

Forsortering af organisk affald til biogas med dewaster

PlanEnergi, Jysk Biogas International og Aalborg Kommune

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

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

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

Indhold

FORORD	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	7
SUMMARY AND CONCLUSIONS	13
1 INDLEDNING	19
1.1 BAGGRUND	19
1.1.1 Indsamling	19
1.1.2 Biogasanlæg	19
1.1.3 Forbehandlingen	19
1.2 FORMÅL	20
1.3 PROJEKTETS INDHOLD	20
1.3.1 Undersøgelsesprogram	20
2 PRØVETAGNING OG ANALYSER	21
2.1 PRØVETAGNING	21
2.1.1 Mængder.	21
2.1.2 Prøvetagning.	21
2.2 SORTERING	22
2.2.1 Råvare og rejekt	22
2.2.2 Råvare	22
2.3 ANALYSE	22
2.4 DRIFTSDATA	22
3 RESULTATER	23
3.1 MÆNGDER	23
3.1.1 Samlet mængde	23
3.1.2 Sortering af rå affald og rejekt	23
3.1.3 Sortering af råvare	25
3.2 ANALYSERESULTATER	25
3.3 DRIFTSDATA	26
3.4 MASSESTRØMME	26
4 KONKLUSION	29
4.1 RÅVAREN	29
4.2 AFFALD OG REJEKT	29
4.3 MASSESTRØMME	29
4.4 ENERGIFORBRUG	30

Bilag A Metode til sortering af rå affald og rejekt

Bilag B Sortering af rå affald og rejekt

Bilag C Sortering af råvare

Bilag D Analyseresultater

Forord

Dette projekt har til formål at vurdere en ny metode til frasortering af plastposer og fejlsorteringer fra kildesorteret organisk dagrenovation, der tænkes anvendt i et biogasanlæg.

Resultatet vil indgå i et samlet projekt Aalborg kommune gennemfører for at udvikle teknisk og økonomisk acceptable løsninger for indsamling og bioforgasning af organisk dagrenovation samt organisk affald fra mindre erhvervskøkkener, supermarkeder, bagerier, slagterforretninger, fiskeforretninger og lignende virksomheder.

Energistyrelsen har tidligere bevilget tilskud til tekniske undersøgelser af metoden i projektet ”Driftprøvning af forsorтерingsudstyr ”Dewaster” for kildesorteret organisk affald fra små erhvervskøkkener og husholdninger.” j.nr. 51161/99-0004. Nuværende projekt omfatter alene de miljømæssige forhold.

Affaldet leveres af Aalborg kommune, renovationsvæsenet. Dewasteren drives af Jysk Biogas International på Vaarst-Fjellerad Biogasanlæg.

Projektgruppen består af:

Torsten Nord og Jens Christian Olsen, Aalborg kommune,
renovationsvæsenet

Kjeld Johansen og John Nielsen, Jysk Biogas International

Per Alex Sørensen og Orla Jørgensen, PlanEnergi

Ole Busck, PlanMiljø

Jes la Cour Jansen, Fa Jes la Cour Jansen

og Vaarst-Fjellerad Biogasselskab ved Erik Hannibal, Niras.

Til projektet er desuden knyttet en følgegruppe, der udover projektgruppen omfatter repræsentanter fra Miljøstyrelsen, RenoNord og Dansk Center for Affald

Sammenfatning og konklusioner

Vurdering af ny teknologi til forsortering af affald til biogas

På Vaarst-Fjellerad biogasanlæg er opstillet en forsorteringsenhed, kaldet en "dewaster". Den presser med lille energianvendelse en visuelt ren, organisk masse, velegnet til behandling i et biogasanlæg, ud af kildesorteret dagrenovation fra husholdninger og erhverv. Maskinen frasorterer effektivt plast og andre uønskede materialer, men har ingen effekt i forhold til indholdet af tungmetaller og miljøfremmede stoffer i affaldet. Den overflødig gør således ikke kildesortering, hvis kvaliteten af gødningsproduktet skal sikres.

Vurderingen er foretaget på grundlag af målinger af indholdet af fremmedlegemer, miljøfremmede stoffer, tungmetaller og næringsstoffer i affaldet før og efter behandling i dewasteren.

Baggrund og formål

I efterlevelsen af målsætningerne om øget bioforgasning af kildesorteret husholdningsaffald har især forbehandlingen af affaldet før den egentlige bioforgasning voldt problemer, bl.a. med fjernelse af plastposer i affaldet.

Aalborg kommune, som er indstillet på at udnytte ressourcerne i organisk affald fra husholdninger og erhverv, leverer i dag affald fra 2600 husstande samt "Blomsterselskabet Nordjylland" (tidligere GASA) til en særskilt reaktor på det landmandsejede biogasanlæg i Vaarst-Fjellerad i kommunens sydlige udkant. På anlægget er der udviklet og foretaget forsøgskørsel med en robust og simpel forbehandlingsenhed, dewasteren, der i samme proces neddelar affaldet og frasorterer uønskede emner.

Anlægget består af en modtagetank, hvori affaldet æltes, og en dewaster, som er en tørstofpresse, drevet af en 10 kWh elmotor, der presser den våde, bløde del ud af affaldet som råvare til biogasreaktoren og lader resten passere igennem som rejekt. Rejektet, som skal forbrændes, består af de plastposer og papirsække, som affaldet er indsamlet i, samt fejlsorteringer. Råvarens struktur giver mulighed for optimal gasproduktion.

For at begrunde hele konceptet med indsamling og behandling af organisk affald fra byen har Aalborg kommune ønsket rimelig sikkerhed for at gødningsproduktet har den fornødne kvalitet til at blive udbragt på landbrugsjord.

Der er derfor med støtte fra Miljøstyrelsen blevet gennemført en undersøgelse af dewasterens effekt m.h.t. frasortering af uønskede emner og gødningsproduktets indhold af fremmedlegemer, miljøfremmede stoffer og tungmetaller samt næringsstoffer.

Undersøgelsen

Der er på grundlag af 4 læs affald i prøveperioden, januar 2000, gennemført en kvantitativ og kvalitativ bestemmelse af: 1. Det rå affald, 2. Den udpressede råvare til bioforgasningen, 3. Rejektet til forbrænding.

Ved den kvalitative bestemmelse er valgt følgende analyseparametre:
Organisk stof, Næringssalte (kvælstof og fosfor), Tungmetaller (cadmium og nikkel), Miljøfremmede stoffer (DEHP og NPE)
Desuden er forekomsten og karakteren af uønskede emner (plastposer, fejlsorteringer mv.) fundet ved sortering. Råvaren er yderligere centrifugeret og sigtet.

Elforbruget ved forbehandlingen er desuden målt.

Med begrænsede ressourcer har undersøgelsen kun kunnet tilstræbe en repræsentativ udtagning af prøver og har måttet nøjes med analyser udført af eet laboratorium.
I lyset af problemerne forbundet med analyser af så inhomogent materiale som affald må der derfor tages et vist forbehold over for resultaternes validitet.

Hovedkonklusion

Dewasteren adskiller effektivt en velegnet råvare til bioforgasning med et efterfølgende gødningsprodukt, der indeholder meget få forureninger i partikelform (større end 2 mm), fra affaldet.

Rejektet indeholder foruden papirsække, plastposer og fejlsorteringer en del organisk materiale. Rejektet udgjorde 30-50 % af affaldets vægt ved de 4 prøvesituationer. Mængden kan formentlig reduceres en del ved ændret indsamlingsmetode, længere behandlingstid for det rå affald og tekniske modifikationer

Metoden har ingen effekt m.h.t. forekomsten af tungmetaller og miljøfremmede stoffer i affaldet. Koncentrationen i det rå affald går igen både i rejektet og i råvaren med en mulig tendens til, at længere opholdstid og dermed øget biologisk omsætning resulterer i øget DEHP-indhold i råvaren. Med forbehold for de få prøver og analyser er der altså tilsyneladende en modsætning mellem længere tids lagring af affaldet, som formentligt betyder mere organisk masse i råvaren og ønsket om at bevare et lavt niveau for DEHP i råvaren.

Aalborg affaldet viste sig at indeholde lave værdier af tungmetaller, men betænkeligt høje værdier af DEHP og NPE i forhold til de varslede afskæringsværdier fra 1. juli 2000. Undersøgelsen har peget på mulige kilder til denne forurening blandt de fejlsorterede emner.

Elforbruget ved forbehandlingen udgjorde ca. 5 % af energiindholdet i det leverede affald.

Projektræsultater

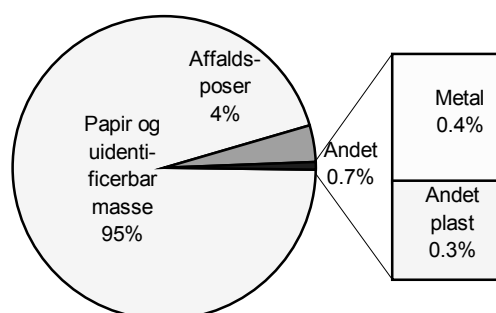
I tabellen er angivet, hvor meget rå affald (kildesorteret organisk husholdningsaffald og affald fra blomsterselskabet i Aalborg), der blev vejet ind i de 4 prøvesituationer, og hvor meget rejektet udgjorde. Forskellen er den producerede råvaremasse.

Læs	Dato	Kilde	Vægt rå affald	Vægt rejekt	Vægt råvare (beregnet)	Rejekt andel	Bemærkning
			kg	kg	kg	% af rå affald	
1	11-01-00	Villakvarter	6500	1909	4591	29%	5 dages opbevaring
2	20-01-00	Etageejd.+ blomsterse l.	3200	1303	1897	41%	
3	25-01-00	Villakvarter	4920	2305	2615	47%	
4	27-01-00	Etageejd.+ blomsterse l.	3380	1701	1679	50%	

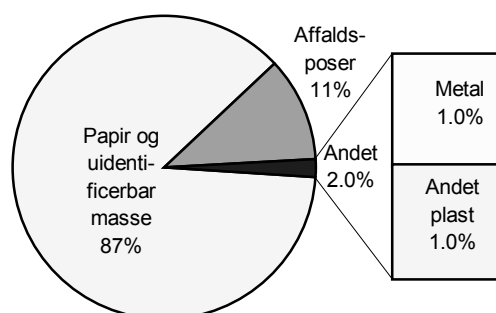
Massen af affald og rejekt

Den mindre andel rejekt ved første prøvesituation antages at hænge sammen med længere opholdstid for det tilførte affald (pga. driftsproblemer), da der sker en biologisk nedbrydning.

Det rå affald og rejektet blev sorteret manuelt for at karakterisere indholdet af plastposer, som anvendes ved køkken-sorteringen af affaldet, og fejlsorteringer.



Sammensætning af rå affald (vægt%)



Sammensætning af rejekt (vægt%)

Papiret, der sammen med den uidentificerbare masse udgør langt den største del, stammer væsentligst fra affaldssække, som anvendes ved en del af husstandene i indsamlingen.

Andelen af uønskede emner (plastposer og fejlsorteringer) er 2-3 gange større i rejektet end i det rå affald, hvilket stemmer overens med at rejektet udgør 30-50 % af det rå affald.

I de fleste prøver blev fundet blomsterpotter, kulørt plastemballage, glas, klude og flamingo.

Blomsterpotter og kulørt plastemballage vides fra andre undersøgelser at være potentielle kilder til forekomst af DEHP og cadmium i råvaren. Når kilderne er sporet, vil en indsats for at forbedre det indsamlede affald kunne sætte ind her.

Indholdet af fremmedlegemer mv. i råvaren er yderligere bestemt ved centrifugering og sigtning. Herved er fundet en del uorganisk materiale i form af sand og grus (som ikke udgør noget problem i gødningsproduktet). Organisk tørstof udgør 80-85% af materialet. Råvaren er stort set fri for plast og andre større fremmedlegemer. Partiklerne i råvaren er små, idet der kun fanges meget små mængder på en sigte med maskevidde på 2 mm.

Ved analysen af indholdet af organisk stof, næringsstoffer, tungmetaller og miljøfremmede stoffer er følgende værdier fundet, angivet som interval for de fundne værdier ved 4 prøvesituationer.

