

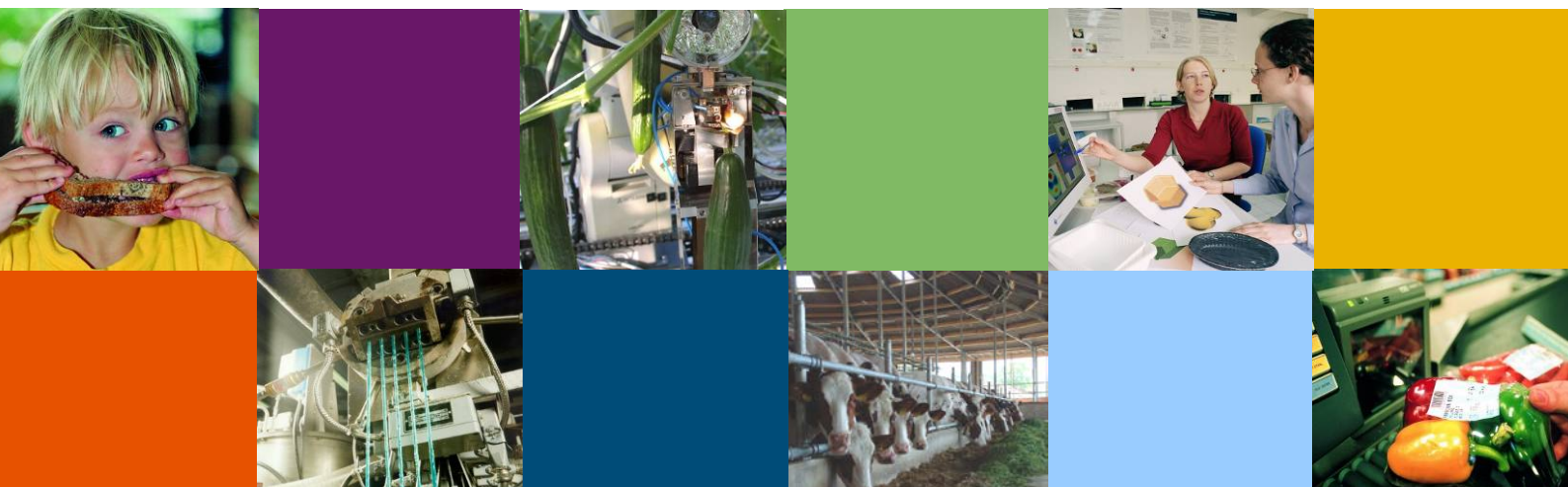


Nascheiden van verpakkingsglas uit gemengd huishoudelijk restafval

Rapportage van een technische haalbaarheidsstudie

dr. E.U. Thoden van Velzen

Rapport 1605



Colofon

Titel	Nascheiden van verpakkingsglas uit gemengd huishoudelijk restafval
Auteur(s)	dr. E.U. Thoden van Velzen
Nummer	1605
ISBN-nummer	978-94-6257-530-1
Publicatiedatum	27 oktober 2015
Vertrouwelijk	Nee
OPD-code	14620441
Goedgekeurd door	J.E. de Kramer.
Interne review door	M.T. Brouwer

Wageningen UR Food & Biobased Research
P.O. Box 17
NL-6700 AA Wageningen
Tel: +31 (0)317 480 084
E-mail: info.fbr@wur.nl
Internet: www.wur.nl

© Wageningen UR Food & Biobased Research, instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, hetzij mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele fouten of onvolkomenheden.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system of any nature, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publisher. The publisher does not accept any liability for inaccuracies in this report.

Abstract

The technical feasibility of a recovery process for packaging glass from municipal solid refuse waste (MSW) has been studied. The involved companies have performed this exploratory study and the conclusions of this study should be regarded within limitations of the approach of this study. Roughly half of the packaging glass present in the MSW could be concentrated into a recovered glass product that was about 98.5 % pure. At the material recovery facility of Attero in Wijster (NL) MSW was first drum-sieved (screen size 70 mm). The fines were subsequently subjected to a second drum sieve with a smaller screen size (10 mm) to obtain a mid-size MSW fraction (10-70 mm) which was enriched in glass cullets. This MSW fraction was subsequently subjected to another 10 mm screen and a wind sifter at Busschers to remove small pieces of paper and plastic film and to concentrate the glass cullets further. This MSW-fraction was taken to the research facility of Ti-Tech where it was subjected to three different sorting machines (two different optical sorters and one X-ray fluorescence sorter). Quality analysis revealed that the recovered glass concentrate is primarily composed of glass cullets, but also contains almost 1.3% of plastics. This plastic concentration will still need to be reduced to below 0.06% to allow for an efficient recycling. This is considered to be feasible with an additional NIR sorting machine. No undesired glass was found in the produced sample. The amount of ceramics, stones and china was low, but the impurity was found to be partially present in the shape of pebbles, which makes it more difficult to remove for a glass sorting facility than the usual chips of ceramic.

Subsequently a cost estimate has been made of the process costs, which revealed that the recovery of glass costs roughly 140 ± 50 €/ton, but the uncertainties in this estimation are large. Therefore the real process costs can turn out to be higher or lower in reality.

In short, this technical feasibility study has shown that about half of the glass present in MSW can be mechanically recovered from MSW. The quality of the recovered glass concentrate appears to be suited for glass recycling via a sorting facility and a glass industry, under the condition that an additional NIR sorting machine will lower the plastic concentration to below 0.06 %. However, the glass industry is reluctant to directly accept recovered glass cullets, since it is worried that it will draw non-packaging glass cullets (with a different chemical compositions) into the glass recycling system. After all, civilians are asked to discard non-packaging glass in the MSW. Moreover, MRF's process both MSW and company waste. Since the latter contains more undesired glass, this forms an additional quality risk, despite the intention of MRF-operators to process both types of waste separate. Therefore, it is advised to repeat these recovery tests several times, preferably with MSW from different collection areas and to prove that the recovered glass cullets maintain a stable quality without foreign glass particles and concentrations of other undesired impurities below the purity specifications.

Samenvatting

Er is een haalbaarheidsstudie uitgevoerd naar het nascheiden van verpakkingsglas uit gemengd huishoudelijk restafval. De bedrijfspartijen hebben deze verkenning uitgevoerd en de conclusies zullen binnen de randvoorwaarden van deze opzet moeten worden beschouwd. Ongeveer de helft van het verpakkingsglas dat in het huishoudelijk restafval aanwezig was, kon worden nagescheiden in een glasconcentraat dat ongeveer 98,5% zuiver was. Hiertoe werd bij Attero-Wijster gemengd huishoudelijk restafval eerst gezeefd (zeefmaat 70 mm), vervolgens werd de doorval hiervan nogmaals gezeefd (zeefmaat 10 mm). De overloop van deze tweede zeef (fractie 10-70 mm) is verrijkt in glasscherven. Deze huisvuilfractie werd vervolgens bij Busschers nogmaals onderworpen aan een trommelzeef (10 mm) en een windzifter, om stukjes papier en plastic folie af te scheiden en het glas verder te concentreren. Hierna ging deze huisvuilfractie naar het onderzoekscentrum van Ti-Tech al waar het werd onderworpen van een drietal sorteermachines (twee verschillende optische scheiders en een röntgenfluorescentiescheider). Kwaliteitsanalyses lieten zien dat dit nagescheiden glasconcentraat voornamelijk glas bevat maar ook ongeveer 1,3% kunststof. Dit kunststofgehalte zal moeten worden verlaagd tot onder de 0,06% om het goed herbruikbaar te maken voor de glasindustrie. Dit wordt technisch mogelijk geacht door een additionele NIR sorteermachine toe te voegen aan het proces. Er werd geen ongewenst glas aangetroffen in het geproduceerde monster. Het gehalte aan keramiek, steen en porselein was laag, maar de verschijningsvorm van deze verontreiniging was deels in de vorm van kiezels en daarmee lastiger af te scheiden in een glassorteerbedrijf dan de gebruikelijke keramiëscherven.

Vervolgens is er een schatting van de proceskosten gemaakt, waaruit blijkt dat het nascheiden van glas ongeveer 140 ± 50 €/ton kost, maar dat de onzekerheden in deze kostenschatting groot zijn, waardoor deze kosten in de praktijk hoger of lager kunnen uitpakken.

Kortom, deze technische haalbaarheidsstudie heeft bewezen dat iets meer dan de helft van het glas in het huisvuil kan worden nagescheiden uit gemengd huishoudelijk restafval. De kwaliteit van het nagescheiden glas lijkt voldoende goed voor recycling via een glassorteerbedrijf en een glasindustrie, onder de voorwaarde dat een aanvullende NIR sorteermachine in het proces wordt geplaatst, die het kunststofgehalte terugbrengt tot onder de 0,06%. Desondanks is de glasindustrie terughoudend om direct nagescheiden glasscherven te accepteren, aangezien zij bezorgd is dat het ongewenst glas (met een andere chemische samenstelling) zal aantrekken in het glasrecyclingsysteem. Burgers worden immers opgeroepen niet-verpakkingsglas in het restafval te werpen. Daarnaast verwerken nascheiders zowel restafval van huishoudens en bedrijven. Aangezien bedrijfsafval meer ongewenst glas bevat, vormt dit een additioneel kwaliteitsrisico, ondanks dat nascheiders proberen om beide soorten afval gescheiden te verwerken. Zodoende wordt geadviseerd om deze nascheidingstesten nog enkele malen te herhalen, het liefst met gemengd huishoudelijk restafval van verschillende inzamelgebieden en aan te tonen dat de nagescheiden glasscherven een stabiele kwaliteit bezitten zonder vreemd glas en met concentraties aan andersoortige verontreinigingen onder de zuiverheidseisen.

Inhoudsopgave

Abstract	3
Samenvatting	4
1 Inleiding	6
1.1 Context	6
1.2 Doel	6
2 Methoden	7
3 Resultaten	8
3.1 Stap 1: Huisvuilscheiding; productie van ONF	8
3.2 Stap 2: Zeven met 10 mm	9
3.3 Stap 3: Zeven en wind-ziften	10
3.4 Stap 4: Opwerking met optische scheiders en röntgensorteermachines	12
3.4.1 4a Lasersortering	13
3.4.2 4b Optische sortering	13
3.4.3 4c Zeven en sortering middels röntgenfluorescentie	14
3.5 Totaal proces glas nascheiden	14
3.6 Kwaliteit van het nagescheiden glas	17
3.7 Kostenschatting voor het nascheiden van glas	21
4 Discussie	25
4.1 Verontreinigingen in de glasrecyclingketen	25
4.2 Inpasbaarheid	25
4.3 Implementeerbaarheid	26
4.4 Nascheiding als middel om de recyclingdoelstelling te halen	26
5 Conclusies	27
Verwijzingen	28
Dankbetuiging	29

1 Inleiding

1.1 Context

Het recyclingpercentage voor verpakkingsglas is voor 2012 door Nedvang vastgesteld op 71% en voor 2013 op 79%, terwijl de Nederlandse overheid streeft naar een percentage van 90%.

