

Ontwikkeling van een ballistische cascadescheider

Referentienummer 91-277
Dossiernummer 112322-20382
Datum juli 1991
NP

auteurs
F.G. Esmeijer ¹⁾
Ing. N. Snoek ²⁾

Bestemd voor
NOVEM
RIVM

¹⁾ TNO-IMET

²⁾ VISNO

Colofon

Contractnummer: 53.41-04010

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van de NOVEM in het kader van het Nationaal Onderzoekprogramma Hergebruik van Afvalstoffen (NOH).

Beheer en coördinatie van het N.O.H.-programma berusten bij:
NOVEM; Nederlandse Maatschappij voor Energie en Milieu B.V.
St. Jacobstraat 61, Postbus 8242, 3503 RE Utrecht, tel. 030- 36 34 44
contactpersoon: Ir. H.J.M Kruijdenberg, programmamanager N.O.H.

RIVM; Rijksinstituut voor Volksgezondheid en milieuhygiëne
Antonie van Leeuwenhoeklaan 9, Postbus 1, 3720 BA Bilthoven,
tel. 030- 74 31 66
contactpersoon: Ir. M. de Weerd, projectleider N.O.H.

Het N.O.H. geeft geen garantie voor de juistheid en/of volledigheid van gegevens, ontwerpen, constructies, produkten, of produktiemethoden voorkomend of beschreven in dit rapport, noch voor de geschiktheid daarvan voor enige bijzondere toepassing.

Het onderzoek is uitgevoerd door VISNO Machinefabriek B.V. in samenwerking met TNO - Instituut voor Milieu en Energietechnologie.

Meer informatie over dit rapport is te verkrijgen bij Ing. N. Snoek, VISNO B.V.
Pieter Goedkoopweg 2, 2031 EL Haarlem, tel. 023 - 31 92 50.

Exemplaren van het rapport zijn verkrijgbaar door overmaking van f 35,- inclusief BTW op postgiro 41 62 69 ten name van TNO-IMET ondervermelding van het referentienummer 91-277.

Samenvatting

Het scheiden van materialen die eenzelfde deeltjesgrootte hebben bezitten doch een verschil in hardheid hebben zijn met de huidige scheidingsmethoden niet of moeilijk te scheiden.

Door gebruik te maken van specifieke ballistische- en impacteigenschappen van de te scheiden materialen is een zogenaamde ballistische cascadescheider ontwikkeld.

Deze ontwikkeling is mogelijk geworden met behulp van financiële ondersteuning van het Nationaal Onderzoekprogramma Hergebruik van Afvalstoffen (NOH). Experimenten hebben aangetoond dat deze scheidingsmethoden goede resultaten geeft.

De inzet van een ballistische cascadescheider wordt voornamelijk voorzien in de afvalstoffen verwerking. Het systeem is economisch interessant.

Inhoudsopgave

Colofon	2
Samenvatting	3
1 Inleiding	5
2 Ontwikkeling	6
2.1 Bestaande scheidingssystemen	6
2.2 Ontwerp cascadescheiding	7
3 Experimenten	11
3.1 Scheidingsresultaten	11
3.2 Scheidingssysteem	12
3.3 Experimenten	13
3.4 Scheiding fractie < 50 mm	13
3.5 Steenscheiding uit een organische fractie	14
3.6 Scheiding kunststoffen uit papier	16
3.7 Scheiding non-ferro materialen van rubber, textiel	20
4 Economie	23
5 Conclusies	24
6 Aanbevelingen	25
7 Verantwoording	26

Bijlage 1 Ontwerptekening van de scheider

1 Inleiding

Het ontwikkelen van een cascadescheider op basis van ketsrollen is uitgevoerd door VISNO Machinefabriek B.V. in samenwerking met TNO-IMET. De ontwikkeling is financieel ondersteund door het N.O.H. (Nationaal Onderzoekprogramma Hergebruik van Afvalstoffen).

Omdat met behulp van de bestaande scheidingstechnieken bijvoorbeeld een ketsplaat geen goede afscheiding wordt verkregen tussen harde en zachte materialen bijvoorbeeld een zelfde deeltjesgrootte, is het idee ontstaan om een andere methode te ontwikkelen.

De basis van de cascadescheider wordt gevormd door een zogenaamd 'botsobject'. Bij botsing zullen harde deeltjes een ander gedrag vertonen dan zachtere deeltjes. Door nu dergelijke 'botsobjecten' in cascade te plaatsen kan een hoog scheidingsrendement behaald worden.

Bij de ontwikkeling van het apparaat is uitgegaan van een scheidingstoepassing voor afvalstoffen. Door de heterogeniteit van deze materialen is de behoefte voor de ontwikkeling van mechanische scheidingstechnieken groot. Een apparaat op basis van ketsrollen in cascade vorm, waardoor de scheiding herhaald wordt, lijkt als idee derhalve geschikt om te ontwerpen en beproeven.

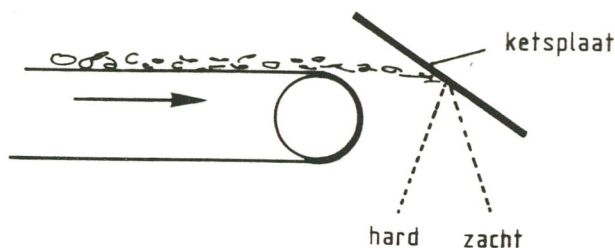
2 Ontwikkeling

Voor met de ontwikkeling van een ballistische cascadescheider werd aangevangen is de bestaande situatie voor het scheiden van afvalstoffen van eenzelfde deeltjesgrootte nader bepaald.

2.1 Bestaande scheidingssystemen

De belangrijk toegepaste scheidingssystemen zijn de ketsplaat en de ballistische scheider.

De ketsplaat is hieronder weergegeven.



De materiaalstroom botst tegen een stalen plaat.

De botssnelheid is afhankelijk van de snelheid van de transportband.

Al naar gelang de deeltjesgrootte, deeltjesvorm en de hardheid van de te scheiden materialen vindt een verdeling plaats.

Omdat bij -verkleinde- afvalstoffen de deeltjesvormen aanzienlijk kunnen verschillen is deze scheidingsmethode niet optimaal. Veelal vindt er een -geringe- concentrering van componenten plaats.