Parameter	Enhed	Rå affald	Rejekt	Råvare	Grænseværdi i pr. 1-7-00
Tørstof	%	30-34	41-56	16-19	
Glødetab	% af TS	81-90	81-89	79-85	
Kvælstof, total	g/kg TS	20-23	15-28	27-29	
Phosphor, total	g/kg	2,2-2,3	1,4-2,0	3,5-4,5	
Cadmium	mg/kg TS	0,05-0,14	0,04-0,11	0,09-0,21	0,8
Cadmium pr. fosforenhed	mg/kg TP	18-61	18-77	25-47	100
Nikkel	mg/kg TS	1,5-3,6	1,3-4,4	3,3-7,8	30
Nikkel pr. fosforenhed	mg/kg TP	670-1600	650-3100	880-1800	2500
DEHP	mg/kg TS	29-48	25-39	27-70	50
Nonylphenol	mg/kg TS	4,8-9,5	4,0-6,6	6,6-11	30
Nonylphenolmonoethoxylater	mg/kg TS	<1	<1	<1	
Nonylphenoldiethoxylater	mg/kg TS	<1	<1	<1	

Analyseresultater

Tungmetaller: Det ses at grænseværdierne for cadmium og nikkel overholdes med god margen af værdierne i råvaren.

Miljøfremmede stoffer: For DEHP gælder det, at en af de 4 prøver viste et niveau over den kommende afskæringsværdi fra 1.07.2000. For NPE overholdes aktuelle afskæringsværdier, men nedsættelsen til 10 mg/kg TS pr 1.07.2002 kan give problemer.

Der er ingen klar forskel mellem værdierne fundet i henholdsvis rå affald, rejekt og råvare. Dewasteren har altså ingen hverken forøgende eller reducerende effekt for indholdet af tungmetaller og miljøfremmede stoffer i det endelige gødningsprodukt.

For at sikre kvaliteten af slutproduktet skal der således sættes ind over for kilderne til de miljøfremmede stoffer i det indsamlede affald og evt. i forbehandlingen.

Næringsstoffer: Dewasteren har ingen tydelig effekt på indholdet af næringsstoffer i råvaren. Der tabes næringsstoffer i ca. samme omfang, som der går organisk masse ud med rejektet.

Elforbruget ved forbehandlingen lå mellem 25 og 31 kWh pr ton behandlet affald.

Hvis det antages, at der kan produceres 100 m³ biogas med et energiindhold på 650 kWh pr. ton affald, svarer det til at forbehandlingen koster 5% af affaldets energiindhold.

Fuldskalaforsøg i Aalborg

Projektet er gennemført til opfølgning af et tidligere projekt, finansieret af Energistyrelsen, til udvikling af dewasteren. Foruden parterne i nærværende projekt deltog Reno-Nord i udviklingen af dewasteren, idet modtagetank og dewaster er planlagt opstillet ved forbrændingsanlægget.

Projektet indgår endvidere som første del i forsøg med indsamling, behandling og bioforgasning af organisk affald fra restauranter, institutioner, supermarkeder og fødevarebutikker i Aalborg. Disse forsøg forventes afsluttet i maj 2001. I løbet af forsøgsperioden vil indsamlingsmetoden for organisk dagrenovation desuden blive ændret, således at papirsække erstattes af containere.

Summary and conclusions

Evaluation of a new technology to pre-sort waste for digestion

The waste separator installed at the biogas plant in Vaarst-Fjellerad in Jutland, named a "dewaster", squeezes a visibly clean, organic pulp, ready for digestion, from the biodegradable waste from households and businesses collected separately. The installation effectively separates plastics and other unwanted materials, but it has no effect on the content of heavy metals and other xenobiotic substances in the waste. The installation consequently does not eliminate the need to sort carefully waste at the source, if the quality of the fertiliser product is to be ensured. The effect of the dewaster is judged partly on the basis of the mass-balances for different parameters, and partly on the basis of the concentration of xenobiotic substances and particles in the squeezed raw material.

Background and purpose

In trying to meet the targets for increased digestion of source-separated waste from households the pre-treatment of waste before the digestion process has particularly created problems. Existing methods to ensure pure fertiliser, free from pieces of plastic etc. have proven ineffective and expensive.

The municipality of Aalborg is prepared to exploit the resources in organic waste from households and businesses, and today it delivers biodegradable waste from 2,600 households and a flower trader to a separate digester at the farm-based plant in Vaarst-Fjellerad, 30 km. south of Aalborg. At the plant a robust and simple pre-sorting unit, named a "dewaster" has been developed and tested. This machine divides the waste and separates unwanted components in one process.

The dewaster consists of a reception tank to mix the waste, and a dry-matter press, run by a 10 kWh electric motor. The press squeezes the wet, soft part out of the waste as raw material for the digester, leaving the rest fraction to pass through as reject. The reject to be incinerated consists of the plastic-bags and paper-sacks in which the waste has been collected and incorrectly sorted items. The structure of the raw material facilitates optimal gas production.

To justify the whole concept of collection and treatment of biodegradable waste from the city, the municipality of Aalborg has required relative certainty of the possibility to produce fertiliser of the necessary quality to allow it to be spread on farmland. With this background an investigation has been carried out of the dewaster's effect in separating unwanted materials and the remaining content of heavy metals, xenobiotic and alien substances and items, as well as nutrients in the fertiliser.

The investigation

Based on 4 loads of supplied waste in the examination period, January 2000, a quantitative and qualitative determination has been carried out of 1: the raw waste, 2: the squeezed raw material for digestion and 3: the reject.

The following parameters for analysis have been chosen for the qualitative determination:

Organic matter, nutrients (nitrogen and phosphorus), heavy metals (cadmium and nickel), xenobiotic substances (DEHP and NPE)

Moreover the occurrence and characteristics of unwanted materials (plastic-bags, incorrectly sorted items etc.) were identified via a sorting process. The raw material was centrifuged and sieved to identify the size and characteristics of the particles included in the raw material.

In addition, the consumption of electricity by the pre-treatment was measured. Due to limited resources the investigation has only been able to take a representative set of samples and has only had the analyses done by one laboratory.

In view of the difficulties connected with analyses of an inhomogeneous material such as waste, a certain reservation must be taken concerning the validity of the results.

Main conclusion

The dewaster effectively separates a suitable raw material for digestion and gas-production, leaving a fertiliser with a very low content of contaminants in the form of particles (larger than 2 mm) from the waste.

Besides paper-sacks, plastic-bags and incorrectly sorted items the reject contains some organic material. The reject accounted for 30-50 % of the 4 sample situations. This quantity can probably be considerably reduced by changing the choice of packaging, extending storage of the raw waste, and through technical modifications. The method has no effect concerning the occurrence of heavy metals and xenobiotic substances in the waste. Concentrations of these substances in the raw waste are repeated in the reject, as well as in the raw material with a possible tendency for an increased level of DEHP in the raw material when the waste is stored in the reception tank for longer periods. Taking account of the low number of samples and analyses there seems to be a contradiction between extended storage (in all probability resulting in more organic mass in the raw material), and the aim to keep a low level of DEHP in the raw material.

By July 2000 and 2002, the waste from Aalborg contained low levels of heavy metals, but worrying levels of DEHP and NPE relative to the "cut off" values. The investigation has identified possible sources of this contamination among the incorrectly sorted items.

The consumption of electricity in the pre-sorting process made up to 5 % of the energy resource in the delivered waste.

Project results

The table states how much raw waste (source-separated, biodegradable waste from households and the flower trader in Aalborg) was supplied in the four sample situations and the amount of the reject. The difference is the raw material produced for the digester.

load	Date	Source	weight raw waste	weight reject	weight raw material (calculated)	reject part of raw waste	comment
			kg	kg	kg	%	
1	11-01-00	resident. areas	6500	1909	4591	29%	stored for 5 days
2	20-01-00	appt. houses.+ flower trader	3200	1303	1897	41%	
3	25-01-00	resident. areas	4920	2305	2615	47%	
4	27-01-00	app. houses + flower trader	3380	1701	1679	50%	

The mass of waste and reject

The smaller amount of reject in the first sample situation is considered to be due to extended storing of the waste supplied (due to operational problems).

The raw waste and the reject were sorted manually to characterise the content of plastic-bags used by the kitchen separation of waste, and incorrectly sorted items.

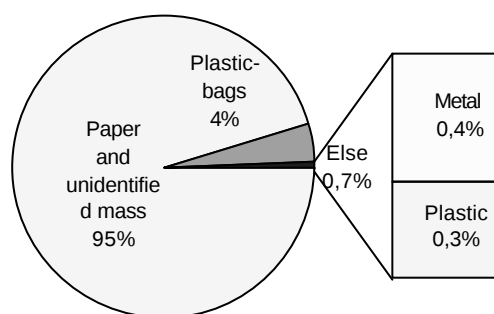


Figure 1: The composition of raw waste (% weight)

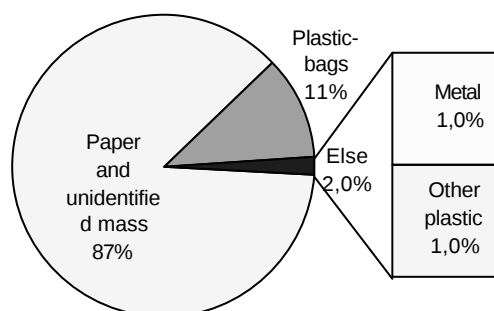


Figure 2: The composition of reject (% weight)

The paper, together with the unidentified mass, constituting by far the larger part, essentially originates from the waste-sacks used by some of the households to collect waste. The proportion of unwanted items (plastic-bags and incorrectly sorted items) is 2-3 times greater in the reject than in the raw waste, coinciding with the fact that the reject constitutes 30-50 % of the raw waste.

In most samples for hand sorting flowerpots, coloured plastic packaging, glass, rags, and polypropylene materials were found.

Flowerpots and coloured plastic packaging from other investigations are known to be potential sources of DEHP and NPE in fertilisers or compost derived from household waste. When the sources have been traced, efforts to increase the quality of the collected waste could start here.

The content of alien items in the raw material for the digester was also determined by centrifuging and sieving. In this way, some inorganic material in the form of sand and gravel (which is not a problem in the fertiliser) was found. Organic dry matter constitutes 80-85% of the material. The raw material is almost free from plastic and other larger alien items. The particles in the raw material are small in that only a very little is caught by a sieve with holes of 2 mm.

By analysing the content of organic matter, nutrients, heavy metals and xenobiotic substances, the following values were found, indicated as intervals for the values in the 4 sample situations.

Parameter	unit	raw waste	reject	raw material	cut off value by 01-07-00
dry matter	%	30-34	41-56	16-19	
glow loss	% of TS	81-90	81-89	79-85	
nitrogen, total	g/kg TS	20-23	15-28	27-29	
phosphorus, total	g/kg	2,2-2,3	1,4-2,0	3,5-4,5	
cadmium	mg/kg TS	0,05-0,14	0,04-0,11	0,09-0,21	0,8
cadmium per unit of phosphorus	mg/kg TP	18-61	18-77	25-47	100
nickel	mg/kg TS	1,5-3,6	1,3-4,4	3,3-7,8	30
nickel per unit of phosphorus	mg/kg TP	670-1600	650-3100	880-1800	2500
DEHP	mg/kg TS	29-48	25-39	27-70	50
Nonylphenol	mg/kg TS	4,8-9,5	4,0-6,6	6,6-11	30
Nonylphenolmonoethoxylates	mg/kg TS	<1	<1	<1	
Nonylphenoldiethoxylates	mg/kg TS	<1	<1	<1	

Results of analyses

Heavy metals: The limit values for concentration in the raw material of cadmium and nickel are kept by a good margin.

Xenobiotic substances: For DEHP, one of the four samples showed a level above the cut off value from 01.07.2000. For NPE, the limit value is kept but the lowering the limit value to 10 mg/kg dry matter from 01.07.2002 may cause problems. There is no clear difference between the levels found in raw waste, reject, and raw material. Therefore, the dewaster has neither a positive nor negative effect on the content of heavy metals and xenobiotic substances in the fertiliser end product. To ensure the quality of the fertiliser, an effort against the sources of the xenobiotic substances in the waste collected should to be launched.

There may be a causal connection between the longer storage time of the first sample load in the reception tank and the detection of the highest level of DEHP in this sample, but the data-material is too limited to say anything for sure.

Nutrients: The dewaster has no clear effect on the content of nutrients in the raw material. The loss of nutrients is more or less equivalent to the loss of organic mass through the reject.

