

# Quickscan CO<sub>2</sub>-effecten inzameling integraal / deelfracties huishoudelijk afval (kunststof, glas, textiel, papier, gft en hout) voor Rotterdam

CO<sub>2</sub> balansen voor 10 verwerkingsalternatieven

in opdracht van Roteb

Bart Krutwagen  
Harry van Ewijk  
Niels Jonkers

Eindrapport

Amsterdam, 17 juli 2009



IVAM

Research and consultancy on sustainability

Plantage Muidersgracht 14, 1018 TV Amsterdam - Postbus 18180 - 1001 ZB Amsterdam

Tel. 020-525 5080, Fax 020-525 5850, internet: [www.ivam.uva.nl](http://www.ivam.uva.nl), e-mail: [office@ivam.uva.nl](mailto:office@ivam.uva.nl)

## Colofon

ISO Doc. nr.	0923v
Titel	“Quickscan CO <sub>2</sub> -effecten inzameling integraal / deelfracties huishoudelijk afval (kunststof, glas, textiel, papier, gft en B-hout)” voor Rotterdam, IVAM UvA BV, 2009
Auteur(s)	B. Krutwagen, H. van Ewijk, N. Jonkers

Deze rapportage is tot stand gekomen/Onderzoek uitgevoerd in opdracht van Roteb  
Contactpersoon opdrachtgever: Roelof te Velde

Voor meer informatie over deze rapportage kunt u contact opnemen met:  
B. Krutwagen of H. van Ewijk, 020-525 5080

Gegevens uit deze rapportage mogen alleen worden overgenomen na toestemming van Roteb en IVAM en onder uitdrukkelijke bronvermelding.

IVAM UvA B.V. aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

# Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	1
Voorwoord	2
Leeswijzer	2
Samenvatting	4
1. Vraagstelling en aanpak	5
2. Beoordeelde scenario's	9
3. Resultaten	12
4. Conclusies	26
5. Literatuur	28

## Voorwoord

Vanaf 1 januari 2010 moeten gemeenten kunststof verpakkingsafval verwijderen uit het restafval. Voor gemeenten is het van belang de meest relevante milieuaspecten van de verschillende alternatieven duidelijk in beeld te hebben. Roteb wil daarom inzicht verkrijgen in CO<sub>2</sub>-effecten van verschillende typen verwerking van kunststof verpakkingen uit huishoudelijk afval in Rotterdam. Om een totaalbeeld te krijgen is Roteb naast deze focus op kunststof, tevens geïnteresseerd in de CO<sub>2</sub>-effecten van verwerking van de deelfracties glas, textiel, papier, gft en B-hout.

Roteb wil, op basis van eerder uitgevoerde onderzoek, zien hoe dergelijke resultaten voor Rotterdam uitpakken. Roteb heeft daarom IVAM gevraagd een quickscan uit te voeren waarin de CO<sub>2</sub>-effecten van integrale en separate inzameling van deelfracties voor Rotterdam worden berekend.

Deze quickscan moet een globaal antwoord geven op wat de milieuwinst is, indien de gemeente Rotterdam zou overstappen op een bepaalde vorm van kunststof afval scheiding. Deze vraag is relevant in het licht van het Besluit Verpakkingen waarin gemeenten wordt gevraagd hiertoe over te gaan. Om het beeld compleet te maken worden ook de CO<sub>2</sub>-effecten van het al dan niet scheiden van de deelfracties glas, textiel, papier, gft en B-hout meegenomen in deze quickscan.

De milieuscan biedt een denkmodel dat gebruikt kan worden om te beslissen of, en zo ja welke, opties voor scheiden van kunststoffen in de situatie van Rotterdam relevant zijn om verder tegen het licht te houden.

