg SR.

### 6.2.3 Miljø

Ved denne forgasningsmetode af shredderaffaldet er resultatet en bundaske og et røgrensningsprodukt (filterstøv).

Røgrensningsproduktet eller filterstøvet, som udgjorde 13 – 15% af det indfyrede shredderaffald, indeholdt relativt små mængder af tungmetallerne zink og bly, som gør det umuligt at afsætte til zinkindustrien. Filterstøvet vil sandsynligvis blive klassificeret som farligt affald og vil skulle deponeres. Forsøgene viste, at for særlig kviksølvholdig shredderaffald kan det blive nødvendigt at indføre et ekstra rensningstrin.

Genanvendelsesmulighederne for bundasken eller den uorganiske del af shredderaffaldet er usikker, men efter yderligere separering af metallerne Cu og Fe, vil disse metaller sandsynligvis kunne afsættes til metalindustrien. Hovedparten af bundasken må sandsynligvis deponeres.

### 6.2.4 Økonomi

De økonomiske aspekter, der er beregnet på baggrund af forsøgene, kan kun betragtes som overslag. Ifølge VTT (2006) viste de økonomiske beregninger, at der kræves en estimeret gate-fee for SR på €40-70/ton. I Nielsen et al. (2006) angives en estimeret gate-fee for Automotive Shredder Residue på €50-110/ton.

VTT angiver dog selv i dag, at metoden ikke anses for at være økonomisk rentabel<sup>39</sup>, og VTT har derfor ikke satset på videreudvikling af metoden, men forventer at der vil ske en videreudvikling på et tidspunkt. Men som det ser ud nu, så vil VTT's behandlingsmetode udelukkende kunne udvikles og gennemføres med baggrund i lovgivningskrav og ikke som kommerciel forretning.

---

<sup>39</sup> Information fra VTT, Matti Nieminen september 2010.

### 6.2.5 Arbejdsmiljøforhold

Der er ikke identificeret nogen oplysninger om arbejdsmiljøforhold for denne behandlingsmetode.

### 6.2.6 Samlet vurdering

VTT's proces er ikke kommercielt tilgængelig, og vil næppe blive det inden for en overskuelig tidsramme.

## 6.3 EnviroArc

EnviroArc har været kontakttet i løbet af projektperioden, og har sendt beskrivelser af behandlingsmetoden – beskrivelser, der også er tilgængelig på EnviroArcs hjemmeside<sup>40</sup>.

### 6.3.1 Teknik

EnviroArc har for ca. 10 år siden afprøvet behandling af shredderaffald i deres PyroArc<sup>®</sup> proces<sup>41</sup>. Her blev der i pilotskala behandlet ca. 100 kg shredderaffald per time, men der er ikke sket yderligere udvikling af processen, da markedet/efterspørgslen ikke har været der.

PyroArc<sup>®</sup> processen er en termisk proces, der i to trin genvinder energi og materialer. Det første trin er en modstrøms smelte-forgasser. Her er temperaturen i toppen 3-500 °C, hvorved al fugt og flygtige materialer fordamper. Forvarmet luft tilføres i bunden af forgasseren, hvorefter resten af det brandbare materiale bliver forgasset ved en temperatur på ca. 1500 °C. Det ikke-brandbare materiale, såsom glas, metaller og mineraler smelter og tappes af, som metalblandinger og mineralsk slagge.

Trin to er en plasma-drevet reaktor. Affald på gas- eller væskeform tilføres direkte til reaktoren og blandes med gas fra forgasseren. Gassen og væsken tilføres via en højhastigheds- og højtemperatur-luftstrøm (6-800 m/s og 3-5000 °C) som skabes af en plasma generator. Ved denne høje temperatur dekomponerer alle kulbrinter og selv halogenerede kulbrinter fuldstændig.

Output er således:

- Produktgas (hovedsageligt i form af CO, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> og noget CO<sub>2</sub>), der kan anvendes direkte som brændsel.
- Metalblandinger, der kan sælges eller raffineres yderligere.
- Slagge, som kan anvendes som anlægsmateriale.

PyroArc<sup>®</sup> processen er i dag i brug et par steder i Sverige og Norge, bl.a. indenfor behandling af garveriaffald (Osterøy, Norge) og til udvinding af metaller fra filterstøv (ScanDust, Sverige), men ikke til behandling af shredderaffald.

Ulempen ved PyroArc<sup>®</sup> processen er, at den ifølge Cramer et al. (2006) kræver, at shredderaffaldet tilføres som briketter, der er stabile over 1000 °C.

---

<sup>40</sup> <http://www.enviroarc.com/pyro.asp>

<sup>41</sup> Samtale med Per Morten Lefdal, EnviroArc, 20.9.2010.

EnviroArc mener at have løst problemet, men egentlige driftserfaringer findes ikke.

### 6.3.2 Energi

Der er ikke fundet oplysninger om de energimæssige forhold ved processen ved behandling af shredderaffald.

### 6.3.3 Miljø

Der er ikke fundet oplysninger om de miljømæssige forhold ved processen ved behandling af shredderaffald.

### 6.3.4 Økonomi

EnviroArc har informeret om, at markedet/efterspørgslen efter denne proces ikke har været til stede, og processen er derfor ikke udviklet yderligere. Dette tyder på, at processen er for dyr under de nuværende forhold.

Vi har modtaget en økonomisk beregning (overslag) for et anlæg, der behandler 50.000 tons affald årligt med PyroArc<sup>®</sup> processen. Beregningerne foretaget af EnviroArc er baseret på anlægget, der kører i Osterøy i Norge, der behandler garveriaffald. Hvis et anlæg producerer og sælger den overskydende elektricitet vil behandlingsomkostningerne ende på ca. €100 per ton affald, hvorimod behandlingsomkostningerne vil falde til ca. €50 per ton affald for anlæg, der producerer gas og sælger denne.

### 6.3.5 Arbejdsmiljøforhold

Der er ikke fundet oplysninger om de arbejdsmiljømæssige forhold ved processen ved behandling af shredderaffald.

### 6.3.6 Samlet vurdering

PyroArc<sup>®</sup> processen fungerer bl.a. til behandling af læder og garveriaffald, men processen har ikke været afprøvet på shredderaffald. Vi vurderer, at PyroArc<sup>®</sup> processen, hvis den videreudvikles, vil kunne behandle shredderaffald på lige fod med andre plasma-processer. Behandlingsomkostningerne vil sandsynligvis være relativt høje.

## 6.4 CTU

Det tidligere schweiziske firma CT-Environment – og deres termiske behandlingsproces for shredderaffald – er beskrevet i detaljer i Miljøprojekt nr. 1055 (Cramer et al., 2006). I 2002 blev CT-Environment pga. konkurs til CTU – Conzepte Technik Umwelt AG dannet og i 2010 har investorer overtaget miljø- og energiaktiviteterne og dannet aktieselskabet CTU Clean Technology Universe AG<sup>42</sup>.