[Nedvang 2012 en Nedvang 2013] Ten einde dit percentage te verhogen, is Nedvang begonnen met een publiciteitscampagne “Glas in ‘t Bakkie” en heeft zij opdracht gegeven voor deze verkennende studie naar de mogelijkheden om glas uit huisvuil na te scheiden.

In de afgelopen jaren hebben verschillende Europese onderzoeksgroepen geprobeerd verpakkingsglas uit huisvuil na te scheiden. Een Portugese groep heeft hier uitgebreid over bericht [Dias 2012, 2014, 2015]. Zij kwamen tot de conclusie dat ongeveer 80% van het glas in Portugees huisvuil herbruikbaar verpakkingsglas is en dat er door middel van mechanische sorteerstappen (zeven en daarna een aangepaste lopende band met hellingshoek, zodat de meeste stenen naar beneden rollen en de glasscherven naar boven lopen) een glasconcentraat kan worden gemaakt dat niet aan de eisen van de glasfabriek (63-97% glas) voldeed.[Dias 2014] Door een aanvullende optische scheider aan het sorteerproces toe te voegen konden er glasproducten worden gemaakt die voor 98-99% uit scherven bestaan maar nog steeds teveel steenachtige en organische vervuiling bevatte.[Dias 2015]

In de maanden november 2014 tot januari 2015 heeft Attero Wijster proeven verricht om glas af te scheiden uit gemengd huishoudelijk restafval. Attero heeft het verkregen product van glasscherven overdragen aan de glasrecyclagebedrijf GRL te Lummen (B), welke de kwaliteit van dit product heeft beoordeeld. Food & Biobased Research van Wageningen-UR is gevraagd deze testen te begeleiden en hierover te rapporteren. De officiële opdrachtgever en financier van deze rapportage was Nedvang.

1.2 Doel

Deze technische haalbaarheidsstudie dient antwoord te geven op de navolgende vragen:

- Is het nascheiden van glas uit huishoudelijk restafval technisch mogelijk?
- Kan dit nagescheiden glas worden hergebruikt als verpakkingsglas?
- Wat zijn de financiële consequenties van het nascheiden van glas?

2 Methoden

Dit rapport beschrijft technische proeven die zijn verricht door Attero, Busschers en Ti-tech met als doel glas uit huisvuil na te scheiden tot een herbruikbaar glasproduct. Deze proefnemingen zijn uitgevoerd door de betrokkenen onder regie van Attero. Vervolgens heeft GRL een monster van dit nagescheiden glasconcentraat op kwaliteit geanalyseerd en hierover gerapporteerd. De rapporteur heeft zich van de uitvoering en de kwaliteit vergewist door op locatie de testen te bezoeken (Attero en Busschers) en testrapportages te onderzoeken (Ti-tech en GRL). Afgesproken was dat FBR geen eigen metingen zou uitvoeren.

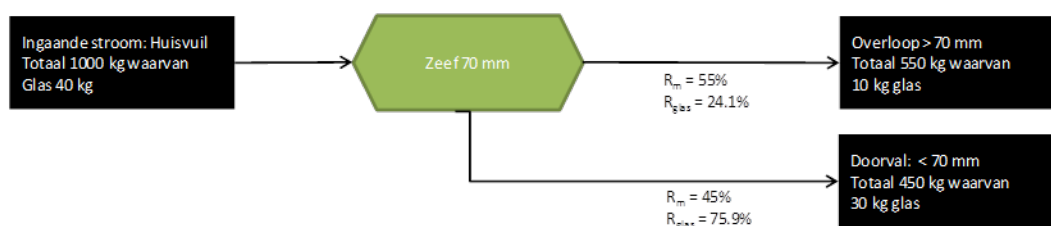
De technische proeven die zijn verricht, zijn uitgevoerd op pilot- en laboratoriumschaal. Dit waren de grootste schaalgroottes die praktisch mogelijk waren, zonder dat de kosten van de proefnemingen te hoog opliepen. Voor deze verkennende studie is dat een geschikte schaalgrootte. Dit betekent evenwel dat de uitkomsten van deze verkenning geen definitieve maar eerder een indicatieve zeggingskracht hebben. De glasrecyclingketen kenmerkt zich door grote volumina, waarin kleine concentraties verontreinigingen storend kunnen zijn. Om met zekerheid uitspraken te doen over de technische haalbaarheid van het recycleren van nagescheiden glas is geen verkennende proef, maar zijn meerdere proeven noodzakelijk. Door de proef meerdere keren te herhalen wordt het duidelijker of verontreinigingen met een geringe verschijningskans en groot negatief effect wel aangetroffen worden of dat deze toch niet in nagescheiden glas zich kunnen voordoen. Als duidelijk is geworden welke stoffen er kunnen optreden, kan het hele nascheidings- en sorteerproces hierop worden aangepast. Na een dergelijke langdurige testperiode valt preciezer aan te geven wat de waarde van het nagescheiden glas is en kunnen duidelijkere conclusies worden getrokken. Dit was evenwel niet opdracht van deze technische haalbaarheidsstudie. Zodoende beperkt de opdracht en de daarbij horende uitvoeringswijze de zeggingskracht van de uitkomsten en zullen de conclusies binnen deze randvoorwaarden van deze testopzet moeten worden beschouwd.

3 Resultaten

Allereerst worden de resultaten van de betrokkenen stap voor stap besproken, daarna worden de resultaten geïnterpreteerd in termen van geadviseerde procestechnologie en verwachte kosten.

3.1 Stap 1: Huisvuilscheiding; productie van ONF

Huisvuilscheiding behoort tot de reguliere bedrijfsvoering van Attero Wijster. Jaarlijks wordt er ongeveer 650 kton huishoudelijk restafval en zo'n 200 kton bedrijfsafval behandeld. Het ingaande gemengde huishoudelijke restafval wordt regulier bemonsterd en geanalyseerd. Het meerjarige gemiddelde glasgehalte in het gemengde huishoudelijke restafval bedraagt in Wijster $4,0 \pm 0,5$ %. Dit is de som van verpakkingsglas en andersoortig glas. Dit gehalte is overigens lager dan het nationale gemiddelde gehalte glas in het huishoudelijke restafval van 5,1% (betrouwbaarheidsinterval met 95% zekerheid ligt tussen 4,6% en 5,6%) en verpakkingsglas 4,7% (betrouwbaarheidsinterval met 95% zekerheid tussen de 4,2 en de 5,2%) in 2012.[Rijkswaterstaat 2013] Dit huisvuil wordt gestort in een bunker, enkele dagen (1-3) gerijpt, gemengd en vervolgens via een grove maalmolen die voornamelijk zakken opent de installatie ingevoerd. Hierbij wordt het huisvuil eerst gezeefd. De zeef-doorval wordt Organische Natte Fractie (ONF) genoemd. Hiervoor heeft Attero drie lijnen, op twee lijnen staan schudzeven en de andere lijn heeft een trommelzeef, de gatgroottes zijn ongeveer 70 mm. Volgens Attero is de mechanische belasting van het huisvuil hoog, zodat verondersteld mag worden dat na storten, grof malen en zeven een groot deel van de glazen verpakkingen gebroken zijn in scherven voor zover dit al niet was gebeurd tijdens transport en overslag van het huisvuil. Het langjarige gemiddelde voor het zeven van huisvuil met 70 mm zeven ligt op 55% overloop en 45% doorval. Het brutogehalte glas in de doorval werd afgeleid uit de sorteertanalyses van de vervolgstap. Het brutogehalte glas in de overloop werd berekend uit de massarendementen en gehalten in de ingaande stroom en de doorval.



Materiaalstroom	R_m , [%]	R_{glas} , [%]	Bruto glasgehalte, [%]
Ingaande stroom			4,0%
Overloop > 70 mm	55%	24,1%	1,8% (B)
Doorval < 70 mm (ONF)	45%	75,9%	6,7% (A)

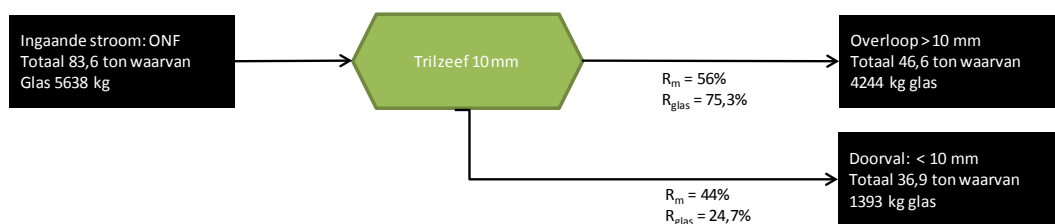
A: verkregen uit de sorteertanalyses in de vervolgstap, B: berekent uit het verschil in gehalte tussen de ingaande stroom en de doorval.

Figuur 1: Eerste processtap; het zeven van huisvuil met een 70 mm zeef

Het verlies aan glas dat optreedt bij het ONF zeven wordt voornamelijk veroorzaakt doordat niet alle glazen verpakkingen in voldoende mate gebroken worden.

3.2 Stap 2: Zeven met 10 mm

De tweede stap was het fijn zeven van het ONF van stap 1. Hiertoe werd in totaal 83,6 ton ONF (ook wel fractie 0-70 mm genaamd) door middel van een trilzeef met 10 mm zeefgaten in Wijster verwerkt tot 36,96 ton doorval (0-10 mm) en 46,64 ton overloop (10-70 mm). Van zowel de doorval als de overloop werden monsters genomen en het glasgehalte bepaald.



Materiaalstroom	R_m , [%]	R_{glas} , [%]	Bruto glasgehalte, [%]
ONF 0-70 mm			6,7% (B)
Overloop > 10 mm	56%	75,3%	9,1 ± 2,1% (A)
Doorval < 10 mm	44%	24,7%	3,8%

A: Het glasgehalte werd verkregen uit zes monsters die apart gesorteerd werden, zodat er een gemiddeld glasgehalte en een spreidingswaarde kon worden berekend B: afgeleid uit de massaverdeling tussen de producten en de glasgehalten.