## Leeswijzer

Deze rapportage heeft het karakter van een “executive summary” en claimt dus niet volledig te zijn. Zij is bedoeld als ondersteuning van en toelichting op de resultaten uit de milieuscan. Hoewel de resultaten uit deze scan met de grootste zorg zijn berekend, moeten de resultaten met enige terughoudendheid worden beoordeeld. Zij geven een goed indicatief beeld van de verwerkingsalternatieven, maar laten niet toe om harde conclusies op detailniveau te trekken. In hoofdstuk 3 zal in de discussie aangegeven worden in hoeverre uit de resultaten conclusies te trekken zijn.

**Begrippenlijst**

AVI	Afvalverbrandingsinstallatie
B-hout	Houtafval, bestaande uit geveerd en gelakt hout, plaatmaterialen etc.
Brengsysteem kunststof	burgers leveren het afval aan op speciale brengpunten (zoals bij glas- papier en textielinzameling)
Bronscheiding van kunststof	het kunststof afval wordt door de huishoudens zelf gescheiden uit het restafval
Folies	folies om tijdschriften, plastic tassen, pasta- en rijstzakken
Haalsysteem kunststof	bij een haalsysteem wordt het kunststof afval gescheiden aangeleverd (zoals bij inzameling van restafval)
integrale inzameling	het kunststof wordt niet gescheiden van het restafval maar integraal ingezameld samen met het restafval (N.B. dit is de huidige situatie in Rotterdam)
KFF	kunststof flessen en flacons (kff), denk hierbij aan kleine drankflesjes, shampooflacons, wasmiddelflacons, schoonmaakflessen, etc..
KFF+	de "brede" fractie van kunststof verpakkingsafval bestaande uit kunststof flessen en flacons, folies en rigids.
kunststof non verpakkingen	kunststof afval dat niet uit verpakkingsmateriaal bestaat, zoals plastic speelgoed e.d. (vuilniszakken vallen hier ook onder)
levenscyclusanalyse	een methode om de totale milieubelasting van een product te bepalen gedurende de hele levenscyclus, dat wil zeggen winning van de benodigde grondstoffen, productie, transport, gebruik en afvalverwerking.
massatransport	laadcapaciteit op basis van gewicht
milieuwinst	reduceren van CO <sub>2</sub> -emissie om het broeikaseffect tegen te gaan
Nascheiding van kunststof	bij nascheiding van huishoudelijk afval wordt de kunststof fractie mechanisch gescheiden uit het integraal ingezamelde huishoudelijk afval
Respons van kunststof afval	mate waarin kunststof afval gescheiden wordt van het huishoudelijk restafval
rigids	vormvast kunststof afval, zoals champignonbakjes, yoghurtbekers, plastic deksels, plastic plantenspotten
subcoal	afval mee verbranden in een kolencentrale voor de substitutie van kolen
volumetransport	laadcapaciteit op basis van volume

## Samenvatting

Het doel van deze milieuscan is het globaal inzichtelijk maken van de milieueffecten van een aantal voor de hand liggende verwerkingsscenario's van huishoudelijke afvalfracties in de situatie van Rotterdam. Daarbij is gekeken naar de effecten van inzameling, verwerking en nuttige toepassing van dit afval, op basis van de milieugerichte levenscyclusanalyse (LCA). Hierin wordt onderscheid gemaakt tussen:

- Bronscheiding of integraal inzamelen met het overig huisvuil
- Haal- of brengsystemen bij bronscheiding
- Het nuttig toepassen via materiaalhergebruik en/of energierugwinning via AVI's
- Energiebenutting in AVI's met verschillende rendementen of via een hoogwaardigere verbranding met een hoog rendement (Toekomstige AVI Rotterdam met elektrisch rendement van 18,7% en thermisch rendement van 26,2%).

Daarbij wordt ingegaan op de vraag in hoeverre bronscheiding zinvol is voor het beperken van de impact op het milieu. De gevoeligheid van de resultaten voor de mate van verdichting van het kunststof afval (volume- of massatransport) en voor afwijkende toepasbaarheid door kwaliteitsverschillen van gescheiden ingezameld kunststof worden belicht. Tevens wordt ingegaan op de vraag in hoeverre met niet-bronscheidingsgerichte maatregelen eenzelfde beperking te realiseren is.