The consumption of electricity by the pre-treatment process was between 25 and 31 kWh per tonne of treated waste. If it is assumed that for each tonne of supplied waste, 100 m³ biogas can be produced with an energy-content of 650 kWh, it corresponds to around 5% of the energy resource of the waste used in the pre-treatment.

Full scale project in Aalborg

The project was carried out following a previous project, financed by the Danish Energy Agency, to develop the dewaster. Besides the parties of the present project, Reno-Nord, the inter-municipal waste company of Northern Jutland, participated in the development of the dewaster, as the reception tank and the dewaster are planned to be located at the incineration plant of this company.

The present project furthermore constitutes the first part in a larger full-scale project to collect, pre-treat, and digest biodegradable waste from restaurants, institutions, supermarkets and food stores in Aalborg. This project is expected to be finished by May 2001.

During this period collection will be changed from waste-sacs to skips.

1 Indledning

1.1 Baggrund

1.1.1 Indsamling

Det er Aalborg kommunes plan, at organisk affald fra erhverv og husholdninger skal behandles ved bioforgasning. Aalborg kommune har siden 1992, som forsøg, indsamlet kildesorteret affald fra ca. 2600 husstande fra forskellige former for bebyggelse. Deltagerne har frivilligt meldt sig til ordningen.

Der indsamles ca. 5 t organisk dagrenovation om ugen til bioforgasning.

Dagrenovationen indsamles i plastposer og papirsække.

I år 2000 forventes indsamlingen udvidet til også at omfatte organisk affald fra mindre erhvervskøkkener samt en række forretninger.

1.1.2 Biogasanlæg

Affaldet behandles på Vaarst-Fjellerad biogasanlæg. Anlægget har en beregnet kapacitet på 120 t gylle og 35 t andet organisk affald i døgnet.

Anlægget har en separat linie for madaffald med en kapacitet på 10-15 t i døgnet. På denne linie kan udføres forsøg med sortering, afgasning og indholdsbestemmelse af madaffaldet, som først efter afgasning blandes med den afgassede gylle.

1.1.3 Forbehandlingen

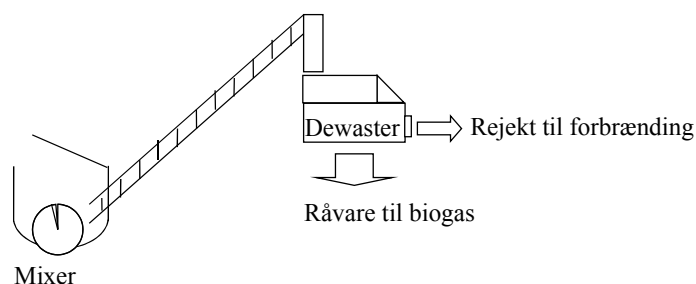
Til at frasortere fejlsorteringer og plastposer er i maj 1999 opstillet en såkaldt "dewaster" som forsorteringsenhed. Teknikken i dewasteren er kendt fra fødevarerindustrien, hvor den anvendes til maskinudbening af kød. Det er en konisk snegl i et pressehus, som består af lameller, hvor den flydende del af affaldet kan presses igennem, mens faste bestanddele presses ud gennem en dyse. Dysen er forsynet med et trykleje, der sikrer et passende modtryk. Lamellerne er anbragt med en indre spalteåbning på 1,5 mm, der udvider sig til 2 mm ved overfladen.

Foran dewasteren er placeret en mikser, der neddelser affaldet. Fra mikseren føres affaldet med en snegl op til dewasteren.

Dewasterens funktion er at presse den bløde, organiske del ud af affaldet, så det er egnet som råvare til bioforgasning.

Rejektet vil primært bestå af plastik, papir, jern, gummi, glas, træ, knogler, hårde grønsager mv. Rejektet bortskaffes til forbrænding.

Dewasteren drives af en ca. 10 kW elmotor, forbruget af energi til sorteringen forventes derfor at være lille. Findelingen af materialet antages desuden at øge gasproduktionen og graden af hygiejnisering, hvilke dog ikke undersøges i dette projekt.



Figur 3 Forbehandling af affald til biogas

1.2 Formål

Det er projektets formål at afprøve og dokumentere dewasterens evne til at frasortere fejlsorteringer og uønskede stoffer og materiale fra "normal", kildesorteret dagrenovation og levere en egnet råvare til videre behandling i biogasanlæg og siden udbringning på landbrugsjord.

1.3 Projektets indhold

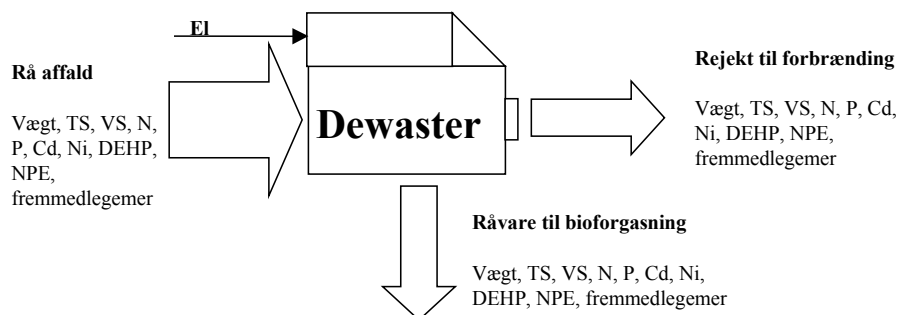
1.3.1 Undersøgellesprogram

Projektets undersøgelsesprogram er koncentreret om at bestemme mængde og sammensætning af det rå affald før behandling i dewasteren, af den udpressede råvare og af rejektet.

Målsætningen er at undersøge 4 læs affald i prøveperioden. Da det er et begrænset projekt, analyseres kun for fremmedlegemer og stoffer med direkte miljømæssig betydning. Prøverne undersøges kun på ét laboratorium. Dewasterens indflydelse på gasproduktionen undersøges ikke i første omgang.

I bestemmelse af indholdet indgår karakteristik af fremmedlegemer samt analyser for organisk stof, næringsstoffer og miljøfremmede stoffer. Der er afprøvet forskellige metoder til at karakterisere dewasterens evne til at frasortere fremmedlegemer, der forventes at bidrage til affaldets indhold af cadmium og DEHP. Resultatet heraf er beskrevet i rapportens bilag.

Desuden bestemmes energiforbruget ved forbehandling.



Figur 4 Oversigt over analyseprogram

2 Prøvetagning og analyser

2.1 Prøvetagning

Undersøgelserne omfatter mængden af rå affald, råvare og rejekt. Desuden tages stikprøver til vurdering af indholdet af fremmedlegemer, næringsstoffer og miljøfremmede stoffer i de tre faser.

2.1.1 Mængder.

Rå affald deles i dewasteren i råvare og rejekt.
Det rå affald vejes ved tilførslen. Rejekt vejes ved ankomst til RenoNord.
Mængden af råvare er herefter beregnet som forskellen.

2.1.2 Prøvetagning.

Der er udtaget prøver fra 4 forskellige læs i ugerne 2, 3 og 4 år 2000.
To læs består af rent husholdningsaffald og to læs består af husholdningsaffald blandet med affald fra blomsterselskabet i Aalborg.
Prøverne tages fra hhv. råaffald, råvare og rejekt.

Prøverne er udtaget efter følgende procedure:

2.1.2.1 Rå affald

- Læsset kværnes til det er homogent (et par timer).
- Sneglen igangsættes og 5 gange fordelt på tømningen udtages ca. 10 kg affald fra hovedet i dewasteren (tryklejet afmonteres, så den alene kværner affaldet uden at sortere). Samleprøven på ca. 50 kg blandes godt, hvorved der opnås en repræsentativ prøve af hele affaldsmængden.
- Delprøve på ca. 10 kg tages fra og fryses til analyse.
- Delprøve på 5 kg vejes og deles i fraktioner, som beskrevet i bilag A, for et læs udtages dog 2 delprøver af 5 kg for at vurdere variationen.

2.1.2.2 Råvare

- Prøve 3-4 kg tages i råvaretank efter omrøring i 20 l spand. Delprøve på ca. 1 kg tages fra og fryses til analyse.
- Delprøve (1 kg) sorteres som beskrevet i bilag C.

2.1.2.3 Rejekt

- Prøve udtages. Størrelsen fastsættes så prøven er homogen. Som udgangspunkt udtages 5 gange ca. 10 kg som beskrevet under rå affald.
- Delprøve på ca. 10 kg tages fra og fryses til analyse.
- Delprøve på 5 kg vejes og deles i fraktioner, som beskrevet i bilag A, for et læs udtages dog 2 delprøver af 5 kg for at vurdere variationen.

2.2 Sortering

2.2.1 Råvare og rejekt

Prøverne spredes på et bord. Metaller, plast mv. pilles fra, vaskes og tørres eventuelt, hvorefter hver fraktion vejes.

2.2.2 Råvare

Råvareprøverne undersøges ved centrifugering og sigtning. Indholdet beskrives herefter.

2.3 Analyse

Prøverne af rå affald og af rejekt homogeniseres.
Der udføres følgende analyser:

Parameter	Metode	Detektionsgrænse
Tørstof	DS204	0,10%
Kvælstof, total	R. Kjeldahl	300 mg/kg TS
Phosphor, total	NORDFORSK	300 mg/kg TS
Cadmium	DS2211/AAS	3 µg/kg TS
Nikkel	SM3120/ICP	1,0 mg/kg TS
Glødetab	DS204	1%
DEHP	GC/MS	100 µg/kg TS
Nonylphenoler	GC/MS	0,1 mg/kg TS
nonylphenolmonoe thoxylater	GC/MS	0,2 mg/kg TS
Nonylphenoldietho xylater	GC/MS	0,2 mg/kg TS

2.4 Driftsdata

Elforbruget måles i perioden for dewaster og to tilhørende snegle.
Elmåleren aflæses før og efter behandling af det enkelte læs.
Der bruges ikke vand og varme.

3 Resultater

3.1 Mængder

3.1.1 Samlet mængde

I tabellen er angivet, hvor meget rå affald der er vejet ind og hvor meget der er fjernet som rejekt. Forskellen er den producerede råvare.

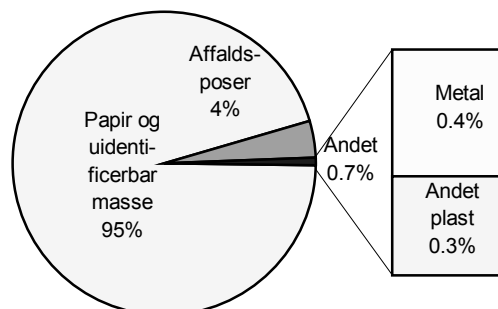
Læs	Dato	Kilde	Vægt rå affald	Vægt rejekt	Vægt råvare (beregnet)	Rejekt andel	Bemærkning
			kg	kg	kg	% af rå affald	
1	11-01-00	Villakvarter er	6500	1909	4591	29%	5 dages opbevaring
2	20-01-00	Etageejd.+ blomsterse ls.	3200	1303	1897	41%	
3	25-01-00	Villakvarter er	4920	2305	2615	47%	
4	27-01-00	Etageejd.+ blomsterse ls.	3380	1701	1679	50%	

Tabel 1. Massen af affald og rejekt

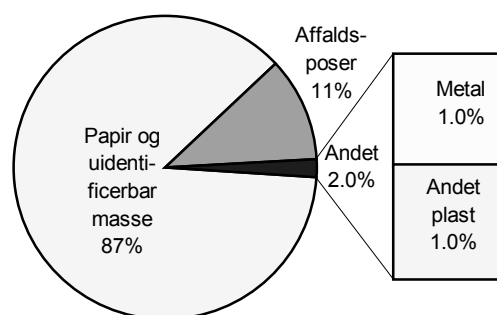
Andelen af rejekt er mellem 29% og 50% af det rå affald. Der ses en væsentlig stigning i andelen af rejekt gennem perioden. Det kan måske hænge sammen med, at første læs pga. driftsproblemer blev lagret i 5 døgn inden behandlingen i dewaster, derved har det været mere omsat. Der kan evt. efterfølgende gøres forsøg med en kraftigere miksning af affaldet eller mellemlagring.

3.1.2 Sortering af rå affald og rejekt

Sorteringen sigter mod at give et repræsentativt indtryk af forskellige typer fejlsorteringer i affaldet og dewasterens evne til at frasortere disse emner. Materialet udsorteres i fraktioner, der udgør mulige kilder til cadmium og DEHP.