Den termiske proces, som er blevet afprøvet til behandling af shredderaffald og beskrevet i Miljøprojekt 1055, kaldes derfor CTU-processen i denne rapport. Forsøgene, der blev udført, blev foretaget på et forsøgs- og demonstrationsanlæg hos Mefos i Sverige i 2004. Disse forsøg er beskrevet i

---

<sup>42</sup> [http://www.ctu.ch/front\\_content.php?idcat=99](http://www.ctu.ch/front_content.php?idcat=99)



Miljøprojekt nr. 1133 (Nielsen et al., 2006). Mefos Metallurgical Research Institute AB er per 31. marts 2009 blevet et datterselskab til Swerera-koncernen<sup>43</sup>.

CTU er ikke blevet kontaktet i løbet af projektperioden, da FORCE løbende gennem de sidste år har været orienteret om deres arbejde gennem andre opgaver.

#### 6.4.1 Teknik

Kernen i CTU-processen er en smeltecyklon, som er en cylindrisk udformet vandkølet reaktor, hvor findelt indsatsmateriale sammen med ilt indblæses tangentielt i toppen af reaktoren. Her antændes materialet af en gasflamme og smelter på brøkdelen af et sekund i reaktorens øverste del ved temperaturer op til 2000 °C. Den dannede slagge løber ned af reaktorens vandkølede væg og opsamles i en under reaktoren placeret varmholdningsovn. Gassen fra forbrændingen udsuges gennem bunden af reaktoren gennem varmholdningsovnen, efterforbrændes i en kedel til dampgenerering, hvor den afkøles og udledes derefter gennem et filter. (Nielsen et al., 2006).

Output fra processen er en smeltet slagge, filterstøv rig på tungmetaller, samt damp til kraft/varmeproduktion. (Nielsen et al., 2006).

Forsøgene blev gennemført med forskellige forhold mellem shredderaffald og RGP (røggasrensingsprodukt), men der blev også kørt forsøg med shredderaffald alene. Shredderaffaldet, der blev anvendt til forsøgene, var shredderaffald fra H.J. Hansen. Typen af RGP, der er anvendt til smeltforsøgene hos CTU stammer fra en tør renseproces på et svensk affaldsforbrændingsanlæg. (Nielsen et al., 2006).

Der blev i alt ved forsøgene behandlet ca. 8700 kg shredderaffald og 5800 kg RGP i løbet af 24 timer. Den gennemsnitlige kapacitet af forsøgsanlægget var derfor ca. 600 kg/time. (Nielsen et al., 2006).

Processen og pilotanlægget viste sig særdeles stabile. Ét problem, som kræver omtanke ved bygning af et kommercielt anlæg, blev dog observeret. Efter nogle timers drift blev der konstateret ophobninger af støv fra processen i gaskanalerne og i filteret, hvorved den afsugede luftmængde fra processen blev for lille og et ekstra afsugningssystem måtte indkobles. Konklusionen var derfor at filtersystemet skal tilpasset et evt. anlæg, så blokeringer heri undgås. (Nielsen et al., 2006).

Konklusionen på forsøgene var, at CTU-processen også kan behandle shredderaffald alene. Shredderaffaldet, som det foreligger fra H.J. Hansen, skal neddeles inden, men det blev vurderet, at det er muligt, at et industrielt anlæg vil kunne behandle shredderaffald, der kun er neddelt til < 8 – 10 mm, hvilket vil være en betydelig (økonomisk) lettelse for H.J. Hansen. Dette skal dog undersøges og vurderes nærmere, idet det sandsynligvis også vil medføre en øget metalandel i shredderaffaldet. (Nielsen et al., 2006).

#### 6.4.2 Energi

I Miljøprojekt 1133 (Nielsen et al., 2006) er der foretaget en vurdering af, hvad etablering af et CTU-anlæg ville betyde. Det konkluderes, at etablering

<sup>43</sup> <http://www.mestertidende.dk/artikel/VisArtikel.aspx?SiteID=VS&Lopenr=90304020>

af et CTU-anlæg i Danmark vil medføre, at en energimængde på ca. 60% af shredderaffaldets brændværdi vil blive frigjort til fremstilling af kraft/varme eller til andet formål afhængigt af anlæggets placering – hvilket svarer til ca. 660.000 GJ/år.

#### 6.4.3 Miljø

I Miljøprojekt 1133 (Nielsen et al., 2006) er der foretaget en vurdering af, hvad etablering af et CTU-anlæg ville betyde. Det konkluderes, at etablering af et CTU-anlæg i Danmark vil medføre, at ca. 200.000 tons farligt affald ikke mere skal deponeres, men vil blive omdannet til ca. 120.000 tons genanvendelig slagge, ca. 27.000 tons zink-, bly- og cadmiumholdigt filterstøv, hvoraf zink, bly og cadmium kan udvindes, samt ca. 18.000 tons gips til genanvendelse.

I projektet konkluderes desuden, at et anlæg af denne størrelse vil påvirke naturen med udledning af spildevand og røggasser. Disse emissioner vil dog være i overensstemmelse med kravene til nye affaldsforbrændingsanlæg i Danmark.

#### 6.4.4 Økonomi

I Miljøprojekt 1133 (Nielsen et al., 2006) er der foretaget en vurdering af de økonomiske aspekter ved etablering af et CTU-anlæg. Det vurderes, at produktion af en slagge med høj værdi (dvs. ca. €100 per ton slagge) er afgørende for processens økonomi.

De økonomiske beregninger foretaget i projektet angiver en beregnet gate fee for shredderaffald på €43 per tons, hvorimod den beregnede gate fee stiger til €12 per tons, hvis der produceres slagge med en lav værdi (dvs. €5 per ton slagge). (Nielsen et al., 2006)

#### 6.4.5 Arbejdsmiljøforhold

Der er ikke angivet informationer om de arbejdsmiljømæssige forhold.

#### 6.4.6 Samlet vurdering

CTU-processen kan både behandle shredderaffald alene eller en blanding af røggasrensningsaffald fra affaldsforbrændingsanlæg og shredderaffald. Karakteren af de faste produkter, mineralisk slagge og en metallegering, betyder at processen sandsynligvis vil få svært ved at overholde behandlingskravene. Under alle omstændigheder udvinder processen for få frie metaller, som kan genanvendes, idet metallegeringen har ringe værdi.

### 6.5 Forbrænding af shredderaffald

Blandet med almindeligt forbrændingseget affald kan de fleste affaldsforbrændingsanlæg behandle shredderaffald. Senest har Astrup et al. gennemført danske veldokumenterede forsøg.

