

# Oparbejdning af metaller fra affaldsforbrændingsslagge

Jim Hansen  
Aluminium Danmark Miljø

Erling Møller Nielsen & H. J. Hansen  
Genvindingsindustri A/S

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

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

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

# Indhold

FORORD	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	7
SUMMARY AND CONCLUSIONS	9
1 OPARBEJDNING AF METALLER FRA FORBRÆNDINGSSLAGGE HERUNDER UDENLANDSKE ERFARINGER	11
1.1 GRUNDLAGET FOR SLAGGESEPARERING	11
1.1.1 <i>Genvinding af aluminiumballage i Frankrig</i>	13
1.1.2 <i>Aluminium separation fra forbrændingslagge i Holland</i>	15
1.1.3 <i>Mængder af metal fra affaldsforbrænding</i>	17
1.2 POTENTIALET FOR FORBEDRING AF DATAKVALITETEN	27
2 AFPRØVNING AF NY METODE OG NY SEPARATIONSTEKNOLOGI	29
2.1 FORMÅL	29
2.2 FORUDSÆTNINGER TIL GRUND FOR TESTSEPARATIONERNE	29
2.3 TESTMATERIALETS REPRÆSENTATIVITET I FORHOLD TIL AFFALDSDANNELSEN	29
2.4 UDTAGNING AF REPRÆSENTATIVE PRØVER	30
2.5 OPARBEJDNINGSMETODE OG SEPARATIONSTEKNOLOGI	30
2.5.1 <i>Individuel bedømmelse af slaggepartierne</i>	31
2.6 RESULTATER OG HOVEDKONKLUSIONER PÅ BAGGRUND AF TESTSEPARATIONER	32
3 ANALYSE VEDR. IMPLEMENTERING AF DETECTION/EJECTION SEPARATIONSTEKNOLOGI	35
3.1 BAGGRUND OG FORMÅL	35
3.2 BEREGNINGSFORUDSÆTNINGER	35
3.3 RESULTATER AF BEREGNINGER	38
4 PERSPEKTIVERING OG ANBEFALINGER	39
4.1 PERSPEKTIVERING	39
4.2 ANBEFALINGER	40
5 LITTERATURLISTE	41
5.1 TABELLER OG FIGURER	41



# Forord

Projektet "Oparbejdning af metaller fra affaldsforbrændings-slagge" er gennemført i perioden august 2002 til november 2005.

Projektets formål har været at undersøge i hvilket omfang anvendelsen af en ny metode for håndtering af frisk råslagge og anvendelsen af en ny separationsteknologi vil øge mængden såvel som kvaliteten af metaller oparbejdet fra affaldsforbrændingsslagge. Og derigennem kunne bidrage til opfyldelsen af de fremtidige genanvendelsesmål for metalemballage samt forbedre genanvendelses- og nyttiggørelsespotentialer for slagge.

Projektet er finansieret af Program for renere produkter mv. – 2001. Udviklingsordningens 4. Ansøgningsrunde 2001, Affald/Genanvendelse - 5.1.3. Udvalgte indsatsområder: - Slagger fra forbrændingsanlæg, den Europæiske Aluminiumindustris brancheforening EAA, projektets følgegruppe og den danske branchesammenslutning Aluminium Danmark.

Projektorganisationen har bestået af en følgegruppe med repræsentanter fra:  
Miljøstyrelsen.....Tønne Christensen (formand)  
ELSAM A/S..... Frits Unold  
AFATEK A/S .....Jørgen Skaarup  
H.J. Hansen Genvindingsindustri A/S .....Erling Møller Nielsen  
Aluminium Danmark Miljø .....Jim Hansen, (projektleder)

Formandsskabet for projektgruppen er overtaget af Inge Werther, Miljøstyrelsen 2006.

Projektet er gennemført af Aluminium Danmark Miljø v. Jim Hansen i samarbejde med H.J. Hansen Genvindingsindustri A/S v. Erling Møller Nielsen, EAA/Packalu v. Francois Pruvost med Jim Hansen som projektleder.



# Sammenfatning og konklusioner

Metaleballager har indtil 2005 ikke været selvstændigt prioriteret i den danske affaldsplan eller været genstand for systematisk indsamling i de kommunale affaldsmodeller. Hovedparten af affaldsmængden antages derfor at være indsamlet og bortskaffet sammen med øvrigt dagrenovationsaffald fra husholdninger, dagrenovationslignende affald fra erhverv samt blandet storskrald til affaldsforbrænding.

Regeringens Affaldsstrategi 2005–08, baseret på genanvendelsesmålsætningerne i EU's emballagedirektiv, indebærer bl.a., at Danmark inden udgangen af 2008 skal sikre genanvendelse af 50 % metaleballage. Opfyldelsen af dette krav forudsætter gennemførelsen af en systematisk indsats indenfor de kommende år, nu tilskyndet af den ny bestemmelse i Affaldsbekendtgørelsen som forpligter de kommuner, der endnu ikke har en indsamlingsordning, at etablere afleveringsmulighed for metaleballageaffald, fx. som en del af den nuværende storskraldsindsamling (ofte benævnt: kommunejern). Da ingen kildesorteringsordninger endnu har vist sig at realisere 100 % indsamling, er separation af de ikke magnetiske metaller fra forbrændingsslagge således en mulighed for at nå det samlede genanvendelsesmål for metaleballage samtidig med, at det medfører en samlet forbedring af genanvendelses- og nyttiggørelsespotentialet for den mængdemæssigt største fraktion, som forbrændingsslaggen udgør (ca. 650.000 ton pr/år).

Formålet med denne rapport er at søge at skabe større klarhed over mængderne af metaleballage på det danske marked og registrere deres bortskaffelsesveje - ud fra alle eksisterende datakilder - så afprøvning af ny metode og separationsteknologi kan omsættes i en begrundet vurdering af det økonomiske grundlag for implementering af metode og teknologi.

Projektet er umiddelbart kun bevilget med henblik på at udarbejde en redegørelse for den ikke magnetiske metalfraktion (primært aluminium, men også zink, kobber, messing etc.). Hvor det har været praktisk muligt - i datamateriale og i gennemførelse af testseparation - er data vedr. hvidblik inkluderet i rapporten for bedre at afspejle muligheden med hensyn til at sikre opfyldelsen af EU's fremtidige genanvendelsesmålsætning.

I nærværende projekt er der tale om undersøgelse af en ny metode og anvendelse af en ny separationsteknologi i oparbejdningen af forbrændingsslagge, samt at sandsynliggøre hvor store mængder der i praksis kan opsamles. Metoden går ud på at gennemføre oparbejdningen af metallerne (ned til en metalstørrelse på ca. 8 mm) på basis af frisk forbrændingsslagge. Metallerne dækker såvel de magnetiske metaller, herunder rustfrit stål, og de ikke magnetiske metaller. Ved at arbejde med frisk slagge opnås, at oxideringen af metallerne i slaggebunkerne reduceres, hvilket medfører, at kvantiteten såvel som kvaliteten af metallerne optimeres. Den ny teknologi - benævnt: Detection/ejection - er grundlæggende udviklet til sortering af shreddermetal. I nærværende projekt anvendes separationsteknologien sammen med anvendelse af andet oparbejdningsudstyr

med henblik på at frigøre non-ferrous metallerne fra slagge fra affaldsforbrænding.

Projektet er inddelt i følgende hovedpunkter:

- Vurdering af den gennemførte slaggeseparation herunder sammenligning med udenlandske erfaringer – Frankrig og Holland samt vurdering af datamaterialet i Danmark for opgørelse af genanvendelsespotentialet.
- Beskrivelse af separationsforsøget - resultater og forslag til videre undersøgelse
- De økonomiske forudsætninger for implementering af teknologien i tilknytning til de danske forbrændingsanlæg/slaggeoperatører

Resultaterne fra projektet har ført til følgende hovedkonklusioner

- metoden kan øge mængden af opsamlet metal
- metoden har fungeret med hensyn til at oparbejde metaller fra den friske slagge og har en entydig positiv indflydelse på metalkvaliteten og dermed skrotprisen
- udseparering af metallerne og den anvendte metode syntes ikke at have nogen indflydelse på slaggens mekaniske egenskaber for dens nuværende anvendelse
- metoden vurderes at kunne anvendes med tilsvarende effektivitet på metalfraktion under 6-7 mm, hvilket forventes at øge den indvundne mængde i ikke uvæsentligt omfang
- undersøgelsens opgørelse af mængden af metalemballage, der potentielt kan oparbejdes fra forbrændingsslaggen, syntes at stemme overens med tilsvarende resultater af oparbejdning i Holland og Frankrig

Og dermed

- oparbejdning af metal kan gennemføres på kommercielle betingelser finansieret ved salg af det oparbejdede metal og derigennem bidrage til opfyldelsen af de fremtidige genanvendelsesmål for metalemballage

Gennemførelsen af undersøgelsen har vist, at der fortsat er behov for hhv.

- at validere data og opgørelsesgrundlag
- at stimulere interessen for at investere i og udvikle nyt separationsudstyr, fx. ved at ændre slaggebekendtgørelsen og derved sidestille oparbejdningsskrevet for non-ferrous metaller med det gældende krav til at oparbejde jernmetallerne, for at stimulere udvikling og anvendelse af separationsteknologi
- skabe samlet overblik over hvilken indflydelse og virkninger de forskellige traditionelle politiske, administrative og økonomiske styringsmidler har for metalemballager i den danske affaldsmodel



# Summary and conclusions

Up until 2005, metal packaging was not given independent priority in Danish waste planning, and nor was it made the subject of systematic collection in municipal waste models. Consequently, the majority of this type of waste was probably collected and disposed of alongside other standard domestic waste, commercial waste resembling standard refuse, and mixed bulk waste for incineration.

The Danish Government's Waste Strategy 2005-08, which is based on the recycling objectives stated in the EU Packaging Directive, states among other things that by the end of 2008 Denmark is to recycle 50% of all its metal packaging. This objective can only be achieved if systematic measures are implemented during the years ahead, now inspired by a new stipulation in the Danish Statutory Order on Waste (*Affaldsbekendtgørelsen*) obliging any municipalities that do not yet have a collection system to introduce such a system for the disposal of metal packaging. This could be done as part of the current bulk waste collection schemes (often referred to as the "municipal iron system" in Danish). Systems for waste separation at source have not yet achieved 100% collection, so the separation of non-magnetic metals from incinerated bottom ashes is one way to achieve the overall recycling goal for metal packaging, while also improving the total recycling and utilisation potential of incineration residue, which represents the largest waste fraction in terms of volume (approx. 650,000 tonnes per year).

The aim of this report is to gain greater clarity regarding the amount of metal packaging on the Danish market, and to register the paths by which this packaging is disposed of, on the basis of all existing data sources. This will make it possible to utilise tests of new methods and separation technology in a reasoned assessment of the financial basis for the implementation of methods and technology. At the moment, the project has only been approved with a view to drawing up a report covering the non-magnetic metal fraction (primarily aluminium, but also zinc, copper, brass etc). Wherever possible in practice – in the data material and when carrying out test separation – data for tinplate has been included in the report so that the potential for meeting the EU's future recycling objective can be reflected somewhat more accurately.

The current project involves investigating a new method and the use of new separation technology to process incineration bottom ashes, as well as providing an accurate prediction of the volume that can be collected in practice. Based on fresh incineration bottom ashes, the method involves processing metals down to a size of approx. 8 mm – comprising both magnetic metals (including stainless steel) and non-magnetic metals. The use of fresh incineration bottom ashes reduces oxidation of the metals in the piles of residue, thereby optimising both the quantity and quality of the metals. The new technology, known as "detection/ejection" technology, has in fact been developed for the separation of shredder metal. In this project separation technology is used in combination with other processing equipment with a view to releasing non-ferrous metals from combustion residues.

The project has been divided into the following main points:

- Assessment of the residue separation achieved, including comparison with experience gained in other countries (France and the Netherlands) and assessment of the data material in Denmark to identify the recycling potential.
- Description of separation tests – results and proposals for further investigation.
- Financial requirements with regard to implementing the technology at Danish incineration plants/residue operators.

The project has resulted in the following main conclusions:

- The method is capable of increasing the volume of metal collected.
- The method has worked with regard to processing metals from fresh bottom ashes, and has a clearly positive influence on metal quality and thus on scrap price.
- Separation of the metals and the method used do not seem to have any influence on the mechanical properties of the bottom ashes in terms of their current use.
- The method is deemed to have a similar effect with regard to metal fractions of less than 6-7 mm, which is expected to increase the volume recovered to a not insignificant extent.
- The volume of metal packaging that can potentially be processed from the incineration bottom ashes, as shown in this investigation, seems to correspond to similar results obtained from processing in the Netherlands and France.

Which means that:

- Metal processing can be carried out on commercial terms, financed by the sale of the processed metal – thereby helping to meet the future recycling goals for metal packaging.

Completion of the investigation has shown that there is still a need:

- To validate the data and the basis of calculations.
- To stimulate interest in investing in and developing new separation equipment – for instance by amending the Danish Statutory Order on Residues (*Restproduktbekendtgørelsen*), thereby placing processing requirements for non-ferrous metals on a par with current requirements for processing iron metals, with a view to stimulating the development and use of separation technology.
- To create overall clarity regarding the influence and effect of various traditional political, administrative and financial methods of controlling metal packaging in the Danish waste model.

# 1 Oparbejdning af metaller fra forbrændingsslagge herunder udenlandske erfaringer

Fokus for forbrændingsanlæggene i Danmark, er i praksis overvejende at sikre genanvendelsesmulighederne for affaldsforbrændingsslagge, hovedsagelig nyttiggjort i bygge- og anlægsarbejder. Indsatsen har derfor primært været rettet mod udvikling og afprøvning af metoder, der kan forbedre slaggernes udvaskningsegenskaber, da grænseværdierne herfor er bestemmende for slaggens nyttiggørelse.

I bestræbelserne på at frembringe den bedst mulige slagge kvalitet, der opfylder betingelserne for nyttiggørelse, har anlæggene traditionelt fulgt lovgivningen, som begrænser sig til kun at fordre frasortering af de magnetiske metaller (forbrændingsjern). Forbrændingsjern har, fordi metallerne ofte har været oplagret i lang tid i slaggen, været kraftigt oxideret og derfor af tvivlsom materialemæssig kvalitet. Kvaliteten af metallerne har da heller ikke befordret et særskilt incitament for at maksimere de mængder, der potentielt kunne oparbejdes. Nye forbedrede metoder til håndtering af den magnetiske metalfraktion har dog specielt indenfor de seneste år forbedret kvaliteten af denne fraktion. Til stor glæde for dette projekt, har operatører i 2005 taget anvendelsen af anlæg til oparbejdning af den ikke magnetiske fraktion i forbrændingslaggen i brug.

For genvindingsindustrien for metaller er fokus naturligt rettet mod at optimere genanvendelsespotentialet af de metaller, der forefindes i slaggen og opnå den bedst mulige udnyttelse af ressourcen, dvs. største mulige mængder oparbejdet i den bedst opnåelige kvalitet til genanvendelse. Specielt er fokus rettet mod oparbejdning af aluminium og de øvrige ikke magnetiske metaller på grund af disse metaller genanvendelsesværdi.

I Danmark har metalemballager ikke været selvstændigt prioriteret i den danske affaldsstrategi 2005-08 eller været genstand for systematisk indsamling i de kommunale affaldsmodeller. Indsamling og genanvendelse af metalemballager er gennemført i en lang række kommuner, uden at dette har været forbundet med præcise registreringer af indsamlede mængder. Den gennemførte stramning af affaldsbekendtgørelsen forventes dog at kunne ses i de kommende års registrering og dermed i genanvendelsesstatistikken for metalemballage.

Udfordringen er at stimulere etableringen af den samlet set mest miljøøkonomisk optimale indsamlings- og genanvendelsesordning for metalemballage i den danske affaldsmodel.