Figur 5 Sammensætning af rå affald (vægt%)



Figur 6 Sammensætning af rejekt (vægt%)

I bilag A er sorteringsmetoden beskrevet. Resultatet af de enkelte prøver fremgår af bilag B.

Der er taget prøver af fire læs. På et af de fire læs er udtaget en dobbeltprøve. Da dobbeltprøven har lige så spredte resultater som prøver fra forskellige læs, behandles prøverne som 5 ligeværdige stikprøver.

Langt den største del af både affald og rejekt er papir (affaldssække) og en uidentificerbar masse. Affaldsposerne syner af meget i rejekt, men vægtmæssigt udgør de kun en lille andel.

Da rejekt udgør 30-50% af det rå affald, skal andelen af fremmedlegemer gerne være 2-3 gange større end i det rå affald, hvis dewasteren fungerer tilfredsstillende. Det ser ud at passe fint for summen affaldsposer, metal og andet plast.

Forskellen mellem fraktionernes andel i to prøver fra samme læs varierer op til et par procentpoint, det er rimeligt for de store fraktioner (papir og affaldsposer). De øvrige fraktioner som udgør under 1% består kun af få enheder, derfor kan de alene bruges i en kvalitativ vurdering.

Der er fundet følgende fejlsorteringer:

Antal prøver	Materiale	Fundet i råaffald antal prøver	Fundet i rejekt antal prøver
8	blomsterpotter	4	4
8	kulørt emballage	3	5
7	glas	3	4
7	klude	3	4
5	flamingo	2	3
4	lysestumper	3	1
3	ben	2	1
3	dåser	1	2
3	hygiejnebind	1	2
3	metalstykker	2	1
3	skumgummi	1	2
3	stanniol	2	1
2	grene		2
2	propper	1	1
2	vacuumkaffeemballage		2
1	batteri		1
1	grå bindesnor til planter		1
1	gul plaststrimmel til kabelmarkering		1
1	kapsler		1
1	mælkekarton	1	
1	mønt	1	

Tabel 2 Fejlsorteringer prioriteret efter antal prøver, hvor de er fundet.

I de fleste prøver er der blomsterpotter, kulørt plastemballage (slikpapir o.lign.), glas og klude. Desuden er der en del prøver med flamingo og lystestumper (muligvis fra juledekorationer).

Blomsterpotter og kulørt plastemballage er potentielle kilder til hhv. cadmium og DEHP i råvaren. Det er dog ikke vurderet, om de fundne fraktioner faktisk indeholder DEHP eller cadmium.

Der blev ikke fundet Ni/Cd-batterier eller større emner, der ikke kunne passere dewasteren.

3.1.3 Sortering af råvare

Sorteringen og resultaterne er beskrevet i bilag C.

Det forsorterede materiale, der forlader dewasteren er stort set fri for plast og andre større fremmedelelementer. Det indeholder en del uorganisk materiale, der i væsentlig grad kan genfindes som sand og grus ved centrifugering. VS udgør således 80-85% af tørstoffet. Plast og andre organiske materialer, der ikke kan nedbrydes skønnes at udgøre en meget begrænset del af det organiske stof.

Partiklerne, der forlader dewasteren er små idet der kun findes meget små mængder der fanges på en sigte med maskevidde 2 mm eller større.

3.2 Analyseresultater

I bilag D er indholdet af organisk stof, næringsstoffer og miljøfremmede stoffer angivet for hver prøve.

Neden for er resultaterne angivet som interval for 4 målinger på hhv. rå affald, rejekt og råvare. Desuden er grænseværdien fra "Bekendtgørelse om anvendelse af affaldsprodukter til jordbrugsformål nr. 49 af 20. januar 2000" angivet, som de gælder fra 1/7 2000.

Parameter	Enhed	Rå affald	Rejekt	Råvare	Grænseværdi
Tørstof	%	30-34	41-56	16-19	
Glødetab	% af TS	81-90	81-89	79-85	
Kvælstof, total	g/kg TS	20-23	15-28	27-29	
Phosphor, total	g/kg	2,2-2,3	1,4-2,0	3,5-4,5	
Cadmium	mg/kg TS	0,05-0,14	0,04-0,11	0,09-0,21	0,8
Cadmium pr. fosforenhed	mg/kg TP	18-61	18-77	25-47	100
Nikkel	mg/kg TS	1,5-3,6	1,3-4,4	3,3-7,8	30
Nikkel pr. fosforenhed	mg/kg TP	670-1600	650-3100	880-1800	2500
DEHP	mg/kg TS	29-48	25-39	27-70	50
Nonylphenol	mg/kg TS	4,8-9,5	4,0-6,6	6,6-11	30
Nonylphenolmonoethoxylater	mg/kg TS	<1	<1	<1	
Nonylphenoldiethoxylater	mg/kg TS	<1	<1	<1	

Tabel 3. Analyseresultater

Det er koncentrationen i råvaren, der er interessant i forhold til grænseværdierne. Grænseværdierne for cadmium og nikkel overholdes med en god margen. Af de seneste 5 prøver skal mindst 75% ligge under grænseværdien.

De angivne grænseværdier for DEHP og NPE er afskæringsværdier som hver enkelt analyseresultat skal overholde.

En af de 4 prøver overholder ikke afskæringsværdien for DEHP.

Resultaterne for NPE overholder afskæringsværdien, men fra 1/7 2002 nedsættes afskæringsværdien til 10, dvs. analyseresultaterne ligger på samme niveau som afskæringsværdien.

De største koncentrationer af tungmetaller, DEHP og NPE findes i den prøve, hvor den største andel af affaldet er presset ud som råvare. Der er ikke en tilsvarende sammenhæng i koncentrationen af næringsstoffer. Man skal dog være forsigtig med at uddrage en konklusion ud fra en enkelt prøve.

3.3 Driftsdata

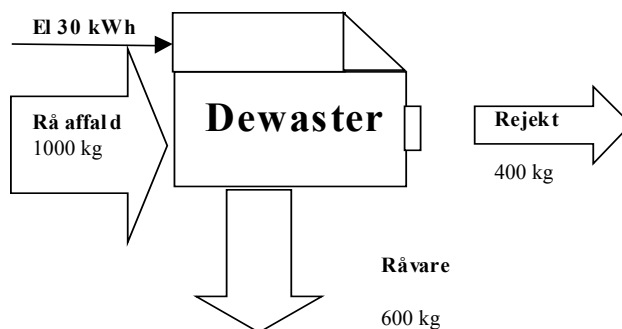
Det samlede forbrug af el til dewasteren inkl. mikser og snegle er målt for hvert læs:

Læs	Dato	Kilde	Elforbrug kWh/ton
1	11-01-00	Villakvarterer	30
2	20-01-00	Etageejd.+blomsterselskab	25
3	25-01-00	Villakvarterer	27
4	27-01-00	Etageejd.+blomsterselskab	31

Tabel 4. Elforbrug

Elforbruget til forbehandlingen ligger mellem 25 og 31 kWh pr. tons behandlet affald. Antages at der kan produceres 100 m³ biogas med et energiindhold på 650 kWh pr. ton affald, svarer det til, at elforbruget udgør ca. 5% af affaldets energiindhold.

3.4 Massestrømme



Figur 7 Massestrøm

I gennemsnit har dewasteren delt affaldet i 40% rejekt og 60% råvare. Neden for er angivet hvordan de enkelte stoffer i gennemsnit fordeler sig i de to fraktioner. Summen af råvare og rejekt skal teoretisk svare til mængden af rå affald. I tabellen er den målte sum angivet som balance.

Gennemsnit	Enhed	Rå affald	Rejekt	Råvare	Balance
Samlet masse	kg	4500	40%	60%	
Tørstof	kg	1433	61%	35%	96%
Glødetab	kg	1232	61%	34%	95%
Kvælstof, total	g	301	54%	46%	101%
Phosphor, total	g	32	45%	61%	106%
Cadmium	g	0,0012	46%	51%	97%
Nikkel	g	0,0398	56%	61%	117%
DEHP	g	0,4909	53%	44%	97%
NPE	g	0,0932	48%	42%	90%

Tabel 1 Gennemsnitlig massebalance

De ses at 2/3 af tørstof og glødetab forsvinder som rejekt. Næringsstoffer, tungmetaller, blødgøringsmiddel og nonylphenol fordeler sig nogenlunde med halvdelen i rejekt og halvdelen i råvare. Behandlingen i dewaster reducerer altså ikke indholdet af disse stoffer væsentligt.

I bilag B er balancen angivet for hver enkelt prøve, den viser at af stofferne i råaffald genfindes mellem halvdelen og godt halvanden gange mængden i rejekt og råvare. Dette bekræfter, at det er vanskeligt at udtage repræsentative prøver. Det fremgår af Tabel 1, at gennemsnitsbetragtninger for de 4 sæt prøver øger overensstemmelsen mellem resultaterne væsentligt, idet der genfindes 90-117%.

4 Konklusion

Behandlingen i dewasteren deler det organiske affald i 60% råvare til bioforgasning og 40% rejekt, som bortskaffes til forbrænding. Udnyttelsesgraden kan muligvis forbedres ved videreudvikling af selve dewasteren og/eller forbehandling af affaldet.

Dewasteren frasorterer effektivt alle partikler over to millimeter herunder alle synlige fejlsorteringer og affaldsposer.

Maskinen frasorterer ikke tungmetaller og miljøfremmede stoffer. Der er ikke nogen betydelig mængde tungmetal i affaldet. Tilgængelighed er indholdet af DEHP og NPE så højt, at kilderne bør opsøges.

4.1 Råvaren

Råvaren, der forlader dewasteren er stort set fri for plast og andre større fremmedele. Den indeholder mest uorganisk materiale, der i væsentlig grad kan genfindes som sand og grus ved centrifugering. VS udgør således 80-85% af tørstoffet. Plast og andre organiske materialer, der ikke kan nedbrydes skønnes at udgøre en meget begrænset del af det organiske stof.

Partiklerne, der forlader dewasteren er små idet der kun findes meget små mængder der fanges på en sigte med maskevidde 2 mm eller større.

4.2 Affald og rejekt

Det rå affald indeholder mest papir (affaldssække) og en uidentificerbar masse, affaldsposerne udgør ca. 4% og fejlsorteringer i form af metal og plast udgør under 1%.

Affaldsposer og fejlsorteringer opkoncentreres i rejektet.

Mængden af fejlsorteringer er så lille, at det kun har mening at vurdere de enkelte fraktioner kvalitativt. I de fleste prøver er der blomsterpotter, kulørt plastemballage (slikpapir o.lign.), glas og klude. Desuden er der en del prøver med flamingo og lysestumper (muligvis fra juledekorationer).

Blomsterpotter og kulørt plastemballage er potentielle kilder til hhv. cadmium og DEHP i råvaren. Det er dog ikke undersøgt, om de fundne fraktioner faktisk indeholder DEHP eller cadmium.

Der blev ikke fundet Ni/Cd-batterier eller større emner, der ikke kunne passere dewasteren.

4.3 Massestrømme

Prøverne viser, at 50-70% af affaldet presses ud som råvare. Omkring halvdelen af næringsstoffer, tungmetaller og miljøfremmede stoffer ender i

råvaren. Der er muligvis en sammenhæng mellem, hvor stor en andel, der presses ud og koncentrationen af miljøfremmede stoffer.

4.4 Energiforbrug

Energiforbruget til forbehandlingen er på prototypen under ca. 30 kWh pr. ton affald. Ved færdigudvikling af anlægget vil ske en energioptimering.

Metode til sortering af råaffald og rejekt

Sorteringen sigter mod at give et repræsentativt indtryk af forskellige typer fejlsorterings tilstedeværelse i affaldet og i dewasterens evne til at fraseparere uønskede fraktioner. Da projektet fokuserer på problemstofferne cadmium, DEHP og nonylfenol, skal sorteringen i første række koncentreres om fraktioner, der kan indeholde større mængder af disse stoffer.

Med henblik på kortlægning af Cadmium og DEHP er sorteringsforslaget baseret på gennemgangen af kilder til problemstoffer i husholdningsaffaldet som de er beskrevet i miljøprojekt nr. 385 1998 "Cadmium og DEHP i kompost og bioafgasset materiale". For nonylfenol findes ikke tilsvarende opgørelser og der skønnes ikke at kunne identificeres fraktioner med forhøjet nonylfenol-indhold, der kan frasorteres.