### Conclusie

Bronscheiding via een haalsysteem van kunststof verpakkingsmaterialen kan in de Rotterdamse situatie zinvol zijn, met name als er responsverhogende maatregelen worden getroffen en ook wordt ingezet op scheiding van overige kunststof verpakkingen (folies, rigids en kunststof niet-verpakkings afval), naast flessen en flacons. De milieuwinst is echter beperkt. In het algemeen geldt dat voor sterk verstedelijkte gemeenten zoals Rotterdam de respons lager is. In minder verstedelijkte gebieden is de respons juist hoger. De lokale situatie is dus belangrijk in de besluitvorming rond scheiding van kunststof afval. Maatregelen die niet op bronscheiding gericht zijn, maar op het optimaliseren van energetische benutting van integraal ingezameld afval kunnen een even groot of groter positief effect hebben op het verlagen van CO<sub>2</sub>-emissie per ton verwerkt kunststof afval verpakking.

# 1. Vraagstelling en aanpak

## 1.1 Vraagstelling

Het doel van deze quickscan is het globaal inzichtelijk maken van de CO<sub>2</sub>-effecten van een aantal voor de hand liggende verwerkingsscenario's van kunststof, glas, textiel, papier, gft en B-hout uit het huishoudelijk afval. Daarbij is gekeken naar de effecten van inzameling, verwerking en nuttige toepassing van dit afval. Hierin wordt, steeds voor zover relevant, onderscheid gemaakt tussen bronscheiding of integraal inzamelen met het overig huisvuil, haal en breng systemen bij bronscheiding en het nuttig toepassen via materiaalhergebruik en energierugwinning via AVI's met verschillende rendementen of via een hoogwaardigere verbranding (subcoal route of bijstook in een cementoven). Er is voor het scheidingsresultaat van kunststoffen expliciet rekening gehouden met verschillen tussen verstedelijkte en niet-verstedelijkte gebieden. Tevens is rekening gehouden met een toekomst scenario waarin de geplande nieuwe AVI van Rotterdam centraal staat.

De overgang naar gescheiden inzameling van kunststof huisvuil vergt hoge investeringen en aanpassing in het gedrag van burgers waardoor het switchen naar een ander systeem, indien er eenmaal is gekozen voor een bepaald systeem, niet meer eenvoudig is. Voor gemeenten is het daarom van belang de meest relevante milieuaspecten van de verschillende alternatieven duidelijk in beeld te hebben. Deze aspecten betreffen niet alleen het overall milieurendement van de alternatieven, maar ook deelaspecten zoals effecten van het lokale transport in de gemeenten bij de inzameling. Tevens zal er enig zicht moeten zijn op de verschillen die ontstaan indien de samenstelling van het afval wijzigt, of indien er bewust wordt gekozen voor een inzamelingsysteem waarbij de kans op vervuilingen die degradatie van het recycle materiaal kunnen veroorzaken worden tegen gegaan (bijvoorbeeld door apart inzameling van schone flessen en flacons, gescheiden van de overige kunststof afval). Er zijn daarom verschillende scenario's geformuleerd waarin gemengd kunststof wordt ingezameld of waarin alleen schone flessen en flacons worden ingezameld.

## 1.2 Indeling en aanpak

De volgende onderdelen komen in de scenario's aan de orde:

### fracties (kunststof)

- Inzameling van schone flessen en flacons
- Inzameling van gemengde kunststofverpakking
- Kunststof afval als integraal onderdeel van huishoudelijk afval

### fracties (overig)

- Inzameling van glas
- Inzameling van textiel
- Inzameling van papier
- Inzameling van gft
- Inzameling van B-hout

### Inzamelingssystemen:

- Verschillen tussen verstedelijkte en niet-verstedelijkte gebieden
- Gescheiden haal systeem
- Gescheiden breng systeem
- Integrale inzameling