## 1.1 GRUNDLAGET FOR SLAGGESEPARERING

Dette afsnit samler kort op på den eksisterende praksis med hensyn til separation af den magnetiske metalfraktion i Danmark samt den tilgængelige

viden om supplerende separation af ikke magnetiske metaller fra forbrændingslagge, der foretages i udlandet.

Traditionelt er der i Danmark kun foretaget en frasortering af magnetiske metaller (forbrændings-jern) i forbindelse med oparbejdning af slagge fra affaldsforbrænding i Danmark. Teknologien har været enkel og lovkravet har kun omfattet udseparering af den magnetiske fraktion. Kun store emner af ikke magnetiske metaller fjernes manuelt i forbindelse med håndtering og oparbejdning af slaggen. I en række lande, specielt i Tyskland, Holland og Frankrig, sker der desuden en udsortering af ikke magnetiske metaller (hovedsagligt aluminium) fra slaggen. Dette foretages hovedsagligt for at kunne øge genanvendelsesgraden for slaggen som fundament i bl.a. vejbygning, for at substituere brugen af virgine materialer (stabilgrus), samt undgå unødige deponering. Den større fokusering på nyttiggørelse af slaggen til vejfundamentering har nødvendiggjort, at slaggen indeholder så lidt metal som muligt, da tilstedeværelse i større koncentrationer vil kunne forårsage skader på vejene i form af buler, såfremt der opstår betingelser, der bevirker, at de indkapslede metaller oxiderer.

Fælles for den danske såvel som den udenlandske teknologianvendelse er, at slaggen modnes ved lagring. Modningen er en forudsætning for at kunne anvende den nuværende separationsteknologi effektivt til at udsortere de ikke magnetiske metaller (magnetisk separation af forbrændingsjernfraktionen såvel som den såkaldte "eddy-current" hvirvelstrøms baserede teknik). Modningen af slaggen medfører en naturlig optørring, som gør det vanskeligere, at få slaggen til at skille sig fra metalemnerne (via mekanisk vibration) før hhv. konventionelle magneter og eddy current (hvirvelstrømsmagneter) udfører adskillelsen af metallerne fra slaggefraktionen. Principielt bør metaladskillelsen ske umiddelbart efter udtag fra ovnen.

Den nedbrydning og oxidering af metallerne, der starter i forbindelse med forbrændingsprocessen, forstærkes i den efterfølgende modningsproces, hvor metallerne oplagres videre i slaggebunkerne. Oxideringen mindsker kontinuerligt kvaliteten af metallerne og dermed også mængderne af metaller, der potentielt kan oparbejdes til genanvendelse.

I Danmark har forbrændingsjern – specielt tidligere - været særdeles kritisk at håndtere i den videre oparbejdnings- og genanvendelsesproces. Populært sagt er bortskaffelsen af denne fraktion sket ved "optynding" i shredderjernfraktionen til genanvendelse.

Efter projektgruppens opfattelse kan en væsentlig del af forklaringen på den manglende fokusering på oparbejdningen af metaller findes i udformningen og virkningerne af den gældende lovgivning for genanvendelsen af slaggen.

Bekendtgørelse nr. 655 af 27/06/2000 om genanvendelse af restprodukter og jord til bygge- og anlægsarbejder, der regulerer anvendelsen af slaggerne – populært benævnt slaggebekendtgørelsen - stiller ingen krav om oparbejdning af den ikke magnetiske metalfraktion, som nyttiggørelseskrav for slaggen. Såfremt oparbejdning ikke kan finansieres på almindelige kommercielle vilkår ved salg af metaller eller gennem opnåelse af højere salgspris for slaggen vil den ikke blive foretaget.

I bl.a. Frankrig og Tyskland udgør slaggen i betydelig større omfang et ligeværdigt alternativ til jomfruelige materialer til bygge- og anlægsformål. Konkurrencen med andre fyldmaterialer har drevet indsatsen med hensyn til maksimal raffinering af slaggen for metalindhold.

### 1.1.1 Genvinding af aluminiumemballage i Frankrig

Kortlægningen af indsatsen med hensyn til genvinding af aluminium emballager i Frankrig er foretaget i samarbejde med Francois Pruvost, på vegne af emballagemarkedsgruppen i European Aluminium Association EAA, og via besøg på oparbejdningsplads i Lyon.

Der er ingen pant- og retursystemer på det franske marked for detailemballager, hvilket giver en stor mængde emballageaffald i ton pr. indbygger, der bortskaffes i den franske affaldsmodel.

Genvindingsorganisation Eco Emballages (suppleret af Adelphe og af Cyclamed på medicinalvareområdet) organiserer indsamlingen og genanvendelsen af husholdningsemballage. Der findes ingen organisation som særskilt tager sig af emballageaffald fra industri og erhverv. Aluminium udgør knap 1 % af den samlede tonnage.

Affaldsbortskaffelsen i Frankrig baserer sig i relativ stor udstrækning på affaldsforbrænding (40 % i år 2000),

#### 1.1.1.1 *Emballageforsyningen - aluminiumemballage 2000 (officielle ADEME oplysninger)*

Mængden er (i bruttotal) anslået til 52.292 ton fordelt på:

Fødevarer	7.000	} 45.900 ton aluminium
Drikkevare	10.000	
Spraydåser	5.900	
Aluminiumfolie	8.900	
Bakker	10.500	
Tuber	3.200	
Andet	400	
Andre komponenter end aluminium	6.392	

Samlet bruttoforsyningsmængde t/år 52.292

#### 1.1.1.2 *Energi genvinding*

40 % af det franske husholdningsaffald affaldsforbrændes med energiudnyttelse. Godskrivning af mængden af aluminium fra energigenvinding, baserer sig på et estimat vedr. andelen af folie og tyndvægede emballager:

$$\frac{(8900 + 2100) \times 52.292 \times 0.40}{45.900} \approx 5000 \text{ tons}$$

Aluminiumfolie ————↑

20 % foliebakker ————↑

## Indsamling af aluminiumemballage til genanvendelse: 3 kanaler

Indsamlingen af brugte aluminiumemballager til genanvendelse er organiseret gennem:

- Indsamling fra indsamlingsordninger med blandet affald (bringe eller hentesystemer – afhængig af demografiske forhold.)
- Separation fra forbrændingsslaggen
- Aluminiumemballage i blandet metalskrot (kommunejern)

Separationseffektiviteten fra forbrændingsslagge er for aluminium som for stål/hvidblik estimeret til 80 % fordelt jvf. nedenstående tabel 1 (bruttototal i ton):

År	Fra indsamlings-systemer blandet affald	Med blandet metal (storskrald)	Fra forbrændingsslagge
2000	790	1750	9480
2001	1519	1750	12.400
Estimat 2005	2500 til 3000	2000+	20.000 til 25.000

### 1.1.1.2.1 Indsamlingssystemer for blandet affald

Genvindingen via disse indsamlingssystemer er forholdsvis lav af følgende årsager:

- Indsamlingssystemer for blandet affald har oftest 4 kategorier (papir og pap, plastik, stål og aluminium) i samme sæk/container, hvorved en stor andel af aluminiumfraktionen går tabt i den efterfølgende sortering fordi der fortrinsvis fokuseres på at optimere mængderne i de store affaldsfraktioner.
- De fleste genbrugscentre er rimelig små og derfor ikke i stand til at opføre et automatisk sorteringsanlæg (eddy current eller detector-ejector), hvorfor de er henvist til at håndsortere.

Det vurderes også, at forbrugerne ofte fravælger kildesortering af emballagen på grund af den ofte tætte kontakt og tilsmudsning af emballagen med fødevarer og derfor i stedet vælger at bortskaffe metalemballager sammen med restaffaldsfraktionen.

### 1.1.1.2.2 Aluminiumemballage i blandet metalskrot (kommunejern)

Mængderne af aluminiumemballage indsamlet via blandede metalindsamlingsordninger (storskrald/kommunejern) baserer sig på estimerer fra stikprøvetests, som viser, at denne kategori typisk indeholder 3 % aluminiumemballage. Denne type aluminiumemballage er ikke omfattet af et indsamlingskrav. Estimatet herfor indgår i den samlede franske genvindingsstatistik.

### 1.1.1.2.3 Udvinning fra forbrændingsslagge

Oparbejdning af aluminium fra den sidste bortskaffelseskanal, vurderes til at udgøre den vigtigste og økonomisk mest optimale genvindingsløsning for aluminiumemballage i Frankrig.

Ved udgangen af 2001 fik:

- 42 forbrændingsanlæg behandlet slaggen med henblik på aluminiumudvinding på 20 fælles "oparbejdningsplatforme"
- 24 andre udført oparbejdningen på anlæg direkte på forbrændingspladsen

Det anslås, at tilsammen 44 eddy current (EC) anlæg, behandler ca. halvdelen af tonnagen fra de store forbrændingsanlæg (det skal her bemærkes, at der ved udgangen af 1997 kun var 13 EC-maskiner). Den gennemsnitlige mængde aluminium-"nodules" (nedsmeltede metalklumper) i slaggen er i Frankrig 1 % (for "nodules" > 5 mm.) - varierende fra 0,6 % (brutto) til 2,4 % (brutto) af slaggemængden. Mængden af slagge, der håndteres på de individuelle anlæg varierer mellem 15.000 til 175.000 ton behandlet slagge pr år.

EC-maskinerne yder typisk en udvinding af slaggen på 70 % til 80 %. Med udbredelsen af EC til endnu flere af de store forbrændingsanlæg, kombineret med optimeringen af de eksisterende maskiner (samt den potentielle udnyttelse af nodules på under 5 mm.), forventes den samlede produktion sandsynligvis at blive fordoblet i løbet af de næste 4-5 år.

Processen er i ekspansiv udvikling, da det, når forbrændingsanlæggene er etablerede, vurderes at være den billigste metode til at separere aluminium fra affaldsstrømmen sammenlignet med omkostningerne til at finansiere separat indsamling og sortering. Det vurderes, at omkostningen til oparbejdning af aluminium fra slagge udgør 1/3 af omkostningen til kildesortering samtidig med, at processen kun medfører en beskedent reduktion af genvindingspotentialet.

### 1.1.2 Aluminium separation fra affaldsforbrændingslagge i Holland

Kortlægning af indsatsen med hensyn til genvinding af aluminiums emballager i Holland er foretaget på basis af interviews med Niels Reuter, RAVN (Recycling Aluminium Verpakkingen Nederland) samt via besøg på central oparbejdningsplads for slagge i tilknytning til forbrændingsanlægget AVR i Rotterdam.

Den væsentligste kilde til genanvendelse af aluminium i Holland er separation af ikke magnetiske metaller ved hjælp af Eddy Current Separation (EC). Organiseringen af separationsprocessen i Holland drives på kommercielle betingelser af aktørerne omkring processen uden offentlig regulering. En del oplysninger om processer og udstyr betragtes af konkurrencemæssige årsager som følsomme hvorfor adgangen til at videreformidle informationerne i denne rapport er begrænset af fortrolighed.

I Holland bliver ca. 90 % af restaffaldsfraktionen forbrændt på 11 forbrændingsanlæg. Alle disse forbrændingsanlæg har EC-systemer. Efter forbrændingen bliver al slaggen sigtet og separeret i 3 fraktioner: standard, fin og meget fin.

Partikelstørrelserne i de sigtede fraktioner kan variere fra forbrændingsanlæg til forbrændingsanlæg. Slaggefraktionerne inddeles i forhold til følgende størrelsesinddeling:

- >25mm er grov,
- 25 mm > standard >10 mm
- < 10 mm er fin.

Partikelstørrelserne kan overlape i fraktionerne pga. udstyrets opsætning.

En undersøgelse foretaget af det hollandske teknologiske institut TNO har vist, at ingen af de tykvæggede aluminiumemballager oxiderer under forbrændingen. Undersøgelsen blev foretaget for at sikre, at kun den aluminiumemballage, der efterfølgende kan ekstraheres fra slaggen, også er den, der er omfattet af den hollandske affaldsbekendtgørelse (Packaging Covenant II).

Den absolutte fordeling af non-ferrous metallerne i forbrændingslaggen – baseret på specifikke beregninger fra forbrændingsanlæg – fordeler sig med følgende andel:

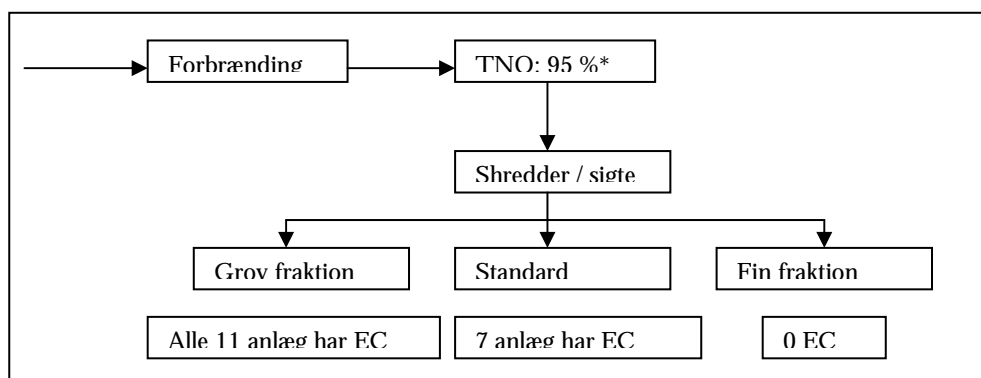
- Grov + standard fraktionerne udgør: 50 %
- Fin fraktionen udgør: 50 %

Et projekt baseret på ny type “våd” EC proces, har bekræftet tilstedeværelsen af en høje aluminiumkoncentration i den fine sigtefraktion.

De foreløbige resultater af dette projekt gør det dermed muligt at lukke nogle af de hidtidige huller i massebalancen for aluminium, der bortskaffes ved affaldsforbrænding. Resultater fra denne undersøgelse er stadig begrænset på grund af fortrolighed.

Figur 1

En grafisk præsentation af fordelingen af anlæg og de sigtefraktioner der indgår i oparbejdningen af aluminium i 2002.



- TNO: 95 %, henviser til undersøgelsen som har dokumenteret, at kraftige aluminiumemballager ikke oxiderer i forbrændingsprocessen og derfor er til stede i slaggen efter forbrændingen.

Ud af samtlige forbrændingsanlæg (11) er 7 anlæg udstyret med EC til både grov og standard sigtefraktionen. De resterende har kun EC til den grove sigtefraktionen.

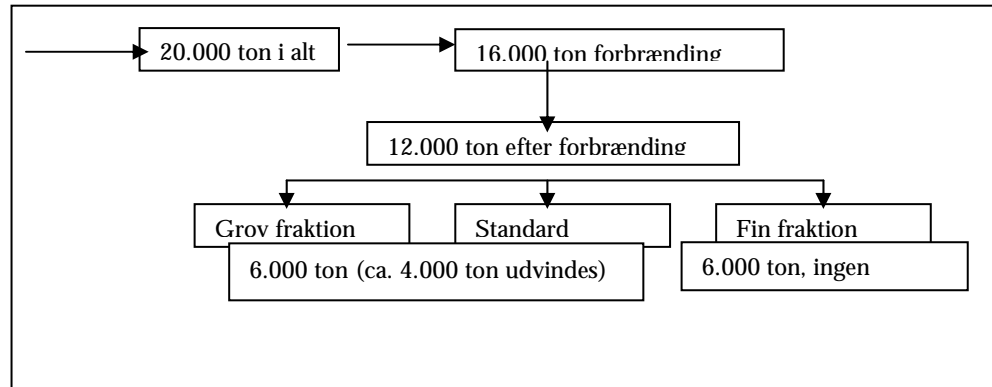
Det er kendt, at driften af anlæg for den grove sigte fraktion er økonomisk rentabel og det vurderes desuden, at EC ikke ville blive installeret for standard sigtefraktionen, såfremt det ikke havde været en økonomisk rentabel investering. Der er intet lovbestemt pres på forbrændingsanlæggene til at investere i denne proces. Det har imidlertid vist sig, at den slagge, der er oparbejdet med hensyn til standardfraktionen, er kvalitetsmæssigt forbedret på grund af et reduceret tungmetallindhold. Herved er der opnået forbedrede genanvendelsesmuligheder for slaggen. Ny slaggebekendtgørelse vedr. grænseværdier, udvaskning m.v. forventes fremsat, men kendes pt. ikke.