Det tidligere FASAN er per 1. januar 2010 fusioneret med KAVO under navnet AffaldPlus+<sup>44</sup>. På FASANs (nu AffaldPlus+'s) forbrændingsanlæg i

---

<sup>44</sup> Se [www.fasan.dk](http://www.fasan.dk)

Næstved blev der i perioden juni 2006 til april 2009 kørt forskellige forbrændingsforsøg med det formål at forbedre forståelsen af dannelsen af og karakteristika af restprodukter fra affaldsforbrænding. I projektet, som primært DTU stod for, blev der udført en række forsøg, bl.a. 6 forsøg med ændringer i driftsparametre for anlægget, samt 6 forsøg med ændringer i sammensætningen af det tilførte affald. Shredderaffald (automobile shredder waste) var blandt en af de affaldstyper, der blev behandlet under forsøgene. Ved dette forsøg blev der anvendt 14% shredderaffald. Den resterende affaldsmængde var defineret som den sædvanlige affaldstype, som forbrændingsanlægget modtaget. (Astrup et al., 2010).

### 6.5.1 Teknik

Næstved Forbrændingsanlæg er AffaldPlus' anlæg i Næstved til forbrænding af dagrenovation og brændbart affald. Anlægget blev taget i brug i 1983 og udbygget i 1994/96. Anlægget blev senest udbygget i 2005 <sup>45</sup>.

Ved forsøgene er der ikke foretaget ændringer i forbrændingsanlægget for at kunne afbrænde shredderaffaldet.

### 6.5.2 Energi

Der er ingen oplysninger om de energimæssige forhold ved forsøget.

### 6.5.3 Miljø

Forsøgene viste, at shredderaffaldet var rig på Ba, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Sn, V, og Zn, og derfor viste forsøgene med forbrænding af shredderaffald også, at disse metaller blev fundet i højere mængde i asken. Koncentrationen af især Cu og Mo var særligt høje i bundasken ved afbrænding af shredderaffald. Der blev også fundet særlige høje koncentrationer af Mo i flyveasken. Ni blev udelukkende fundet i bundasken ved afbrænding af shredderaffald. Zn og Sb blev også fundet i højere koncentrationer (i forhold til forsøgene med afbrænding af andet affald) i både flyveaske og bundaske pga. shredderaffaldets generelt højere zinkindhold. (Astrup et al., 2010).

Forsøgene viste desuden, at forbrænding af shredderaffald resulterede i øget aerosoldannelse (PM<sub>2,5</sub>). (Astrup et al., 2010).

Forsøgene viste, at afbrænding af shredderaffald (plus andre særlige affaldsfraktioner, såsom PVC, imprægneret træ, og batterier) er afgørende for emissionerne fra forbrændingen. En af konklusionerne fra rapporten er således, at skal man forbedre den miljømæssige performance af et affaldsforbrændingsanlæg skal man undgå forbrænding af disse specielle affaldstyper. (Astrup et al., 2010).

### 6.5.4 Økonomi

Der er ingen oplysninger om de økonomiske forhold for afbrænding af shredderaffald ved forsøget.

---

<sup>45</sup> Fra beskrivelser på AffaldsPlus hjemmeside:  
<http://www.affaldplus.dk/naestvedforbraendingsanlaeg>

### 6.5.5 Arbejdsmiljøforhold

Der er ingen oplysninger om de arbejdsmiljømæssige forhold ved forsøget.

### 6.5.6 Samlet vurdering

Ved forbrænding af shredderaffald ødelægges en stor del af de værdifulde metaller – dels i selve forbrændingsprocessen, og dels efterfølgende fordi metallerne bliver blandet med de mineralske og meget basiske stoffer i slaggen, som nedbryder en stor del af de resterende metaller. Forbrænding af restfraktioner fra mekanisk sorteret shredderaffald er dog relevant, hvis restfraktionen kun indeholder meget lave koncentrationer af frie metaller.

# 7 Mulige barrierer for indførelse af behandlingskrav

Analysen af mulige barrierer tager udgangspunkt i:

- Branchestruktur/kultur, mulighed for partnerskaber, etc.
- Markedsforhold
- Økonomiske forhold som kapitalbehov etc.
- Lovgivning
- Andre barrierer

De tre store danske producenter af shredderaffald har haft mulighed for at tilkendegive deres syn på muligheder og barrierer via samtaler med Force Technology i forbindelse med projektet. Force Technology havde på forhånd beskrevet de overordnede spørgsmål, der ønskedes belyst. Efter samtalerne fik virksomhederne lejlighed til at gennemse de skriftlige fremstillinger af deres synspunkter.

Med hensyn til lovgivning blev de tre store danske producenter bedt om at vurdere om miljølovgivningen udgør eller vil udgøre en barriere eller mulighed og de tog bl.a. udgangspunkt i miljøpræstationen for de behandlingsmetoder, de arbejdede med eller kendte til på anden vis og sammenholdt dem med dansk og EU lovgivning. Derudover fremkom der synspunkter om lovgivning fra teknologileverandøren EBARA.

Ud fra økonomiske beregninger af enhedsomkostninger, fremtidige afgifter og investeringens størrelse vurderes, om de økonomiske rammebetingelser udgør en barriere eller mulighed. Heri indgår også en vurdering af markedsforhold for metaller, varme og el, som evt. kan sælges. Da det har været vanskeligt at få tilstrækkeligt detaljerede oplysninger fra leverandørerne af nye behandlingsmetoder, tages der udgangspunkt i økonomiske forhold for andre affaldsbehandlingsanlæg suppleret med oplysninger om markedsforhold for metaller.

Miljøstyrelsen afholdt et seminar om partnerskab for shredderaffald i 2010, hvor Force Technology deltog. Der kom ikke yderligere synspunkter frem om barrierer på seminaret, udover de, som er behandlet i nærværende rapport.

## 7.1 Branchestruktur/kultur, mulighed for partnerskaber

Shredderbranchen i Danmark omfatter de tre store aktører, nemlig H.J. Hansen Genvindingsindustri A/S, Stena Metall AB og Uniscrap. Disse tre aktører opererer på forskellig vis i markedet og har derfor også har forskellig tilgang til muligheden for partnerskaber.

HJH og Stena er de største aktører.

HJH er som nævnt et familieejet, ikke børsnoteret selskab. HJH har viden og kapacitet til at udvikle deres teknologi, men har ikke tidligere udviklet

processer fra grunden i samme omfang som nu. HJH vil dog som nævnt ikke have kapacitet til selv at konstruere et fuldskalaanlæg, men vil indgå et kommercielt samarbejde med en anlægs/maskin-leverandør.

HJH er opmærksom på muligheden for partnerskaber, men har ingen konkrete planer eller ønsker. HJH har tydeligt fokus på usikkerhederne omkring rammevilkårene for danske behandlingsanlæg til shredderaffald.