Som udgangspunkt sker en sortering i 6 hoved fraktioner, disse fraktioner tørres og vejes separat:

- Metal
- Kulørte metalfolier
- Plast
- Mælke og juicekartoner
- Andre større emner, der ikke vil kunne passere dewasteren f.eks. træ og tøj
- Alt andet

Metal og plastfraktionen videresorteres i en række underkategorier idet det dog forventes at nogle fraktioner ikke vil forekomme. Opdelingen tager udgangspunkt i hvilke delfraktioner, der kan tænkes at have en cadmium eller DEHP-koncentration væsentligt over det gennemsnitlige som beskrevet nedenfor:

Underfraktioner for Metal med henblik på at identificere evt. Ni/Cd batterier

- Metaller
- Batterier (Ni/Cd batterier identificeres evt. senere)

Underfraktioner for Plast

Plastfraktion med potentielt højt cadmium-indhold:

- Plaststrimler, der er brugt til at markere kabler i jorden (cadmium er meget anvendt til sikkerhedsfarven gult)
- Blomsterpotter

Plastfraktion med potentielt højt cadmium og DEHP-indhold

- Rester af legetøj og køkkenudstyr

- Rester af gamle bygningsmaterialer, såsom plastvinduer, plasttage og vinyl til gulv og vægbeklædning
- Rester/smulder af PVC-bagbeklædning på gamle gulvtæpper
- Rester af presenninger, regnfrakker, isolering om gamle elledninger o.l.
- Gamle PVC-belagte trådhegn og bindesnøre til havebrug (typisk grønne)

Plastfraktion med potentielt højt DEHP-indhold

- Klisterbånd
- Rester af PVC-flasker og drikkebægre
- Engangsbleer
- Plastindkøbsposer
- Kulørt plastamballage

Resten af plasten

Hver af underfraktionerne vejes separat.

Nedenfor gennemgås begrundelsen for den valgte fraktionsopdeling.

1.1 Fraktioner med højt cadmium indhold

For Cadmium skønnes de direkte relevante kilder i ovennævnte miljøprojekt at kunne opdeles i:

- Genopladelige batterier
- Stabilisatorer i PVC
- Pigmenter
- Overfladebehandling på jern og stål
- Legeringer
- Zink (indeholder cadmium som følgestof)
- Forurenet jord o.lign.

I rapporten kan der kun peges på visse typer batterier (Ni/ Cd) som sandsynlige kilder fra private husholdninger. De anses generelt ikke for at udgøre et stort kontamineringsproblem; men skal selvfølgelig identificeres, hvis de forekommer. Listen kan opdeles i tre fraktioner:

- Metaller
- Stabilisatorer
- Pigmenter

1.1.1 Metaller

Metaller frasorteres i en særlig fraktion. Derudover skal alle batterier fratages separat, herefter må det afgøres om det er muligt at identificere Ni/Cd batterier, således at følgende to metal fraktioner er relevante:

- Metaller
- Batterier

1.1.2 Stabilisatorer

Stabilisatorer i PVC er en mulig kilde; men da cadmium som stabilisator i PVC stort set ophørte ved udgangen af 80'erne skal fraktioner belastet hermed søges i PVC-produkter med lang levetid. I rapporten peges på en

række produkter som evt. kan identificeres ved en sortering som den foreliggende.

1.1.2.1 Plast fraktion med potentielt højt cadmium-indhold fra stabilisatorer

Rester af gamle bygningsmaterialer, såsom plastvinduer, plasttage og vinyl til gulv og vægbeklædning

Rester/smulder af PVC-bagbeklædning på gamle gulvtæpper

Rester af presenninger, regnfrakker, isolering om gamle elledninger o.l.

Gamle PVC-belagte trådhegn og bindesnøre til havebrug (typisk grønne)

1.1.3 Pigmenter

Pigmenter var tidligere meget anvendt i plast. Brugen her er dog som anvendelsen til stabilisatorer stort set ophørt med udgangen af 80'erne og fraktioner belastet hermed skal søges i produkter med lang levetid. I rapporten peges på en række fraktioner som evt. kan identificeres ved en sortering som den foreliggende i en del fraktioner. En del er allerede medtaget ovenfor, således at nedenstående fraktioner kommer til.

1.1.3.1 Plast fraktion med potentielt højt cadmium-indhold fra pigmenter

- Rester af legetøj og køkkenudstyr
- Plaststrimler, der er brugt til at markere kabler i jorden (cadmium er meget anvendt til sikkerhedsfarven gult)
- Blomsterpotter

1.2 Fraktioner med højt DEHP-indhold:

I ovennævnte miljøprojekt peges på følgende kilder til forhøjet indhold af DEHP:

- Blødgjort PVC
- Trykfarver
- Plastmaling/lak på træ
- Vandopløselig lim
- Andre materialer kontamineret med DEHP fra PVC o.a. i affaldsposen og under affaldsbehandlingsprocessen

De fleste af disse materialer burde ikke forekomme i kildesorteret husholdningsaffald; men gør det ofte i praksis. Det skønnes dog kun muligt at frasortere produkter med blødgjort PVC og trykfarver.

1.2.1 Plastfraktion indeholdende blødgjort PVC med forhøjet DEHP koncentration

- Rester af duge, bruseforhæng, gardiner, svømmevinger, legetøj
- Rester af gulv- og vægfolier, tætningslister samt haveslanger
- Rester/smulder af PVC-bagbeklædning på gamle gulvtæpper
- Rester af presenninger, regnfrakker, isolering om gamle elledninger o.l.
- Gamle PVC-belagte trådhegn og bindesnøre til havebrug (typisk grønne)
- Klisterbånd
- Rester af PVC-flasker og drikkebægre

- Engangsbleer

1.2.2 Fraktion indeholdende trykfarver med forhøjet DEHP koncentration

I rapporten er foretaget en analyse af 17 forskellige materiale kategorier, hvoraf hovedparten har et lavt DEHP-indhold. På baggrund af listen og ovennævnte gennemgang er 4 fraktioner interessante pga. et potentielt forhøjet DEHP indhold:

- Plastindkøbsposer
- Kulørte metalfolier
- Mælke og juicekartoner
- Kulørt plastamballage

De relevante kilder, der skønnes at kunne forekomme i organisk dagrenovation er i flere tilfælde sammenfaldende med produkter, hvor der kunne forventes et højt cadmium-indhold således at der samlet foreslås følgende underfraktioner:

1.2.3 Fraktioner med cadmium

To fraktioner metaller

- Metaller
- Batterier

En plastfraktion

- Plaststrimler, der er brugt til at markere kabler i jorden (cadmium er meget anvendt til sikkerhedsfarven gult)
- Blomsterpotter

1.2.4 Fraktioner med cadmium og DEHP

En plastfraktion

- Rester af legetøj og køkkenudstyr
- Rester af gamle bygningsmaterialer, såsom plastvinduer, plasttage og vinyl til gulv og vægbeklædning
- Rester/smulder af PVC-bagbeklædning på gamle gulvtæpper
- Rester af presenninger, regnfrakker, isolering om gamle elledninger o.l.
- Gamle PVC-belagte trådhegn og bindesnøre til havebrug (typisk grønne)

1.2.5 Fraktioner med DEHP

En plastfraktion

- Klisterbånd
- Rester af PVC-flasker og drikkebægre
- Engangsbleer
- Plastindkøbsposer
- Kulørt plastamballage

Kulørte metalfolier

- Mælke og juicekartoner

Sortering af rå affald og rejekt

De følgende 5 tabeller viser resultatet af sorteringen på 4 læs samt en ekstra prøve fra læs 3. Prøverne er sorteret som beskrevet i bilag A.

Læs 1	Råt affald		Rejekt	
Fraktion jfr. bilag A	Vægt g	Bemærkning	Vægt g	Bemærkning
Metal				
Kulørte metalfolier	6,2	stanniol	17,1	vacuumkaffeem b.
Batterier	0		0	
Ni/Cd batterier	0		0	
Andet metal	0		111,4	dåser
Plast				
Cd-holdigt	5	blomsterpotter	2,9	blomsterpotter
Cd/DEHP-holdigt	23		22,1	
DEHP-holdigt	1,7	kulørt emballage	8,4	kulørt emballage
Andet plast	397	affaldsposer	414,8	affaldsposer
Mælke- og juicekartonner	0		0	
Større emner	0		0	
Andet indentificerbart		klude, stearin, ben, gl		klude, ben, grene
	4567,1	as	4423,3	
Alt andet				
Samlet prøve	5000		5000	

Tabel 1 Sortering af læs 1

Læs 2	Råt affald		Rejekt	
Fraktion jfr. bilag A	Vægt g	Bemærkning	Vægt g	Bemærkning
Metal				
Kulørte metalfolier	0		2	
Batterier	0		0	
Ni/Cd batterier	0		0	
Andet metal	8,2		70,5	et stk. på 58,3 g
Plast				
Cd-holdigt	0		0	
Cd/DEHP-holdigt	3,2		44,7	
DEHP-holdigt	3,3	kulørt emballage	36,9	kulørt emballage
Andet plast	192,2	affaldsposer	560,8	affaldsposer
Mælke- og juicekartonner	0		0	
Større emner	0		0	
Andet indentificerbart		skumgummi, ben, stearin, kl		bind, glas, klude
	4793,1	ude, glas	4285,1	' skumgummi
Alt andet				
Samlet prøve	5000		5000	

Tabel.2 Sortering af læs 2

Læs 3a	Råt affald		Rejekt			Bemærkning
	Vægt	Bemærkning	Vægt	Bemærkning		
Fraktion jfr. bilag A	g		g	%		
Metal						
Kulørte metalfolier	0	0,00%		0	0,00%	
Batterier	0	0,00%		0	0,00%	
Ni/Cd batterier	0	0,00%		0	0,00%	
Andet metal	49,4	0,99%	to stk.	24,8	0,50%	dåse+kapsler
Plast						
Cd-holdigt	6,6	0,13%	blomsterpotter	13	0,26%	gul plaststr.+potter
Cd/DEHP-holdigt	0	0,00%		0	0,00%	
DEHP-holdigt	0	0,00%		13,2	0,26%	kulørt emballage
Andet plast	140	2,80%	affaldsposer	627,1	12,54%	affaldsposer
Mælke- og juicekartonner	0	0,00%		0	0,00%	
Større emner	0	0,00%		0	0,00%	
Andet indentificerbart	4804	96,08%	prop, stearin, flamingo, glaser	4321,9	86,44%	flamingo, stearin, glas, propper, træ
Alt andet						
Samlet prøve	5000	100,00%		5000	100,00%	

Tabel 3 Sortering af læs 3 delprøve A

Læs 3b	Råt affald		Rejekt			Bemærkning
	Vægt	Bemærkning	Vægt	Bemærkning		
Fraktion jfr. bilag A	g		g	%		
Metal						
Kulørte metalfolier	0	0,00%		2	0,04%	stanniol
Batterier	0	0,00%		10,3	0,21%	et brunstens
Ni/Cd batterier	0	0,00%		0	0,00%	
Andet metal	4,7	0,09%	5øre+dåserest	8,5	0,17%	
Plast						
Cd-holdigt	12,1	0,24%	blomsterpotter	9,6	0,19%	blomsterpotter
Cd/DEHP-holdigt	0	0,00%		0	0,00%	
DEHP-holdigt	0	0,00%		105,2	2,10%	kulørt emballage
Andet plast	175,1	3,50%	affaldsposer	462,8	9,26%	affaldsposer
Mælke- og juicekartonner	24,2	0,48%	mælkekarton	0	0,00%	
Større emner	0	0,00%		0	0,00%	
Andet indentificerbart	4783,9	95,68%		4401,6	88,03%	glas, flamingo, skumgummi, klude
Alt andet						
Samlet prøve	5000	100,00%		5000	100,00%	

Tabel 4 Sortering af læs 3 delprøve B

Læs 4	Råt affald		Rejekt	
	Vægt g	Bemærkning	Vægt g	Bemærkning
Fraktion jfr. bilag A				
Metal				
Kulørte metalfolier	8,3	stanniol	0	
Batterier	0		0	
Ni/Cd batterier	0		0	
Andet metal	33,4		18,6	
Plast				
Cd-holdigt	12,5	blomsterpotter	6,3	blomsterpotter
Cd/DEHP-holdigt	0		16,1	grå bindesnor
DEHP-holdigt	3,4	kulørt emballage	15,9	kulørt emballage
Andet plast	105	affaldsposer	629,6	affaldsposer
Mælke- og juicekartonner	0		0	
Større emner	0		0	
Andet indentificerbart		klud,flamingo,bi		glas,flamingo,bind,kl
	4837,4	nd	4313,5	ude
Alt andet				
Samlet prøve	5000		5000	

Tabel 5 Sortering af læs 4

Middel	Råt affald	
	Vægt %	Vægt %
Fraktion jfr. bilag A		
Metal		
Kulørte metalfolier	0,06%	0,08%
Batterier	0,00%	0,04%
Ni/Cd batterier	0,00%	0,00%
Andet metal	0,38%	0,94%
Plast		
Cd-holdigt	0,14%	0,13%
Cd/DEHP-holdigt	0,10%	0,33%
DEHP-holdigt	0,03%	0,72%
Andet plast	4,04%	10,78%
Mælke- og juicekartonner	0,10%	0,00%
Større emner	0,00%	0,00%
Andet indentificerbart		
Alt andet	95,14%	86,98%
Samlet prøve	100,00%	100,00%

Tabel 6 Gennemsnit af 5 prøver

Sortering af råvarer

Karakterisering af kildesorteret husholdningsaffald, der er forsorteret i Dewasteren på biogasanlægget i Vaarst-Fjellerad.