### Massebalance for aluminiumemballage

Det totale forbrug af aluminiumemballage i Holland er ca. 20.000 ton. 16.000 ton bortskaffes til affaldsforbrænding. Omtrent 4.000 ton er tynde folier, som vurderes at oxidere i forbrændingsprocessen. Med kendskab til EC-maskinernes udbytte på fraktionerne grov og standard (80 %) og kendskab til det faktiske udbytte i disse to sigte fraktioner (4.000 ton), kan det konstateres, at 6.000 ton eller 50 % af potentialet befinder sig i den fine slaggefraktion < 10 mm.

Figur 2



Erfaringerne fra Holland med hensyn til fordelingen og indholdet af aluminiumpartikler i den fine sigtefraktion stemmer særdeles godt overens med konklusionen fra det gennemførte oparbejdningsforsøg med detection/ejection teknologien – se afsnit 2. H.J. Hansen Genvindingsindustri vurderer således, at der i sigtefraktionen mellem 2-3 og 6-7 mm befinder sig et ikke magnetisk metalpotentiale af samme størrelse som det der er oparbejdet i fraktionen større end de ca 6-7 mm og som er den fraktion, der har været genstand for metalopbejdning i testforsøget.

#### 1.1.3 Bestemmelse af genvindingspotentialet i Danmark

Affaldsforbrænding i Danmark udgør et af de centrale elementer i affaldsbehandlingen. Ca 3 mio. tons affald fra Dagrenovation, Storskrald, Haveaffald samt dagrenovationslignende affald fra erhverv bortskaffes ved affaldsforbrænding. Indholdet af hhv. aluminium og jern i den samlede affaldsfraktion stammer ikke udelukkende fra emballageformål, men i høj grad fra alle andre skrottede metalholdige produkter. Udfordringen består derfor i at komme tættere på, for at kunne opgøre den samlede mængde metal, der bortskaffes ved affaldsforbrænding, og herunder opgøre mængden, der hidrører fra metalemballageformål.

#### Formål og baggrund

Nærværende afsnit har til hovedformål at kortlægge og opgøre de mængder af metal, der i dag ankommer til de danske forbrændingsanlæg.

Når man kender disse mængder, kan man gennem erfaringer fra testforsøg vedrørende oparbejdningseffektiviteten estimere, hvor store mængder af salgbart metal, der kan udvindes fra slaggen, og herunder skønsmæssigt opgøre mængden af metal, der stammer fra emballageanvendelse.

### Dataindsamling

I forhold til de driftsøkonomi-beregninger, der skal tjene som beslutningsgrundlag for investering og drift af separationsteknologisk udstyr, er det underordnet, hvilke produkter de udvundne metaller stammer fra. Derimod er dette ikke ligegyldigt, når man skal opgøre andelen af emballageaffaldsmængderne, der indsamles og genanvendes i henhold til rapporteringen overfor EU om emballageindsamlingsmængderne og indfrielse af EU's genanvendelsesmålsætning for metalemballage.

Gennemførelsen af arbejdet er sket ved anvendelse af en række forskellige kilder, suppleret med den viden, der allerede er opsamlet hos LOGISYS A/S. I første omgang trækkes der på den årlige opgørelse af emballageforsyningsmængden, samt de affaldsopgørelser, der er blevet udarbejdet på opfordring fra Miljøstyrelsen. I samarbejde med aluminium folie industrien EAFA, er der desuden gennemført estimater i forbindelse med opgørelse af mængderne af tynd aluminiumfolie (< 50 mym) til emballageanvendelser.

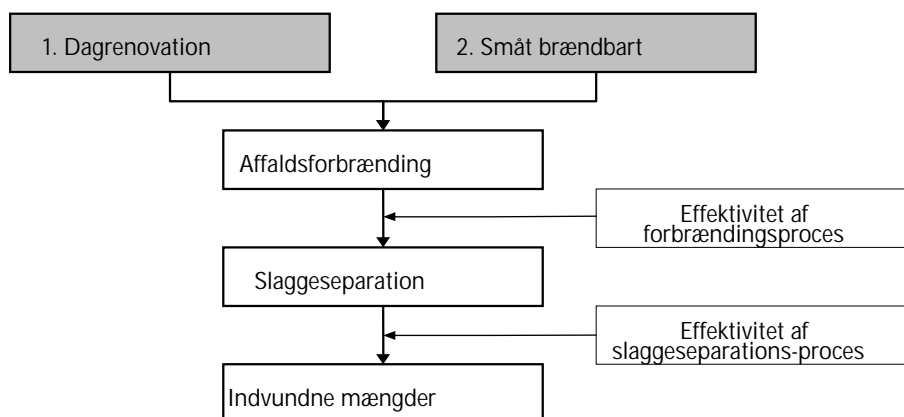
Analyse- og beregningsarbejde i nærværende afsnit er gennemført af Seniorrådgiver Jan Jakobsen Logisys A/S ultimo 2003 til ultimo 2005, i tæt samarbejde med Jim Hansen, Aluminium Danmark Miljø.

I tillæg til nedenstående mængdeopgørelse i punkt 1.2.1 er udarbejdet et regneark, som sammenfatter bortskaffelse af metaller i Danmark ud fra alle tilgængelige datakilder som f.eks. national statistik og miljøundersøgelser. Denne opgørelse er samlet i Excel regneark og vedhæftet den elektroniske publikation.

#### **1.1.3.1 Mængder af metal fra affaldsforbrænding**

I dette afsnit estimeres mængden af metalaffald, som ender i et af landets i alt 31 forbrændingsanlæg. Der er flere måder hvorpå man kan angribe problemstillingen på, men fælles for dem er, at de alle rummer væsentlige usikkerhedsmomenter som følge af manglende datagrundlag.

Figur 3 Skematisk kan den mængde, man fra branchens side er interesseret i illustreres på følgende vis:



Det er mængderne i ovenstående figur i de respektive kasser, der skal opgøres og opdeles i materialefraktioner. Specielt for aluminium ønskes en yderligere opdeling i tynde og tykkere materialer, da aluminiumanvendelser der er tyndere end 50 mym jvf. CEN standarden antages at oxidere under forbrændingsprocessen.

Da der generelt ikke skelnes mellem, hvorfra de modtagne metalmængder til forbrændingsanlæg kommer, er det nødvendigt at se på hele flowet af anvendte metalemner og ikke kun metalemballager. For at få et overblik over de samlede strømme af metalaffald er følgende niveauopdelte flow-model opstillet:

1. niveau	Bragt på markedet
2. niveau	Bortskaffelse 1 - første anbringelse
3. niveau	Bortskaffelse 2 - anden anbringelse
4. niveau	Slagge
5. niveau	Slaggeseperation
6. niveau	Genvundet materiale

Som følge af det manglende datagrundlag kan der alternativt ses nærmere på de mængder, der tilføres til de enkelte niveauer i den ovennævnte flow-model. Det videre arbejde vil derfor bygge på denne flow-model.

Forud for hvert afsnit beskrives det, hvilke delelementer hvert niveau består af. Igennem hele opgørelsen er der foretaget en opdeling af metalmængderne aluminium og hvidblik/jern. Hvidblik og jern er sidestillet, idet hvidblik er jern, som af hensyn til korrosion i forbindelse med emballageanvendelse, er pålagt et tyndt lag tin.

Eftersom der er knyttet nogen usikkerhed til samtlige data i opgørelsen, er det i beregningen forsøgt at kvantificere denne usikkerhed. Dette er gjort ved, at der til hvert opgjort gennemsnitstal er foretaget en minimum-maksimums vurdering af usikkerheden, der som oftest er udtrykt i en procentsats, som derefter er indregnet til en mængde. Selve beregningsoversigten inkl. usikkerhedsberegningerne findes i et selvstændigt beregningsdokument (Excel ark).

Det skal nævnes, at de fleste data stammer fra 2001, eftersom de fleste 2002 data i skrivende stund endnu ikke er tilgængelige. Dog er de mængder, som Dansk Retursystem A/S håndterer indregnet ud fra årlige mængder fra 2002 og frem. Salg af øl og sodavand i engangsemballager blev først tilladt i efteråret 2002.

### **1. Niveau. Bragt på markedet**

Dette betragtningsniveau består af følgende del-elementer:

1. Niveau Bragt på markedet
  - 1.1. Salgsemballager bragt på det danske marked
  - 1.2. Transportemballager bragt på det danske marked
  - 1.3. Grænsehandelsøldåser
  - 1.4. Grænsehandelssodavandsåser
  - 1.5. Danske pantbelagte metaldåser gennem Dansk Retursystem A/S
  - 1.6. Andre metalgenstande af den type der ender i dagrenovationen

### 1.1 Salgseballager bragt på det danske marked

Hermed menes de mængder af salgseballager, som primært anvendes af de private husholdninger. Erhvervslivet anvender også en mindre mængde metalsalgseballager. Data herom hentes fra den årlige danske opgørelse af den indenlandske emballageforsyning. Mængdeoplysninger om salgseballager ses under næste punkt om transportemballager.

### 1.2 Transportemballager bragt på det danske marked

Hermed menes de mængder af metaltransportemballager, som primært benyttes i og bortskaffes fra erhvervslivet. De private husholdninger anvender stor set ikke metaltransportemballager. Data herom hentes fra den årlige danske opgørelse af den indenlandske emballageforsyning. Mængden af salgs- og transportemballager ses i skemaet herunder:

Tabel 2

Indenlandsk emballageforsyning 2001			
	Salgsemb.	Transportemb.	I alt
Materiale	Tons	Tons	Tons
Aluminium	7.629	126	7.755
Hvidblik/stål	28.195	6.643	34.838
<b>I alt</b>	<b>35.824</b>	<b>6.769</b>	<b>42.593</b>

### 1.3 Grænsehandelsøldåser

Den danske emballageforsyningsopgørelse medregner ikke emballager til produkter købt af private borgere uden for landets grænser. Men emballagerne bliver bortskaffet her i landet og bør derfor indregnes i affaldsmængderne. Under dette punkt drejer det sig om metaldåser til øl primært indkøbt i Tyskland. Her i arbejdet er der anvendt et gennemsnit af dataoplysninger fra Skatteministeriet. I usikkerhedsberegningen er de respektive mængder direkte anvendt som henholdsvis minimums- og maksimumsmængder. Ved opgørelsen af metalemballagemængderne er der tillige gjort forudsætninger om, hvor store mængder, der emballeres i metaldåser og glasflasker samt en fordeling mellem aluminium og hvidblik. Gennem denne beregning fås følgende mængder pr. år:

Hvidblik/jern 2.864 tons  
Aluminium 4.295 tons  
I alt 7.159 tons

### 1.4 Grænsehandelssodavandsdåser

Den danske emballageforsyningsopgørelse medregner ikke emballager til produkter købt af private borgere uden for landets grænser. Men emballagerne bliver bortskaffet her i landet og indgår derfor i opgørelsen af affaldsmængderne. Under dette punkt drejer det sig om at opgøre mængden af metaldåser til sodavand. På dette område er der ikke så stor usikkerhed omkring mængdeopgørelsen og den samlede mængde er væsentlig mindre end for grænsehandelsøl. Ved opgørelsen af metalemballagemængder er der tillige gjort forudsætninger om, hvor store mængder, der emballeres i metaldåser og plastflasker samt en fordeling mellem aluminium og hvidblik. Gennem denne beregning fås følgende mængder pr. år:

Hvidblik/jern 479 tons  
Aluminium 719 tons

I alt 1.198 tons

### 1.5 Danske pantbelagte metaldåser gennem Dansk Retursystem A/S

Denne del-mængde dækker over de mængder af pant-belagte engangsemballager til øl og sodavand, der sælges på det danske marked og som skal være tilmeldt Dansk Retursystem. De kalkulerer med, at der årligt bringes 100 mio. metaldåser på markedet. Næsten alle er fremstillet af aluminium. Denne mængde kan derved opgøres til 1.400 tons pr. år.

### 1.6 Andre metalgenstande af den type der ender i dagrenovationen

Denne kategori dækker over alle andre metal-produkter, som bringes på markedet og som bortskaffes sammen med dagrenovationen. De fleste større metalprodukter f.eks. elektronik går til genvinding, når de afleveres på de kommunale genbrugspladser. I denne kategori hører f.eks. bestik, wire, værktøj, inventar, kontorartikler af/eller med metal, køkkenudstyr m.v. Fra en affaldsundersøgelse, der refereres nærmere til under næste niveau opgøres disse mængder til:

Hvidblik/jern 8.114 tons  
Aluminium 3.862 tons  
I alt 11.976 tons

Disse data bruges af mangel på andre og mere præcise registreringer.

### Samlet opgørelse på niveau 1

På basis af de ovennævnte beregninger kan de samlede mængder opgøres som følger:

Hvidblik/jern 46.295 tons  
Aluminium 18.031 tons  
I alt 64.326 tons

## **2. niveau Bortskaffelse 1 - første anbringelse**

Dette niveau beskriver i hvilken affaldsfraktion, de anvendte metalemballager og andre metalgenstande i første omgang anbringes i.

Dette består af følgende del-elementer:

2. Niveau, Bortskaffelse 1 - første anbringelse
  - 2.1. Dagrenovation, emballager
  - 2.2. Dagrenovation, andet metal
  - 2.3. Dagrenovationslignende affald fra erhverv
  - 2.4. Blandet erhvervsaffald
  - 2.5. Storskrald, emballager
  - 2.6. Småt brændbart
  - 2.7. Færligt affald hos Kommune Kemi
  - 2.8. Dansk Retursystem A/S
  - 2.9. Genbrug

### 2.1 Dagrenovation, emballager

En meget stor andel af affaldsmængderne fra de private husholdninger ender i dagrenovationen.

I henhold til rapporten "Sammensætning af dagrenovation og ordninger for hjemmekompostering, Miljøprojekt 868, 2003" smider de danske husholdninger årligt ca. 37.500 tons metalemballageaffald i dagrenovationen. Til rapporten har man foretaget nogle stikprøvevise affaldsundersøgelser i forskellige husstandsstørrelser. Disse tal er så ganget op på landsplan, og der kommer man frem til følgende resultat:

Hvidblik/jern 15.206 tons  
 Aluminium 7.324 tons  
 I alt 22.530 tons

## 2.2 Dagrenovation, andet metal

Fra den samme undersøgelse kan mængden af andre metalgenstande i dagrenovationen opgøres som følger:

Hvidblik/jern 8.114 tons  
 Aluminium 3.862 tons  
 I alt 11.976 tons

Som et supplement til den omtalte undersøgelse om dagrenovationen er der udarbejdet et spørgeskema, hvor folk er blevet bedt om at svare på deres "affaldsvaner". Her svarer gennemsnitshusstanden, at de afleverer ca. 25 % af deres metalemballager til genanvendelse. Såfremt man tillægger disse 25 %, kommer man frem til en samlet potentialemængde på godt 50.000 tons metal pr. år. Heraf tegner metalemballage sig for de godt 43.000 tons. Den resterende mængde er andre metalgenstande.

Herunder ses den samlede fordeling:

### Samlede fordeling

Tabel 3

Husstandstype	Enfamilie boliger	Etageboliger
Type	Kg pr. uge pr. husstand	
AluDåser til øl og sodavand	0,04	0,01
Alubakker - salgsemballage	0,01	0,01
Alubakker - "blanke"	0,01	0,01
Metalfolier (kaffe, frostvarer m.v.)	0,02	0,01
Alufolie fra husholdningen	0,03	0,02
Konserverdåser	0,09	0,05
Tomme Spraydåser	0,01	0,01
Metal-/papirlaminater	0,01	0,01
Kapsler og skruelåg	0,03	0,02
Anden metalemballage	0,01	0,02
Fejlsorteret	0,01	0,02
I alt metalemballage	0,28	0,20
<b>Brugsgenstande af metal</b>		
Brugsgenstande af metal	0,01	0,03
Holdere til fyrfadslys	0,01	0,005
Søm og skruer	0,01	0,01
Andet metal	0,02	0,005
Fejlsorteret	0,01	0,03
I alt andet metal	0,06	0,08
<b>I alt metal i dagrenovation</b>		
I alt metal i dagrenovation	0,34	0,28
<b>Antal husstande</b>		
Antal husstande	935.609	1.444.780
Metal i dagrenovation pr. år, tons	16.860	21.036
Metal i dagrenovation pr. år, tons, i alt		37.896

Den samlede mængde metal i dagrenovationen kan således opgøres til årligt at være på omkring 37.900 tons.