Stena er en multinational virksomhed, som har meget fokus uden for DK og derfor søger en proces, som virksomheden også kan bruge i andre lande. Stena har kapacitet til at kunne udvikle deres egen proces.

Stena Metall AB er opmærksomme på muligheden for partnerskaber, men har ingen konkrete planer. Virksomheden finder det svært at finde et oplæg til et partnerskab, som kunne være en løsning. Som tidligere nævnt mener Stena, at udmøntningen af EU-direktiverne på området i dansk lovgivning vil få stor betydning for muligheden for at etablere behandlingsanlæg i Danmark.

Uniscrap, som har den mindste markedsandel i DK, udvikler ikke selv behandlingsteknologi og er interesseret i et partnerskab.

Ud fra interviews med virksomhederne vurderer vi, at de tre aktører vil have interesse i at indgå i et partnerskab med bl.a. MST, som har fokus på at diskutere fremtidige rammevilkår, som kan fremme etablering af danske behandlingsanlæg.

## 7.2 Markedsforhold

Vi ser det som en barriere, at de metoder, som teknisk vil kunne fungere, vil få en høj behandlingsafgift. Dette kapitel beskriver strukturen og størrelsesordenen af elementerne i økonomien for et behandlingsanlæg til shredderaffald.

Økonomien for affaldsbehandlingsanlæg (også affaldsforbrændingsanlæg) er generelt karakteriseret ved en stor andel af faste udgifter:

- Afskrivninger
- Forrentning
- Personaleudgifter
- Vedligeholdelse
- Administration
- Drift af bygninger, arealer, mv.
- Øvrige faste omkostninger.

For danske affaldsforbrændingsanlæg udgør de faste udgifter typisk ca. 62% af de samlede udgifter, mens variable udgifter kun udgør ca. 8% fordelt således (de tre største bidrag):

- Håndtering af slagge, ca. 30% af de variable udgifter
- Køb af el, ca. 35% af de variable udgifter
- Håndtering af røggasrensningsprodukt, ca. 15% af de variable udgifter.

Den sidste del - ca. 30% af de samlede udgifter – er diverse afgifter. Da anlæg til behandling af shredderaffald sandsynligvis kommer til at bestå af både mekaniske og termiske behandlingsanlæg med et tilsvarende teknologisk niveau og en tilsvarende kompleksitet, vil man forvente den samme overordnede fordeling på udgiftssiden.

Det er derfor indlysende, at valget af teknologier med et forholdsvis lavt investeringsbehov er vigtigt, samtidig med at størrelsen af centrale afgifter som

- Affaldsvarmeafgift (på solgt varme)
- Tillægsafgift (på al energi-produktion)
- CO<sub>2</sub>-afgift (på emission af fossilt CO<sub>2</sub>)
- El-afgift (på el-produktion)

ikke forhindrer en økonomisk drift af anlæggene, dvs. medfører meget høje behandlingsomkostninger og dermed et højt modtagegebyr sammenlignet med udenlandske behandlere.

Udover størrelsen af afgifterne, som behandlingsanlæg skal betale, har det stor betydning for investorers lyst til at gå ind i anlæg til behandling af shredderaffald, at disse afgifter og de miljømæssige rammevilkår som grænseværdier etc. er stabile og kendte i en stor del af anlæggets forrentningsperiode.

Indtægterne for et affaldsforbrændingsanlæg består typisk af tre bidrag:

- Modtagegebyr, ca. 40%
- Varmesalg, ca. 45%
- El-salg, ca. 15%

hvilket dog hænger sammen med, at affaldsforbrændingsanlæg økonomisk skal hvile i sig selv.

Fordelingen af indtægter for et anlæg, der behandler shredderaffald, forventer vi vil være meget forskellig herfra, specielt da en væsentlig del vil være deponeret affald, som har en meget ringe brændværdi men til gengæld et højt indhold af metaller. Indtægterne fra salg af energi-produkter vil derfor være forholdsvis lille, mens indtægterne fra salg af metalfraktioner vil være højere end for affaldsforbrænding. Indtægter fra salg af brændsler eller mineraliske fraktioner/restprodukter er afhængige af både udgangsmaterialets sammensætning, renheden af produkterne (dvs. de valgte processer) og markedsf forholdene og er meget svære at forudsige. Priserne for salg af el og varme (bortset fra afgifter) er i Danmark relativt stabile. Afregningsprisen for varme på danske affaldsforbrændingsanlæg er i størrelsesorden 250-400 DKK/MWh typisk 350 DKK/MWh, mens afregningsprisen for el typisk ligger på 450 DKK/MWh.

Efter et dyk pga. af den verdensomspændende økonomiske krise er priserne på metaller igen høje og stigende. Man kan formentligt over en længere horisont forvente jern-skrotpriser på et niveau over 1,90 DKK/kg. Behovet for grundmetallerne er også stigende på verdensplan, og priserne på kobber, aluminium, nikkel og zink var i slutningen af januar 2011 henholdsvis:

Kobber: 51,52 DKK/kg  
Aluminium: 12,96 DKK/kg

Nikkel: 145 DKK/kg  
Zink: 12,18 DKK/kg.

Priserne på skrotmetaller er dog noget lavere, men da forbruget af grundmetallerne på verdensplan er stigende, forventer vi, at skrotpriserne på sigt følger med metalpriserne op.

Det er derfor helt centralt, at et anlæg bør kunne behandle deponeret shredderaffald med et højt indhold af metaller og dermed få andel i indtægterne fra salg af de rene skrotmetalfractioner, så længe deponierne eksisterer.

### 7.3 Økonomiske behov som kapital behov

#### ***H. J. Hansen Genvindingsindustri A/S***

HJH kender til økonomien i de få kommercielt tilgængelige processer som EBARA, Thermoselect og CTU-processerne og vil vælge kombinationer af simple teknologier for at holde investeringsbehovet nede. Indtægter fra salg af metaller fra behandling af shredderaffald fra deponi er en væsentlig faktor.

#### ***Stena Metall AB***

Stena Metall AB nævner at de nye teknologier, de har under udvikling, vil være meget kapitalkrævende

#### ***Uniscrap***

Uniscrap anser at erfaringer fra de japanske anlæg viser, at ny teknologi vil være meget kapitalkrævende, især når man vurderer det op imod de forholdsvis små mængder shredderaffald, der er på det danske marked.

### 7.4 Lovgivning

#### ***H. J. Hansen Genvindingsindustri A/S***

HJH anser EU's ELV 2015 krav som den reelle driver på området (85% genanvendelse / 95% nyttiggørelse). Hvis Danmark indfører højere krav end EU, vil det betyde, at man vil skulle benytte smelteprocesser, som er meget dyre både at etablere og drive. Rentabiliteten af denne type anlæg er derfor dårlig, hvilket er en af årsagerne til, at f.eks. EBARA ikke vil markedsføre deres proces uden for Sydøstasien.