Figuur 2: Tweede processtap; het zeven van ONF (0-70 mm) met een 10 mm trilzeef

De doorval is een fijnkorrelig, redelijk homogeen uitziend materiaal dat voornamelijk uit organische stof, papiersnippers, zand, metaal en kleine steentjes bestaat. De overloop is veel heterogener en bestaat uit kunststof, metaal, organisch materiaal, glas, papier en karton, etc.

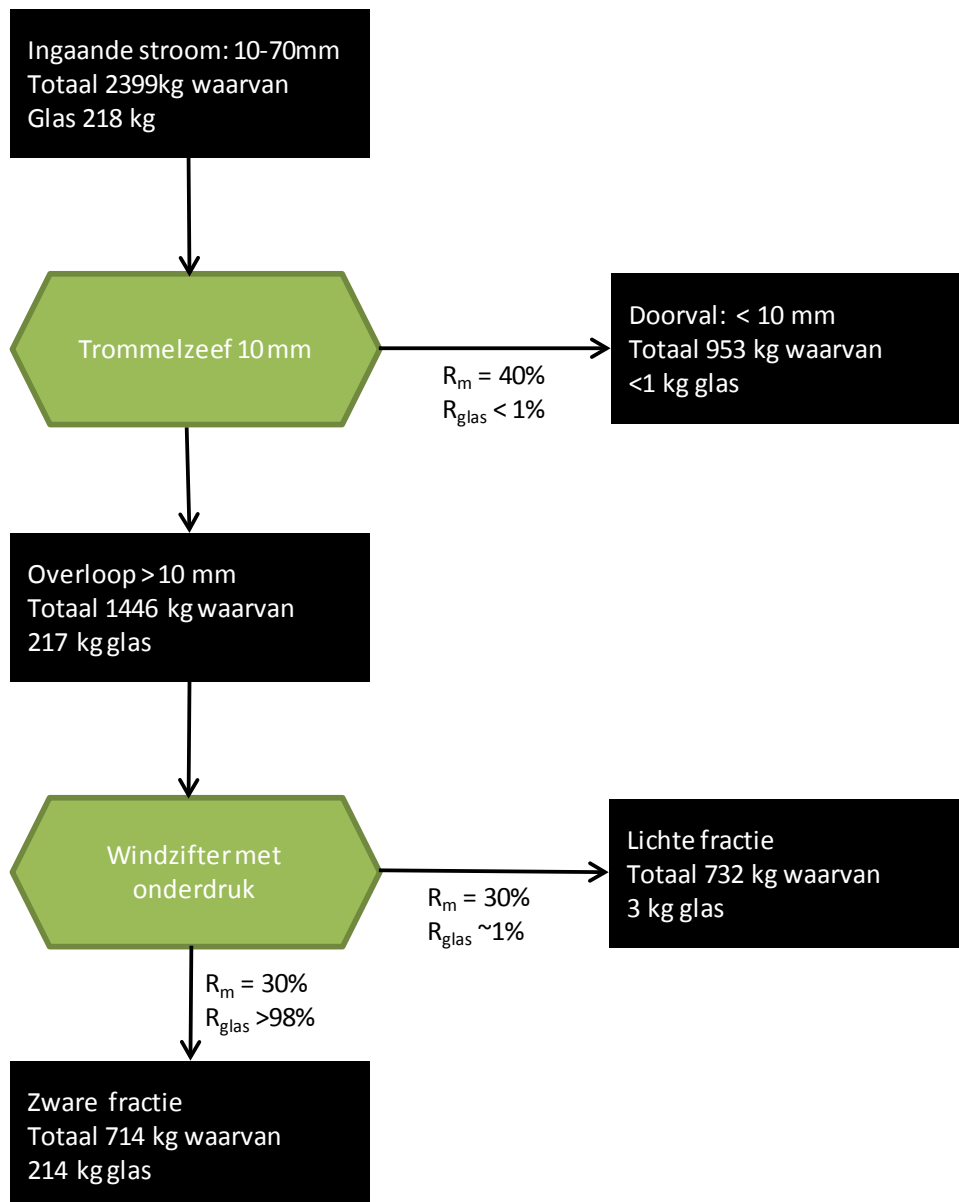


Figuur 3: Foto's van de doorval 0-10 mm en de overloop 10-70 mm.

Deze zeefstap werd als positief beoordeeld omdat het tot concentratie van het glas leidt met beperkt verlies van glas, maar omdat er nog steeds veel licht materiaal (papiersnippers, foliesnippers) en fijn organisch materiaal in de overloop aanwezig was, werd besloten om dit materiaal verder bij Busschers te behandelen.

3.3 Stap 3: Zeven en wind-ziften

Op 29 december 2014 werden bij Busschers in Haaksbergen testen gedaan met het zeven en wind-ziften van overloopmateriaal (10-70mm) op een testopstelling. Vanwege de beperkte tijd en capaciteit van de testopstelling kon niet al het overloopmateriaal worden gescheiden, maar wel zo'n 2,4 ton. Een eerste test met alleen een wind-zifter, bleek het fijne organische materiaal onvoldoende af te scheiden. Hierbij speelt dat dit materiaal enkele weken opgeslagen had gestaan in bigbags, waardoor het organische materiaal sterker aan andere materialen aan was gekoekt en lastiger te scheiden agglomeraten had gevormd. Zodoende werd de testopstelling uitgebreid met eerst een trommelzeef 10 mm. De massabalans van deze zeef en windzift-test werd bepaald. Van de producten werden echter geen samenstellingsanalyses verricht. Omdat de samenstelling van het ingaande materiaal wel bekend was alsmede de samenstelling van het uitgaande materiaal, kon hier wel een inschatting van gegeven worden. De resultaten staan in figuur 4.

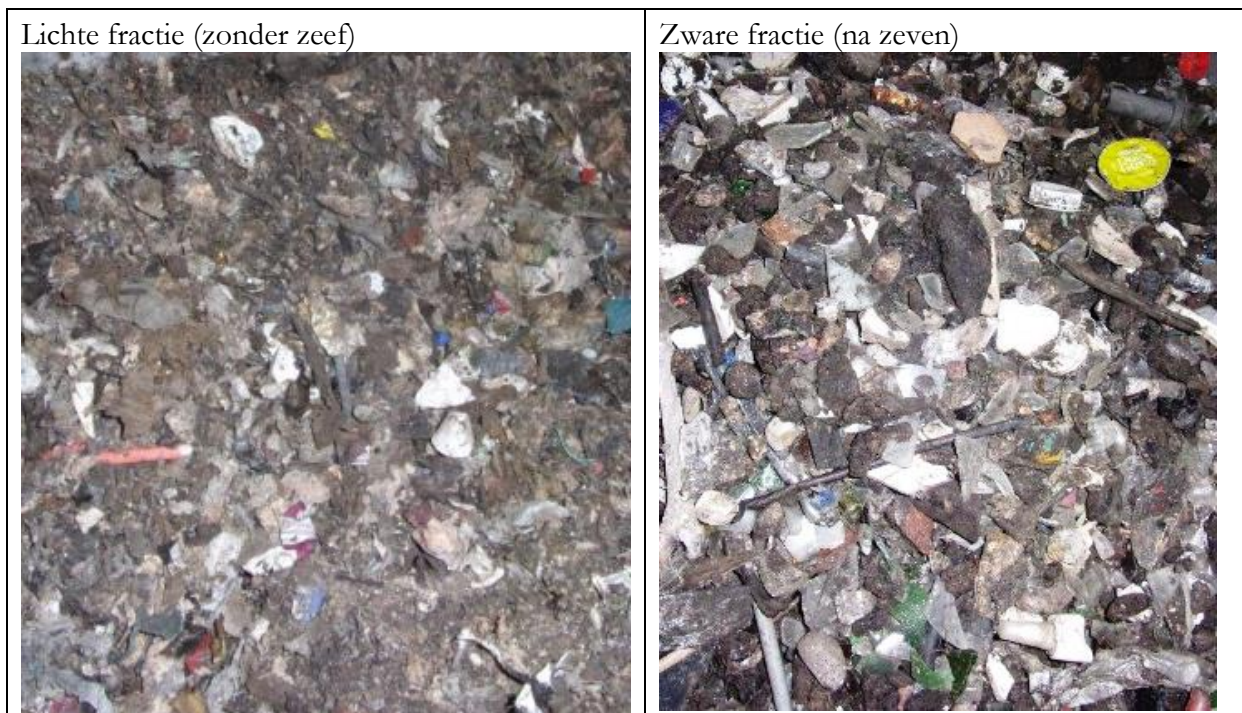


Materialaastroom	R_m , [%]	R_{glas} , [%]	Bruto glasgehalte, [%]
Ingaand 10-70 mm			9,1%
Doorval < 10 mm	40%	~0,5%	~0,1%
Lichte fractie	30%	~1,5%	~0,4%
Zware fractie	30%	~98%	30%

Figuur 4: Derde processtap; het zeven en wind-ziften van de 10-70 mm fractie

Deze combinatie van trommelzeven met kunststof zeefplaten en windziften met onderdruk geeft een drievoudige concentratie aan glas, terwijl het verlies aan glas minimaal is. Verwacht mag worden dat als deze test zou worden herhaald met vers uitgezeefd ONF dat dan het

totaalresultaat beter is, dan het product van de nu bestudeerde stappen 2 en 3, omdat het materiaal dan geen kans heeft gehad in te klinken en agglomeraten te vormen. De geproduceerde doorval is een relatief homogeen materiaal dat voornamelijk uit fijn organisch materiaal bestaat. De zware fractie is heterogeen en bestaat uit stenen, glas, kunststof en metaal. De lichte fractie is ook heterogeen en bestaat hoofdzakelijk uit papier, karton, folie en textiel. Twee foto's staan in figuur 5.