### 2.3 Dagrenovationslignende affald fra erhverv

Mindre erhvervsvirksomheder afleverer også affald til forbrænding, der har karakter af dagrenovation. Der er f.eks. tale om affald fra kantiner m.v. Ved at trække de totale tilførte affaldsmængder fra renovation fra den affaldsmængde som husholdningerne afleverer til forbrænding, kan mængden stammende fra erhverv udregnes. Hvis man så kalkulerer med, at metalemballageandelen, samt fordelingen mellem hvidblik/jern og aluminium svarer til dem fra de private husholdninger kommer man frem til følgende samlede mængder dagrenovationslignende affald fra erhverv:

Hvidblik/jern	841 tons
Aluminium	585 tons
I alt	1.426 tons

### 2.4 Blandet erhvervsaffald

Ud over ovennævnte affaldsfraktion afleverer erhvervslivet også andre typer affald til forbrænding. Disse typer er karakteriseret som "blandet erhvervsaffald". Denne mængde er i 2001 på 950.000 tons. Desværre findes der ingen tal for sammensætningen af denne mængde. Hvis man antager at 0,5 % er metalemballager kommer man frem til følgende mængder fra denne affaldsfraktion ved anvendelse af de tidligere fordelingsnøgler mellem hvidblik og aluminium:

Hvidblik/jern	2.803 tons
Aluminium	1.948 tons
I alt	4.750 tons

### 2.5 Storskrald, emballager

Det drejer sig her om mængden af metalemballager, der afleveres på kommunernes genbrugspladser som storskrald eller afhentes gennem henteordninger hos de enkelte husstande. Fra en undersøgelse fra Vestforbrænding er denne mængde opgjort til at være på 1.180 tons hvidblik/jern. Der er primært tale om store dåser - f.eks. til maling og småkager m.v.

### 2.6 Småt brændbart

Der findes ingen oplysninger om, hvor store metalmængder, der afleveres i denne fraktion. I opgørelsen her vurderes mængderne at være følgende:

Hvidblik/jern	4.000 tons
Aluminium	1.000 tons
I alt	5.000 tons

### 2.7. Farligt affald hos Kommune Kemi

En andel af det farlige affald som f.eks. Kommune Kemi modtager til behandling er emballeret i metalemballager. Disse metalemballager bliver forbrændt i forbindelse med selve behandlingsprocessen af det farlige affald. I Miljøprojekt nr. 731, 2002, Genanvendelseseffektivitet af hvidblik- og stålemballager opgøres denne mængde af metalemballager til at være 1.000 tons pr. år. Hele mængden er stålemballager.

## 2.8 Dansk Retursystem A/S

Det drejer sig, om de mængder af pant-belagte metaldåser, som afleveres i butikkerne og som Dansk Retursystem håndterer. Hvis der regnes med en returprocent på 90 kan den samlede mængde opgøres til 1.260 tons aluminium pr. år.

## 2.9 Genanvendelse

Ifølge den årlige metalemballagestatistik blev der i år 2001 indsamlet 8.392 tons metalemballage. heraf er de 7.122 tons hvidblik, mens resten på 1.270 tons er aluminium. Disse samlede mængder kommer fra 2 kilder nemlig gennem en direkte indsamling hos f.eks. brugerne af affald (her ender bl.a. de returemballager, der løbende udfases), og indsamlet gennem storskralds indsamlingsordninger for metal (kommunejern) på genbrugspladser. De indsamlede mængder fremgår af nedenstående skema:

Tabel 4 Indsamling

Indsamling af metalemballage			
	Direkte indsamlet	Indsamlet via kommunejern	I alt
Aluminium	400	870	1.270
Hvidblik/stål	3.612	3.510	7.122
I alt	4.012	4.380	8.392

De mængder, der her fremstår som kommunejern, er de samme mængder, der blev opgjort under forrige punkt om storskrald. I den her undersøgelse, som bygger på rapportering fra genvindingsvirksomhederne, er mængderne fra storskrald opgjort til at være noget større end under forrige punkt. I det videre arbejde vurderes de her nævnte mængder, at være de mest korrekte. Den direkte indsamlede mængde kommer direkte fra erhverv.

### Samlet opgørelse på niveau 2

På basis af de ovennævnte beregninger kan de samlede mængder opgøres som følger:

Hvidblik/jern 39.086 tons  
Aluminium 17.248 tons  
I alt 56.334 tons

## 3. niveau Bortskaffelse 2 - anden anbringelse

Dette niveau beskriver, hvortil de ovennævnte mængder bliver behandlet. Der er tale om en direkte beregning af de mængder, der blev opgjort under forrige niveau. Derfor er totalmængderne også identiske. Der er følgende muligheder for behandling af affald:

3. Niveau, Bortskaffelse 2 - anden anbringelse
  - 3.1. Forbrænding
  - 3.2. Forbrænding af emballage hos Kommune Kemi
  - 3.3. Genanvendelse; direkte genanvendelse af emballager
  - 3.4. Genanvendelse; emballager fra kommunejern
  - 3.5. Dansk Retursystem A/S

### 3.1 Forbrænding

Dette er summen af metalmængderne fra dagrenovationen og småt brændbart, som fordeler sig således:



Hvidblik/jern 30.964 tons  
Aluminium 14.718 tons  
I alt 45.682 tons

### 3.2 Forbrænding af emballage hos Kommune Kemi

På forrige niveau blev mængden opgjort til 1.000 tons stålemballage pr. år.

### 3.3 Genanvendelse; direkte genanvendelse af emballager

Det drejer sig om følgende mængder:

Hvidblik/jern 3.612 tons  
Aluminium 400 tons  
I alt 4.012 tons

### 3.4 Genanvendelse; emballager fra kommunejern

Det drejer sig om følgende mængder:

Hvidblik/jern 3.510 tons  
Aluminium 870 tons  
I alt 4.380 tons

### 3.5 Dansk Retursystem A/S

Dansk Retursystem sælger de indsamlede mængder til genvinding.

## **4. niveau      Slagge**

Fra dette niveau og frem er det mængden af metal, der går til affaldsforbrænding, som beregnes. Ved forbrændingsprocessen antages det, at alle aluminiumsmaterialer med en tykkelse på mindre end 50 mym oxiderer under forbrændingsprocessen. Denne mængde trækkes ud. Det vil dreje sig om hele mængden af følgende positioner fra den tidligere omtalte undersøgelse af fordelingen af indholdet i dagrenovationen:

- Metalfolier (kaffe, frostvarer m.v.)
- Alufolie fra husholdningen
- Metal-/papirlaminater

Disse positioner bidrager samlet med 7.228 tons aluminium pr. år. Heraf kan 2.991 ton opgøres som "alufolie" fra husholdninger og mængden af alufolie til emballageformål til 847 ton.

Dertil skal fratrækkes den metalmængde som delvist oxiderer under forbrændingsprocessen eller som nedbrydes i en partikelstørrelse, der ikke umiddelbart er kommercielt muligt at oparbejde til genanvendelse. Denne mængde er et udtryk for forbrændingsanlæggets effektivitet. Her kan bl.a. temperaturforhold og affaldssammensætningen tænkes at spille en afgørende rolle. Desværre findes der ingen tilgængelige tal over denne effektivitet. I den opstillede beregning er denne effektivitetsprocent sat til 80 (20 % mistes pga. Oxidering under forbrændingen). Herved kommer man frem til, at der i slaggen findes en samlet metalmængde på 33.475 tons pr. år, som fordeler sig på følgende måde:

Hvidblik/jern 24.771 tons  
Aluminium 8.704 tons

I alt 33.475 tons

## 5. niveau Slaggeseperation

Her opgøres det, hvilke mængde metal man kan udvinde af slaggen ved en slaggeseperation. Fra de mængder, der er opgjort under forrige niveau, skal fratrækkes den metalmængde, som slaggeseperationsprocessen ikke får fat i. De mængder, der her forsvinder fra den samlede mængde er bl.a. betinget af den anvendte separationsteknologi, og hvor fine metalpartikler teknologien er i stand til at håndtere, samt hvor meget metal der oxiderer inden oparbejdningsprocessen påbegyndes. Der findes kun estimerede data for separationseffektiviteten. Der er i beregningen anvendt en effektivitetsprocent på 80. Det svarer til, at 64 % af det metal med en godstykkelse større end 50 mym mm., der bringes til forbrænding, kan oparbejdes fra slaggen til genanvendelse. Med disse forudsætninger kommer man frem til, at der pr. år kan udvindes 26.780 tons metal fra slaggen. De 19.817 tons er jern og de 6.963 tons er aluminium.

## 6. niveau Genvundet materiale - slaggeseperationstest

På dette niveau anvendes en hel anden dataindgangsvinkel. Erfaringsdata fra afprøvning af ny separationsteknologi i nærværende testforsøg indgår som grundlag for at beregne de potentielle mængder af metal, der kan oparbejdes af slaggen. Procentvægtandelene for aluminium er fordoblet i forhold til den faktisk oparbejdede mængde i testforsøget, idet analyser af metalindholdet i den fine sigtefraktion mellem ca 8 mm og ned til ca. 2 mm kornstørrelse vurderes at være af samme størrelsesorden som i den oparbejdede fraktion. Mængderne for hvidblik/stål er de eksakt oparbejdede mængder. Der er opgivet et interval for oparbejdningsprocenten.

Nøgletal fra dette testforsøg med slaggeseperation indgår i beregningerne i nedenstående tabel 5, hvor den usorterede mængde er et beregnet gennemsnit:

Tabel 5 Genvundet materiale

Materiale	Procentvægtandel i råslagge			Årlig slaggemængde Tons i alt	Udsorteret mængde Tons
	Min	Max	Snit		
Aluminium	0,32	0,90	0,61	600.000	3.660
Hvidblik/stål	3,60	6,90	5,25	600.000	31.500
I alt					35.160

### 1.1.3.2 Sammenfatning over opgjorte mængder

Mængderne fra niveau 5 og 6 skulle gerne være nogenlunde identiske for at kunne konkludere, at der var en sammenhæng mellem validiteten af datakilderne, de anvendte beregningsforudsætninger for forbrændings- og oparbejdnings effektivitet, og at oparbejdningsforsøget har været baseret på repræsentative slaggeprøver. Men det er de langt fra.

Jernmængden i niveau 6 er langt større end i niveau 5, mens det er lige omvendt for aluminium. Som en forklaring på disse forskelle skal der peges på de usikkerheder, der er i datamaterialet, samt ikke mindst på de i beregningerne anvendte effektivitetsfaktorer for henholdsvis forbrændingsprocessen og slaggeseperationsprocessen.

### **1.1.3.3 Usikkerhedsberegninger**

På alle de i beregningerne indgående faktorer, er der indsat et usikkerhedsinterval på de anvendte data. Derved er der fremkommet minimums- og maksimumsmængder ud fra det opgjorte gennemsnit.

Når man ser på disse usikkerhedsintervaller, ligger jernmængden på niveau 5 og 6 inden for disse usikkerhedsintervaller, mens aluminiumsmængden ligger noget uden for.

Af nedenstående skema ses de beregnede usikkerhedsintervaller for niveau 6:

Tabel 6 Usikkerheder

Materiale	Gennemsnit, tons pr. år	Minimumsmængde, tons pr. år	Maksimumsmængde, tons pr. år
Hvidblik/jern	31.500	21.600	41.400
Aluminium	3.660	1.920	5.400
I alt	35.160	23.520	46.800

### **1.1.3.4 Konklusion vedrørende emballagemængder**

Det reviderede mål i EU-direktivet om emballage og emballageaffald kræver at 50 % af metalemballageforsyningsmængden genanvendes.

Emballageforsyningsmængden er blevet opgjort til 42.593 tons. Til dette tal skal lægges 1.400 tons for de engangsmetaldåser, der er tilmeldt Dansk Retursystem. Derved bliver den samlede emballageforsyningsmængde på 43.993 tons pr. år. Der skal således indsamles 21.996 tons. Der bliver allerede indsamlet 8.431 tons til direkte genanvendelse, hvortil skal lægges indsamlingsmængden fra Dansk Retursystem, som ved en returprocent på 90 er opgjort til 1.260 tons. Derved bliver den samlede indsamlingsmængde baseret på kildesortering på 9.691 tons pr. år. Dertil skal slaggese separationsprocessen bidrage med en mængde på 12.305 tons metal stammende fra emballager, for at EU direktivets målsætning kan overholdes.

I forhold til fordelingen af forsyningsmængden mellem emballage og andre metalgenstande vurderes det, at en landsdækkende slaggese separationsproces for den ikke magnetiske metalfraktion vil bidrage væsentligt til opfyldelsen af den fremtidige EU målsætning.

## 1.2 Potentialer for forbedring af datakvaliteten

Som det er fremgået i gennem hele afsnittet mangler der på mange områder valide data. Data fra de dataopgørelser, der findes, er der knyttet nogen usikkerhed til.

Baseret på de store afvigelser der er i mængderne på niveau 5 og 6, særligt for aluminiums vedkommende, må det konkluderes, at der er behov for yderligere undersøgelser, førend der kan opnås en større entydighed mellem datakildeberegninger og faktiske oparbejdningsresultater. De væsentligste usikkerheder formodes at ligge i følgende kilder:

- Opgørelsen af forsyningsmængderne, specielt for aluminiumemballage, der fortsat ligger over forbruget i andre sammenlignelige lande

- Stor usikkerhed omkring opgørelse af andelen af emballage indsamlet via kommunejern
- De anvendte effektivitetsfaktorer for forbrændings- og oparbejdningseffektivitet,
- Opgørelsen af, hvilke andre metalmængder end emballage, der ender i affaldsforbrændingen vurderes at være foretaget på et meget spinkelt grundlag

Det er uden for rammerne af dette projekt at foretage yderligere validering af datamateriale og opgørelser. For videre nuancering af datakilder og opgørelsesestimater fremgår det samlede udredningsarbejde for afsnit 1.2.1. af bilag 1: Samlet mængdeopgørelse.xls.

## 2 Afprøvning af ny metode og ny separationsteknologi

Dette afsnit præsenterer resultaterne af det testforsøg med anvendelse af H.J. Hansen Genvindingsindustri's nye oparbejdningsmetode. Metoden tager udgangspunkt i oparbejdning af metallerne fra frisk råslagge, og indebærer en mekanisk bearbejdning/forbehandling af de metalholdige slaggepartikler. Desuden anvendes ny separationsteknologi "detection/ejection", der er udviklet for at effektivisere oparbejdningen af den marginale metalfraktion, der ellers ville være indeholdt i affaldsfraktionen fra virksomhedens shreddning af metalholdigt affald.

En prætest til "fintuning" af metode og anlæg, 4 testseparationer samt en efterfølgende test for afprøvning af udstyret på en finere sigte kvalitet er gennemført i perioden august 2002 til marts 2003. Anlægget er efterfølgende modificeret og udbygget august 2003, så det med stor sandsynlighed vil være i stand til at oparbejde metaller fra den fine sigte kvalitet af forbrændingsslagge ned til en størrelse på 2 mm.

### 2.1 FORMÅL

Anvendelsen af H.J. Hansen Genvindingsindustri's teknologi og metode er gennemført med henblik på at opnå konkret viden om muligheden for at oparbejde metallerne på basis af frisk råslagge, herunder stadfæste "detection/ejection" separationsanlæggets effektivitet til oparbejdning af den ikke magnetiske metalfraktion fra forbrændingsslagge. I tilknytning hertil er der særdeles stor interesse for at få konstateret betydningen for metallernes kvalitet, at disse oparbejdes straks efter forbrændingen og dermed undgår oplagringen i det kraftigt aggressive slaggemiljø.