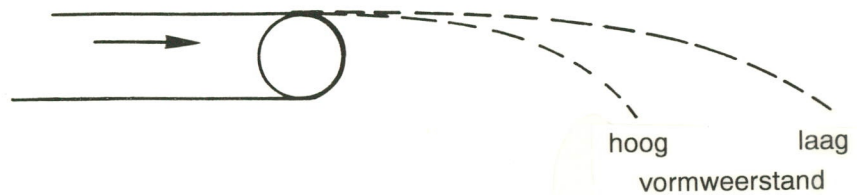
Een ander nadeel van dit systeem is dat bij te scheiden afvalstoffen organische materialen voorkomen of dat componenten met organisch materiaal zijn gecontamineerd.

Hierdoor treedt vervuiling op aan de ketsplaat waardoor het scheidingseffect sterk afneemt.

De effectiviteit van deze scheidingsmethode is in praktijkomstandigheden dan ook gering.

Ontwikkeling van een ballistische cascadescheider

Bij de ballistische scheider wordt gebruik gemaakt van verschillen in vormweerstand van de bewegende deeltjes in lucht. De bewegingsenergie van het deeltje wordt gedissipeerd door de wrijvingsenergie. Deeltjes met een gunstige verhouding van wrijvingsoppervlak/massa zullen een andere baan beschrijven dan deeltjes met een ongunstige verhouding. Het ballistische effect is als volgt:



Een combinatie van beide scheidingstechnieken, te weten de botsingsmethode en het ballistische effect, liggen ten grondslag aan het ontwerp van de ballistische cascadescheider.

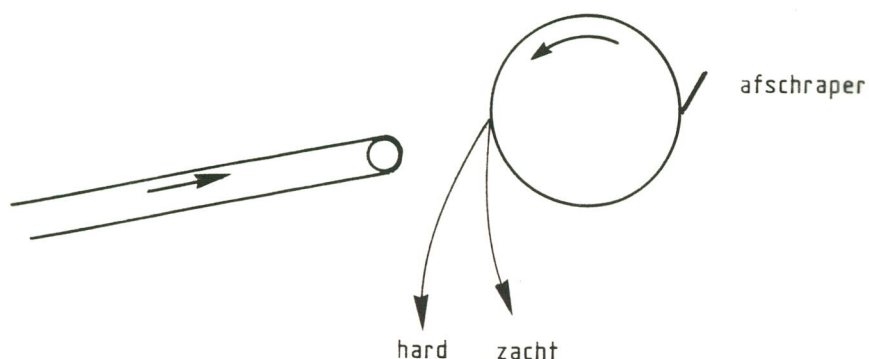
2.2 Ontwerp cascadescheider

Allereerst is de bekende ketsplaat gewijzigd.

Hiertoe is een aangedreven metalen rol ontworpen waarbij door het plaatsen van een afschraper aangroei wordt voorkomen. Het aanrakingsoppervlak van een deeltje op een rol is echter laag. Derhalve dient een rol met een grote diameter te worden toegepast.

Omdat de omlaag vallende deeltjes nog een zekere snelheid bezitten kan de scheiding door een tweede rol aan te brengen worden herhaald. De plaats van deze rol is zodanig dat zachte delen met de draairichting van de rol meegevoerd kunnen worden.

Het scheidingssysteem nr. 1 werd als volgt opgezet:



Figuur 1 Scheidingssysteem nr. 1

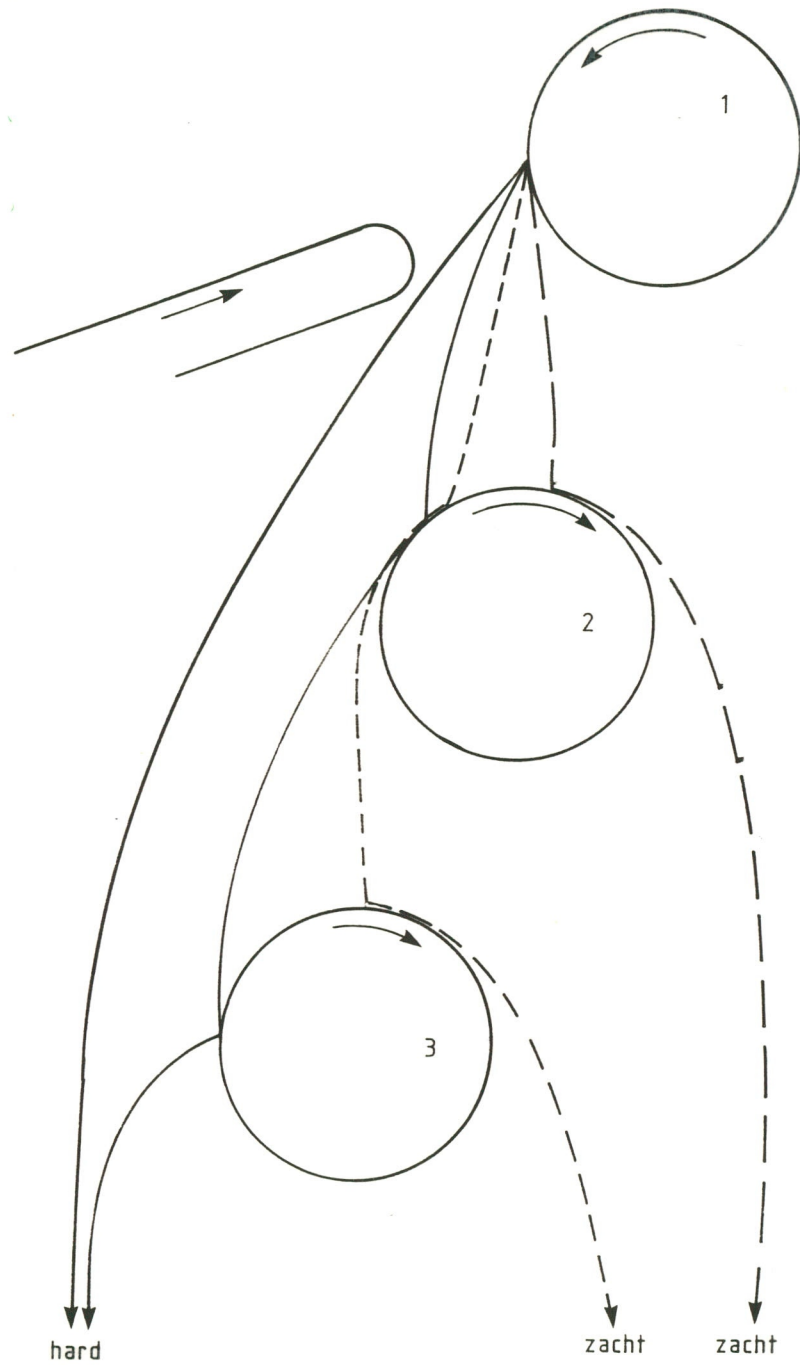
De experimenten worden in hoofdstuk 3 besproken.