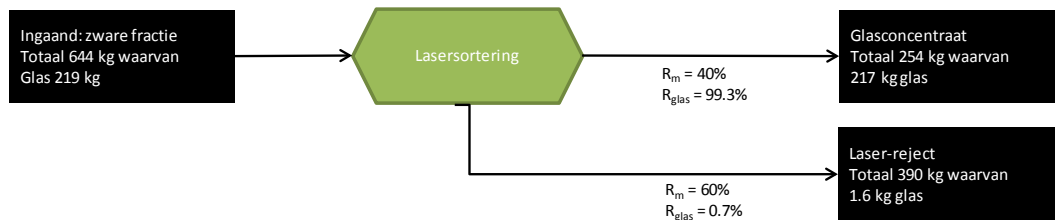


Figuur 5: Foto's van de lichte fractie (zonder trommelzeef) en de zware fractie na trommelzeven.

3.4 Stap 4: Opwerking met optische scheidingsmachines en röntgensorteermachines

Op 9 januari 2015 werd dit glasconcentraat onderworpen aan een reeks van scheidingsmachines bij Ti-tech in Mülheim-Kärlich (D). Hierbij werd dit glasconcentraat eerst gesorteerd met een laser sorteermachine (Ti-tech laser), welke sorteert op het licht weerkaatsend vermogen van het oppervlak van objecten. Hierna volgde een optische sorteermachine (Ti-tech Combisense) welke sorteert op de lichtdoorlatendheid van objecten. Daarna volgde een trommelzeef en een sorteermachine op basis van röntgenfluorescentie (XRF). Deze laatste machine (Ti-tech X-tract) sorteert op elementaire samenstelling en is in staat om ongewenste glassoorten te verwijderen, als loodhoudend kristalglas en zirkoon-houdend thermisch glas. Alle stappen werden per machine uitgevoerd, waarbij steeds monsters van de gevormde producten apart werden gehouden voor samenstellingsanalyses. Alleen de trommelzeef en de röntgenfluorescentiesorteermachine werden in een stap uitgevoerd.

3.4.1 4a Lasersortering



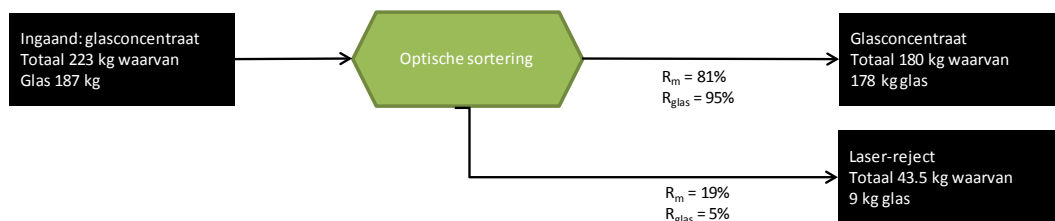
Materiaalstroom	R_m , [%]	R_{glas} , [%]	Bruto glasgehalte, [%]
Ingaand zware fractie			33,9% (A)
Glasconcentraat	40%	99,3%	85,2%
Laserreject	60%	0,7%	0,4%

(A): het brutogehalte werd opnieuw bepaald door monsternamen en sortering voor de test en ligt wat hoger dan het gehalte van het product bij Busschers, mogelijk dat het verdampen van vocht hier ook een rol bij speelt.

Figuur 6: Vierde processtap; laser-sorteren

De lasersorteermachine concentreert het glas zeer efficiënt, het grootste gedeelte van de stenen en het kunststof kan worden afgescheiden waardoor het glasgehalte stijgt van 34% naar 85%.

3.4.2 4b Optische sortering

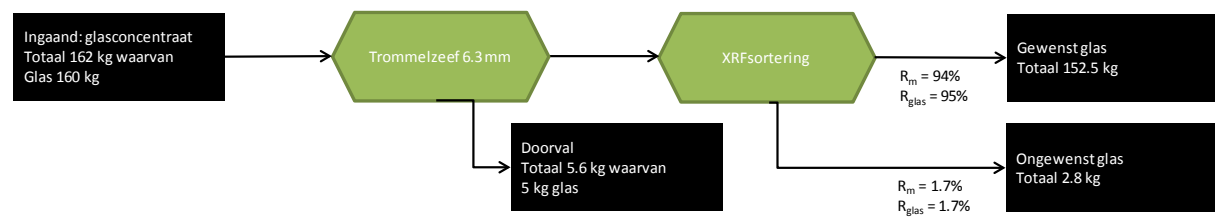


Materiaalstroom	R_m , [%]	R_{glas} , [%]	Bruto glasgehalte, [%]
Glasconcentraat na laser			85,2%
Glasconcentraat na OS	81%	95%	99%
Reject optische scheider	19%	5%	21%

Figuur 7: Vierde processtap; optisch sorteren

De verliezen die tijdens het optisch sorteren optreden aan glas zijn beperkt (5%) en worden hoofdzakelijk veroorzaakt door glasscherven die met organisch materiaal zijn vervuild.

3.4.3 4c Zeven en sortering middels röntgenfluorescentie



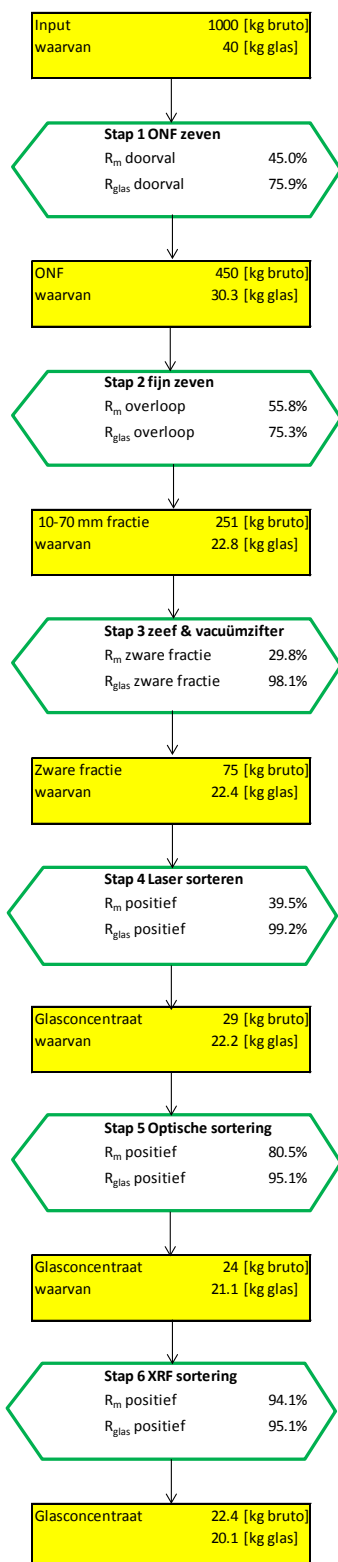
Materiaalstroom	R_m , [%]	R_{glas} , [%]	Bruto glasgehalte, [%]
Glasconcentraat na OS			99%
Gewenst glas	81%	95%	~100%
Ongewenst glas		~2%	~100%
Doorval < 6.3 mm	19%	~3%	91%

Figuur 8: Vierde processtap; sorteren op basis van röntgenfluorescentie.

Door het verder sorteren met een trommelzeef en een sorteermachine op basis van röntgenfluorescentie kan er een glasproduct worden verkregen dat nagenoeg helemaal uit glas bestaat. De kwaliteit van dit glas-tussenproduct wordt in paragraaf 3.6 beschreven.

3.5 Totaal proces glas nascheiden

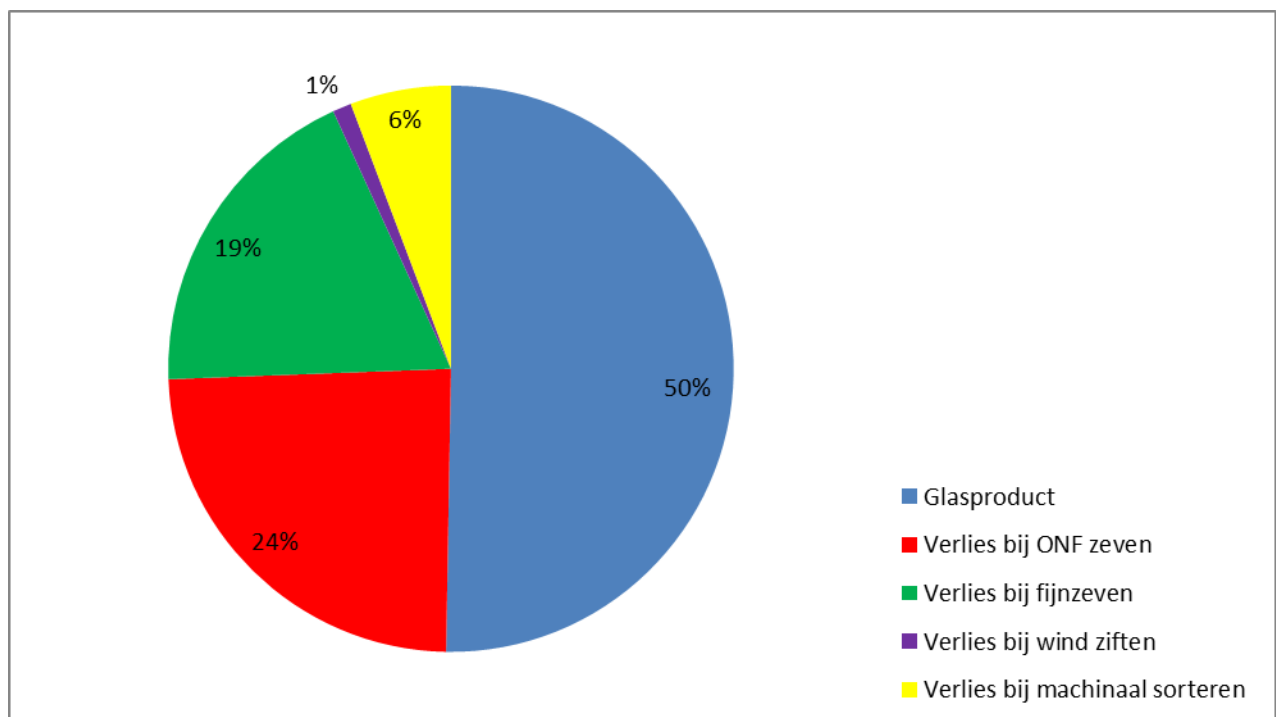
Op basis van de rendementen die bepaald zijn voor alle deelprocesstappen kan het totale procesrendement berekend worden, zie Figuur 9. Als er begonnen wordt met 1 ton gemengd huishoudelijk restafval met daarin 40 kg glas, kan er ongeveer 22 kg glas-concentraat worden verkregen. Het overall massarendement is daarmee 2,2% en het overall glasrendement is ongeveer 50%. Dit is een berekend resultaat op basis van de verkregen rendementen van verschillende deelprocessen. Het is waarschijnlijk dat deze rendementen verbeteren als er een toegesneden proceslijn voor wordt gebouwd en vervolgens de rendementen van het totale proces worden bepaald. Herhalingsproeven moeten de betrouwbaarheid van deze rendementen uitwijzen.