### 2.2 Forudsætninger til grund for testseparationerne

Uden kendskab til den eksakte sammensætning af det affald, der ligger til grund for den råslagge, som oparbejdes i forsøget, er det ikke muligt at drage eksakte konklusioner med hensyn til testmaterialets repræsentativitet i forhold til affaldsdannelsen i Danmark.

### 2.3 Testmaterialets repræsentativitet i forhold til affaldsdannelsen

For at opnå så stor repræsentativitet med de givne forudsætninger er gennemførelsen af forsøget baseret på følgende valg:

- Ved sammensætningen af slaggepartier, er det søgt at få dækket et udsnit, der modsvarer et væsentligt og repræsentativt udsnit af affaldsdannelsen i Danmark gennem partier fra øst/vest Danmark og land/by.
- I tilknytning til udtagningen fra de specifikke værker, er der samtidig skelet til anvendte forbrændingsteknologi og ovntype.

Ca. 280 tons råslagge har indgået i forsøget. De ca. 190 ton, der indgik som grundlag for resultaterne af de 4 afrapporterede testforsøg, fordelte sig på udtagning af slagge fra følgende forbrændingsanlæg:

- Slaggeparti fra Fyensværket ca. 62 ton
- Slaggeparti fra Vejen ca. 66 ton
- Slaggeparti fra KARA ca 31 ton
- Slaggeparti fra Vestforbrænding ca 31 ton

#### 2.4 Udtagning af repræsentative prøver

Ved udtagning af prøverne er der fra de større anlæg udtaget tilfældigt i stakkene af frisk råslagge. Prøven fra Vejen repræsenterer den samlede slaggemængde fra en weekends forbrænding.

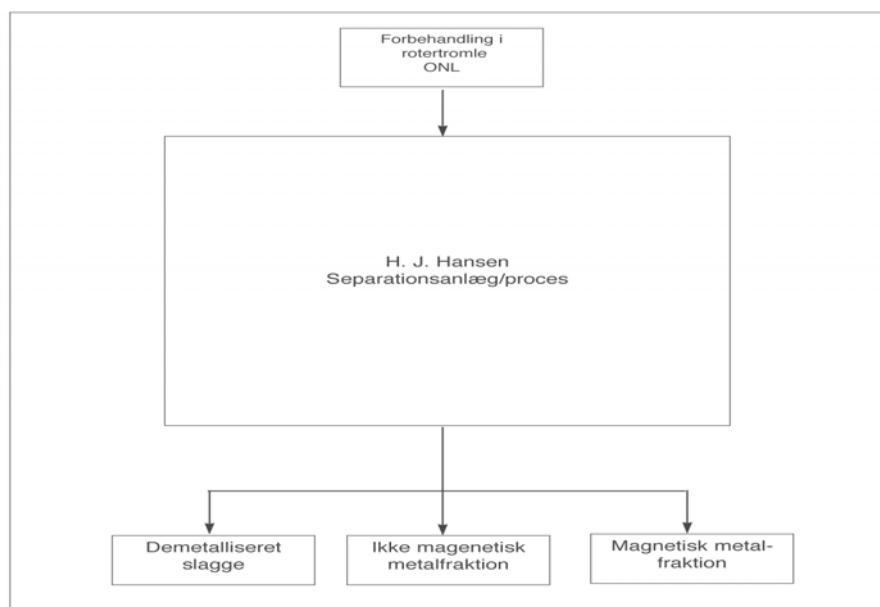
Slaggeprøvernes repræsentativitet er således med forbehold for de variationer, der kan forekomme i sammensætningen af den indfyrede affaldsmasse, eller som følge af årstidsbestemte variationer i forbrug m.v.

Prøverne er udtaget af den friske råslagge uden nogen forudgående sortering heraf.

#### 2.5 Oparbejdningstype og separationsteknologi

En prætest til fintuning af metode og anlæg blev gennemført på basis af et parti på ca. 60 ton fra Elsam/Vejen. På grund af tab af materiale i forskellige afprøvninger af metoder og anlæg, indgår resultater fra prætesten ikke i det samlede testresultat.

Figur 4 Principskitse for procesgennemløbet for oparbejdning af metaller fra forbrændingsslagge



Gennemførelse af de 4 efterfølgende testseparationer er baseret på følgende proces:

### Forbehandling

Slaggepartierne er forbehandlet ved almindelig sigtning i rotertromle på Odense Nord Miljøcenter, hvorved slaggen fraktioneres i hhv. lille og stor fraktion. Sigtefraktionen med store emner er efterfølgende neddelte i shredder, og genindblandet den samlede fraktion før afsluttende oparbejdning af metallerne i separationsanlæg.

### Oparbejdning

De videre oparbejdninger af metaller er foretaget indenfor samme uge som forbehandlingen i optil flere procesgennemløb, jvf. principskitsen. Den homogeniserede slagge indføres i separationsanlægget hvor den magnetiske jernfraktion udtages med overbåndmagneter, og hvor non-ferrous fraktionen frasorteres via en "detection/ejection" teknologi. Metalemnerne identificeres på transportbåndet, og udskilles for enden heraf ved hjælp af luftdyser. Metalholdige slaggeklumper udskilles, og neddeles i rotormølle for igen at blive tilført separationsanlægget for fraseparering af metaller.

Anlægget er indstillet til oparbejdning af non-ferrous metaller med en størrelse over 6-7 mm.

Oparbejdningsmetoden resulterer i 3 afsluttende fraktioner hhv. en demetalliseret slagge (non-ferrous > 6-7 mm), en jernfraktion og en non-ferrous fraktion.

Den videre håndtering af metalfraktionerne afgøres af udfaldet af testseparationen på baggrund af renhedsgraden af metallerne.

## 2.5.1 Individuel bedømmelse af slaggepartierne

De 4 slaggepartier er gennemgået visuelt ved modtagelsen og bedømt med hensyn til følgende karakteristika:

- Homogenitet: indhold af store fragmenter fx. beton/sten/metal
- Mængden af uforbrændt materiale: helt eller delvist uforbrændt og genkendeligt metal, plast, papir m.v.

### **2.5.1.1 Slaggeparti 1 – KARA**

Råslaggen kunne karakteriseres som relativt homogen med hensyn til størrelsesfordelingen, men indeholdende meget uforbrændt materiale: papir/plast, samt et stort antal genkendelige metalemballager: drikkedåser, aerosoldåser, konserverdåser samt andre metalemner f.eks. rør og wire.

Fordeling af råslagge efter sortertromle i alt 31.680 kg.

- Stor fraktion ca. 10 %
- Lille fraktion ca. 90 %

### **2.5.1.2 Slaggeparti 2 - Vestforbrænding**

Råslaggen kunne karakteriseres ved et relativt højt indhold af store emner, men indeholdt kun i beskedent omfang direkte synlige og genkendelige metalemballager og andet uforbrændt materiale.

Fordeling af råslagge efter sortertromle i alt 30.820 kg.

- Stor fraktion ca. 21 %
- Lille fraktion ca. 79 %

### 2.5.1.3 Slaggeparti 3 - Vejen

Råslaggen kunne karakteriseres ved et relativt højt indhold af store emner, men indeholdt kun i mindre omfang direkte synlige og genkendelige metalemballager og andet uforbrændt materiale.

Fordeling af råslagge efter sortertromle i alt 65.780 kg.

- Stor fraktion ca. 25 %
- Lille fraktion ca. 75 %

### 2.5.1.4 Slaggeparti 4 - Fyensværket

Råslaggen kunne karakteriseres som relativt homogen sammenlignet med øvrige slaggepartier, og indeholdt kun i beskedent omfang direkte synlige og genkendelige metalemballager. Optræder mere våd end øvrige slaggeprøver.

Fordeling af råslagge efter sortertromle i alt 61.980 kg.

- Stor fraktion ca. 10 %
- Lille fraktion ca. 90 %

## 2.6 Resultater og hovedkonklusioner på baggrund af testseparationer

Resultaterne med hensyn til mængderne af metal i råslaggen, samt deres fordeling i henholdsvis ferrous og non-ferrous (ned til 6-7 mm størrelse), er sammenholdt i nedenstående tabel 7.

Tabel 7

Mængder samt fordeling af metal i testpartier af forbrændingslagge i kg samt procentuel t i forhold til andel af råslagge

Slaggeprøve	Samlet mængde råslagge, kg.	Magnetisk fraktion, kg	%	Non-ferrous fraktion, kg	%
1 Kara	31.680	1.451	4,6	144	0,45
2 Vestforbrænding	30.820	1.096	3,6	50	0,16
3 Vejen	65.780	4.546	6,9	236	0,36
4 Fyensværket	61.980	3.962	6,4	271	0,44

Med forbehold for slaggeprøvernes repræsentativitet og set i relation til det relativt beskedne testgrundlag, er det muligt at konkludere følgende:

- Begge metalfraktioner vurderes at have en meget høj renhedsgrad uden væsentligt indhold af slaggerester. Kun metallerne fra Fyensværket bar præg af et "slør", uden at den samlede kvalitet af metallet dog af den grund blev vurderet af en lavere kvalitet.
- Den magnetiske jernfraktion (forbrændingsjern) er vurderet af så høj kvalitet og uden væsentlig forringelse af oxidering, at fraktionen kan fases direkte sammen med shredderjernfraktionen
- Den ikke magnetiske metal fraktion blev vurderet af så høj kvalitet og uden væsentlig forringelse af oxidering, at fraktionen kan fases direkte sammen med den ikke magnetiske shredderfraktion for videre oparbejdning af de forskellige ikke magnetiske metaller
- Separationsteknologien medfører desuden en fraseparering af den rustfri stålfraktion



- Koncentrationen af den ikke magnetiske metalfraktion i sigtefraktion, der ligger under den undersøgte 6-7 mm. og ned til ca 2 mm vurderes at være af samme omfang som den allerede ekstraherede mængde, svarende til en samlet vægtprocentandel af råslaggen på mellem 0,32 – 0,90 %, hvilket også svarer til de hollandske undersøgelser.
- Koncentrationen af den ikke magnetiske metalfraktion vurderes dermed at ligge på linie med niveauet, der opnås i Holland og Frankrig, når der tages højde for den høje metalkoncentration uden indhold af slaggerester.

Sammenfattende kan der drages følgende hovedkonklusioner på baggrund af anvendelse af den ny metode og ny separationsteknologi:

- metoden har en entydig positiv indflydelse på kvaliteten af forbrændingsjernfraktionen
- udseparering af metallerne og den anvendte metode syntes ikke at have nogen indflydelse på slaggens mekaniske egenskaber, og efterfølgende nyttiggørelse
- metodens effektivitet med hensyn til udseparering af den ikke magnetiske metalfraktion under 6-7 mm vurderes at være til stede, og kan derfor yderligere understrege metodens potentiale.

På baggrund af konklusionerne blev forsøget udvidet med hensyn til at gennemføre et supplerende slaggeparti på eksisterende anlæg. Dette forsøg blev gennemført foråret 2003 på samme måde som de øvrige slaggepartier. Det viste sig imidlertid ikke muligt at gennemføre forsøget med det eksisterende separationsudstyr. En planlagt opradering er tilendebragt i efteråret 2003, hvorfor det vurderes sandsynligt, at kunne foretage en separation af non-ferrous fraktionen ned til en størrelsesdiameter på 2 mm. Det falder imidlertid uden for rammerne af dette projekt at gennemføre yderligere forsøg.



# 3 Analyse vedr. implementering af detection/ejection separationsteknologi

## 3.1 Baggrund og formål

Hensigten med dette afsnit var oprindeligt at udarbejde en investeringsanalyse i forlængelse af den gennemførte afprøvning af detection/ejection (d/e) separationsteknologien, der kunne begrunde valg af mest optimal anlægssammensætning for hhv. stationære eller mobile anlæg.

Detection/ejection teknologien er imidlertid ikke ibrugtaget eller yderligere afprøvet i drift på affaldsforbrændingsslagge udover det gennemførte testforsøg. Det har ikke været muligt indenfor dette forsøgs rammer at gennemføre yderligere afprøvning af metode og teknologi.

I samme periode er der imidlertid gennemført meget detaljerede analyser og beregninger med udgangspunkt i investering og drift af eddy current separations teknologien for den slagge, der genereres af AFATEKS interessenter, hvilket repræsenterer ca. 225.000 tons pr. år.

Derfor er analysen i nærværende afsnit i stedet baseret på anvendelsen af beregningsgrundlaget fra implementering af ec-teknologien. Til sammenligning er opstillet forudsætninger og estimater for d/e teknologien.

## 3.2 Beregningsforudsætninger

I den følgende beregning er mængder valgt "konservativt", hvilket vil sige lavt i forhold til tidligere erfaringer og analyser. I henhold til forskellige kilder i materialet er ferrous mængden på 5 %, mens Alu alene ligger på ca 0,5 %. Cu ligger lavere end Alu, men er dog nævnt op til ca 0,5 %. En totalanalyse peger på 1,7 – 2 % Alu.

AFATEK har fået foretaget en total investerings- og driftsøkonomisk analyse baseret på anvendelse af mobil Eddy Current anlæg, baseret på de almindelig kendte driftserfaringer med sådanne anlæg, og med udgangspunkt i den nuværende oparbejdningsstruktur for Afatek. Denne rapport's principper for estimatet vedrørende anlægsinvestering og driftsøkonomi er overført i tilsvarende beregninger for anvendelsen af Detect/Eject teknologien.

H.J. Hansen Genvindingsindustri A/S har estimeret de parametre for anvendelse af detect/eject, der indgår i beregningerne, og med de forbehold, at der ikke eksisterer egentlige driftsøkonomiske erfaringer med hensyn til håndtering af slagge.

### **Investeringsanalysen**

Baseret på de opgivne data fra forsøget med Detect/Eject teknikken, er der gennemført beregninger for at sandsynliggøre driftsindtægterne. Beregningerne er gjort sammenlignelige med AFATEKS estimat vedrørende Eddy Current teknikken. En forenkling af problemstillingen er gennemført. Beregningerne fremgår af bilag 2. "Analyse og Estimat oparb. metal fra slagge".

### **Metalmængder opsamlet i forsøgene**

Eddy Current: fra 0,30 % non-ferrous  
Detect/Eject: 0,32 % - 0,90 % non-ferrous

### **Data og forenklinger brugt ved de sammenlignende beregninger**

#### Ensartede data og metoder

1. Alle data i DKK, omregningskurs €/DDK: 7,50
2. Designkapacitet: 225.000 ton/år
3. Lineær afskrivning over 5 år
4. Kapitaludgift 5 % pr år, lineært udjævnet
5. Forsikring 1 % af investeringen
6. To holds skift, 45 uger effektiv produktion omregnet til timer pr. år.
7. El udgift er harmoniseret til 0,65 DKK pr kWh
8. Reparationsudgifter i % af investeret kapital

#### Forskelle i data

9. Timesatserne er bibeholdt forskellige
10. Antal timer pr år er forskellige
11. Der er stor forskel i el forbruget. AFATEK - 75 kWh og Detect/Eject - 225 kWh, hvor sidstnævnte skyldes teknologien.
12. Udbytte er forskelligt grundet forskellige metoder.
13. Afateks beregninger basere sig oprindeligt på ugebasis, dette er omregnet til timer pr år, se ovenfor.

#### I sammenligningen er set bort fra:

14. Antal anlæg. Afatek regner med 3 anlæg. Betragtet som en totalinvestering
15. Udgifter til antal flytninger af anlæg
16. Nødvendigt hjælpeudstyr som frontlæssere mm.
17. Besparelser/udgifter på håndtering, oplagring modning af slaggen.
18. Transport
19. Kvalitetsforskelle og dermed prisforskelle på det udsorterede metal
20. Afatek rapportens "Option C" der specielt sigter på rustfrit stål. Investeringen i denne del bringer totalinvesteringen op på 1 mio. €, hvilket er niveauet for Detect/Eject investeringen.