Februar 2000

I forbindelse med gennemførelse af projektet ”*Dokumentation af teknologi til kvalitetssikring af restproduktet fra biogasbehandling med henblik på udbringning på landbrugsjord*” har Afdelingen for VA-teknik på Lunds Tekniska Högskola gennemført nogle undersøgelser til karakterisering af kildesorteret husholdningsaffald, der er forsorteret i Dewasteren på biogasanlægget i Vaarst-Fjellerad.

Undersøgelserne er finansieret af afdelingen; men forventes anvendt til rapporteringen fra projektet.

Formål og fremgangsmåde.

Undersøgelsens formål har været at undersøge om en karakterisering af det forsorterede affald ved hjælp af centrifugering og sigtning kunne give værdifulde oplysninger om dewasterens evne til frasortering af uønskede stoffer især plast. Der er foretaget undersøgelser af de 4 prøver, der også indgår i projektets øvrige måle og analyseprogram. Bilag C1 viser fotografier resultaterne af sigtningen. Nedenfor gives en kort gennemgang af metoder og resultater.

Centrifugering:

Prøverne skilles i tre klart adskilte fraktioner ved centrifugering i en almindelig laboratoriecentrifuge.

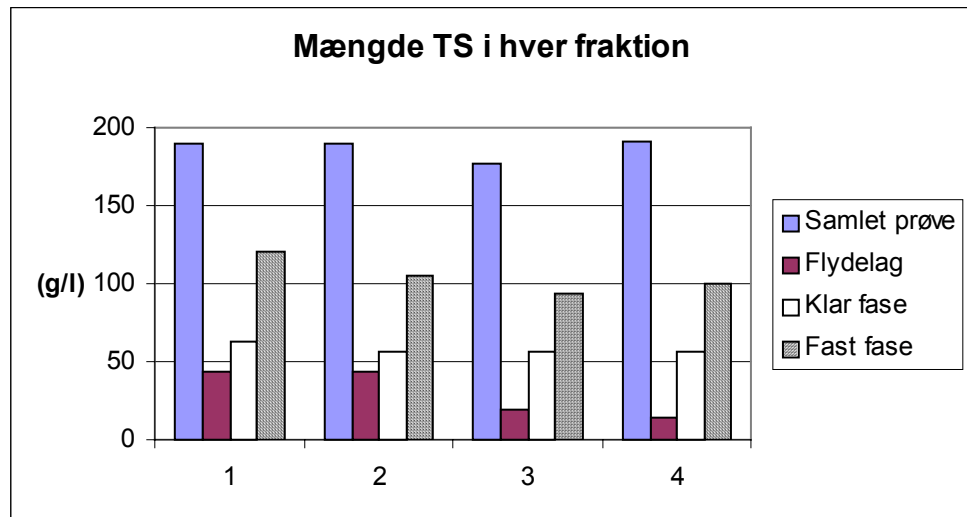
- På overfladen ligger en olie/fedtfase, hvis mængde kun kan bestemmes med betydelig usikkerhed
- I midten en grumset vandfase på ca. 25 ml
- I bunden en fast fase på ca. 15 ml

Tabel I viser resultaterne af centrifugeringsforsøgene. Der er for hver fraktion angivet tørstof, gløderest og glødetab både den målte % og stofmængden i g/l produkt. Derudover er der målt COD på den samlede prøve.

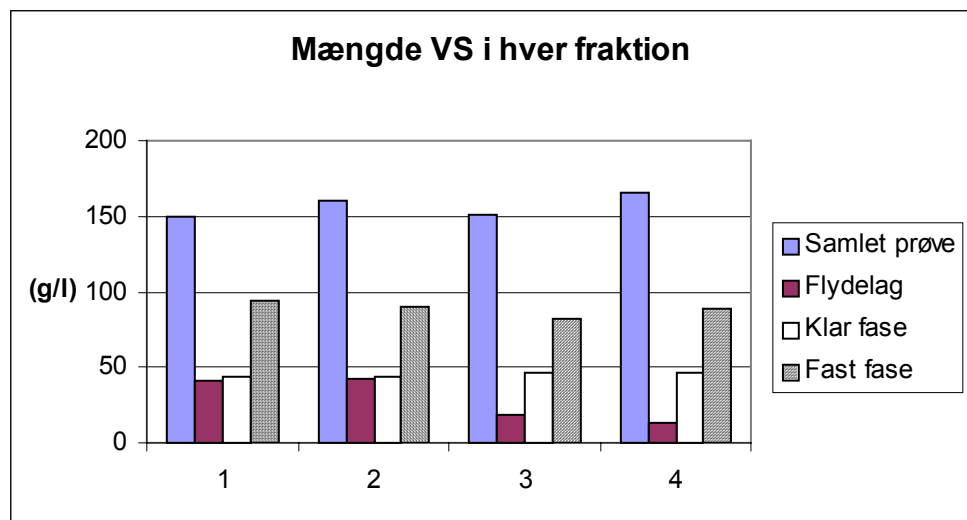
Tabel I. Resultater af fraktionering af prøver ved centrifugering

Prøve nr.	1	2	3	4	Middel
<i>Fraktion TS</i>	%	%	%	%	%
Samlet prøve	19	19	17,7	19,1	18,7
Flydelag	54	50	38,2	40,9	45,8
Klar fase	10	9	9,1	9,1	9,3
Fast fase	32	28	25,1	26,8	28,0
<i>Fraktion GTS</i>	%	%	%	%	%
Samlet prøve	4	3	2,6	2,6	3,1
Flydelag	2	1	1,6	1,5	1,5
Klar fase	3	2	1,7	1,7	2,1
Fast fase	7	4	3,1	3	4,3
<i>Fraktion VS</i>	%	%	%	%	%
Samlet prøve	15	16	15,1	16,5	15,7
Flydelag	52	49	36,6	39,4	44,3
Klar fase	7	7	7,4	7,4	7,2
Fast fase	25	24	22	23,8	23,7
<i>Fraktion TS</i>	g/l	g/l	g/l	g/l	g/l
Samlet prøve	190	190	177	191	187
Flydelag	43	44	19	14	30
Klar fase	63	56	57	57	58
Fast fase	120	105	94	101	105
<i>Fraktion GTS</i>	g/l	g/l	g/l	g/l	g/l
Samlet prøve	40	30	26	26	31
Flydelag	2	1	1	1	1
Klar fase	19	13	11	11	13
Fast fase	26	15	12	11	16
<i>Fraktion VS</i>	g/l	g/l	g/l	g/l	g/l
Samlet prøve	150	160	151	165	157
Flydelag	42	43	19	13	29
Klar fase	44	44	46	46	45
Fast fase	94	90	83	89	89
Fraktion COD	g/l	g/l	g/l	g/l	g/l
Samlet prøve	240	255	213	240	237

Figur 1 og 2 viser sammenligningen af stofmængden i de 4 prøver og fordelingen på hver af de tre fraktioner. Figur 1 viser tørstoffordelingen og figur 2 fordelingen af glødetab.



Figur 1. Fordeling af tørstof i hver prøve opdelt på de tre fraktioner.

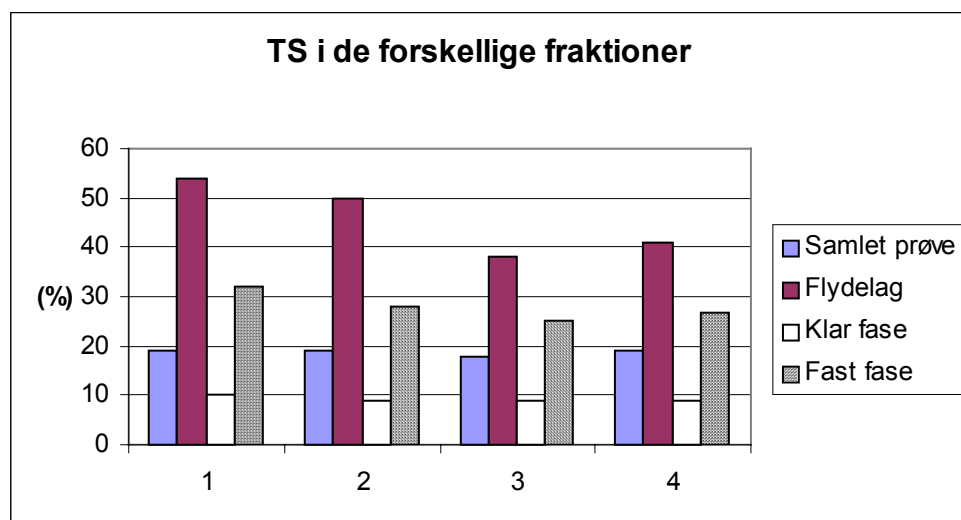


Figur 2. Fordeling af glødetab i hver prøve opdelt på de tre fraktioner.

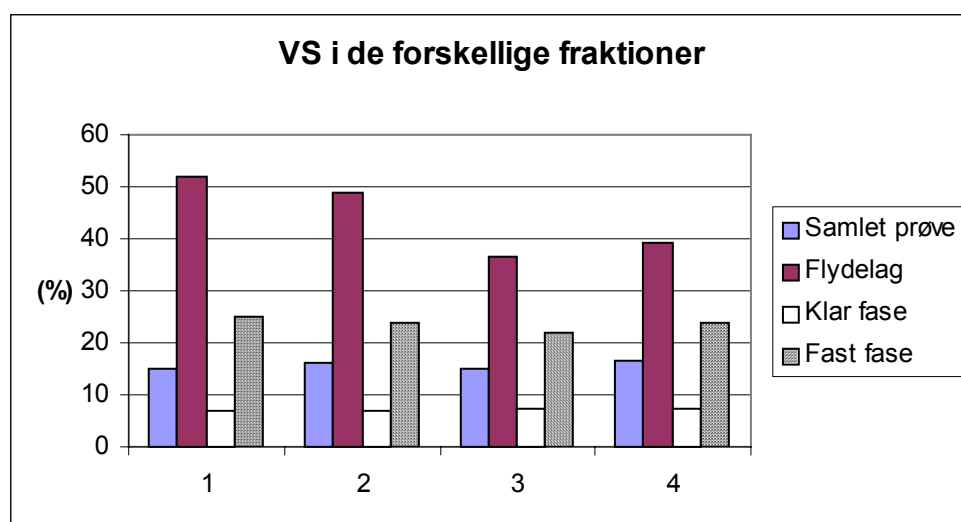
Figur 3 og 4 viser tilsvarende TS og VS i % for de forskellige fraktioner.

Det ses at prøverne ligner hinanden og at de største forskelle er på stofmængden i flydelaget. Dette lag er ganske tyndt og vanskeligt at bestemme. En visuel inspektion af materialet viser at der i hovedsagen er tale om fedt/olie og lidt plast.

Den faste fase har et betydeligt indhold af uorganisk materiale og en visuel inspektion af materialet viser også at der er tydelig lagdeling ved centrifugeringen. Materialet fremtræder som meget finpartikulært øverst og med mange fibre og enkelte plasttykker nederst. Der har ikke kunnet identificeres andre fremmedlegemer som f.eks. metalstumper.