Figuur 9: Doorberekening van het totaalproces op basis van de opbrengsten van de deelprocesstappen.

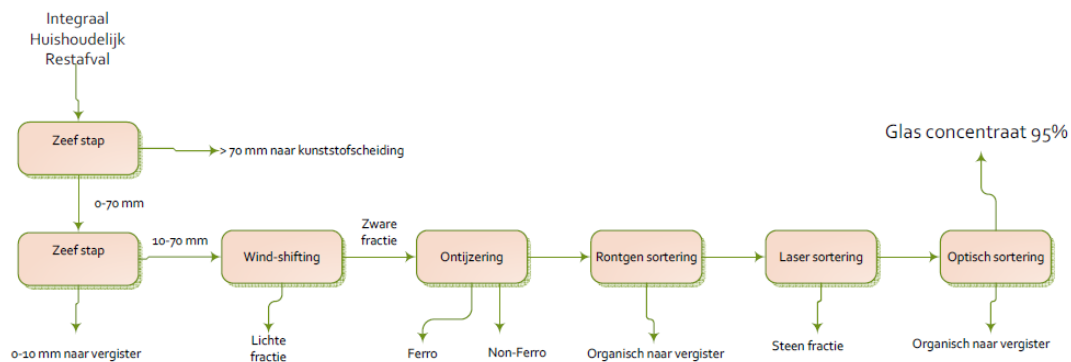
Het grootste verlies aan glas vindt plaats tijdens het zeven van het huisvuil (70 mm) (zie Figuur 10) en dit kan waarschijnlijk worden toegekend aan de glazen verpakkingen die niet gebroken waren. Een aanvullende analyse van de samenstelling van het RDF kan hier duidelijkheid over geven. Tijdens het fijn zeven (10 mm) raakt men ongeveer 16% van het glas kwijt. Dit zijn de fijne scherven. De overige verliezen zijn gering en zijn vaak te wijten aan te sterk vervuild glas en ongewenst spiegelglas (reject laser en optische scheider), en aan ongewenste glassoorten (kristalglas, thermisch glas, laboratoriumglas) bij de röntgenfluorescentie sorteermachine. Deze proeven laten dus zien dat er zo'n 50% van het aanwezige glas bij Attero Wijster kan worden nagescheiden. Waarschijnlijk kan dit rendement nog omhoog als er vers ONF direct wordt gezeefd en niet eerst wordt opgeslagen, zodat er minder agglomeraten van glasscherven en organisch materiaal ontstaan.

De precieze rendementen zullen die in de toekomst kunnen worden behaald zullen afhangen van de precieze configuratie van de scheidingsinstallatie, maar als voorlopige rendementsschatting kan 50-60% worden genomen. Aangezien Attero Wijster jaarlijks 650 kton gemengd huishoudelijk restafval verwerkt, met een brutoglasgehalte van 4%, betekent dit dat er een jaarproductie van 13-15 kton glasconcentraat in Wijster mogelijk is. Dit zou een stijging in het nationale recyclingpercentage van glas met zo'n 3% betekenen, in het geval een feitelijke verwezenlijking gelijk uitpakt aan de uitkomsten van deze proeven.



Figuur 10: Massaverdeling van het ingaande glas in het huisvuil over het hoofdproduct en de verliezen bij alle stappen.

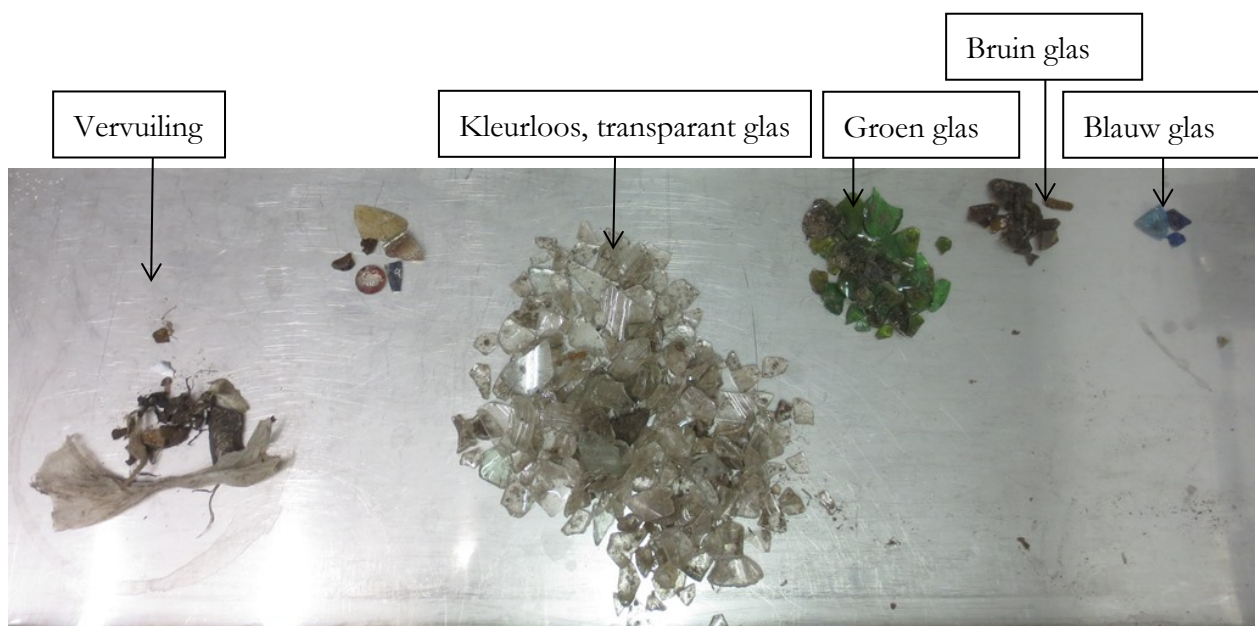
Een toekomstig proces gaat er iets anders uitzien dan het processchema dat getest is, omdat er nu bekend is dat de trilzeef tussen de ONF-zeef en de trommelzeef + windzifter weinig meerwaarde had. Op basis van de huidige inzichten, heeft processtechnoloog Oosting van Attero een voorlopige schets van een toekomstig proces getekend, zie Figuur 11.



Figuur 11: Blokschema van een toekomstig proces voor het nascheiden van glas uit huisvuil bij Attero Wijster.

3.6 Kwaliteit van het nagescheiden glas

Een verkennende sorteerproef (Figuur 12) liet zien dat geproduceerde glasconcentraat voor het grootste gedeelte uit kleurloze, transparante glasscherven bestaat en voor een klein gedeelte uit groen, bruin en blauw glas. Daarnaast was een beetje andere materialen (kunststoffolie, dennennaalden). Het goede nieuws is dus dat het grootste gedeelte inderdaad het gewenste kleurloze en transparante verpakkingsglas lijkt te zijn. Detail-analyses door GRL leverden een kwantitatief beeld op van de kwaliteit en de bruikbaarheid van dit glasconcentraat.



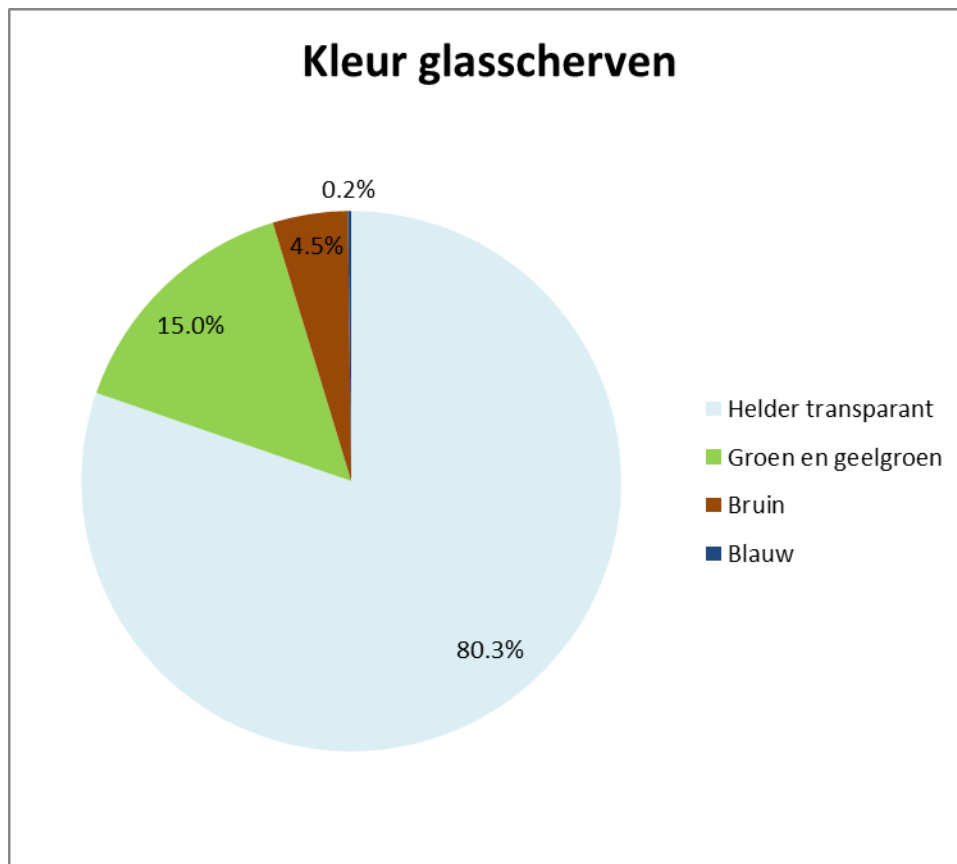
Figuur 12: Foto van een verkennende sorteerproef van het geproduceerde glasconcentraat.