Met behulp van het wijzigen van de transportbandsnelheid kan de scheidingsscherpte worden beïnvloed.

Geconstateerd werd dat, evenals bij een ketsplaatscheider er wel een concentrering van de harde fractie plaatsvindt doch dat de scheiding nog onvoldoende was.

Daarna is het systeem uitgebreid door een tweede en een derde scheidingsrol toe te voegen waardoor de scheiding wordt herhaald en de componenten van de harde fractie een herkenden krijgen.

Het scheidingssysteem nr. 2 is in figuur 2 weergegeven.

Ontwikkeling van een ballistische cascadescheider*Figuur 2 Scheidingssysteem nr. 2*

Ontwikkeling van een ballistische cascadescheider

Door de serieschakeling van meerdere scheidingsstappen mag een hoger scheidingsrendement verwacht worden. Door de ketsrollen 2 en 3 horizontaal verplaatsbaar uit te voeren zijn instelmogelijkheden gecreëerd naar gelang de te scheiden afvalstoffen. De experimenten worden in hoofdstuk 3 besproken.

Op grond van de proeftesten is besloten een eerste generatie cascade ketsscheider te bouwen en te beproeven.

3 Experimenten

De scheidingsexperimenten met het scheidingssysteem nr. 1 zijn uitgevoerd met een fractie uit huishoudelijk afval. Hiertoe is de fractie < 50 mm toegepast afkomstig van de sorteerscheidingsinstallatie uit Amersfoort.

Deze fractie bevat 60% glas, 30% organische materialen en het restant wordt gevormd door papier en kunststoffen.

Als geheel mag deze fractie niet te Amersfoort worden gestort (te veel brandbare materialen) zodat scheiding noodzakelijk is.

Proefuitvoering; scheidingssysteem 1.

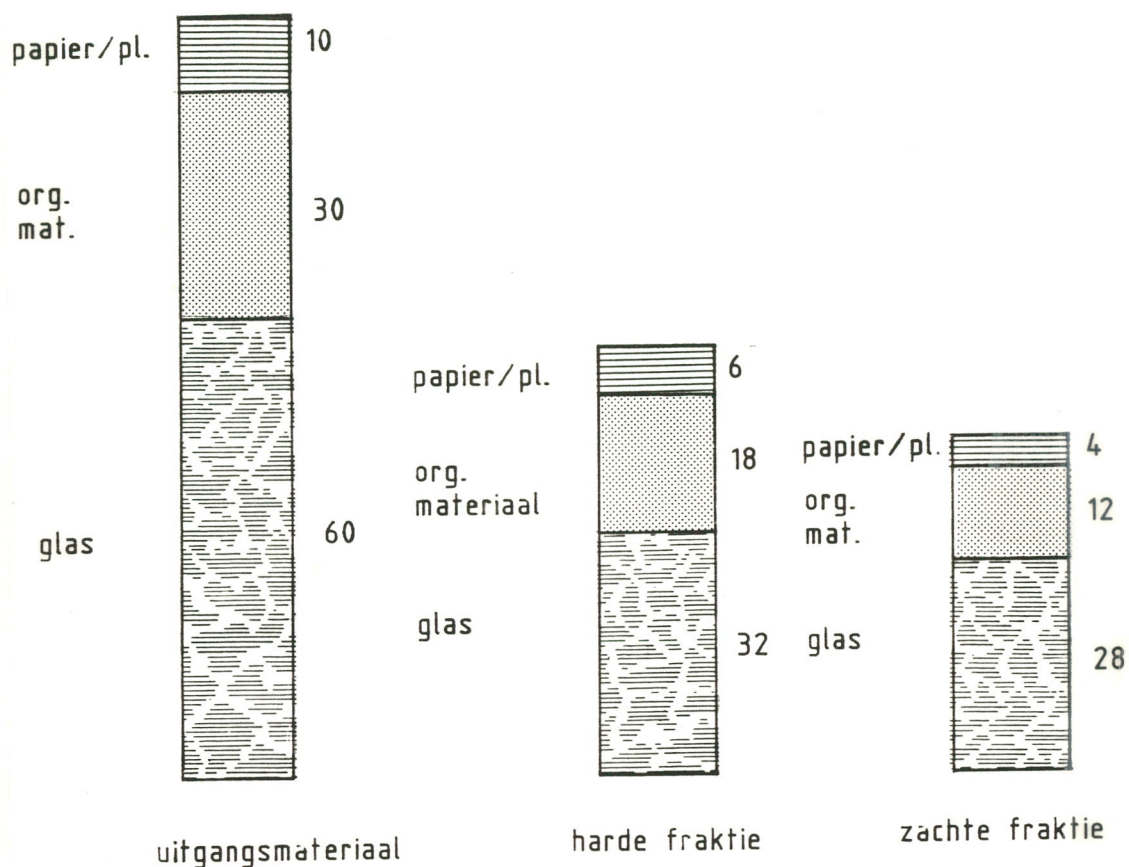
3.1 Scheidingsresultaten

Na diverse instellingen van de apparatuur werden de proevenserie afgesloten. In figuur 3 zijn de resultaten van de proef met de hoogst haalbare scheidingsresultaten met het scheidingssysteem 1 weergegeven.

Toelichting.

De scheiding bleek niet succesvol. De verdeling van de verschillende fracties is ongeveer gelijk. In vergelijking met de klassieke ketsplaat wordt er geen beter scheidingsresultaat bereikt.