#### Regnearket

I regnearket jf. Bilag 2 "Analyse og Estimat oparb. metal fra slagge", er alle oplysninger indført. Arket kan bruges til simulering, således at dækningsbidrag mm. ændres, i takt med at de valgte parametre ændres. Kolonnerne F og J indeholder beregningerne.

- Grønne felter er indtastede værdier eller mellemregninger.
- Røde felter er resultatberegninger og bør ikke røres.
- Gule felter betegner data der er udeladt, estimeret eller bør checkes.

Regnearket er aktivt forstået på den måde at:

- Ændringer i behandlet antal ton (Simulation capacity i felterne F6 og J6) vil ændre resultatet
- Ændringer i % indhold af non-ferrous og ferrous vil ændre resultatet.
- De fleste andre ændringer som f.eks. afskrivning eller forrentning vil medføre ændringer

Ændring i design kapacitet (felterne F5 og J5) bør ikke foretages uden samtidig at ændre investeringens størrelse, idet en ikke lineær sammenhæng må forventes.

I tabel 8 ses et eksempel på et udtræk fra regnearket.

Tabel 8 Eksempel - Udtræk fra regnearket, Alle tal i DKK

<b>4. Summary of costs</b>		Eddy Current	Detect/Eject
- Fixed plant costs	DKK	886.875,00	2.042.500,00
- Operating plant costs	DKK	941.225,00	1.625.125,00
Total costs	DKK	1.828.100,00	3.667.625,00
Pr ton	DKK/ton	8,12	16,30
<b>5. Estimated contribution from operations</b>			
<b>5.a Estimated contribution from "worst" condition:</b>			
Percentage recovery non-ferrous %	W/W	0,3%	0,32%
Percentage recovery ferrous %	W/W	1,00%	1,00%
- Non-ferrous	DKK/Yr	3.467.813	3.960.000
- Ferrous:	DKK/Yr	900.000	900.000
	Total	4.367.813	4.860.000
Total revenue pr. ton	total/ton	19,41	21,60
Contribution pr ton	Total contribution/ton	11,21	5,30
<b>5.b Estimated contribution from "best" condition:</b>			
Percentage recovery non-ferrous %		Not known	0,90%
Percentage recovery ferrous %			1,00%
- Non-ferrous			11.137.500,00
- Ferrous:			900.000,00
Total			12.037.500,00
Total pr. Ton			53,50
Contribution pr ton			37,20

### 3.3 Resultater af beregninger

#### **Investeringsanalyse**

Nedenstående "break even" er beregnet for anlæg med designkapacitet på 225.000 tons behandlet slagge og minimumindhold på:

Eddy Current 0,08 % non-ferrous

Detect/Eject 0,23 % non-ferrous

Med fastholdt 1 % ferrous.

For design kapacitet på 225.000 tons slagge pr år ses "worst condition" balance ved følgende mængder behandlet slagge:

Eddy Current: 58.000 ton/år

Detect/Eject: 143.000 ton/år

For design kapacitet på 225.000 tons slagge pr år giver "worst condition" følgende bidrag:

Eddy Current: 11,29 DKK/ton

Detect/Eject: 5,30 DKK/ton

Bidraget stiger hurtigt med stigende mængde metal.

Ved "best condition" scenarie med et indhold på 0,9 % non-ferrous bidrager Detect/Eject med 37,20 kr./ton behandlet slagge. Andre analyser indikerer, at indholdet af non-ferrous metaller nærmer sig 1,5 %. Hvis det er tilfældet i praksis, vil det betyde et bidrag på 70 kr. pr ton.

Eddy Current anlæggene har nu været i drift i en periode, og erfaringer herfra kan eventuelt yderligere underbygge analysen.

Analyserne og forsøgene har illustreret følgende i forhold til anvendelse af d/e teknologien:

- Investeringen er rentabel med en tilbagebetalingstid under 5 år, baseret på det estimerede (dobbelte) indhold af non-ferrous metaller ned til en partikelfraktion på ca 3-4 mm, og alene drevet på baggrund af salgsværdien af denne opsamlede metal fraktion.
- De udvundne metaller er af en kvalitet, der kan sendes direkte til omsmelting
- Det er ikke indregnet i analysen, men skal understreges, at den behandlede slagge fra Detect/Eject anlægget bør kunne klassificeres som værende af højere kvalitet (i det mindste æstetisk), fordi en større andel af det samlede metalindhold er oparbejdet, herunder den rustfri stålfraktion
- Detect/Eject anlægget kræver en investering, der er ca. dobbelt så stor som Eddy Current, men tilbagebetalingstiden estimeres kortere som følge af et højere opnåeligt udbytte med en højere salgsværdi.

# 4 Perspektivering og anbefalinger

## 4.1 Perspektivering

Metaleballager har ikke historisk haft nogen selvstændig prioritering i den danske affaldsstrategi, og er dermed ikke indarbejdet i de kommunale affaldsplaner. Frivillige indsamlingsordninger skabt/motiveret af industrien i 1990'erne i samarbejde med kommuner, storkøkkener, skoler/projekter mv. samt frivillige kommunale indsamlingsordninger målrettet en stadig voksende grænsehandel med drikkevarer i aluminiumdåser, har således kendetegnet indsatsen omkring indsamling og kildesortering. Hovedparten af affaldsmængden af metaleballager fra husholdninger og erhverv indsamles og bortskaffes sammen med øvrigt dagrenovationsaffald til affaldsforbrænding. De jernbaserede metaller oparbejdes fra forbrændingsslaggen i overensstemmelse med Bekendtgørelse nr. 655 af 27/06/2000 om genanvendelse af restprodukter og jord til bygge- og anlægsarbejder, hvorimod non-ferrous metallerne, hvor aluminium udgør hovedparten, bortskaffes sammen med forbrændingsslaggen og mistes derfor for nyttiggørelse ved metalgenanvendelse.

Initiativer med hensyn til fremadrettet oparbejdning af den ikke-magnetiske metalfraktion er i overensstemmelse med sigtelinierne i EU's Emballage og emballageaffaldsdirektiv, der skal sikre 50 % genanvendelse af metaleballage inden udgangen af 2008 samt Regeringens målsætninger om forebyggelse af tab af ressourcer og opnåelse af "mere miljø for pengene"

Selv med en mere målrettet indsats omkring kildesortering af metaleballage fra husholdninger og erhverv skønnes det ikke realistisk, at resultatet vil kunne sikre opfyldelsen af EU direktivets genanvendelsesmål, og der vil således fortsat kunne forventes en høj andel (70 – 80 %) af metaleballager i affaldet til forbrænding. Udover at kunne udgøre et væsentligt bidrag til opfyldelsen af det fremtidige genanvendelsesmål i EU's emballageaffaldsdirektiv, syntes der at være miljømæssigt, økonomisk og genvindingsmæssigt grundlag for øget stimulering af oparbejdning af non-ferrous metaller fra slaggen. Resultaterne i nærværende rapport peger på følgende fordele:

- Oparbejdning af metaller (herunder metaleballager) fra affaldsforbrændingsslagge sikrer, at metallerne bevares i genvindingskredsløbet
  - Under forudsætning af et metalindhold i slaggen fra affaldsforbrænding på omkring 0,5 % ikke-magnetisk metal, kan oparbejdning af fraktionen udføres på kommercielle betingelser uanset valg af oparbejdningsteknologi
  - I forbindelse med oparbejdning af non-ferrous metalfraktionen vil genvindingspotentialen for den magnetiske jernfraktion yderligere øges med 2-3 %.
  - Det kræver i alt ca 180 MJ at fremstille et kg. primæraluminium. Ved genanvendelse af aluminium ved omsmeltning anvendes kun ca 5 % af den tilsvarende energimængde. En genvindingsproces, der kan gentages igen

og igen, uden at forringe de materialemæssige egenskaber. Oparbejdning og genanvendelse af metallet er således med til at reducere metallets miljøeffekter væsentligt.

- Oparbejdningen af metallerne bidrager desuden til, at slaggen reelt, men også visuelt, fremstår i renere kvalitet, og fremmer dermed afsætningspotentialt samt øger salgsværdien for ressourcen!
  - Reducerer muligheden for gener fra oxidering af metaller i den nyttiggjorte slagge f.eks. buler i vejbelægning på parkeringsarealer
  - Oparbejdning af non-ferrous metaller har ingen indvirkning på slaggens mekaniske egenskaber og dermed nyttiggørelse

Samlet set vil oparbejdning af metaller være et vigtigt led i at indfri de fremadrettede genanvendelsesmålsætninger i EU's emballagedirektiv foruden, at nyttiggørelsen af forbrændingslaggen vil blive forbedret. En proces, der samtidig vil reducere tab af ressourcer, samt sikre mere miljø for pengene i den danske miljøindsats.

## 4.2 Anbefalinger

Med udgangspunkt i nærværende rapport og ovenstående perspektivering er der fundet grundlag for følgende anbefalinger:

- Fortsat behov for indsats med hensyn til validering af datamateriale og opgørelsesgrundlag, specielt med henblik på opgørelse af
  - forsyningsstatistik for metalemballager
  - genanvendelsesstatistikken for metalemballager fra kildesorteringsordninger
  - opgørelse af andelen af blikemballager fra forbrændingsjern
  - fremadrettet opgørelse af andelen af aluminiumemballager fra non-ferrous fraktionen
- I modsætning til jernmetallerne er der ingen krav om oparbejdning af non-ferrous metallerne fra forbrændingslaggen før nyttiggørelse heraf. Det eneste, der kan godtgøre en investering i oparbejdningsudstyr er, at processen alene kan gennemføres på rene kommercielle betingelser, finansieret ved salg af det oparbejdede metal
  - det vurderes derfor, at en mindre justering af Bekendtgørelse nr. 655 af 27/06/2000 om genanvendelse af restprodukter og jord til bygge- og anlægsarbejder, hvor oparbejdning af non-ferrous metaller sidestilles med oparbejdning af jernmetaller, vil danne den nødvendige sikkerhed for investering i oparbejdningsudstyr. Dermed sikres grundlag for en fremadrettet oparbejdning af non-ferrous metaller fra slaggen, der medvirker til en fortsat dynamisk udvikling af Best Available Technology (BAT) for oparbejdningsudstyr.

I den fremtidige finjustering af målsætninger og styringsmidler for metalemballager i den danske affaldsmodel må det desuden anbefales, at der gennemføres en nærmere miljøøkonomisk analyse, der sammenfatter konsekvenserne af ændrede krav i hhv. affaldsbekendtgørelsen og slaggebekendtgørelsen, så indsatsen målrettes der hvor den samlede løsning sikrer mest miljø for pengene.



# 5 Litteraturliste

/1/ "Emballageforsyningen i Danmark 2001"

/2/" Verificeringen af hvidblikemballage mængden på det danske marked" 2003

/3/" Verificeringen af aluminiumsemballagemængden på det danske marked"  
2002

## 5.1 Tabeller og figurer

Tabel 1 Emballage til genanvendelse.....	14
Figur 1 .....	16
Tabel 2.....	20
Tabel 3.....	22
Tabel 4 Indsamling .....	24
Tabel 5 Genvundet materiale.....	26
Figur 4 Principskitse for procesgennemløbet for oparbejdning af metaller fra forbrændingslagge .....	30
Tabel 7.....	32
Mængder samt fordeling af metal i testpartier af forbrændingslagge i kg samt procentuelt i forhold til andel af råslagge.....	32
Tabel 8 Eksempel - Udtræk fra regnearket, Alle tal i DKK.....	37



## Bilag 1.

<b>Metalmængdeopgørelse</b>	
Niveau	Beskrivelse
1. niveau	Bragt på markedet
2. niveau	Bortskaffelse 1 - første anbringelse
3. niveau	Bortskaffelse 2 - anden anbringelse
4. niveau	Dækker kun affaldsforbrænding; slagge
5. niveau	Dækker kun affaldsforbrænding; slaggeseparation
6. niveau	Dækker kun affaldsforbrænding; genvundet materiale

Bilag 1: Metalmængdeopgørelse

							Usikkerhedsgørelse					
Niveau	Niveau-beskrivelse	Detailbeskrivelse	Hvidblik-mængde i tons	Alu-mængde i tons	Metal i alt, tons	Kilde til data	Minimum hvidblik-mængde i tons	Minimum alu-mængde i tons	Minimum metal-mængde i tons	Maksimum hvidblik-mængde i tons	Maksimum alu-mængde i tons	Maksimum metal-mængde i tons
1. niveau	Bragt på markedet	Salgsemballage på danske marked	28.195	7.629	35.824	Sheet "Emballageforsyning"	22.556	5.722	28.278	33.834	9.536	43.370
1. niveau	Bragt på markedet	Transportemballage på danske marked	6.643	126	6.769	Sheet "Emballageforsyning"	5.314	95	5.409	7.972	158	8.129
1. niveau	Bragt på markedet	Grænsehandelsdåser	2.864	4.295	7.159	Sheet "Grænsehandel-ø"	1.909	2.864	4.773	3.802	5.703	9.506
1. niveau	Bragt på markedet	Grænsehandelsdåser	479	719	1.198	Sheet "Grænsehandel-vand"	479	719	1.198	479	719	1.198
1. niveau	Bragt på markedet	Danske pantbelagte metaldåser gennem DRS	-	1.400	1.400	100 mio. dåser alle alu.	-	1.400	1.400	-	1.400	1.400
1. niveau	Bragt på markedet	Andre metalgentande af type der ender i renovation	8.114	3.862	11.976	Vurdering; +/-75%	6.086	2.896	8.982	10.143	4.827	14.970
<b>1. niveau</b>	<b>Bragt på markedet</b>	<b>I alt</b>	<b>46.295</b>	<b>18.031</b>	<b>64.326</b>	Beregning	36.344	13.695	50.040	56.230	22.343	78.573
2. niveau	Bortskaffelse 1 - første anbringelse	Dagrenovation, emballager	15.206	7.324	22.530	Sheet "Dagrenovation"	12.165	5.859	18.024	18.248	8.789	27.036
2. niveau	Bortskaffelse 1 - første anbringelse	Dagrenovation, andet metal	8.114	3.862	11.976	Sheet "Dagrenovation"	6.086	2.896	8.982	10.143	4.827	14.970
2. niveau	Bortskaffelse 1 - første anbringelse	Dagrenovationsligneden affald fra erhverv	841	585	1.426	Affaldsstatistik 2002	673	468	1.141	1.009	701	1.711
2. niveau	Bortskaffelse 1 - første anbringelse	Blandet erhvervsaffald	2.803	1.948	4.750	Affaldsstatistik 2002	2.242	1.558	3.800	3.363	2.337	5.700
2. niveau	Bortskaffelse 1 - første anbringelse	Storskrald, emballager	1.180	-	1.180	Vestforbrændingundersøgelse	944	-	944	1.416	-	1.416
2. niveau	Bortskaffelse 1 - første anbringelse	Småt brændbart	4.000	1.000	5.000	Vurdering; +/-75%	1.000	250	1.250	1.750	8.750	10.500
2. niveau	Bortskaffelse 1 - første anbringelse	Dansk Retursystem - returprocent på 90%	-	1.260	1.260	Dansk Retursystem	-	1.260	1.260	-	1.260	1.260
2. niveau	Bortskaffelse 1 - første anbringelse	Genbrug	5.942	1.270	7.212	Statistik for metalemballage	4.754	1.016	5.770	1.524	8.654	10.178
<b>2. niveau</b>	<b>Bortskaffelse 1 - første anbringelse</b>	<b>I alt</b>	<b>38.086</b>	<b>17.248</b>	<b>55.334</b>	Beregning	27.863	13.307	41.170	37.453	35.318	72.771
3. niveau	Bortskaffelse 2 - anden anbringelse	Forbrænding	30.964	14.718	45.682	Beregning fra ovenstående	22.166	11.031	33.197	34.513	25.404	59.917
3. niveau	Bortskaffelse 2 - anden anbringelse	Genanvendelse; direkte genanvendelse af emballager	3.612	400	4.012	Statistik for metalemballage	3.612	400	4.012	4.814	480	5.294
3. niveau	Bortskaffelse 2 - anden anbringelse	Genanvendelse; emballager fra kommunejern	3.510	870	4.380	Statistik for metalemballage	3.510	870	4.380	5.256	1.044	6.300
3. niveau	Bortskaffelse 2 - anden anbringelse	Dansk Retursystem - returprocent på 90%	-	1.260	1.260	Dansk Retursystem	-	1.260	1.260	-	1.260	1.260
<b>3. niveau</b>	<b>Bortskaffelse 2 - anden anbringelse</b>	<b>I alt</b>	<b>38.086</b>	<b>17.248</b>	<b>55.334</b>	Beregning	29.288	13.561	42.849	44.583	28.188	72.771
4. niveau	Slagge	Fra der bliver bragt i forbrændingsanlæg	30.964	14.718	45.682	Beregning fra ovenstående	22.166	11.031	33.197	34.513	25.404	59.917
4. niveau	Slagge	Mængde husholdningsfolie der oxiderer under forbrænding	-	2.991	2.991	Sheet "Oxidering"	-	3.070	3.070	-	4.605	4.605
4. niveau	Slagge	Mængde metalemb. der oxiderer under forbrænding	-	847	847	Sheet "Oxidering"	-	4.605	4.605	-	-	-
4. niveau	Slagge	Forbrændingseffektivitet; hvor meget mistes	6.193	2.176	8.369	Vurdering: 80% effektivitet	4.433	1.592	6.025	6.903	4.160	11.062
<b>4. niveau</b>	<b>Slagge</b>	<b>I alt</b>	<b>24.771</b>	<b>8.704</b>	<b>33.475</b>	Beregning	22.166	7.961	30.126	34.513	20.799	55.312
5. niveau	Slaggeseperation	Metalmængde til tilført slaggemængde	24.771	8.704	33.475	Beregning fra ovenstående	22.166	7.961	30.126	34.513	20.799	55.312
5. niveau	Slaggeseperation	Separationseffektivitet; hvor meget mistes	4.954	1.741	6.695	Vurdering: 80% effektivitet	4.433	1.592	6.025	6.903	4.160	11.062
<b>5. niveau</b>	<b>Slaggeseperation</b>	<b>I alt</b>	<b>19.817</b>	<b>6.963</b>	<b>26.780</b>	Beregning	17.732	6.369	24.101	27.610	16.639	44.249
<b>6. niveau</b>	<b>Genvundet materiale</b>	<b>I alt</b>	<b>31.500</b>	<b>3.660</b>	<b>35.160</b>	Sheet "Slaggemængdel"	21.600	1.920	23.520	41.400	5.400	46.800