GRL onderzocht bijna 150 kg van het nagescheiden glasconcentraat [Moermans 2015]. Alhoewel deze monstergrootte te gering is om definitieve uitspraken op te baseren, volgen er wel richtinggevend resultaten uit. In een volledige sorteeraanlyse werden de navolgende verontreinigingen aangetroffen:

- Keramiek, steen en porselein: 887 gram/ton
- Ferro-metalen: 153 gram/ton
- Non-Ferro metalen 239 gram/ton
- Kunststof 12766 gram/ton (oftewel 1,3%)
- Vreemd glas Niet aangetroffen

Uit deze sorteeraanlyse blijkt duidelijk dat deze kwaliteit glasconcentraat anders is dan uit de gescheiden inzameling van glasverpakkingen. Het gehalte keramiek, steen en porselein valt lager uit voor nagescheiden glas (minder als een promille) in vergelijking met gescheiden ingezameld glas uit Vlaanderen (rond 0,5%) en uit Nederland (sterk variërend).[GRL] Verder valt op dat het gehalte aan kunststof in nagescheiden glas aanzienlijk groter is dan in gescheiden ingezameld glas. Dit kunststof is transparant en relatief zwaar, zoals balpennen, autolamp-behuizingen, etc. Dit kunststof is lastig af te scheiden met alleen optische scheiders en daarom lijkt een additionele NIR scheider belangrijk. Dit hoge kunststofgehalte is ongewenst omdat glasbedrijven alleen glasscherven accepteren waarvan het kunststofgehalte onder de 60 gram/ton ligt (0,06 %). Aangezien glassorteerbedrijven momenteel geen NIR sorteerapparaten voor kunststof hebben, is het zinvol dat het kunststof op voorhand bij de nascheider wordt afgescheiden. Een te hoog kunststofgehalte verstoort het smeltproces bij de glasproducenten. De algemene productspecificatie voor ovenklare scherven laat een kunststofgehalte van maximaal 60 gram/ton toe (0,06 %).

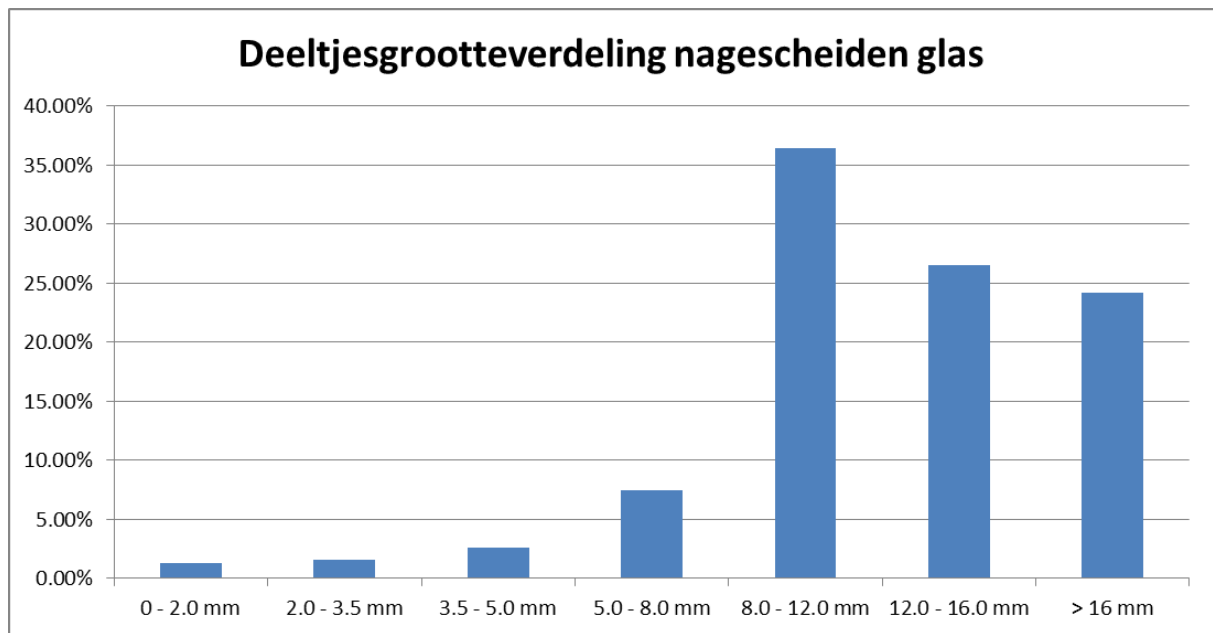
Verder lijkt het lage gehalte aan keramiek, steen en porselein op het eerste gezicht voordelig, dit hoeft het in de praktijk echter niet te zijn. In de navolgende verwerkingsstap bij het glassorteerbedrijf zal dit moeten worden verwijderd en dan speelt niet alleen de concentratie maar ook de aard en de verschijningsvorm hiervan een rol. In regulier gescheiden ingezameld verpakkingsglas is veel van het aanwezige keramiek, steen en porselein aanwezig in de vorm van scherven, deze gedragen zich vergelijkbaar als glasscherven in de optische sorteermachines en kunnen daardoor relatief makkelijk worden afgescheiden met de bestaande sorteerapparatuur. In het geval het nagescheiden glas relatief veel ovaalvormige en kiezelvormige stenen bevat, zullen die anders bewegen in de optische sorteermachine. Ze zullen niet glijden maar rollen, waardoor ze veel lastiger af te scheiden zijn met de bestaande apparatuur. Zodoende verdient het de aanbeveling om in de toekomst tijdens nieuwe proeven niet alleen naar de concentratie van steenachtige verontreinigingen te kijken, maar ook naar de aard en verschijningsvorm hiervan. Het kan namelijk betekenen dat er aangepaste sorteermachines voor nodig zullen zijn.



Figuur 13: samenstelling nagescheiden glasscherven naar kleur

Verder werden de glasscherven op kleur gesorteerd (Figuur 13). Het is opmerkelijk dat er voornamelijk kleurloos glas wordt nagescheiden. Eerdere visuele controles van Nedvang op glas in huisvuil lieten meer gekleurd glas zien. Herhalingsproeven zullen moeten uitwijzen of het hoge gehalte aan kleurloos transparant glas kenmerkend is voor nagescheiden glas of dat dit een eenmalige uitschieter in samenstelling is.

De deeltjesgrootteverdeling van de nagescheiden glasscherven wordt getoond in Figuur 14. De meeste scherven zijn groter dan 8 mm, hetgeen logisch is aangezien het gezeefd is met een trommelzeef met 10 mm maaswijdtes. Deze deeltjesgrootteverdeling is nauwelijks anders dan van gescheiden ingezameld glas.



Figuur 14: Deeltjesgrootteverdeling van het nagescheiden glas.

Tenslotte werden drie emmers van 10 kg chemisch geanalyseerd op de aanwezigheid van ongewenste elementen, hieruit volgde geen afwijkingen ten opzicht van normaal glas. Dus dit monster nagescheiden glasconcentraat bevatte geen ongewenste glassoorten als kristalglas, thermisch glas of laboratorium glas.

Uit al deze sorteertanalyses, deeltjesgrootteverdeling en chemische analyses blijkt dat het nagescheiden glas in veel opzichten lijkt op het gescheiden ingezamelde glas. In sommige opzichten is het iets minder vervuild met KSP (keramiek, steen en porselein) en in andere opzichten is het iets meer vervuild (kunststof). Verder is opvallend dat het nagescheiden glas voornamelijk uit transparant heldere glasscherven groter dan 8 mm bestaat. Voor de verdere ontwikkeling is het verminderen van het gehalte kunststof in het nagescheiden glas een aandachtspunt. Ook zal er nog in groter detail naar de aard en verschijningsvorm van de fractie keramiek, steen en porselein moeten worden gekeken. Voor de rest lijkt deze kwaliteit glas geschikt voor recycling in verpakkingsglas. Alhoewel hierbij aangetekend moet worden dat dit een indicatief resultaat is verkregen uit deze haalbaarheidstesten en dat er herhalingen nodig zijn om bevestiging van deze resultaten te verkrijgen.

3.7 Kostenschatting voor het nascheiden van glas

De kosten van het nascheidingsproces zijn ingeschat op basis van het proces zoals dat doorlopen is deze nascheidingstest. De basisveronderstellingen voor de kostenberekening staan in Tabel 1 vermeld. Bij het schatten van de investeringskosten is er vanuit gegaan dat de installatie in het bestaande gebouw van de huisvuilscheidingsinstallatie te Wijster zou kunnen worden ingebouwd, zodat er geen kosten voor een nieuw gebouw hoeven te worden opgevoerd. De investeringskosten werden geverifieerd met betrokkenen, omwille van de betrouwbaarheid van offertes van leveranciers, worden deze niet verder in detail opgesplitst en getoond. In deze investeringskosten zijn twee grote stelposten opgenomen voor bouwkosten en voor nieuwe lopende banden. Uit ervaring is bekend dat bij een verbouw in een bestaande installatie deze relatief posten hoog kunnen uitvallen. Bij een nieuwbouw situatie zijn de kosten voor het nieuwe gebouw hoog, maar zijn deze stelposten weer lager.

Er is afgesproken een kostenschatting te maken en geen uitgebreide kostenstudie. Zodoende hebben wij ook geen analyse gemaakt van de indirecte effecten van het nascheiden van glas op de verdere bedrijfsvoering. Mogelijk zijn er effecten als minder slijtage aan bewegende delen in de vergister en een efficiëntere verbranding. Dergelijke indirecte opbrengsten zijn niet meegenomen in de verkennende analyse omdat de opdracht een verkenning was en er dus geen budget was dergelijke ingewikkelde wisselwerkingen te bestuderen.

Tabel 1: Kernveronderstellingen voor de kostenberekening

Totale investeringssom installatie	6.200.000	[€]
Afschrijfduur	10	[jaar]
Rente	4%	[%]
Energiekosten per ton ingaand huisvuil	0.374	[€/ton ingaand huisvuil]
Verzekeringskosten	0,1%	[%]
Capaciteit installatie	500	[kton/jaar]
Aantal ploegen per week	5	[#/week]
Aantal werknemers per ploeg	1	[#]
Down time voor onderhoud, etc.	15%	[%]
Brutosalaris medewerker	35.000	[€/jaar]
Gehalte glas in huisvuil	4%	[%]
Afscheidingsrendement installatie	50%	[%]
Glasopbrengst	10	[€/ton]
Onderhoudskosten	4%	[% van de investering]

Het nascheidingsproces is sterk convergerend; vanuit een grote stroom huisvuil met een concentratie van rond de 4% glas, wordt een kleine stroom nagenoeg zuivere glasscherven bereid. Om de scheidingsmachines aan het einde van de opwerkketen nog met voldoende capaciteit glas te laten verwerken, moet het gehele proces met een voldoende grote capaciteit worden

uitgevoerd. Zodoende is hier gekozen om het proces uit te rekenen met een jaarcapaciteit van 500 kton huisvuil, zodat de XRF-scheider met een capaciteit van 1,6 ton per uur kan draaien.