Figur 3. Tørstofprocent i hver af prøverne og i de forskellige fraktioner



Figur 4. Glødetabsprocent i hver af prøverne og i de forskellige fraktioner

Sigtning af råvare

Bilag C1 viser fotografier af sigterest på hver af de 5 sigter for de 4 prøver og større billeder af sigterne efter tøring af prøve 4. Der ophældes 100 g af råvaren fortyndet 10 gange. Mængden af materiale, der genfindes på hver sigte efter tørring fremgår af tabel II. Ved de to første prøver er afvejningen kun foretaget i hele gram. Tabel III giver en karakterisering af den væske der løber gennem sigterne.

Tabel II. Tørstof tilbageholdt på sigter

Maskevidde på sigte mm	Prøve 1* g	Prøve 2* g	Prøve 3 g	Prøve 4 g
8	0	0	0,9	0,3
5,6	0	0	0,9	0,3
4	0	0	0,9	0,4
2	1	0	1,2	1,0
0,5	4	6	5,6	5,8
I alt	5	6	9,5	7,8

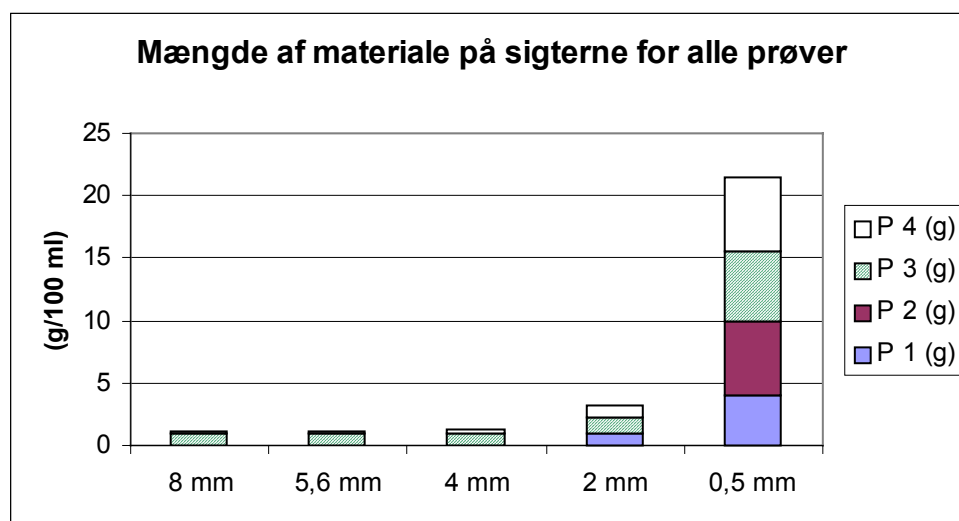
* Vejning kun i hele gram

Det ses at der er nogen forskel i den mængde, der tilbageholdes på sigterne. En del af forskellen skyldes dog at der ved de første undersøgelser ikke blev vejlet med tilstrækkelig nøjagtighed.

Tabel III. Karakterisering af væske, der løber gennem sigterne.

	Prøve 1	Prøve 2	Prøve 3	Prøve 4
Prøvemængde ml	920	890	888,2	882,2
TS%	1,4	1,1	1,2	1,1
GTS%	0,3	0,2	0,2	0,2
VS%	1,1	0,9	1	0,9

Figur 5 viser fordelingen af stof på de forskellige prøver på de 5 sigter.



Figur 5. Fordeling af stof på de enkelte sigter for hver prøve.

Af tabel II og figur 5 fremgår at der stort set kun på den fineste sigte findes materiale efter tørring.

På fotografierne i bilag C1 ses ligeledes at der stort set ikke findes materiale på de tre groveste sigter med maskevidde 8 mm, 5,6 mm og 4 mm. Der er lidt materiale på sigten med 2 mm maskevidde og en hel del på sigten med 0,5 mm. Umiddelbart kan den begrænsede mængde materiale på de groveste sigter karakteriseres som plast og papir, medens materialet på 2 mm sigten og på 0,5 mm sigten mere ligner sand, grus og uspecificeret, organisk materiale med en tydelig fiberstruktur.

På sigterne tilbageholdes 5-10 g TS. Der ophældes 100 g råvare med et tørstofindhold på typisk 19 %. Således at der på sigterne ophældes 19 g TS. Det kan derfor konstateres at 50-75% af råvaren løber igennem selv den fineste sigte på 0,5 mm, medens ca. 25-50% tilbageholdes.

Sammenfatning

Det forsorterede materiale, der forlader dewasteren er stort set frit for plast og andre større fremmedelelementer. Det indeholder en del uorganisk materiale, der i væsentlig grad kan genfindes som sand og grus ved centrifugering. VS udgør således 80-85% af tørstoffet. Plast og andre organiske materialer, der ikke kan nedbrydes skønnes at udgøre en meget begrænset del af det organiske stof.

Partiklerne, der forlader dewasteren er små idet der kun findes meget små mængder, der fanges på en sigte med maskevidde 2 mm eller større.

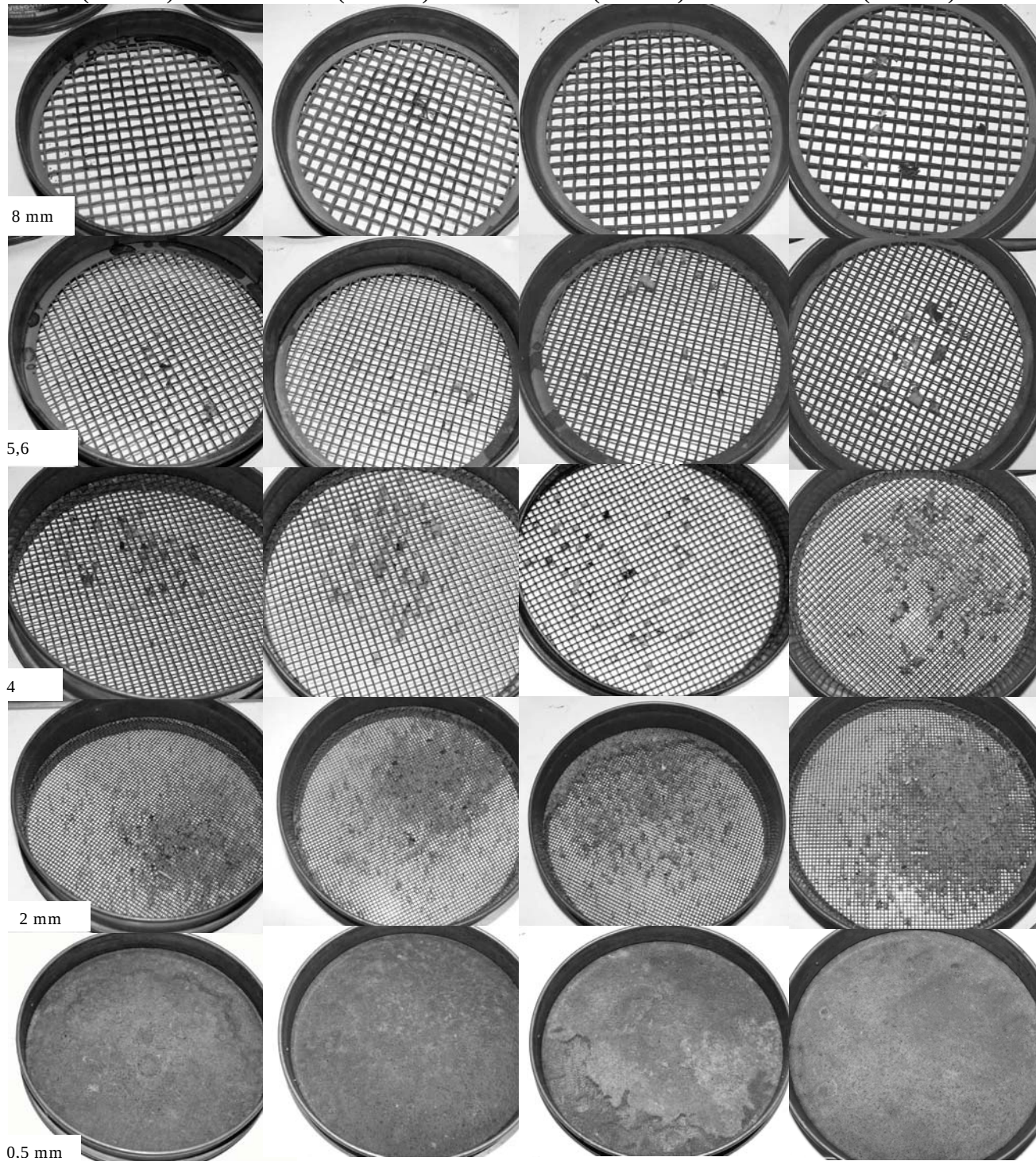
Bilag C2. Foto af siktarna efter torkning vid 105 °C

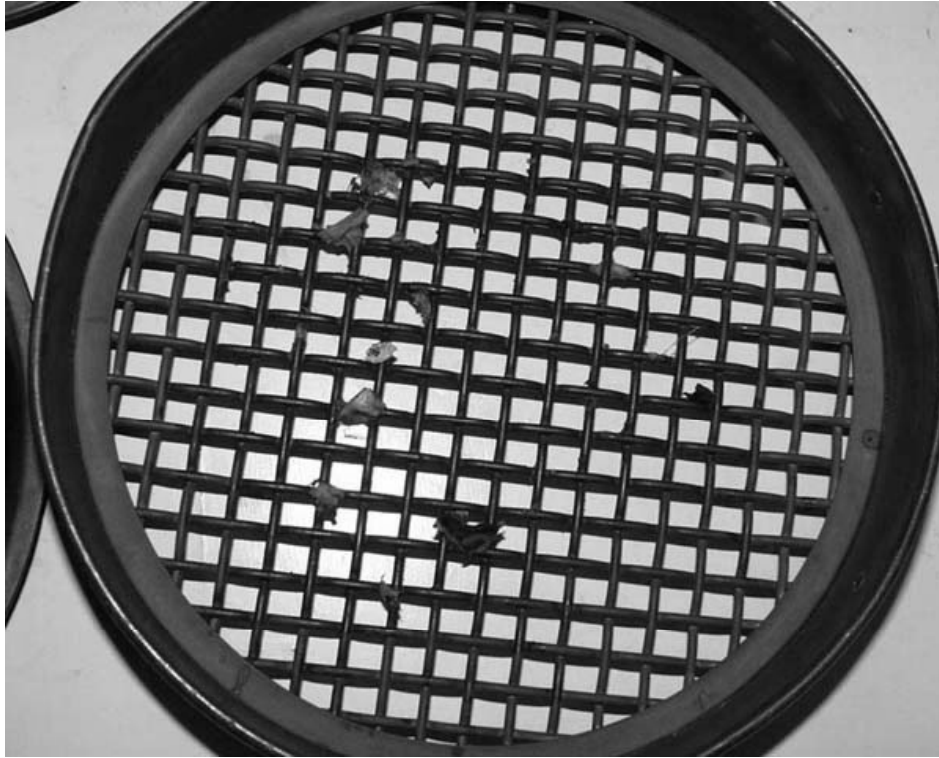
Prov 1 (000202)

Prov 2 (000203)

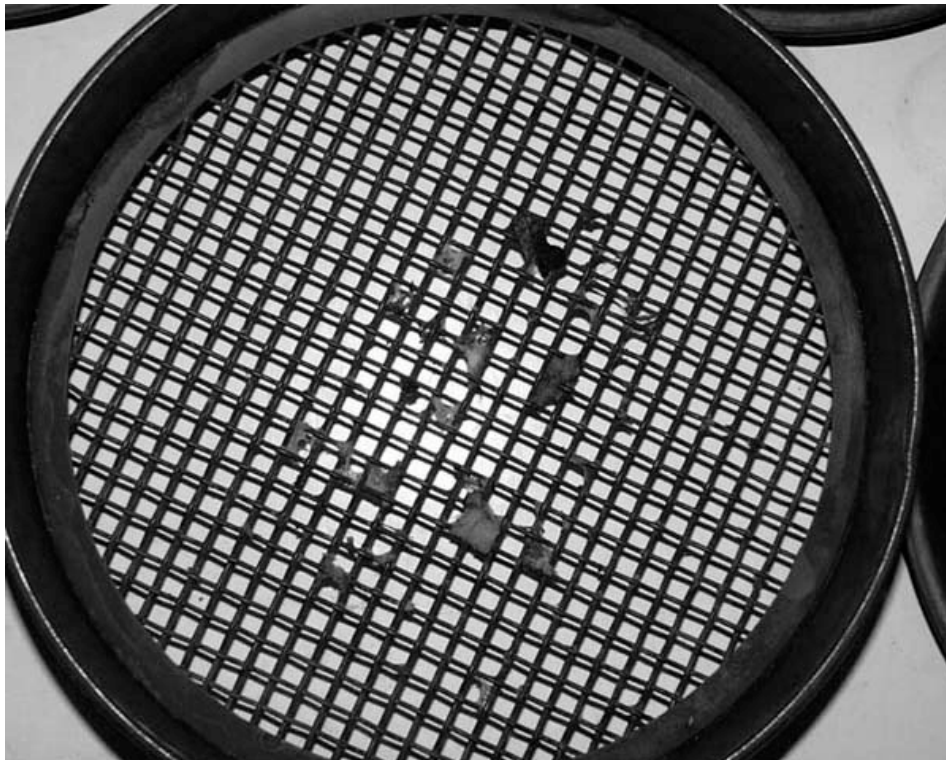
Prov 3 (000215)