En evt. dansk afgift på deponering af shredderaffald vil være et problem for HJH – da man ikke kan "vælte" afgiften over på kunderne. Problemet med en afgift vil desuden være, at den vil fremme lavteknologiske løsninger/processer med dårlige virkningsgrader. Risikoen for ukontrolleret eksport af specielt udtjente biler vil være stor. Selv i Tyskland forsvinder udtjente biler ud af landet i stort tal, fordi det er umuligt for myndighederne at afgøre om en gammel bil, som eksporteres, blot skal repareres for at kunne køre, eller om den er udtjent. Dette sker, selvom man medforbrænder en del shredderaffald på specialanlæg med et modtagegebyr på ca. 70 €/ton shredderaffald. Man kunne forvente, at dette problem ville blive endnu større i Danmark, hvor modtagegebyret forventes at blive noget højere.

En evt. tidsbegrænset ene-koncession for behandling af al shredderaffald i Danmark vil fremme en etablering, men man bør overveje andre modeller, da det første anlæg ikke vil have fuld kapacitet til både at behandle den aktuelle produktion af shredderaffald og affald fra deponi.



EU's nye regler om nyttiggørelse af affald ved forbrænding har affødt et behov for at se på hele afgiftsstrukturen for affaldsforbrænding. Da det første danske anlæg sandsynligvis ikke vil kunne udnytte al energien i affaldet optimalt, vil investorerne derfor have behov for lempelige og stabile afgiftsforhold i en væsentlig del af anlæggets levetid.

HJH mener, at det er vigtigt, at myndighederne karakteriserer den brændbare, koksfraktion fra pyrolyseprocessen efter udsortering af metaller som et brændsel og ikke som affald. Et evt. partnerskab kunne arbejde med denne problemstilling.

### ***Stena Metall AB***

Stena Metall AB ser positivt på, at der kommer krav til emissioner, da virksomheden i forvejen arbejder med miljøstyring. Derimod finder virksomheden, at et genanvendelseskrav er vanskeligere at håndtere, da det i høj grad afhænger af, hvad der kommer **ind** i anlægget. Hvis der stilles for skrappe krav til genanvendelse frygter virksomheden, at det vil medføre, at mere shredderaffald vil gå direkte til forbrænding – uanset at det er ulovligt i de fleste EU-lande. Der vil være behov for et øget tilsyn fra myndighedernes side for at forhindre/ minimere en evt. ulovlig eksport.

Hvis man forbrænder shredderaffald, bliver metaller som Al og Cu oxideret og vil være vanskeligere at genanvende og have lavere salgsværdi.

Stena Metall AB påpeger desuden det forhold, at man måske godt med en proces kan separere en stor andel metal, hvorved genanvendelsesprocenten formelt bliver høj. Men hvis **renheden** af det fraseparerede metal ikke er tilpas høj, vil ingen ønske at købe det. Og så vil det ikke blive genanvendt i praksis, men blot foreligge som en fraktion, der ikke kan afsættes.

EU bør se på et livscyklus-perspektiv, mener Stena Metall AB. At tale om genanvendelsesprocenter var godt tidligere, men overflødig nu. Dels fordi effektiv affaldsforbrænding nu kan karakteriseres som nyttiggørelse – og dels fordi en generel genanvendelsesprocent ikke tager hensyn til de meget forskellige værdier af materialerne – hverken set i et livscyklus- eller økonomisk perspektiv. I stedet anbefaler virksomheden, at man skal beskrive, hvorfor nyttiggørelse af energi-indholdet vælges i stedet for materiale genvinding, i de tilfælde hvor det sker.

### ***Uniscrap***

Uniscrap lægger vægt på at lovgivning skal følges af muligheder for og ressourcerne til at håndhæve den. Det kræver viden om hvordan lovgivningen kan indfris. Uniscrap lægger desuden vægt på, at der skal være aftagere til de oparbejdede fraktioner, ellers ender de blot som fint sorterede bunker på deponi. Uniscrap lægger desuden vægt på, at der kommer ens regler for alle aktører i Danmark, herunder også at tilsynsmyndighederne koordinerer deres tilsyn.

Uniscrap mødte krav om karakterisering af shredderaffald fra et deponi, hvor Uniscrap var kunde. Der blev henvist til den på det tidspunkt nye deponibekendtgørelse 252 af 31. marts 2009. Med hensyn til dette krav om karakterisering fandt Uniscrap, at det gav udfordringer at efterkomme kravet, i og med der ikke var vejledninger klar med metoder for karakteriseringen. Det

fordyrede virksomhedens arbejde med at efterleve kravet. Det er derfor et ønske at eventuel ny lovgivning følges op af vejledninger hurtigst muligt.

### ***EBARA***

EBARA har, som tidligere nævnt, oplyst, at på trods af, at de har haft et anlæg, der behandler shredderaffald i drift i Japan i mere end 10 år, så er det ikke lykkedes at komme ind på det Europæiske marked. Markedet har ikke været der. EBARA ser ud til nu at have opgivet det Europæiske marked. EBARA angav at de anså for lavt ambitionsniveau i EU's miljølovgivning som en årsag til, at deres teknologi ikke havde fundet udbredelse.

### 7.5 Andre barrierer

Stena Metall AB peger på den fremtidige ændring af affaldets sammensætning i Vesteuropa, hvor man må forvente, at mængden af produktionsaffald (fx fraskær fra metalforarbejdning mindskes, mens mængden af konsumentaffald øges (fx WEEE, udtjente køretøjer og blandet metalaffald). Hvis mængden af shredderaffald falder kraftigt, vil et anlæg til behandling af shredderaffald have sværere ved at kunne nå at blive betalt tilbage.

# 8 Diskussion

## 8.1 Diskussion af behandlingsmetoder

I dette kapitel foretages en vurdering af de teknologiske muligheder for etablering af et antal danske anlæg. Vurderingen har taget udgangspunkt i, at anlæggene også skal kunne behandle shredderaffald fra deponier. Hovedvægten er på kommercielt tilgængelige processer.