Op basis van deze kernveronderstellingen kunnen de navolgende kosten en opbrengsten worden ingeschat:

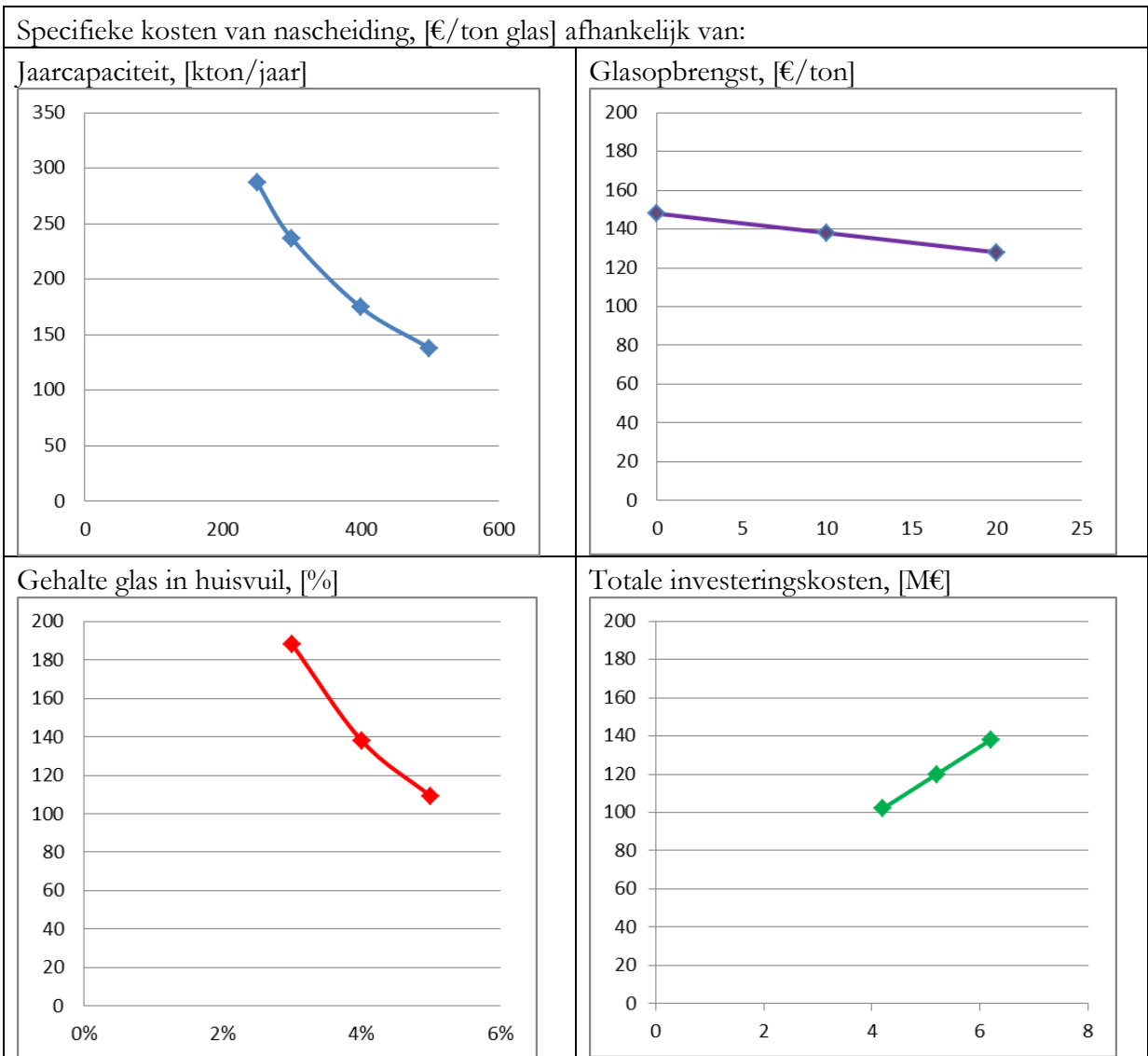
Totale jaarproductie glas	10	[kton]
Totaal verwachte opbrengst	100.000	[€]
Totale kosten	1.484.214	[€]
Netto resultaat	-1.384.214	[€]

Hierbij moet wel worden opgemerkt dat de opbrengst voor het glas is ingeschat op 10 €/ton. Aangezien er nog geen herhalingen zijn uitgevoerd waaruit de stabiliteit van de samenstelling en de verwerkbaarheid blijkt, is het onmogelijk om hier een beter onderbouwd oordeel over te geven. Gelet op de huidige volatiliteit in de prijs van ingezamelde glasscherven is 10 €/ton niet meer als een eerste inschatting.

Kortom, de specifieke kosten voor het nascheiden van glas bedragen ongeveer 138 €/ton glas. Uit een gevoeligheidsanalyse blijkt dat deze specifieke kosten sterk gevoelig zijn voor de jaarcapaciteit van de installatie, beperkt gevoelig zijn voor de vergoeding van het nagescheiden glas en sterk afhankelijk zijn van het gehalte glas in het huisvuil, zie Figuur 15 en Figuur 16. Er van uitgaande dat het proces altijd met maximale jaarcapaciteit zal worden uitgevoerd, zijn de gevoeligste parameters het glasgehalte in het huisvuil, de verwachte opbrengst en de totale investeringskosten. Op basis van de gevoeligheidsanalyse wordt de onzekerheid in de kosten dan op 50 €/ton geschat. De specifieke kosten voor het nascheiden van glas bedragen daarmee dan 140 ± 50 €/ton.

De gevoeligheidsanalyse herbevestigt dat het nascheiden van glas het beste kan worden uitgevoerd in een grote installatie met een hoog gehalte glas in het huisvuil. In het geval men de kosten van nagescheiden glas in de toekomst wenst te beperken, kan men aan de navolgende zaken denken:

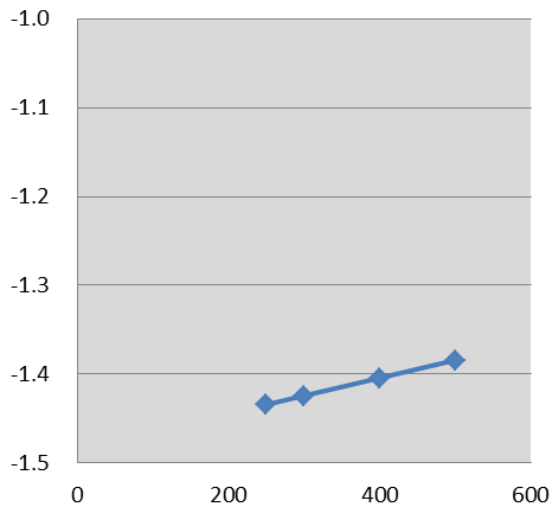
- De investeringskosten beperken door zo veel als dat mogelijk is gebruik te maken van bestaande ruimtes en apparatuur,
- Meerdere nascheidingsinstallaties een glasconcentraat laten aanleveren aan één optische voor-sorteerlijn zodat de capaciteit hiervan optimaal kan worden benut,
- Huisvuil na te scheiden met een hoog gehalte aan glas.



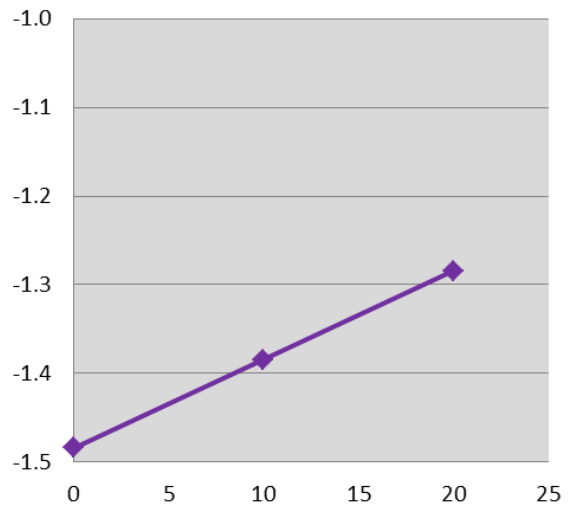
Figuur 15: Gevoeligheidsanalyse van de specifieke kosten van het nascheiden van glas ten aanzien van de jaarcapaciteit van de installatie (linksboven), de glasopbrengst (rechtsboven), het gehalte glas in het huisvuil (linksonder) en de totale investeringskosten (rechtsonder).

Netto resultaat nascheiding van glas, [Miljoen €/jaar] afhankelijk van:

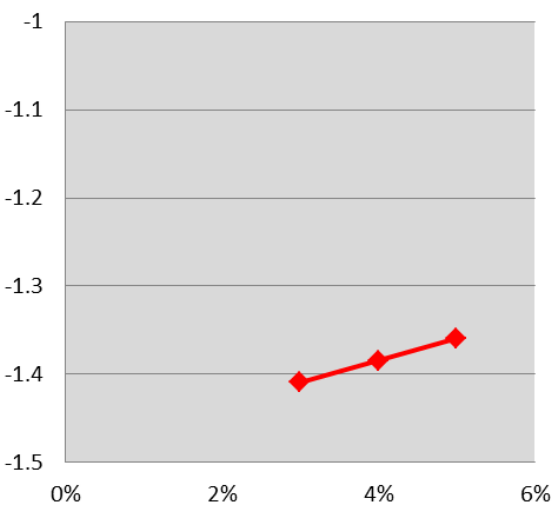
Jaarcapaciteit, [kton/jaar]



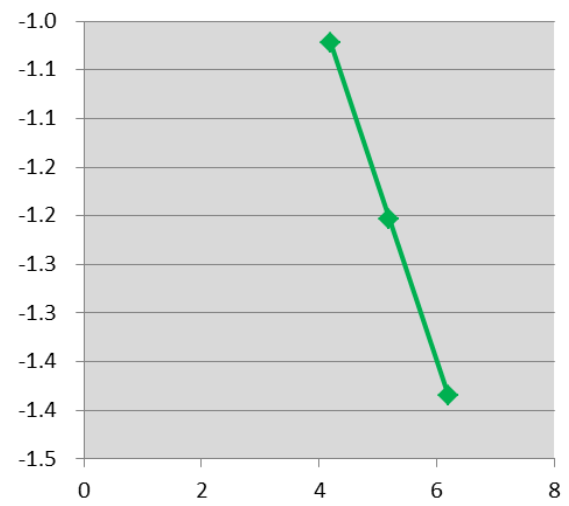
Glasopbrengst, [€/ton]



Gehalte glas in huisvuil, [%]



Totale investeringskosten, [M€]



Figuur 16: Gevoeligheidsanalyse van het netto jaarresultaat ten aanzien van de jaarcapaciteit van de installatie (linksboven), de glasopbrengst (rechtsboven), het gehalte glas in het huisvuil (linksonder) en de totale investeringskosten (rechtsonder).