## Emballageforsyningsopgørelse

Emballagetype	Hvidblik- mængde i tons	Alu- mængde i tons	Metal i alt, tons	Vurderet usikkerheds- procent; hvidblik (plus-minus)	Vurderet usikkerheds- procent; aluminium (plus-minus)	Mimimums hvidblik- mængde, tons	Mimimums alu- mængde, tons	Maksimu m hvidblik- mængde, tons	Maksimu ms alu- mængde, tons
Salgsemballager på danske marked	28.195	7.629	35.824	20	25	22.556	5.722	33.834	9.536
Transportemballager på danske marked	6.643	126	6.769	20	25	5.314	95	7.972	158
Emballagemængde i alt, inkl. tilgang af nye returmetal-emballager	34.838	7.755	42.593			27.870	5.816	41.806	9.694

Kilde: Emballageforsyningsstatistik 2001

## Opgørelse af grænsehandelsøl

Beskrivelse	Enhed	Mængde	Kilde	Vurdering af usikkerhed
Samlet mængde øl købt i grænsehandel, gennemsnit	Liter	180.000.000	Grænsehandelsrapport	Stor
Andel solgt i glasemballage i litermængde	Procent	25	Vurdering	Stor
Andel solgt i metalemballager i litermængde	Procent	75	Vurdering, beregnet	Stor
Mængde solgt i glasemballage	Liter	45.000.000	Beregning	Ingen
Mængde solgt i metalemballager	Liter	135.000.000	Beregning	Ingen
Af glasemballage - andel solgt i returemballager	Procent	25	Vurdering	Stor
Af glasemballage - andel solgt i engangsemballager	Procent	75	Vurdering, beregnet	Stor
Af metalemballager - andel solgt i aluminiumsdåser	Procent	75	Vurdering	Middel
Af metalemballager - andel solgt i hvidblikdåser	Procent	25	Vurdering, beregnet	Middel
Af glasemballage - mængde solgt i returemballager	Liter	11.250.000	Beregning	Ingen
Af glasemballage - mængde solgt i engangsemballager	Liter	33.750.000	Beregning	Ingen
Af metalemballager - mængde solgt i aluminiumsdåser	Liter	101.250.000	Beregning	Ingen
Af metalemballager - mængde solgt i hvidblikdåser	Liter	33.750.000	Beregning	Ingen
Indholdsmængde pr. emballage - for alle	Liter	0,33	Nøgletal	Ingen
Antal retur-glasemballage	Antal	34.090.909	Beregning	Ingen
Antal engangs-glasemballage	Antal	102.272.727	Beregning	Ingen
Antal aluminiumsdåser	Antal	306.818.182	Beregning	Ingen
Antal hvidblikdåser	Antal	102.272.727	Beregning	Ingen
Vægt pr. retur-glasemballage	Kg	0,300	Nøgletal	Ingen
Vægt pr. engangs-glasemballage	Kg	0,200	Nøgletal	Ingen
Vægt pr. aluminiumsdåse	Kg	0,014	Nøgletal	Ingen
Vægt pr. hvidblikdåse	Kg	0,028	Nøgletal	Ingen
<b>Samlet vægt af retur-glas-emballage</b>	<b>Tons</b>	<b>10.227</b>	<b>Beregning</b>	<b>Ingen</b>
<b>Samlet vægt af engangs-glas-emballage</b>	<b>Tons</b>	<b>20.455</b>	<b>Beregning</b>	<b>Ingen</b>
<b>Samlet vægt af aluminiumsdåser</b>	<b>Tons</b>	<b>4.295</b>	<b>Beregning</b>	<b>Ingen</b>
<b>Samlet vægt af hvidblikdåser</b>	<b>Tons</b>	<b>2.864</b>	<b>Beregning</b>	<b>Ingen</b>
Beskrivelse	Enhed	Mængde	Kilde	Vurdering af usikkerhed
Samlet mængde øl købt i grænsehandel, minimum	Liter	120.000.000	Skatteministeriet	Stor
Andel solgt i glasemballage i litermængde	Procent	25	Vurdering	Stor
Andel solgt i metalemballager i litermængde	Procent	75	Vurdering, beregnet	Stor
Mængde solgt i glasemballage	Liter	30.000.000	Beregning	Ingen
Mængde solgt i metalemballager	Liter	90.000.000	Beregning	Ingen
Af glasemballage - andel solgt i returemballager	Procent	25	Vurdering	Stor
Af glasemballage - andel solgt i engangsemballager	Procent	75	Vurdering, beregnet	Stor
Af metalemballager - andel solgt i aluminiumsdåser	Procent	75	Vurdering	Middel
Af metalemballager - andel solgt i hvidblikdåser	Procent	25	Vurdering, beregnet	Middel
Af glasemballage - mængde solgt i returemballager	Liter	7.500.000	Beregning	Ingen
Af glasemballage - mængde solgt i engangsemballager	Liter	22.500.000	Beregning	Ingen
Af metalemballager - mængde solgt i aluminiumsdåser	Liter	67.500.000	Beregning	Ingen
Af metalemballager - mængde solgt i hvidblikdåser	Liter	22.500.000	Beregning	Ingen
Indholdsmængde pr. emballage - for alle	Liter	0,33	Nøgletal	Ingen
Antal retur-glasemballage	Antal	22.727.273	Beregning	Ingen
Antal engangs-glasemballage	Antal	68.181.818	Beregning	Ingen
Antal aluminiumsdåser	Antal	204.545.455	Beregning	Ingen
Antal hvidblikdåser	Antal	68.181.818	Beregning	Ingen
Vægt pr. retur-glasemballage	Kg	0,300	Nøgletal	Ingen
Vægt pr. engangs-glasemballage	Kg	0,200	Nøgletal	Ingen
Vægt pr. aluminiumsdåse	Kg	0,014	Nøgletal	Ingen
Vægt pr. hvidblikdåse	Kg	0,028	Nøgletal	Ingen
<b>Samlet vægt af retur-glas-emballage</b>	<b>Tons</b>	<b>6.818</b>	<b>Beregning</b>	<b>Ingen</b>
<b>Samlet vægt af engangs-glas-emballage</b>	<b>Tons</b>	<b>13.636</b>	<b>Beregning</b>	<b>Ingen</b>
<b>Samlet vægt af aluminiumsdåser</b>	<b>Tons</b>	<b>2.864</b>	<b>Beregning</b>	<b>Ingen</b>
<b>Samlet vægt af hvidblikdåser</b>	<b>Tons</b>	<b>1.909</b>	<b>Beregning</b>	<b>Ingen</b>

Beskrivelse	Enhed	Mængde	Kilde	Vurdering af usikkerhed
Samlet mængde øl købt i grænsehandel, maksimum	Liter	239.000.000	Grænsehandelsrapport	Stor
Andel solgt i glasemballage i litermængde	Procent	25	Vurdering	Stor
Andel solgt i metalemballager i litermængde	Procent	75	Vurdering, beregnet	Stor
Mængde solgt i glasemballage	Liter	59.750.000	Beregning	Ingen
Mængde solgt i metalemballager	Liter	179.250.000	Beregning	Ingen
Af glasemballage - andel solgt i returemballager	Procent	25	Vurdering	Stor
Af glasemballage - andel solgt i engangsemballager	Procent	75	Vurdering, beregnet	Stor
Af metalemballager - andel solgt i aluminiumsdåser	Procent	75	Vurdering	Middel
Af metalemballager - andel solgt i hvidblikdåser	Procent	25	Vurdering, beregnet	Middel
Af glasemballage - mængde solgt i returemballager	Liter	14.937.500	Beregning	Ingen
Af glasemballage - mængde solgt i engangsemballager	Liter	44.812.500	Beregning	Ingen
Af metalemballager - mængde solgt i aluminiumsdåser	Liter	134.437.500	Beregning	Ingen
Af metalemballager - mængde solgt i hvidblikdåser	Liter	44.812.500	Beregning	Ingen
Indholdsmængde pr. emballage - for alle	Liter	0,33	Nøgletal	Ingen
Antal retur-glasemballage	Antal	45.265.152	Beregning	Ingen
Antal engangs-glasemballage	Antal	135.795.455	Beregning	Ingen
Antal aluminiumsdåser	Antal	407.386.364	Beregning	Ingen
Antal hvidblikdåser	Antal	135.795.455	Beregning	Ingen
Vægt pr. retur-glasemballage	Kg	0,300	Nøgletal	Ingen
Vægt pr. engangs-glasemballage	Kg	0,200	Nøgletal	Ingen
Vægt pr. aluminiumsdåse	Kg	0,014	Nøgletal	Ingen
Vægt pr. hvidblikdåse	Kg	0,028	Nøgletal	Ingen
<b>Samlet vægt af retur-glas-emballage</b>	<b>Tons</b>	<b>13.580</b>	<b>Beregning</b>	<b>Ingen</b>
<b>Samlet vægt af engangs-glas-emballage</b>	<b>Tons</b>	<b>27.159</b>	<b>Beregning</b>	<b>Ingen</b>
<b>Samlet vægt af aluminiumsdåser</b>	<b>Tons</b>	<b>5.703</b>	<b>Beregning</b>	<b>Ingen</b>
<b>Samlet vægt af hvidblikdåser</b>	<b>Tons</b>	<b>3.802</b>	<b>Beregning</b>	<b>Ingen</b>

## Opgørelse af sodavand købt som grænsehandel

Beskrivelse	Enhed	Mængde	Kilde
Samlet mængde sodavand købt i grænsehandel	Liter	45.200.000	Grænsehandelsrapport
Andel solgt i glas- og plastemballage i litermængde	Procent	50	Vurdering
Andel solgt i metalemballager i litermængde	Procent	50	Vurdering, beregnet
Mængde solgt i glas- og plastemballage	Liter	22.600.000	Beregning
Mængde solgt i metalemballage	Liter	22.600.000	Beregning
Af glasemballage - andel solgt i returemballager	Procent	-	Vurdering
Af glasemballage - andel solgt i engangsemballager	Procent	100	Vurdering, beregnet
Af metalemballager - andel solgt i aluminiumsdåser	Procent	75	Vurdering
Af metalemballager - andel solgt i hvidblikdåser	Procent	25	Vurdering, beregnet
Af glas- og plastemballage - mængde solgt i returemballager	Liter	-	Beregning
Af glas- og plastemballage - mængde solgt i engangsemballager	Liter	22.600.000	Beregning
Af metalemballager - mængde solgt i aluminiumsdåser	Liter	16.950.000	Beregning
Af metalemballager - mængde solgt i hvidblikdåser	Liter	5.650.000	Beregning
Indholdsmængde pr. emballage - for metaldåser	Liter	0,33	Nøgletal
Antal aluminiumsdåser	Antal	51.363.636	Beregning
Antal hvidblikdåser	Antal	17.121.212	Beregning
Vægt pr. aluminiumsdåse	Kg	0,014	Nøgletal
Vægt pr. hvidblikdåse	Kg	0,028	Nøgletal
<b>Samlet vægt af aluminiumsdåser</b>	<b>Tons</b>	<b>719</b>	<b>Beregning</b>
<b>Samlet vægt af hvidblikdåser</b>	<b>Tons</b>	<b>479</b>	<b>Beregning</b>



Opgørelse af dagrenovationsmængder				
Husstandstype	Materiale	Enfamilie boliger	Etageboliger	
Type		Kg pr. uge pr. husstand		
Aludåser til øl og sodavand	Aluminium	0,04	0,01	
Alubakker - salgsemballage	Aluminium	0,01	0,01	
Alubakker - "blanke"	Aluminium	0,01	0,01	
Metalfolier (kaffe, frostvarer m.v.)	Aluminium	0,004	0,002	
Konserverdåser	Hvidblik	0,09	0,05	
Tomme spraydåser	Aluminium	0,01	0,01	
Metal-/papirlaminater	Aluminium	0,002	0,002	
Metal-/papirlaminater	Aluminium	0,002	0,002	
Kapsler og skruelåg	Hvidblik	0,03	0,02	
Anden metalemballage	Hvidblik	0,01	0,02	
Fejlsorteret	Hvidblik	0,01	0,02	
I alt metalemballage		0,218	0,16	
Brugsgenstande af metal	Jern	0,01	0,03	
Holdere til fyrfadslys	Aluminium	0,01	0,005	
Alufolie fra husholdningen	Aluminium	0,03	0,02	
Søm og skruer	Jern	0,01	0,01	
Andet metal	Jern	0,02	0,005	
Fejlsorteret	Jern	0,01	0,03	
I alt andet metal		0,09	0,1	
I alt metal i dagrenovation		0,308	0,256	
Antal hustande		953.609	1.444.780	
Metal i dagrenovation pr. år, tons		15.273	19.233	
<b>Metal i dagrenovation pr. år, tons, i alt</b>			<b>34.506</b>	
Emballage aluminiumsmængde	Aluminium	0,078	0,046	
Emballage hvidblikmængde	Hvidblik	0,14	0,11	
Andet aluminiumsmængde	Aluminium	0,04	0,025	
Andet jernmængde	Jern	0,05	0,075	
I alt		0,308	0,256	Alle husstande
Antal hustande		953.609	1.444.780	2.398.389
Emballage aluminiumsmængde i dagrenovation		3.868	3.456	7.324
Emballage hvidblikmængde i dagrenovation		6.942	8.264	15.206
Andet aluminiumsmængde i dagrenovation		1.984	1.878	3.862
Andet jernmængde i dagrenovation		2.479	5.635	8.114
I alt aluminium i dagrenovation		5.851	5.334	11.185
I alt hvidblik/jern i dagrenovation		9.422	13.899	23.320
<b>Metal i dagrenovation pr. år, tons, i alt</b>			<b>34.506</b>	<b>34.506</b>
<b>Usikkerhedsopgørelse</b>				
	Samlet mængde, tons	Usikkerhedsprocent: +/-	Miniums-mængde, tons	Maksimums-mængde, tons
Emballage aluminiumsmængde i dagrenovation	7.324	20	5.859	8.789
Emballage hvidblikmængde i dagrenovation	15.206	20	12.165	18.248
Andet aluminiumsmængde i dagrenovation	3.862	25	2.896	4.827
Andet jernmængde i dagrenovation	8.114	25	6.086	10.143
I alt	34.506		27.006	42.006