**Verwerkingssystemen:**

- Verwerking voor materiaal hergebruik  
(alle fracties: kunststof, glas, textiel, papier, gft en B-hout; gft middels composteren en vergisten)
- Verwerking voor hoogwaardiger energie toepassingen (Subcoal of cementoven)  
(fracties: kunststof en/of textiel, B-hout en papier)
- Verbranding in een AVI met energie terugwinning. 3 AVI-scenario's worden onderscheiden:  
(fracties: kunststof, textiel, papier, gft en B-hout; glas zal, als inert materiaal, steeds volledig in AVI-as terecht komen)
  - een AVI met rendement gemiddeld voor Nederland (22% elektrisch en 7% thermisch)<sup>1</sup> ;
  - de huidige AVI Rotterdam (12,3% elektrisch en 0% thermisch); en
  - de toekomstige AVI Rotterdam (18,7% elektrisch en 26,2% thermisch)
- Nascheiding (op basis van TNO-studie)

Tabel 1.1 laat zien op welke manier de hoofdafvalstromen verder zijn opgesplitst.

**Tabel 1.1: Samenstelling van afvalstromen**

Hoofdafvalstroom	Subafvalstroom	Materialen in subafvalstroom
Plastic	KFF (Kunststof Flessen en Flacons)	PET * HDPE *
	Folies	HDPE * LDPE * PP *
	Rigids (vorm vaste verpakkingen)	PP * EPS *
	Overige kunststof non-verpakkingen	
Glas		
Papier/karton	Hygiënisch papier	
	Drankenkarton	
	Herbruikbaar papier	Massief karton Vouwkarton Golfkarton Grafisch papier
GFT		
B-hout		
Textiel		

\*: PET is een helder en goed recyclebaar materiaal, bekend van de transparante drankflessen. HDPE wordt vooral toegepast voor flessen en flacons die ondoorzichtig en gekleurd zijn (o.a. shampoo flacons). PE (HDPE en LDPE) en PP worden toegepast in (meestal doorzichtige) folies en dunne films voor afsluiting van bakjes, omverpakkingen en zakjes. PP en EPS worden gebruikt voor de 'rigids' of vormvaste bakjes. Dit betreft ondermeer harde sausbakjes (PP) maar ook de piepschuimen vleesbakjes (EPS).

<sup>1</sup> Het energetisch rendement wordt bepaald door de verhouding tussen de calorische waarde van het inputmateriaal (de kunststoffen en overige brandbare fracties) en de nuttige energie die als output geleverd wordt. De output bij het elektrisch rendement betreft dus het netto aantal MJ of kWh aan elektriciteit die aan het net geleverd wordt. Bij het thermisch rendement gaat het om de benutting van de restwarmte, dus de hoeveelheid MJ warmte dat daadwerkelijk geleverd wordt aan bijvoorbeeld stadsverwarming of een industrie die anders gasgestookte boilers zou moeten benutten.

Elk scenario is opgedeeld in de volgende 4 fases:

- A. Transport
- B. Recycling
- C. Subcoalproductie
- D. Verbranding in AVI

Voor elk scenario worden de CO<sub>2</sub>-effecten van deze 4 fases apart weergegeven.

De scenario's zijn doorgerekend voor de volgende gebieden:

1. Rotterdam
2. Nederland gemiddeld

### 1.3 Bronnen

In deze quickscan is gebruik gemaakt van bestaande gegevens uit specifieke studies en databases die zijn benut in een rekenmodel.

Deze studie bouwt voort op eerder uitgevoerd onderzoek, met name op het rapport "Onderzoek naar de invulling van verpakkingbeleid op lange termijn", PWC/IVAM/CREM 2005 [PWC 2005]. In 2008 werd tevens door IVAM de 'Quickscan verwerking kunststof verpakkingen uit huishoudelijk afval in Amsterdam' uitgevoerd [IVAM a, 2008]. Ervaringen uit deze en andere vergelijkbare studies zijn ook in deze studie verwerkt.