Prov 4 (000216)

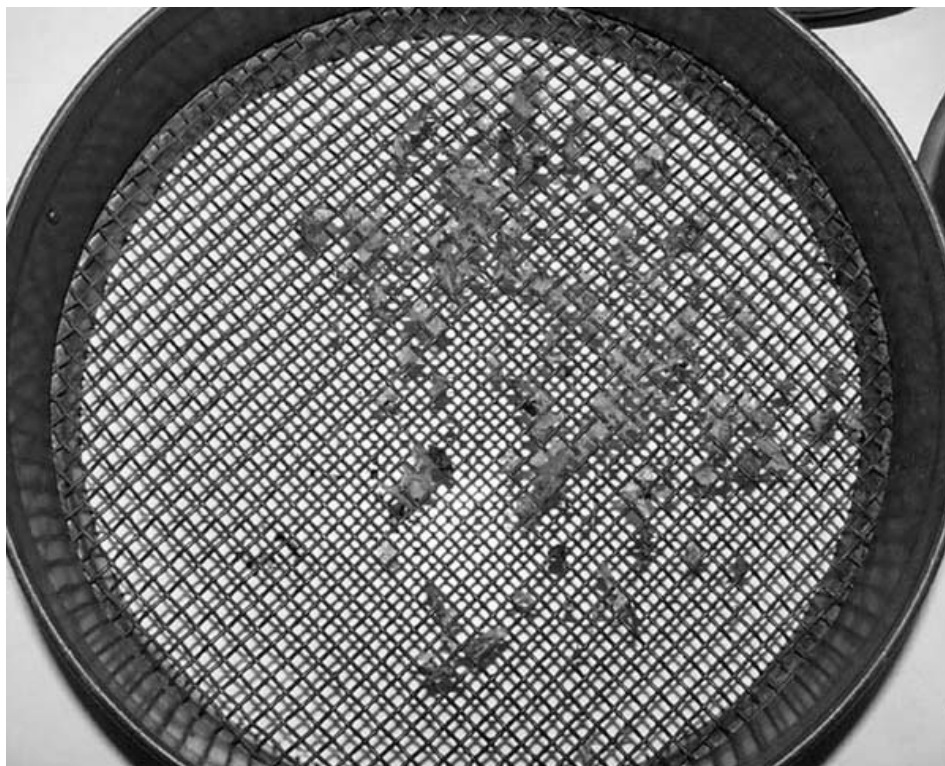




8 mm sikten efter torkning. Uppvägt material (plast, papper) 0,3 g



5,6 mm sikten efter torkning. Uppvägt material (plast, papper) 0,3 g



4 mm sikten efter torkning. Uppvägt material (grus, papper) 0,4 g



2 mm sikten
efter torkning.
Uppvägt
material (grus,
organiskt
material) 1 g



0,5 mm sikten
efter torkning.
Uppvägt
material (grus,
organiskt
material) 5,6 g

Analyseresultater for hvert læs

Rå affald					
Læs		1	2	3	4
Tørstof	%	33,6	31,4	32,1	30,3
Glødetab	% af TS	80,8	85,8	87,3	90
Kvælstof,total	mg/kg	20000	21000	20000	23000
Phosphor,total	mg/kg	2300	2300	2200	2200
Cadmium	mg/kg	0,14	0,11	0,051	0,04
Cd pr. fosforenhed	mg/kg	61	48	23	18
Nikkel	mg/kg	3,6	4	2	1,5
Ni pr. fosforenhed	mg/kg	1600	1700	910	670
DEHP	mg/kg	29	48	31	29
NPE	mg/kg	6,8	9,5	4,9	4,8

Tabel 1 Analyseresultater rå affald

Rejekt					
Læs		1	2	3	4
Tørstof	%	55,8	40,7	46	51,4
Glødetab	% af TS	81	84,9	89,4	88,5
Kvælstof,total	mg/kg	16000	15000	16000	28000
Phosphor,total	mg/kg	1400	1800	1500	2000
Cadmium	mg/kg	0,11	0,066	0,047	0,035
Cd pr. fosforenhed	mg/kg	77	37	31	18
Nikkel	mg/kg	4,4	2,5	2	1,3
Ni pr. fosforenhed	mg/kg	3100	1400	1300	650
DEHP	mg/kg	39	26	29	25
NPE	mg/kg	6,1	3,8	6,6	4

Tabel 2 Analyseresultater rejekt

Råvare		Grænseværd i pr. 1/7 2000				
Læs		1	2	3	4	
Tørstof	%	19,4	19,4	16,1	18,6	
Glødetab	% af TS	79	84,2	85,2	85,2	
Kvælstof,total	mg/kg TS	29000	27000	29000	28000	
Phosphor,total	mg/kg TS	4500	3500	4200	3700	
Cadmium	mg/kg TS	0,21	0,093	0,1	0,1	0,8
Cd pr. fosforenhed	mg/kg TP	47	27	25	27	100
Nikkel	mg/kg TS	7,8	4,8	3,7	3,3	30
Ni pr. fosforenhed	mg/kg TP	1800	1400	880	880	2500
DEHP	mg/kg TS	70	47	27	30	50
NPE	mg/kg TS	11	7,1	6,6	7,1	30

Tabel 3 Analyseresultater råvare

Type		Rå affald	Rejekt	Råvare	Grænseværd i pr. 1/7 2000
Tørstof	%	32	48	18	
Glødetab	% af TS	86	86	83	
Kvælstof,total	mg/kg TS	21000	18750	28250	
Phosphor,total	mg/kg TS	2250	1675	3975	
Cadmium	mg/kg TS	0,09	0,06	0,13	0,4
Cd pr. fosforenhed	mg/kg TP	38	41	32	100
Nikkel	mg/kg TS	3	3	5	30
Ni pr. fosforenhed	mg/kg TP	1220	1613	1240	2500
DEHP	mg/kg TS	34	30	44	50
NPE	mg/kg TS	7	5	8	10

Tabel 4 Gennemsnitsværdier af analyseresultater

Læs 1		Rå affald	Rejekt	Råvare
Samletmasse	kg	6500	1909	4591
Tørstof	kg	2184	1065	891
Glødetab	kg	1765	863	704
Kvælstof, total	g	43680	17044	25829
Phosphor, total	g	5023	1491	4007
Cadmium	g	0,31	0,12	0,19
Nikkel	g	7,9	4,7	6,9
DEHP	g	63	42	62
NPE	g	15	6	10
Balance	Enhed	Sum	Rejekt	Råvare
Samletmasse	% af rå affald		29%	71%
Tørstof	% af rå affald	90%	49%	41%
Glødetab	% af rå affald	89%	49%	40%
Kvælstof, total	% af rå affald	98%	39%	59%
Phosphor, total	% af rå affald	109%	30%	80%
Cadmium	% af rå affald	99%	38%	61%
Nikkel	% af rå affald	148%	60%	88%
DEHP	% af rå affald	164%	66%	98%
NPE	% af rå affald	110%	44%	66%

Tabel 5 Massestrømme og balance læs 1

Læs 2		Rå affald	Rejekt	Råvare
Samletmasse	kg	3200	1303	1897
Tørstof	kg	1005	530	368
Glødetab	kg	862	450	310
Kvælstof,total	g	21101	7955	9936
Phosphor,tota	g	2311	955	1288
l				
Cadmium	g	0,11	0,035	0,034
Nikkel	g	4,01	1,3	1,8
DEHP	g	48	14	17
NPE	g	9,5	2,0	2,6
Balance		Sum	Rejekt	Råvare
Samletmasse	Enhed		41%	59%
	% af rå affald			
Tørstof	% af rå affald	89%	53%	37%
Glødetab	% af rå affald	88%	52%	36%
Kvælstof,total	% af rå affald	85%	38%	47%
Phosphor,tota	% af rå affald	97%	41%	56%
l				
Cadmium	% af rå affald	63%	32%	31%
Nikkel	% af rå affald	77%	33%	44%
DEHP	% af rå affald	64%	29%	36%
NPE	% af rå affald	48%	21%	27%

Tabel 6 Massestrømme og balance læs 2

Type		Rå affald	Rejekt	Råvare
Samletmasse	kg	4920	2305	2615
Tørstof	kg	1579	1060	421
Glødetab	kg	1378	948	359
Kvælstof,total	g	31586	16964	12209
Phosphor,tota	g	3474	1590	1768
I				
Cadmium	g	0,081	0,050	0,042
Nikkel	g	3,2	2,1	1,6
DEHP	g	49	31	11
NPE	g	7,7	7,0	2,8
Balance	Enhed	Sum	Rejekt	Råvare
Samletmasse	% af rå affald		47%	53%
Tørstof	% af rå affald	94%	67%	27%
Glødetab	% af rå affald	95%	69%	26%
Kvælstof,total	% af rå affald	92%	54%	39%
Phosphor,tota	% af rå affald	97%	46%	51%
I				
Cadmium	% af rå affald	114%	62%	52%
Nikkel	% af rå affald	116%	67%	49%
DEHP	% af rå affald	86%	63%	23%
NPE	% af rå affald	126%	90%	36%

Tabel 7 Massestrømme og balance læs 3

Type		Rå affald	Rejekt	Råvare
Samletmasse	kg	3380	1701	1679
Tørstof	kg	1024	874	312
Glødetab	kg	921	774	266
Kvælstof,total	g	23555	24481	8744
Phosphor,tota	g	2253	1748	1155
l				
Cadmium	g	0,041	0,031	0,031
Nikkel	g	1,5	1,1	1,0
DEHP	g	30	22	9,4
NPE	g	4,9	3,5	2,2
Balance	Enhed	Sum	Rejekt	Råvare
Samletmasse	% af rå affald		50%	50%
Tørstof	% af rå affald	116%	85%	30%
Glødetab	% af rå affald	113%	84%	29%
Kvælstof,total	% af rå affald	141%	104%	37%
Phosphor,tota	% af rå affald	129%	78%	51%
l				
Cadmium	% af rå affald	151%	75%	76%
Nikkel	% af rå affald	141%	74%	67%
DEHP	% af rå affald	105%	74%	32%
NPE	% af rå affald	116%	71%	45%

Tabel 8 Massestrømme og balance læs 4

Gennemsnit	Enhed	Rå affald	Rejekt	Råvare	
Samletmasse	kg	4500	1805	2696	
Tørstof	kg	1433	875	495	
Glødetab	kg	1232	752	413	
Kvælstof,total	g	301	164	140	
Phosphor,tota	g	32	15	20	
Cadmium	g	0,0012	0,000	0,000	
			6	6	
Nikkel	g	0,040	0,022	0,024	
DEHP	g	0,49	0,26	0,22	
NPE	g	0,09	0,045	0,039	
Balance	Enhed	Rå affald	Rejekt	Råvare	Balance
Samletmasse	kg	4500	40%	60%	
Tørstof	kg	1433	61%	35%	96%
Glødetab	kg	1232	61%	34%	95%
Kvælstof,total	g	301	54%	46%	101%
Phosphor,tota	g	32	45%	61%	106%
Cadmium	g	0,0012	46%	51%	97%
Nikkel	g	0,040	56%	61%	117%
DEHP	g	0,49	53%	44%	97%
NPE	g	0,09	48%	42%	90%

Tabel 9 Gennemsnitlig massestrøm og balance