Ontwikkeling van een ballistische cascadescheider



Figuur 3 Resultaten scheidingssysteem 1

3.2 Scheidingssysteem 2

Bouwfase

De ontwerp- en bouwfase is voorafgegaan door een brainstormsessie waarbij betrokkenen aan de hand van modellen de scheidingsoptie hebben bepaald. In de bouwfase is het ontwerpmodel dusdanig aangepast dat inzet ten behoeve van afvalstoffen mogelijk werd.

In bijlage 1 is een ontwerptekening van de scheider opgenomen.

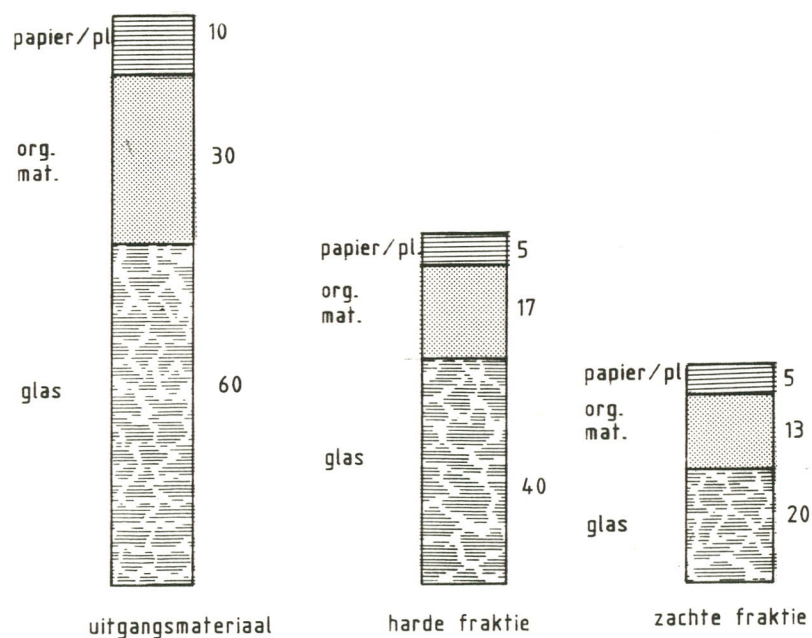
3.3 Experimenten

Met de volgende afvalstoffen zijn scheidingsexperimenten uitgevoerd:

- fractie < 50 mm, zie ook hoofdstuk 3.1
- steenscheiding uit een organische fractie
- harde kunststoffen, papier/karton
- non-ferro metalen, rubber en textiel

3.4 Resultaten scheidingsexperimenten fractie < 50 mm

In eerste instantie werden scheidingsresultaten bereikt zoals weergegeven in figuur 4.

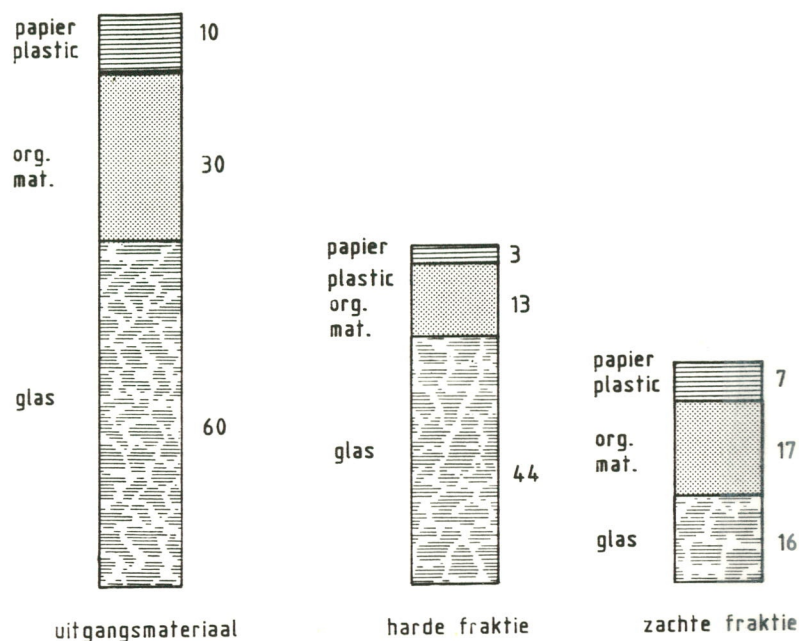


Figuur 4 Resultaten met scheidingssysteem 2

Hoewel het scheidingsrendement iets beter is dan van scheidingssysteem 1, is het resultaat nog niet erg overtuigend.

Na optimalisatie van de onderlinge afstanden van de ketsrollen werden resultaten bereikt zoals weergegeven in figuur 5.

Ontwikkeling van een ballistische cascadescheider



Figuur 5 Resultaten systeem 2 bij optimale afstelling

Toelichting

Met behulp van deze scheidingsmethode blijkt dat een aanzienlijke concentrering van de diverse componenten uit de fractie < 50 huishoudelijk afval kan worden bereikt.

De effectiviteit van de scheiding is afhankelijk van het gestelde doel.

De gemeente Amersfoort stelt als doel een anorganische fractie en een organische fractie te produceren. De anorganische fractie mag alleen worden gestort als het gehalte organisch laag is. Specifieke percentages worden niet gegeven. Deze vaststelling gebeurt visueel.

Het bleek dat de 'harde' fractie als stortbaar werd beschouwd.

Ten aanzien van zuiverheid kan worden gesteld dat de kwaliteit van de harde fractie alleen kan worden verbeterd door de scheiding te herhalen.

Omdat de scheidingsdoelstelling was gerealiseerd is deze optie verder niet uitgewerkt.