Speciaal voor deze studie is tevens een update uitgevoerd waarbij gebruik is gemaakt van de meest recente milieukentallen [Ecoinvent 2007]. Daarbij wordt aangesloten bij de methodiek zoals die ook door VROM wordt gebruikt in de huidige update voor de verpakkingen belasting [IVAM b, 2008].

Voor de samenstelling van het afval is gebruik gemaakt van sorteeranalyses die zijn uitgevoerd in 2008 voor de gemeente Rotterdam [CREM 2008] en het Nederlands gemiddelde [SenterNovem 2008]<sup>2</sup>.

De respons voor kunststofscheiding voor de verschillende scenario's is uitgegaan van het empirisch onderzoek dat is uitgevoerd voor Nedvang [KplusV 2008]. Uit dit onderzoek is af te leiden wat het effect is van de factoren stedelijkheidsklasse, haal- of brengsysteem, wel/geen diftar en KFF/KFF+ scheiding op de respons voor kunststof scheiding. Het verband tussen deze factoren en de respons is verwerkt in de modelering van de verschillende scenario's.

Statistische gegevens van ondermeer de scheidingspercentages, hoeveelheden afval per inwoner en inwoneraantallen zijn betrokken van het CBS voor het laatst beschikbare basisjaar 2006 [statline 2009]<sup>3</sup>.

Transportafstanden zijn aangeleverd door Roteb. Aanvullend voor Nederlands gemiddelde is gebruik gemaakt van de rekenformule zoals deze is vastgesteld in het Landelijk afval beheerplan [VROM 2002].

De elektrische en thermische rendementen van de huidige AVI in Rotterdam zijn overgenomen uit het milieujarverslag 2008 [AVR 2008]. Voor de toekomstig geplande AVI is voor deze gegevens gebruik

---

<sup>2</sup> Voor de vergelijkbaarheid met het Nederlands gemiddelde is voor de samenstelling van de kunststoffractie van de gemeente Rotterdam de samenstelling van het Nederlands gemiddelde aangehouden. Op dit deelniveau wordt de sorteerproef voor het Nederlands gemiddelde ook betrouwbaarder geacht.

<sup>3</sup> Hoewel er voor Rotterdam meer recentere data beschikbaar zijn (2008) is er toch voor gekozen om de data voor 2006 te hanteren om de vergelijkbaarheid met het Nederlandse gemiddelde te verhogen. De waarden voor Rotterdam voor 2008 wijken overigens nauwelijks af van die van 2006.

gemaakt van het rapport “Energieproductie en rendementen van de toekomstige AVI Rotterdam” [AVR/Haskoning 2008].

Op basis van de dataverzameling, die de situatie voor Rotterdam beschrijft, zijn de scenario's gemodelleerd om de bijdrage aan het broeikas effect te kunnen beoordelen. CO<sub>2</sub> is veruit de belangrijkste milieuparameter bij de vergelijking van verwijderingsroutes voor kunststof afval. Hoewel ook bijvoorbeeld NO<sub>x</sub> en fijnstof van transport een bijdrage leveren aan de milieu-impact, is uit eerder onderzoek gebleken dat deze bijdrage marginaal is [IVAM a, 2008].

Tevens worden onderdelen van de systemen uitgelicht waaronder CO<sub>2</sub>-emissies en energieverbruik van het transport, de voorbewerking, eventuele recycling en eindbewerking na inzameling. Ook voor andere afvalstromen is het broeikas effect het meest bepalende milieueffect, hoewel ook andere effecten een rol spelen. Deze zijn echter niet in deze studie onderzocht. Zij dienen vooral als referentie om inzicht te geven hoe de resultaten van de kunststoffen zich verhouden ten opzichte van de andere onderzochte afvalfracties.