### 8.1.1 Mekaniske behandlingsmetoder

Som angivet i kapitel 3 har vi identificeret følgende relevante mekaniske sorteringsteknologier, som vil kunne indgå i en samlet behandlingsproces til shredderaffald (se Tabel 3-3):

- Galloo / AD REM
- Best Toratec
- S+S Separation and Sorting Technology

Navn på metode	Teknologi	Anlæg i brug	Genanvendelsesprocenter	Økonomi
Best Toratec	Gør brug af flere mekanismer: Magnetseparering, div. sensorer, kameraer, røntgen, laser.	Min. 1 (Kanemura Eco Works, Japan - shredder anlæg (for Automotive Shredder Residue))	Ingen information	Ingen information
Galloo / AD REM	Kun mekanisk sortering	Få anlæg i Belgien og Frankrig	15-45% genanvendelse med 15% nyttiggørelse. Vurderes max at kunne opnå 90% nyttiggørelse.	Udelukkende informationer om anlægsomkostninger på €12 millioner.
S+S	Gør brug af flere sensorer: Metaldektorer, sensorer, kameraer, infrarød.	Bl.a. solgt til VW SiCon	Ingen information	Ingen information

Ingen af disse teknologier kan uden en efterfølgende termisk proces, som udnytter energien i affaldet, leve op til ELV-direktivets fremtidige krav (2015) om nyttiggørelse.

Galloo's /AD REM's proces er målrettet shredderaffald, mens Best Toratec og S+S leverer velafprøvede og effektive sorteringsmaskiner til mange industrier og affaldstyper. Med en ikke-specificeret termisk proces har Galloo / AD REM antydnet, at deres koncept vil kunne overholde behandlingskravene. Der mangler dog dokumentation for påstanden.

### 8.1.2 Termiske behandlingsmetoder

Tre virksomheder markedsfører termiske anlæg til behandling af shredderaffald:

- AlterNRG Westinghouse
- Sinerga (Thermoselect)
- CTU

AlterNRG Westinghouse og Reshment/CTU er smelteprocesser, som udvinder frie metaller som én metallegering med ringe værdi. Med de foreliggende oplysninger kan man ikke afgøre, om processerne sammen med en effektiv mekanisk sortering vil kunne overholde behandlingskravene. CTU har afsluttet deres udviklingsarbejde med succes, men endnu ikke solgt nogen anlæg. AlterNRG Westinghouse har bygget 4 kommercielle anlæg siden 2003 – dog ikke til shredderaffald. Teknologien anses dog for moden til behandling af shredderaffald.

Sinergas (Thermoselect) processen har været afprøvet med shredderaffald, men processens faste produkt er en blanding af mineralsk og metallisk granulater, som har ringe værdi. Det er et spørgsmål, om dette restprodukt vil kunne afsættes og anvendes til formål, som kan kaldes genanvendelse. Processen kræver desuden tilførsel af kul/N-gas og ilt for at køre, hvilket betyder at behandlingsomkostningerne bliver højere.

Navn på metode	Teknologi	Anlæg i brug	Genanvendelsesprocenter	Økonomi
AlterNRG Westinghouse	Termisk, plasma forgasningssystem	1 i Japan, behandler 280 t/d af shredderaffald blandet med husholdningsaffald. Producerer elektricitet.	Ingen information	Afhænger af det enkelte anlæg
Reshment/CTU	Mekanisk neddeling/sortering + termisk proces (smeltcyklon)	Ingen	Udvinder for få metaller. Ringe værdi af metallegeringsproduktet.	Miljøprojekt 1133: 330 DKK/t. Dog 850 DKK/t ved lav værdi af slagge.
Sinerga (tidligere Thermoselect)	Termisk, pyrolyse og forgasning med ren oxygen. Asken smeltes for at undgå udsivning af metaller	1 i Japan, behandler samtidigt husholdningsaffald, spildevand og plastaffald	Ingen information	Afhænger af det enkelte anlæg

### 8.1.3 Metoder med både mekanisk og termisk behandling

To virksomheder har eller er ved at udvikle processer med både mekanisk og termisk behandling:

- Ebara
- VW-SiCon

EBARA er den eneste producent, som har et anlæg til shredderaffald kørende. Desværre er teknologien meget dyr, og EBARA har sandsynligvis opgivet det europæiske marked. EBARA angiver, at de anser et for lavt ambitionsniveau i EU's miljølovgivning som en årsag til, at deres teknologi ikke havde fundet udbredelse.

VW-SiCon's udvikler et samlet behandlingssystem, som både indeholder mekaniske separationsprocesser og termiske processer til udnyttelse af energiindholdet i shredderaffald. Udviklingen er endnu ikke afsluttet, og

virksomheden har ikke et samlet anlæg, som demonstrerer alle systemets komponenter.

Hvis udviklingsarbejdet afsluttes med succes, er VW-SiCon's proces et seriøst bud på en teknologi, som vil kunne overholde fremtidens behandlingskrav.

Navn på metode	Teknologi	Anlæg i brug	Genanvendelsesprocenter	Økonomi
Ebara	Termisk, boblende fluid bed forgasning. Den producerede gas anvendes til at vitrificere (smelte) asken for at undgå udsivning af metaller	2 i Japan, behandler hhv. spildevandsslam og plastaffald samtidigt	Ingen information	Afhænger af det enkelte anlæg. Det tyder på, at Ebara har opgivet det europæiske marked (processen for dyr udenfor Japan)
VW-SICON	Brug af S+S sorteringsmekanisme, samt evt. efterfølgende raffinering	3 anlæg, i Østrig, Belgien og Frankrig. Herudover anlæg under opførelse i Holland og Frankrig. Ingen af de eksisterende anlæg indeholder VW-SiCons samlede koncept.	Teoretisk op til 98%, men ikke ved SICON processen alene, som er ca. 80%	Gate fee på mellem €21-34 per ton afhængig af anlægsstørrelse (kun for den mekaniske del).

#### 8.1.4 Behandlingsmetoder på pilotstadiet

- H. J. Hansen Genvindingsindustri (HJH)
- Stena Metall
- Argonne National Laboratory

Navn på metode	Teknologi	Anlæg i brug	Genanvendelsesprocenter	Økonomi
H.J. Hansen	Pyrolyse i roterovn / forgasning / mekanisk separation før og efter termisk proces	Under udvikling	-	-
STENA Metall	Pyrolyse og/eller forgasning.	Under udvikling	-	-
Argonne	Mekanisk sortering med mekaniske/fysiske metoder bl.a. termoplastiske metoder	SALYP – nu lukket	Ukendt	Ukendt

#### HJH

HJH kører tre udviklingsspor inden for termisk behandling:

4. HJH's eget pyrolyse-proces
5. Samarbejde med en ikke navngiven partner om forgasning
6. Kombinationer af pyrolyse og forgasning

Pyrolyseprocessen bygger på viden om processer som f.eks. PKA, Nexus, CTU og Takuma.

HJH har i 2009-10 gennemført vellykkede forsøg i pilot-skala med pyrolyse af shredderaffald.

Målet er på længere sigt at opbygge anlæg som både kan behandle den øjeblikkelige produktion af shredderaffald og shredderaffald fra deponi, som har lav brændværdi, men meget højt indhold af metaller, da man tidligere ikke effektivt udsorterede metaller.

HJH har kontakt til en industriel leverandør, som vil kunne levere fuldskalaanlæg.