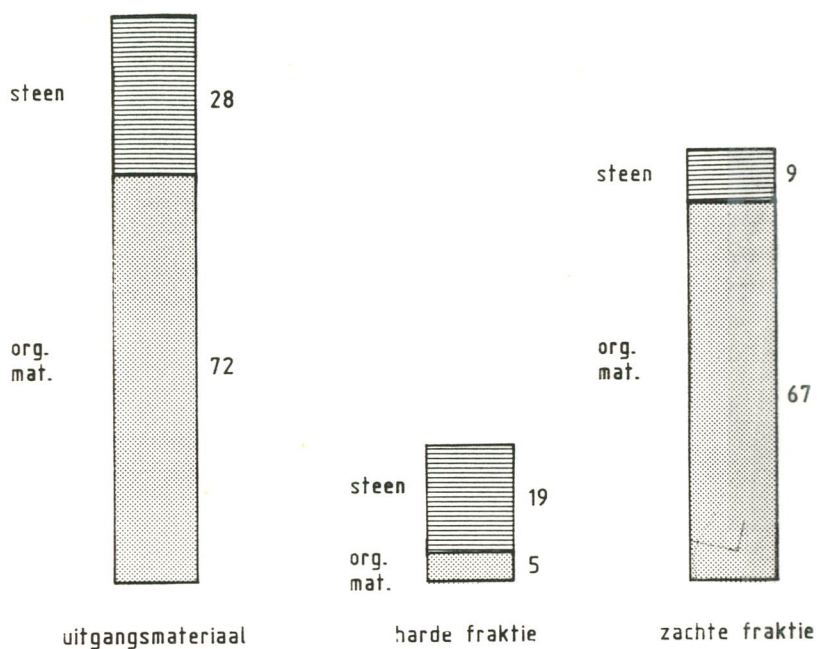
3.5 Steenscheiding uit een organische fractie

De toepassingsmogelijkheden van organisch gecomponeerd materiaal zijn mede afhankelijk van de verontreinigingen.

Steen is een der belangrijkste negatieve componenten hierin.

Scheiding van steen uit organisch materiaal lijkt op grond van ballistische eigenschappen goed mogelijk. Bij de proefuitvoering is vooral aandacht besteed aan scheiding van 'grotere' stenen die het compostprodukt visueel verontreinigen.

De scheidingsresultaten zijn weergegeven in figuur 6 proef 1.



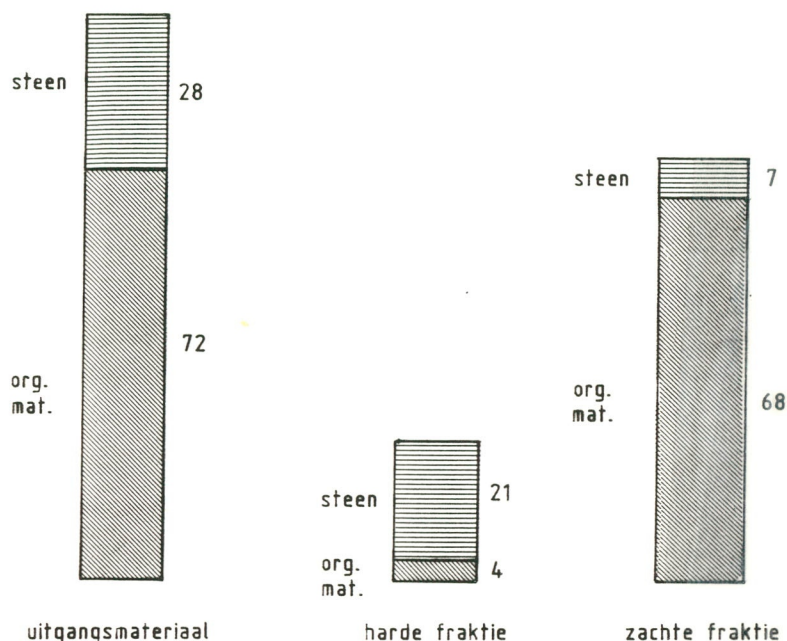
Figuur 6 Scheidingsresultaten met mengsel steen en organisch materiaal (systeem 2, bandsnelheid 3,8 m/s)

Het scheidingsrendement op steen bedraagt 68%.

Door het wijzigen van de afstanden van de cascaderollen werd de scheiding nauwelijks verbeterd.

Met het verhogen van de snelheid van de aanvoertransportband van 3,8 tot 4,6 m/s werd wel een aanzienlijke verbetering bewerkstelligd. (zie figuur 7).

Ontwikkeling van een ballistische cascadescheider



Figuur 7 Scheidingsresultaten met mengsel steen en organisch materiaal (systeem 2 bandsnelheid 4,6 m/s)

Steen wordt voor 75% afgescheiden. Dit scheidingsrendement is wel afhankelijk van de deeltjesgrootte. Door een analyse op steengrootte werd vastgesteld dat steen < 5 mm in de zachte fractie nog voor 38% aanwezig waren. Dit houdt in dat het afscheidingspercentage voor steen > 5 mm groter dan 75% bedraagt. Het verlies aan organische fractie bedraagt 5,6%.

Toelichting

Door de goede afscheidingsmogelijkheden voor steen wordt voorzien dat deze scheidingsmethode toepasbaar is voor gecomposteerde materialen. Omdat de experimenten op pilot-plant schaal zijn uitgevoerd, cap. circa 1 ton/uur, is optimalisatie in praktijkomstandigheden noodzakelijk.

3.6 Scheiding kunststoffen van papier

Omdat het scheiden van harde kunststoffen van papier/karton bij een zelfde deeltjesgrootte met behulp van ziften slechts een gering scheidingsresultaat geeft, zijn scheidingsexperimenten met de cascadescheider uitgevoerd.