4 Discussie

4.1 Verontreinigingen in de glasrecyclingketen

De huidige recyclingketen van gescheiden ingezameld verpakkingsglas heeft zich in de afgelopen veertig jaar stapsgewijs ontwikkeld tot de ingewikkelde keten die het nu is. De keten bestaat ruwweg uit drie stappen: gescheiden inzamelen, sorteren en glasproductie. De gescheiden inzameling zorgt voor een insleep van verontreinigingen die de glasrecycler¹ moet beteugelen, zoals steenachtig materiaal (KSP), andere glassoorten (thermisch glas, kristalglas, etc.) en andere materialen (kunststof, papier, hout, metaal). Terwijl de glasfabriek een zo zuiver mogelijk glasschervenproduct wil inkopen, om de continuïteit van zijn proces en de kwaliteit van zijn producten niet in gevaar te laten komen. Daarnaast zijn er kleur-gescheiden en kleur-gemengde inzamelsystemen, waarvoor andere sorteerprocessen moet worden gevolgd om vermarktbaar producten te maken. Bovendien zijn er andere bronnen van glasscherven (vlakglas, autoglas) waarvoor het lucratief kan zijn om de verschillende stromen te mengen ten einde voldoende lage concentraties van verontreinigingen te verkrijgen in de glasproducten.

Nagescheiden glas kan zich een plek verwerven in dit recyclingsysteem. Momenteel is er een relatieve krapte aan ingezameld glas, wat in uitdrukking komt in de relatief hoge prijzen voor ingezameld glas, terwijl er wel sorteer- en verwerkingscapaciteit beschikbaar is. Tegen nagescheiden glasconcentraten bestaat echter wel weerstand bij de glas verwerkende industrie. Deze algemene weerstand behelst dat de glasverwerkers vrees hebben dat glasscherven uit huisvuil meer ongewenst glas zullen gaan bevatten dan gescheiden ingezameld glas. Immers burgers worden opgeroepen hun verpakkingsglas gescheiden in te zamelen en hun andere soorten glas in het huisvuil te werpen. Vanuit die boodschap geredeneerd zou het logisch zijn dat er in het huisvuil meer ongewenst glas aanwezig is en dat dit dus ook in het nagescheiden concentraat terecht zou komen. Alhoewel dit project dit niet heeft aangetoond (er is geen vreemd glas in het monster van 150 kg aangetroffen) is dit niet overtuigend voor de glasindustrie. Hiervoor zullen eerst herhalingen moeten worden uitgevoerd en als blijkt dat de samenstelling constant blijft en er dus geen pieken in verontreinigingsniveaus zich voordoen, dan wordt deze stroom acceptabel (een aanvaardbaar risico) voor de glasindustrie.

4.2 Inpasbaarheid

De installatie van Attero Wijster zou maximaal zo'n 13 a 15 kton/jaar aan glasconcentraat kunnen produceren. Dat is voor een glassorteerbedrijf met een capaciteit van rond de 200 kton/jaar gering. Waarschijnlijk is het dan het meest gunstig voor een sorteerbedrijf om dit bij te mengen bij een kleur-gemengde stroom gescheiden ingezameld glas. Hierbij zal dan wel gelet moeten worden op de mengverhouding, zodat de capaciteit van de optische scheiders voor kleurloos glas niet overbelast en die voor groen en bruin glas niet onderbenut raken. Idealiter zou

¹ Glasrecycler is een sorteerbedrijf voor ingezameld glas volgens de terminologie van het Besluit verpakkingen.

er een toegesneden sorteerb企业 kunnen ontstaan voor nagescheiden glas. Een dergelijk sorteerb企业 zou de configuratie kunnen optimaliseren naar deze grondstof met zijn specifieke verontreinigingen en ook de optische kleurscheiders optimaal kunnen inzetten.

4.3 Implementeerbaarheid

De gebruikte nascheidingstechnologie is conventioneel en direct implementeerbaar.

Desalniettemin zijn er keuzes te maken in het procesontwerp die door verschillende ingenieurs anders gemaakt zullen worden, zoals rond de configuratie van de optische scheiders, de maasgroottes van de gebruikte zeven en het soort windzifter. Ook een droog-mechanische wasinstallatie kan na de zeefstappen nuttig zijn om de scherven te drogen en van aangehecht vuil te ontdoen. Uiteindelijk zullen vervolproeven hier duidelijkheid over moeten verlenen. Het huidige glasrendement is ongeveer 50% en de grootste verliezen zijn zeefverliezen. Het is denkbaar dat door een slimmere combinatie van mechanische belasting van het huisvuil en aanpassing van de zeefmaasgroottes dit rendement nog zal toenemen. In dat geval zou men na de ONF-zeef de overloop nogmaals mechanisch moeten belasten opdat de aanwezige grote glasscherven verder kapot slaan en uitgezeefd kunnen worden. Dit is theoretisch mogelijk, maar leidt waarschijnlijk wel tot hogere kosten, omdat dan een grote deelstroom van het huisvuil (> 70 mm) dit zal moeten ondergaan.

Bij de uitvoering van deze technische haalbaarheidsstudie is voorgezeefd materiaal van Attero opgeslagen in big-bags en na enkele weken bij Busschers verder onderworpen aan trommelzeven en windziften. Hierbij is organisch materiaal aangekoekt aan glasscherven, wat het rendement bij de optische sorteerstappen heeft verminderd. Mogelijk is dat het direct verder verwerken van het gezeefde huisvuil er toe zal leiden dat er minder organische materiaal aan de glasscherven zal hechten waardoor het afscheidingsrendement met nog enkele procenten zou kunnen stijgen.

4.4 Nascheiding als middel om de recyclingdoelstelling te halen

In het geval men de nascheiding van glas wenst te gebruiken om de recyclingdoelstellingen van Nederland te halen dan kan men berekenen dat het huidige deficit in de verpakkingsglasrecycling 61 kton is (op basis van de getallen van Nedvang van 2013). In het geval het technisch rendement voor het nascheiden van glas rond de 50% blijft en men dit deficit alleen met nascheiding wenst te bereiken, zal al het huisvuil in Nederland moeten worden onderworpen aan nascheiding. Dit is uiteraard fysiek niet mogelijk aangezien deze installaties momenteel ontbreken. Maximaal zou men ongeveer 20 kton kunnen verwachten voor de huidige Nederlandse nascheidingsinstallatie. Zodoende lijkt een gecombineerde aanpak van zowel enthousiasmering van de scheidende burgers voor de gescheiden inzameling en nascheiding realistischer.

5 Conclusies

Het is technisch mogelijk om glas uit huisvuil na te scheiden. Uit deze technische haalbaarheidstest blijkt dat ongeveer de helft van het aanwezige glas kan worden nagescheiden. De grootste verliezen treden op tijdens de zeefstappen van het huisvuil. De verkregen kwaliteit lijkt op basis van deze test geschikt om te recyclen als verpakkingsglas, echter het terugdringen van het gehalte kunststof (1,3%) is een aandachtspunt bij de verdere ontwikkeling. De specifieke kosten voor het nagescheiden van glas werden ingeschat op ongeveer 140 ± 50 €/ton glas en zijn afhankelijk van het gehalte glas in het huisvuil, de schaalgrootte, de opbrengst en de totale investeringskosten. Voor de acceptatie van het nagescheiden glas door de glasindustrie is het belangrijk dat er vervolgprouven worden uitgevoerd waaruit blijkt dat de samenstelling van het nagescheiden glasconcentraat constant in de tijd blijft in het bijzonder ten aanzien van potentieel storende verontreinigingen.

Verwijzingen

Dias, N., Teresa Carvalho M. Pina P. Minerals Engin. “characterisation of mechanical biological treatment reject aiming at packaging glass recovery for recycling. 2012 (29) 72-76.

Dias N., Maximo A., Belo N., Teresa Carvalho M Resources Conservation & Recycling “Packaging glass contained in the heavy residual fraction refused by Portugese Mechanical and Biological Treatment plants” 2014 (65) 98-105.

Dias N., Belo N., Maximo A., Teresa Carvalho M Journal of Cleaner Production “Recovery of glass contained in the heavy fraction of Portugese mechanical Biological Treatment Plants” 2014 (79) 271-275.

Dias N., Garrinhas I., Maximo A., Belo N., Roque P., Teresa Carvalho M Waste Management “Recovery of glass from the inert fraction refused by MBT plants in a pilot plant” 2015 in press. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2015.07.052>

Moermans, J. “Nagescheiden glas van Attero”, Bedrijfsrapportage van GRL aan Nedvang, Lummen 11 maart 2015.

Nedvang, Monitoring verpakkingen resultaten 2012

Nedvang, Monitoring verpakkingen resultaten 2013

Samenstelling van het huishoudelijk restafval, sorteeranalyses 2012, Rijkswaterstaat 2013 Utrecht

Dankbetuiging

Hierbij willen wij de opdrachtverlener Nedvang bedanken voor het in ons gestelde vertrouwen. Daarnaast willen wij iedereen die heeft bijgedragen aan het uitvoeren van de testen hartelijk bedanken. Martin Oosting van Attero en zijn medewerkers hebben in korte tijd veel werk verzet en glasconcentraat uit huisvuil bereid. Dick Daalwijk van Busschers heeft in de kerstvakantie ons nog geholpen met de windziftproeven. Philip Knopp, Johannes Stass en Philipp Gatzen van het Ti-tech onderzoekscentrum hebben ons goed en direct geholpen. Tenslotte heeft Johan Moermans van GRL het monster van nagescheiden glasconcentraat uitgebreid en snel geanalyseerd. Tenslotte heeft de heer Vanswartenbrouck van GRL ons enthousiast verteld over de duiding van deze analyseresultaten en potentiële betekenis voor glasindustrie.