### **Stena Metall**

Virksomheden arbejder med udvikling af termiske processer til shredderaffald. Udviklingen sker til dels via et professorat, som Stena Metall AB finansierer. Her udvikles mere overordnet set metoder til industriel genanvendelse af bl.a. værdifulde metaller fra katalysatorer, batterier, solceller og LCD-skærme.

Stenas nye termiske processer befinder sig udviklingsmæssigt på pilot-stadiet.

### **Argonne**

Behandlingsmetoderne fra Argonne National Laboratory og Sult er det ikke lykkedes at få mange oplysninger om. Der er kilder, der angiver Sult-metoden er i drift i Japan, men der er ikke fundet flere oplysninger om processen i dette projekt. Argonnes mekaniske metode er udelukkende afprøvet på pilotstadiet, men licensen til at genindvinde materialer fra shredderaffald er nu solgt til et amerikansk firma (navnet ukendt). Dette ukendte amerikanske firma har købt det nødvendige udstyr til separation af metaller, plast osv. og er i en opstartsphase/testfase i øjeblikket (september 2010).

## 8.2 Diskussion af Mulige barrierer for indførelse af behandlingskrav

### 8.2.1 Brancestruktur/kultur, mulighed for partnerskaber

De tre store, danske aktører, H.J. Hansen Genvindingsindustri A/S, Stena Metall AB og Uniscrap opererer på forskellig vis i markedet og har også forskellig tilgang til muligheden for partnerskaber. HJH og Stena Metall arbejder med udvikling af deres egne behandlingsprocesser. Alle tre er opmærksomme på muligheden for partnerskaber, og den mindste af virksomhederne, Uniscrap, er interesseret i et egentligt partnerskab om udvikling af behandlingsprocesser, mens de HJH og Stena Metall ikke har konkrete ønsker eller planer.

Det er dog tydeligt, at de tre aktører har interesse i at indgå i et partnerskab med bl.a. Miljøstyrelsen med fokus på en diskussion af fremtidige rammevilkår, som kan fremme etablering af danske behandlingsanlæg.

### 8.2.2 Markedsforhold

Danske behandlingsanlæg vil skulle overleve i et konkurrencefyldt internationalt marked. Det er derfor vigtigt, at de samlede behandlingsomkostninger er konkurrencedygtige, hvis dansk shredderaffald skal behandles på danske anlæg.

De to største udgiftsposter for et behandlingsanlæg vil være faste udgifter til forrentning, afskrivninger, mm. anlægget (typisk 62%) samt afgifter (ca. 30%). Det er derfor vigtigt, at man finder frem til "simple" og kosteffektive processer, så kapitalomkostningerne bliver så små som mulige. Valget af processer hænger nøje sammen med kravene til genanvendelse, nyttiggørelse og emissioner. Med affaldets fri bevægelighed over grænserne er det også nødvendigt at vurdere de danske afgifter set i forhold til relevante landes niveauer. For en så langsigtet investering er det desuden vigtigt, at rammevilkårene (som fx afgifter og miljøkrav) er stabile og kendte i en længere periode, fra man beslutter at bygge anlægget.

Indtægterne fra et behandlingsanlæg vil komme fra salg af diverse metalfraktioner, el, varme, brændsler samt andre bi- eller restprodukter. I forhold til affaldsforbrænding vil værdien af energi-produkterne være mindre – men stadig betydningsfulde. Den internationale efterspørgsel efter er metaller og metalskrot er stigende, og priserne forventes også at være opadgående i en overskuelig fremtid, hvilket vil sandsynligvis give stabile indtægter til et behandlingsanlæg. For at øge indtægterne er det vigtigt, at et anlæg også kan behandle deponeret shredderaffald med et højt indhold af metaller og en lav brændværdi.

### 8.2.3 Økonomiske behov som kapitalbehov

HJH og Stena Metall har forskelligt syn på kapitalbehovet et behandlingsanlæg. HJH går efter kombinationer af simple teknologier for at holde investeringsbehovet nede, mens Stena Metalls nye teknologier vil være meget kapitalkrævende.

I en international sammenhæng er den danske produktion af shredderaffald lille og de deponerede mængder er små. Et dansk behandlingsanlæg vil derfor have en relativ lille kapacitet og dermed større kapitalomkostninger pr. ton behandlet affald. Anlægsomkostningerne til de/det første anlæg vil desuden være højere, da der vil være tale om 0. eller 1. generationsanlæg.

### 8.2.4 Lovgivning

Rammevilkårene for behandling af shredderaffald vil få afgørende betydning for mulighederne for overhovedet at etablere et anlæg og efterfølgende for anlæggets drift og økonomi. Dette afsnit opsummerer de udfordringer, som virksomhederne har nævnt i undersøgelsen.

Den danske udmøntning af EU's direktiver vil have afgørende betydning for udviklingen af nye processer og valget af processer i et kommercielt anlæg. Tidspunktet for indførelsen af danske krav til behandlingen i forhold til EU's krav vil også have betydning. EU's og danske krav til genanvendelse og nyttiggørelse bør være baseret på et livscyklus-perspektiv og ikke på overordnede genanvendelsesprocenter. Dels fordi effektiv affaldsforbrænding nu kan karakteriseres som nyttiggørelse – og dels fordi en generel genanvendelsesprocent ikke tager hensyn til de meget forskellige værdier af materialerne – hverken set i et livscyklus- eller økonomisk perspektiv.

Hvis kravene til genanvendelse, nyttiggørelse og emissioner bliver strammere end EU's, vil det kunne betyde, at de nødvendige behandlingsomkostninger bliver så høje, at ingen danske anlæg vil blive etableret. Shredderaffaldet vil dermed sandsynligvis ende med at blive eksporteret og behandlet på udenlandske anlæg, som ikke vil kunne opfylde de danske behandlingskrav.

Derudover vil miljøet blive belastet af emissionerne mm. fra den øgede transport..

Muligheden for ene-koncession er ikke en åbenlys fordel, og andre modeller - bør overvejes. Den primære årsag er, at lovgivningen kun giver mulighed for at give ene-koncession i en kortere/begrænset periode. Det første anlæg vil ikke have fuld kapacitet til både at behandle den aktuelle produktion af shredderaffald og affald fra deponi og ej heller kunne producere energi med en optimal virkningsgrad. Ene-koncessionen vil derfor sandsynligvis udløbe, før et fuldt effektivt og kommercielt anlæg har kunnet få gavn af koncessionen.

Som uddybet i afsnit 7.2 vil den danske afgiftsstruktur have afgørende indflydelse på økonomien for et evt. behandlingsanlæg, herunder de helt centrale afgifter på energi, affald, deponering, etc.