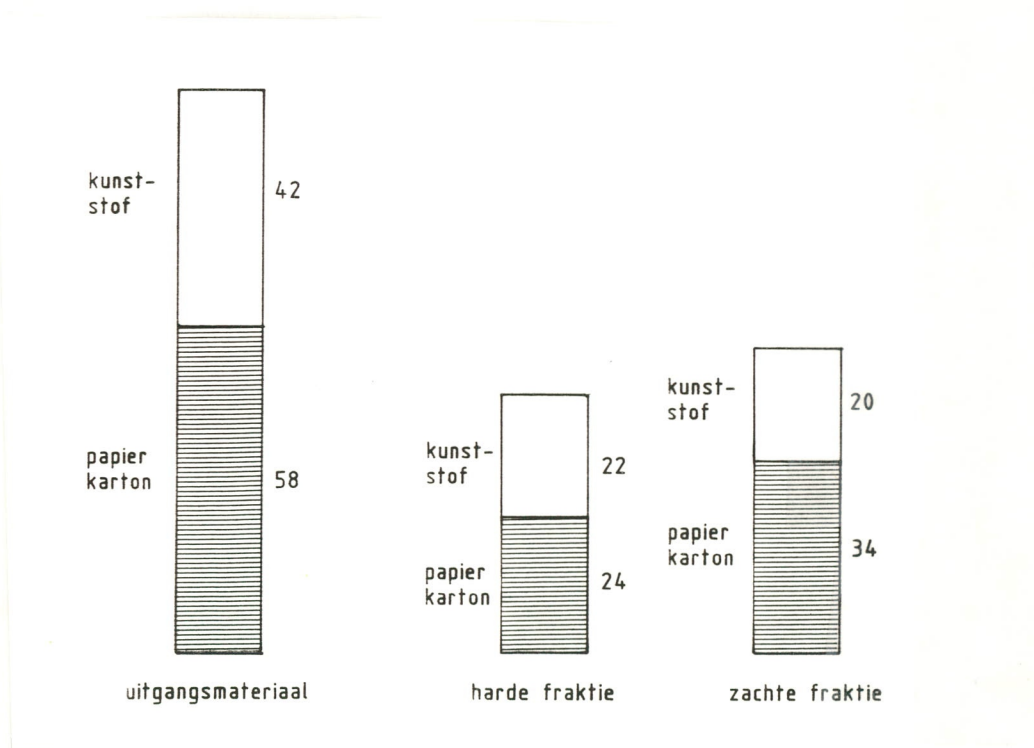
Met een stijgzifter, werd de lichte fractie afgescheiden. Hierdoor werd kunststoffractie en licht papier (kranten en dergelijke) uit de materiaalstroom verwijderd.

Ontwikkeling van een ballistische cascadescheider

De resterende fractie werd gevormd door de volgende componenten

- harde kunststoffen
 - flessen
 - bakjes
 - bloempotten
 - speelgoed
 - dozen
- papier/karton
 - -dikke- kranten
 - tijdschriften
 - reclame materiaal
 - kartonnen dozen
 - kartonnen verpakkingen
 - blisters
 - drankkartons

De scheidingsresultaten zijn in figuur 8 weergegeven

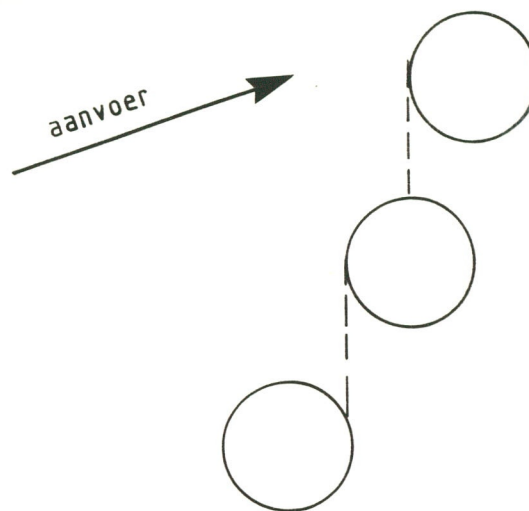


Figuur 8 Scheidingspresentatie mengsel harde kunststof en papier/karton (systeem 2)

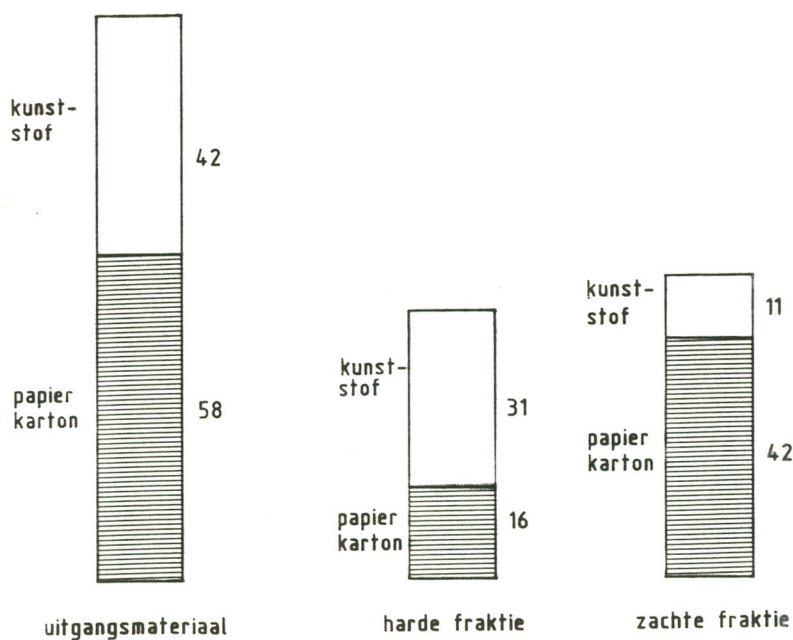
Deze scheidingsresultaten waren beneden het te verwachten resultaat.

Ook naar variatie van de snelheid van de transportband waren de scheidingsresultaten nauwelijks beter.

Besloten werd om de uiterste verstelmogelijkheden van de cascaderollen te beproeven. De instellingen van de cascaderollen hadden schematisch de volgende afstanden.

Ontwikkeling van een ballistische cascadescheider*Figuur 9 Uiterste opstelling van de cascaderollen*

De onderste cascaderol was zodanig geplaatst dat bij een hoge aanvoersnelheid de transportband kunststoffen sec gescheiden moesten worden. Dit gaf een redelijke verbetering van de scheidingsresultaten (zie figuur 10).

*Figuur 10 Scheidingsresultaten mengsel kunststoffen en papier/karton (systeem 2) bij uiterste stand van ketsrollen*

Ontwikkeling van een ballistische cascadescheider

De scheidingsresultaten zijn bij deze proef nog niet optimaal.

Overwogen werd om een zuigzifter tussen de 2e en de 3e cascaderol te installeren. Omdat echter op dit punt zware stukken karton en tijdschriften en dergelijke passeren werd verwacht dat een dermate hoge luchtsnelheid nodig was dat ook kunststoffen uit de scheidingsbaan zouden worden aangezogen.