**Opgørelse af dagrenovationslignende affald fra erhverv til forbrænding**

Mængde affald leveret til forbrænding, dagrenovation og dagrenovationslignende affald, tons	1.527.000
Dagrenovation fra husholdninger, tons	1.474.000
Dagrenovationslignende affald fra erhverv til forbrænding, tons	53.000
Procentandel, metalemballage i dagrenovation; %	2,69
Samlet mængde metalemballage fra dagrenovationslignende affald fra erhverv, tons	1.426
Procentandel hvidblik, %	59
Procentandel aluminium, %	41
Mængde hvidblik, tons	841
Mængde aluminium, tons	585
I alt, tons	1.426

**Blandet erhvervsaffald**

Samlet mængde blandet erhvervsaffald til forbrænding, tons	950.000
Vurderet andel af metalemballage, %	0,5
Mængde metalemballage	4.750
Procentandel hvidblik, %	59
Procentandel aluminium, %	41
Mængde hvidblik, tons	2.803
Mængde aluminium, tons	1.948
I alt, tons	4.750

Opgørelse af dagrenovationsmængder, der oxiderer				
Husstandstype	Materiale	Enfamilie boliger	Etageboliger	
Type		Kg pr. uge pr. husstand		Oxidere ved forbrænding
Aludåser til øl og sodavand	Aluminium	0,04	0,01	Nej
Alubakker - salgsemballage	Aluminium	0,01	0,01	Nej
Alubakker - "blanke"	Aluminium	0,01	0,01	Nej
Metalfolier (kaffe, frostvarer m.v.)	Aluminium	0,02	0,01	Ja
Konservesdåser	Hvidblik	0,09	0,05	Nej
Tomme spraydåser	Aluminium	0,01	0,01	Nej
Metal-/papirlaminater	Aluminium	0,01	0,01	Ja
Metal-/papirlaminater	Aluminium	0,01	0,01	Ja
Kapsler og skruelåg	Hvidblik	0,03	0,02	Nej
Anden metalemballage	Hvidblik	0,01	0,02	Nej
Fejlsorteret	Hvidblik	0,01	0,02	Nej
I alt metalemballage		0,25	0,18	
Brugsgenstande af metal	Jern	0,01	0,03	Nej
Holdere til fyrfadslys	Aluminium	0,01	0,005	Nej
Alufolie fra husholdningen	Aluminium	0,03	0,02	Ja
Søm og skruer	Jern	0,01	0,01	Nej
Andet metal	Jern	0,02	0,005	Nej
Fejlsorteret	Jern	0,01	0,03	Nej
I alt andet metal		0,09	0,1	
I alt metal i dagrenovation		0,34	0,28	
Antal hushande		953.609	1.444.780	
Metal i dagrenovation pr. år, tons		16.860	21.036	
<b>Metal i dagrenovation pr. år, tons, i alt</b>			<b>37.896</b>	
<b>Mængder der oxiderer</b>				
		% alu	Fra store husst.	Fra små husst.
Metalfolier (kaffe, frostvarer m.v.)	Aluminium	20	0,02	0,01
Metal-/papirlaminater	Aluminium	20	0,01	0,01
Metal-/papirlaminater	Aluminium	20	0,01	0,01
Alufolie fra husholdningen	Aluminium	100	0,03	0,02
Antal hushande			953.609	1.444.780
Metal i dagrenovation pr. år, tons				
<b>Oxiderende pr. år, tons, i alt</b>				
Usikkerhedsprocent: +/- 20%				
Minimumsmængde, aluminium				
Maksimumsmængde, aluminium				
1) 2991 ton er husholdningsfolie og altså 847 ton aluminiumfolie < 50 my mm fra emballageanvendelse				

<b>Opgørelse af genvundet materiale</b>							
Samlet slaggemængde i Danmark pr. år				Tons	<b>600.000</b>		
Udsorteret materiale	Minimum-procent-indhold	Maksimum-procent-indhold	Gennemsnit procentindhold	<b>Samlet udsorteret mængde, tons</b>	Samlet udsorteret mængde, procentfordelt	Minimums mængde, tons	Maksimumsmængde, tons
Aluminium	0,32	0,90	0,61	<b>3.660</b>	10	1.920	5.400
Jern	3,60	6,90	5,25	<b>31.500</b>	90	21.600	41.400
<b>I alt</b>				<b>35.160</b>	100	23.520	46.800
Kilde til oplysninger: Jim Hansen, fra Slaggeprojekt/H.J. Hansen justeret for vurderet aluminiumpotentialer i den fine sigtekvalitet mellem 3-4 mm og 7-8 mm kornstørrelse.							

## Bilag 2

BILAG 2: Analyse og estimat af oparbejdet metal fra slagge		= Ingen indtastning					
		= Indtastet værdi eller beregnet					
<b>Profitability Estimate Incinerator Ash Recycling by Afatek / DSV Denmark. Eddy Current</b>				<b>Profitability estimate AFATEK Eddy Current</b>	Operating as stated	<b>Profitability estimate HJH Detect Eject</b>	Operating as stated
<b>Additional comments Detect / Eject</b>							
All figures in Euro			Exchange rate €/DDK	7,5			
Design Capacity: 225.000 ton				Ton	225.000	Ton	225.000
Simulation capacity					225.000		225.000
Calculated operating profit DKK/ton					kr 11,29		kr 5,30
Chapter	Cost type	Capital and mainfigures	Operating as stated		Capital and mainfigures		Capital and mainfigures
1	<b>1. Estimate basic parameters</b>						
1.1	1.1. Project capital requirement (Capex)						
	Preliminary Recco/RNS capex estimate € 550.000 (for "A" and "B") as per proposed design as an add-on to the present recycling operations. Only the add-on consequences are herewith considered.	€ 550.000, plus optional 450.000, see option C	550.000,00	DKK	kr 4.125.000,00	DKK	kr 9.500.000,00
1.2	1.2. Equipment						
	Earthmoving equipment to be obtained on full hire from DSV pr hour Required: 1 Cat962G if not operated "on line". 70€/hr/incl. fuel and operator (incl profit&risk) (rate is based on Saturday working or extended overtime)		70/hour				
1.3	1.3. Labour costs						
	Handpickers/cleaners € 35/hr on 10 hr/day basis ( increased in view of overtime)	€	35	DKK	kr 262,50	DKK Std	kr 350,00
	Operators/mechanics € 37/hr on 10hr/day basis ( increased in view of overtime)	€	37	DKK	kr 277,50	DKK	kr 350,00
1.4	1.4. Fuel costs						
	Fuel costs for earthmoving equipment € 0,50/l.		€0,50/Lfuel				
1.5	1.5. Selling prices recovered products						
	Ferrous € 25/ton, (excl recycling through hammermill), non-ferrous € 565/ton incl. Transport, stainless steel /non- ferrous 50/50 mix larger then 50mm € 685/ton. the non-ferrous selling prices to RNS are based on April '03 LME prices and \$/€ rates. Stainless steel alone is valued at € 720/ton fob Denmark.	Non-ferrous: €565 -685/ton Stainless steel alone 720/ton Data must be updated to sept 2005. 685 € pr ton used nov 2005	685	Total non-ferrous. DKK pr ton	kr 5.137,50	Total non-ferrous. DKK pr ton	kr 5.500,00
	Ferrous.	Ferrous: €25 /ton	25 - ikke brugt	Ferrous DKK pr ton	kr 400,00	Ferrous DKK pr ton	kr 400,00

1.6	1.6. Working hours 07.00 – 16.00 hr	toholdsskift		Hrs	kr	37,50		Hrs	kr	37,50
	Somehow the production has to be rearranged in crew and working hours to achieve a minimum of <b>5.000ton /week</b> for the total recycling operations.	Design parameter min. 5000 ton/week, See 1.11	Total hours/year	Guestimated based on info /MS		3.200		Hrs Two Shift		3.300
	"A" and "B", the ferrous recovery and non-ferrous recovery units are working <b>in line</b> at 5.000ton/week and with <b>1.000ton/week</b> (Saturday) <b>in addition</b> on a <b>stand alone</b> basis, loaded with a Cat 962g/Cat 950 wheel loader to <b>rework the present backlog</b> .	Information not used in calculations / MS								
1.7	1.7. Depreciation Capex All assets to be depreciated in 5 years.			Yr		5		Yr		5
1.8	1.8. Interest rate 5%/yr over average investment.					5%				5%
1.9	1.9. Insurance rate 1% over total capex, recycling equipment + mobile equipment.					1%				1%
1.10	1.10. All goods required for recycling are import duty free.									
1.11	1.11. Working scheme Afatek									
	Total volume ash/year	225.000 ton		Ton		225.000		Ton		225.000
	Total sites	3				3				
	Total production/week	5.000 T/week								
	Total full working weeks	45		weeks		45		weeks		45
	Total moving/setting up	4 times x 3 = 12 times 18750 ton/cycle: 3,7 weeks/campaign								
1.12	1.12. Transports/setting up costs 2 trucks + dolly arrangements required for 1 day = 2 x € 500/day x 12 = € 12.000/yr.	€/yr	12.000	DKK						
	Transport cost non-ferro by container to RNS Harderwijk € 35/ton		€ 35/ton							
1.13	1.13. Power costs									
	Required 15kW + 55kW	phase 1 for A and B		kW		70		kW		225
	Required additional 80kW	phase 2 for option C	+80	kW						
	Power costs	€ 0,20/kWhr	0,2	DKK/kWhr	kr	0,65		DKK/kWhr	kr	0,65

2	<b>2. Fixed cost recycling plant</b>							
	A + B / Total	550000		DKK	4.125.000	DKK	9.500.000	
	Project depreciation	5 years with 45 operating weeks/yr = 225 wks						
	- Depreciation	€ 550.000 in 225 wk	€ 2.444/wk	DKK/Yr	825.000	DKK/Yr	1.900.000	
	- Interest	€ 550.000/2 x 5%/yr over 45wks	€ 306/wk	DKK/Yr	20.625	DKK/Yr	47.500	
	- Insurance	€ 550.000 x 1 %/yr over 45 wks	€ 122/wk	DKK/Yr	41.250	DKK/Yr	95.000	
	<b>Total fixed costs</b>	<b>Total fixed costs</b>	<b>€ 2.872/wk</b>		<b>886.875</b>		<b>2.042.500</b>	
3	<b>3. Operating costs</b>							
	- Cleaning/daily maintenance:	2 manhrs/day x € 35/hr x 5 days/wk	350/wk	DKK 450 hr/yr	118.125	DKK 600 Hrs	210.000	
	- Parts recycling plant: 5% of capex/year:	5% of € 550.000/yr over 45 wks	611/wk	DKK/Yr	206.250	DKK/Yr	475.000	
	- Repair hours	5 hr/wk x € 37/hr x 2 man	370/wk	DKK 450 Hrs	118.125	DKK 450 Hrs	157.500	
	- Power costs, Electricity	70kWhr x € 0,20/kWhr x 50 hr/wkx 80 %	560/wk	DKK	kr 145.600,00	DKK	kr 482.625,00	
	- Power cost, Fuel	pr. yr	kr 240.000,00					
	- Mob. + demob. costs trucks:	2 no x 12 times x € 500/day. 45 wks, 267/wk	267	DKK		DKK		
	- Mob + demob add labour costs:	12 x €33/hr x 8hr/day x 1 man: 45 wks	70/wk	DKK		DKK		
	- Special production bonus to reach 5000t/w target:	5 man x € 150/wk	750		253.125		0	
	- Miscellaneous/ unforeseen		172/wk	DKK	100.000	DKK	300.000	
	<b>Total operating cost</b>	<b>Total operating costs</b>	<b>3.150/wk</b>		<b>941.225</b>		<b>1.625.125</b>	

4	<b>4. Summary of costs</b>							
	- Fixed plant costs (0,57 €/ton)		2.872/wk	DKK	kr 886.875,00	DKK	kr 2.042.500,00	
	- Operating plant costs (0,63 €/ton)		3.150/wk	DKK	kr 941.225,00	DKK	kr 1.625.125,00	
	Total costs		6.022/wk	DKK	kr 1.828.100,00	DKK	kr 3.667.625,00	
	Pr ton			DKK/ton	kr 8,12	DKK/ton	kr 16,30	
	Over 5.000T/wk = 1.20€/ton							
5	<b>5. Estimated contribution from operations</b>							
	<b>5.a Estimated "worst" condition:</b>							
	Percentage recovery non-ferrous %	Obs. difference in recovery		WW	0,30%	WW	0,32%	
	Percentage recovery ferrous %				1,00%		1,00%	
	- Non-ferro (EC)*: 0,3% x 5.000T/w x 565€/T	0,3% x 5.000T/w x 565€/T	8.475	DKK/Yr	3.467.813	DKK/Yr	3.960.000	
	- Ferrous:	1% x 5.000T/w x 25€/T	1.250	DKK/Yr	900.000	DKK/Yr	900.000	
		Total	9.725	Total	4.367.813	Total	4.860.000	
	Total revenue pr. ton			total/ton	kr 19,41		kr 21,60	
	Contribution pr ton			Total bidrag/ton	kr 11,29		kr 5,30	
	Over 5.000T	1,95 €/ton						
	* Note:	According the test load at RNS the non-ferro was 0,3% on the 10-50 mm fraction.						
		Normally we operate with 1-1,5% I non-ferrous.						
	<b>5.b Estimated "best" condition:</b>							
	Percentage recovery non-ferrous %	Not known for Eddy Current			1,00%		0,90%	
	Percentage recovery ferrous %	No change					1,00%	
	- Non-ferro				#VÆRDII	kr 11.137.500,00		
	- Ferrous:				kr 900.000,00	kr 900.000,00		
	Total				#VÆRDII	kr 12.037.500,00		
	Total pr. ton				#VÆRDII	kr 53,50		
	Contribution pr ton				#VÆRDII	kr 37,20		



<b>Capex</b>	<b>€ 450.000</b>	
- depreciation of € 450.000 in 225 wks		2.000
- interest € 450.000	2 x 5 % /yr over 45 wks	250
- insurance € 450.000 x 1 % /yr over 45 wks		100
<i>Total fixed costs</i>		<hr/> 2.350
Operational costs:		
- handpicking labour:	1 man x 35 €/hr x 50 hr/wk	1.750
- parts :	€ 450.000 x 5 % over 45 wks	500
- maintenance :	1 manhr /wk x 37 €/hr x 3 days /wk	111
- power costs :	80 kwhr x 0,20 €/kwhr x 80 % x 50 hr/wk	640
- mob + demob costs:	12 x 500 €/day over 45 wks	133
- miscellaneous costs:		66
<i>Total operating costs</i>		<hr/> 3.200
<b>Total costs:</b>	2.350 €/wk + 3.200 €/wk = 5.550 €/wk, which is <b>1.11 €/ton.</b>	

Expected additional revenue: 0,2 % x 5.000ton x 625 €/ton = € 6250/wk, which is **1.25 €/ton.**

**Conclusion:**

**total costs including 5 % overhead : 1,16 €/ton**

**total revenue : 1,25 €/ton**

**total profit : 0,09 €/ton = 8 %**

**Note : the estimated recovery of 0,2 % should  
be carefully checked prior to**

**making a decision on this optional add-on.**