Flere af de mulige termiske processer producerer et eller flere brændsler til salg. Det er derfor vigtigt, at kvaliteten af disse brændsler er så god, at en "end-of-waste"-vurdering kan afgøre, at brændslet ikke længere er affald. (som skal forbrændes på affaldsforbrændingsanlæg).

I forbindelse med ny lovgivning på området er det væsentligt, at den baseres på en veldefineret nomenklatur, og at myndighederne har mulighed for at følge op på implementeringen af lovgivningen.

Samlet set er de samlede rammebetingelser bestemt af den danske lovgivning for området altafgørende for mulighederne for at udvikle, bygge og drive et dansk anlæg til shredderaffald. Der er tale om meget komplekse strukturer, som kræver stort kendskab til branchen og dansk og international lovgivning, vil det være oplagt at etablere et innovationspartnerskab med deltagere fra branchen, myndighederne, interesseorganisationer, viden-institutioner, m.fl.

#### 8.2.5 Andre barrierer

Hvis produktionen af shredderaffald i fremtiden falder kraftigt, vil et anlæg til behandling af shredderaffald have sværere ved at kunne nå at blive betalt tilbage. Dette fremhæver vigtigheden af, at et anlæg også skal være i stand til effektivt at behandle deponeret shredderaffald



## 9 Referencer

Astrup et al., 2010. Residues from waste incineration. Final report PSO-5784. Revised version. April 2010. Astrup T, Pedersen AJ, Hyks J, Frandsen FJ. DTU Environment. Department of Environmental Engineering.

BEK nr. 1708, 2006. Bekendtgørelse om håndtering af affald i form af motordrevne køretøjer og affaldsfraktioner herfra (Bilskrotbekendtgørelsen) af 20.12.2006. <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=13064>

BEK nr. 362, 2010. Bekendtgørelse om markedsføring af elektrisk og elektronisk udstyr samt håndtering af affald af elektrisk og elektronisk udstyr (Elektronikaffaldsbekendtgørelsen) af 6.4.2010. <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=130702>

BEK nr. 1632, 2010. Bekendtgørelse om affald af 21.12.2010. <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=135276>

Ciacci et al., 2010. A comparison among different automotive shredder residue treatment processes. Ciacci L, Morselli L, Passarine F, Santini A, Vassura I. Int J of Life Cycle Assess. Published online 18 July 2010.

Cramer et al., 2006. Metoder til behandling af tungmetalholdigt affald – Fase 3. Cramer J – FORCE Technology, Malmgren-Hansen B – Teknologisk Institut, Overgaard J – JO Consult, Hede Larsen O – Elsam A/S. Miljøprojekt nr. 1055, 2006.

DPA-system, 2009. WEEE statistik 2008 – incl. nyeste oplysninger fra batteriregistret. DPA-System. Oktober 2009. <https://www.dpa-system.dk/da/DPA/Dokumenter.aspx?id=af2aba4c-b2dc-40e2-9123-0ecddaf724e1>

European Commission, 2011. How to report on end-of-life vehicles according to Commission Decision 2005/293/EC. Revision by Eurostat: 16 February 2011. [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/waste/documents/ELV%20Guidance%202011\\_16022011.pdf](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/waste/documents/ELV%20Guidance%202011_16022011.pdf)

Eurostat, 2010. Eurostat, European Commission. End of Life Vehicles. Re-use and recovery rate. <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/waste/data/wastestreams/elvs>

Eurostat, 2011. Eurostat, European Commission. WEEE – Key Statistics and Data. WEEE collection rate. <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/waste/data/wastestreams/weee>

GHK, 2006. A study to examine the benefits of the End of Life Vehicles Directive and the costs and benefits of a revision of the 2015 targets for recycling, re-use and recovery under the ELV Directive. Final Report to

DG Environment. Submitted by GHK in association with Bio Intelligence Service. May 2006. Birmingham: DG Environment.  
[http://ec.europa.eu/environment/waste/elv\\_study.htm](http://ec.europa.eu/environment/waste/elv_study.htm)

Juniper, 2008. Independent waste technology report. The Alter NRG / Westinghouse Plasma Gasicification Process. Plasma Assisted Gasification. November 2008. Juniper Consultancy Services Limited.  
<http://www.enonac.org/documents/issues/sun.energy/juniper.pdf>

Krinke et al., 2006. The Volkswagen-SiCon Process: Eco-efficient solution for future end-of-life vehicle treatment. Krinke , Boßdorf-Zimmer, and Goldmann. Volkswagen AG, Recycling and Life-Cycle Assessment, Wolfsburg, Germany. Proceedings of LCE2006, 13<sup>th</sup> CIRP International Conference on Life Cycle Engineering.

Miljøministeriet, 2010. Affaldsstrategi '10. Miljøministeriet, 17. juni 2010.  
<http://www.mst.dk/NR/rdonlyres/5944D6BF-C455-4A94-A7D1-9062ED0173A0/0/Affaldsstrategi10.pdf>

Nielsen et al, 2006. Undersøgelse af mulighederne for termisk oparbejdning af mekanisk separeret shredderaffald. Nielsen EM & HJ Hansen Genvindingsindustri A/S, Hundebøl I & Wieck-Hansen K – Elsam A/S, Johansen MS & Nørholm ND – Elsam-engineering A/S, Overgaard J – JO Consult. Miljøprojekt nr. 1133 2006.

Moakley et al, 2010. An evaluation of Shredder Waste Treatments in Denmark. Alternative Methods to Landfilling Auto Shredding Residue in Compliance with the Strict Environmental Quota by the European Union. Interactive Qualifying Project completed in partial fulfillment of the Bachelor Science Degree at Worcester Polytechnic Institute, Worcester, MA. Moakley J, Weller M, Zelic M. Professor Ault HK faculty advisor, in cooperation with Rosendal MR, RenoSam. May 10, 2010.

Recycling Today Global, 2009. Combined effort. Recycling Today Global Edition March 2009.  
[http://www.toratec.com/pdf/RecyclingTodayGlobal\\_March2009.pdf](http://www.toratec.com/pdf/RecyclingTodayGlobal_March2009.pdf)

SIGRAUTO, 2008. Post-shredder Residue Recovery Options. SIGRAUTO, AEDRA, Anfac, AniAcam, FER. Best practices on ELVs Management. Valencia 12-13 June, 2008. Power Point presentation.

SINERGA, 2010. Thermosteact Technology, Process Description 2010. Update April 2010. SINERGA SA, Locarno, Switzerland. Information received from SINERGA September 2010.

VTI, 2006. Gasification of shredder residue. Nieminen M., Suomalainen M. & Mäkinen T. ESPOO 2006. VTI Research Notes 2344.  
<http://www.vti.fi/inf/pdf/tiedotteet/2006/T2344.pdf>

JUNIPER, 1997. The Market for Pyrolysis & Gasification of Waste, Juniper Consultancy Services Ltd., K J Whiting. August 1997,