Een verbetering van de scheiding werd verkregen door verplaatsing van de transportband. Door wijziging van de hellingshoek naar meer horizontaal kon een wat betere scheiding worden bereikt.

De resultaten van deze scheidingsoptie zijn, bij uitvoering van de cascaderollen volgens figuur 9 en een hellingshoek van de transportband van 15°, in figuur 11 weergegeven.



Figuur 11 Scheidingsresultaten mengsel van kunststoffen en papier/karton (systeem 2) met horizontale toevoerband

Toelichting

De scheiding van papier/karton van harde kunststoffen is met de cascadescheider mogelijk, doch het scheidingsrendement is voor deze fractie niet groot genoeg. Toepassing van beide scheidingsfracties is daardoor beperkt mogelijk. Ondanks dat het scheidingsrendement 80% is moet de scheiding slechts als een concentrering van componenten worden gezien.

In de harde fractie komen papier/karton componenten voor die waarschijnlijk ook niet met andere scheidingstechnieken zijn af te scheiden. Deze componenten zijn: tijdschriften en drankverpakkingen. Bekend is dat bij de fabricage van kunststoffen een bepaald percentage papier kan worden toegevoegd.

Nagegaan moet worden of deze 'harde fractie' voor dit doel geschikt is.

3.7 Scheiding non-ferro metalen van rubber, textiel

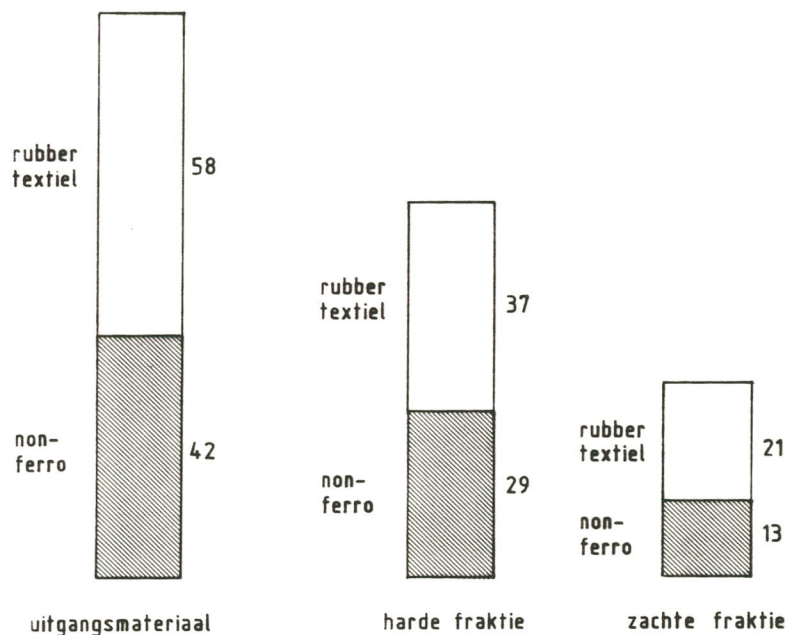
In een auto-shredder fractie komen componenten van velerlei aard voor. Afscheiding van materialen die in een hergebruikscircuit kunnen worden opgenomen, waarvan non-ferro de belangrijkste is, stuit op technische moeilijkheden.

Toegepast worden natte scheidingsmethoden, zoals drijf-zink, en droge zoals Eddy-Current.

Beide methoden vergen veel energie, hoge investeringskosten en niet voor alle non-ferro componenten selectief.

Toepassing van een cascade separator als scheider of voor het concentreren van een non-ferro materiaalstroom is nader onderzocht.

De resultaten van deze experimenten zijn in figuur 12 weergegeven.



Figuur 12 Scheidingsresultaten van mengsel rubber/textiel en non-ferro

Bij deze standaard opstelling van de cascadescheider is slechts sprake van enige concentrering van non-ferro's.

De 'zachte fractie' wordt nauwelijks gescheiden.

Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door de harde stukken rubber. Deze ketsen van de 1e ketsrol direct naar de harde fractie.

Wel worden zachte componenten zoals textiel en schuimrubber afgescheiden.

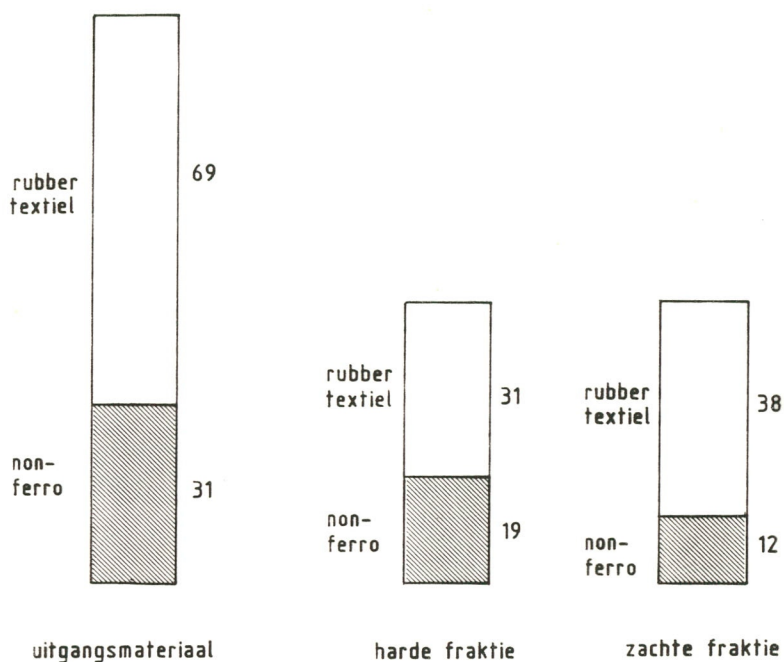
Ontwikkeling van een ballistische cascadescheider

Tevens werden in de zachte fractie non-ferro metalen aangetroffen < circa 15 mm. Het uitgangsmateriaal werd gezeefd op 15 mm en met de fractie > 15 mm werd dezelfde scheidingsproef herhaald. De resultaten zijn weergegeven in figuur 13.

Zeefproef

< 15 mm 33%

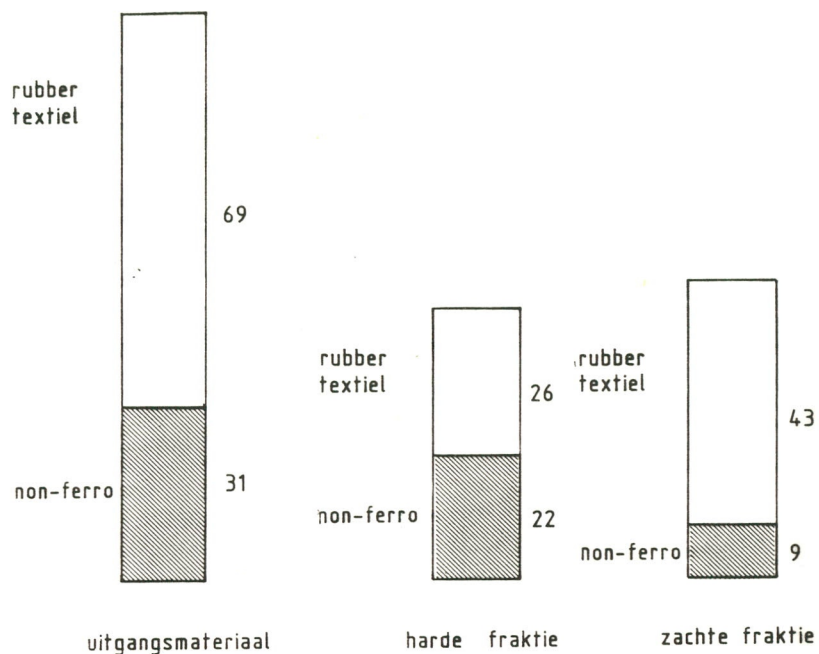
> 15 mm 67%



Figuur 13 Scheidingsresultaten van mengsel rubber/textiel en non-ferro met fractie > 15 mm

Bij de zachte materialen trad een verdeling op en bij de harde materialen was er sprake van enige concentrering.

Als gevolg van deze relatief slechte scheiding werd de cascadescheider ingesteld volgens de gegevens bij 2.6 (uiterste stand ketsrollen en 'horizontale' toevoer). De resultaten zijn weergegeven in figuur 14.

Ontwikkeling van een ballistische cascadescheider

Figuur 14 Scheidingsresultaat met mengsel rubber/textiel en non-ferro bij uiterste stand ketsrollen en 'horizontale' toevoer

De op deze wijze verkregen scheiding dient als maximaal haalbaar met deze uitvoering van de cascadescheider te worden beschouwd.

Met een tweede generatie cascadescheider, waarbij bijvoorbeeld de ketsrollen een grotere diameter hebben wordt verwacht dat de scheiding van non-ferro metalen kan worden verbeterd.

4 Economie

De inzet van een cascadescheider in scheidingsprocessen kan economisch een interessante optie zijn.

Aan de hand van een vergelijking van twee scheidingssystemen wordt een economische evaluatie gemaakt. In beide gevallen geldt een capaciteit van ca. 10 ton/uur.

Te scheiden materiaal: steen uit gecomposteerd organisch materiaal, bijvoorbeeld slib of GFT compost.

	cascadescheider f	stijgzifter f
investeringen circa	150.000	300.000
afschrijving 25%	37.500	75.000
energieverbruik	10.000	30.000
onderhoud 5%	<u>7.500</u>	<u>15.000</u>
extra onderhoud door aankoeien van materiaal 10%	-	30.000
—		
jaarlijkse kosten	55.000	150.000
kosten per ton bij 1600 uur/jaar	3,40	9,40

Het scheidingsrendement is voor beide systemen nagenoeg gelijk

5 Conclusies

Het onderzoek naar de ontwikkeling van een ballistische cascadescheider leidt tot de volgende conclusies:

- Het is mogelijk gebleken om een scheidingsapparaat te construeren op basis van ballistische- en ketsscheidingsprincipes.
- Het afscheiden van materialen met eenzelfde deeltjesgrootte en verschillende dichtheden is mogelijk gebleken.
- Het afscheidingsrendement is in vergelijking met soortgelijke methoden (ketsplaat) vergelijkbaar of hoger.
- De ballistische cascadescheider is geschikt voor harde en zachte materialen, bovendien treedt geen versmering of vervuiling van de apparatuur op.
- De ballistische cascadescheider is economisch beter inzetbaar dan bijvoorbeeld een stijgzifter.

6 Aanbevelingen

Omdat de ontwikkeling van de ballistische cascadescheider als een eerste generatie produkt moet worden beschouwd, worden ter optimalisatie de volgende aanbevelingen gedaan:

- Bouw van een ballistische cascadescheider met brede ketsrollen.
Omdat ieder deeltje apart tegen de ketsrollen moet worden geworpen is de breedte ervan van belang voor de capaciteit.
- Bouw van een tweede generatie cascadescheider met vier of vijf ketsrollen.
De scheiding kan zich hierdoor meermalen herhalen wat het scheidingsrendement wellicht ten goede komt.
- Bouw van een tweede generatie cascadescheider met twee ketsrollen.
Door toepassing van ketsrollen met een zeer grote diameter (> 1 m) wordt voorzien dat zachte materialen meer selectief kunnen worden afgescheiden.

7 Verantwoording

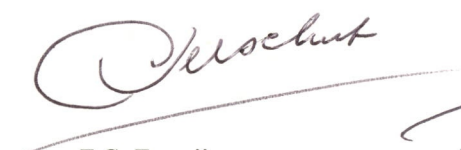
Naam en adres van de opdrachtgever
NOVEM en RIVM

Namen en functies van de medewerkers
F.G. Esmeijer
Ing. N. Snoek

Namen van instellingen waaraan een deel van het onderzoek is uitbesteed
VISNO B.V.

Datum waarop, of tijdsbestek waarin, het onderzoek heeft plaatsgehad

Ondertekening



F.G. Esmeijer
onderzoekleider

Goedgekeurd door



Ir. B.L. van der Ven
werkgroep leider

Bijlage 1 Ontwerptekening van de scheider