## 2. Beoordeelde scenario's

### 2.1 Selectie van scenario's

Voor de beoordeling van de milieuaspecten van met name de kunststoffen zijn een aantal scenario's uitgewerkt op basis van reeds bestaande en mogelijke toekomstige verwerkingsroutes. De scenario's zijn zo gekozen dat zij de verschillen tussen een aantal belangrijke verwerkingsprincipes zichtbaar maakt. Dit betreffen het onderscheid tussen haal en breng systemen voor alleen de kunststof flessen en flacons (KFF) of alle kunststoffracties (KFF+). Verder is een breed spectrum voor benutting onderscheiden welke varieert tussen laagwaardig verbranden, hoogwaardig verbranden en materiaalhergebruik. Op basis hiervan zijn de volgende scenario's geformuleerd:

Tabel 2: Beschrijving scenario's

Nr	Inzamel stroom	Scenario's
<b><i>Flessen en flacons (KFF) (bronscheiding)</i></b>		
1a		Haal voor materiaalhergebruik
1b		Breng voor materiaalhergebruik
<b><i>Gemengd kunststof verpakkingsafval (KFF+) (allen bronscheiding)</i></b>		
2a		Haal voor materiaalhergebruik/ energiebenutting
2b		Breng voor materiaalhergebruik/ energiebenutting
2c		Haal voor energiebenutting van overige kunststoffen
2d		Breng voor energiebenutting van overige kunststoffen
<b><i>Kunststof verpakkingsafval integraal in huisvuil</i></b>		
3a		Haal voor energiebenutting in AVI (22% electrisch, 7% thermisch rendement), gemiddelde in NL
3b		Haal voor energiebenutting in huidige AVI AVR Brielselaan (12,3% el. / 0% therm. rendement) Huidige verwerking door AVR
3c		Haal voor energiebenutting in toekomstige AVI Rotterdam (18,7% el. / 26,2% therm. rendement) <sup>(1)</sup>
3d		Haal Nascheiding voor materiaalhergebruik/ energiebenutting (toekomstscenario)

(1): voor de toekomstige AVI Rotterdam zijn door Haskoning (2008) meerdere scenario's voor energieopwekking doorgerekend.

Voor de huidige berekening is uitgegaan van het scenario waarin de AVI is geoptimaliseerd voor opwekking van zowel elektriciteit als warmte.

#### Brengen en/of halen

Bij een haalsysteem kan het kunststof afval gescheiden aangeleverd worden via de in dat gebied gebruikelijke systeem voor restafval (zakken aan de straat, minicontainers of bovengrondse wijkcontainers op loopafstand). Gescheiden inzameling via een haalsysteem zou uitgevoerd kunnen worden via een zakkensysteem of door vervanging van een deel van de huidige (ondergrondse) restafvalcontainers door extra containers voor gescheiden kunststof afval. Verwachte potentiële problemen bij deze haalscenario's zijn ruimteproblemen, ontstaan van zwerfafval bij zakkensystemen en visuele vervuiling. Daarnaast zijn de kosten voor een haalsysteem hoger dan een brengsysteem. Voordeel van een haalsysteem is echter dat de respons aanzienlijk hoger kan zijn, met name indien de gehele kunststof fractie kan worden aangeboden (KFF+, scenario's 2a en 2c), waardoor hogere kosten ondervangen kunnen worden door hogere vergoedingen voor aangeleverd gescheiden kunststofafval. Ook de mate van verstedelijking is belangrijk doordat haalsystemen met name in minder verstedelijkte gebieden een duidelijk hogere respons opleveren

dan brengsystemen en het probleem van ruimtegebrek veel minder een rol speelt, waardoor haalsystemen voor KFF+ naar verwachting de meest gunstige oplossing geeft voor minder verstedelijkte gebieden.

In een brengsysteem wordt door de consument het kunststof afval aangeleverd op speciale brengpunten, vergelijkbaar met textiel inzameling (beperkt aantal brengpunten, containers op strategische locaties op straat of bij bijvoorbeeld winkelcentra). Brengen van alleen KFF (scenario 1b) is met name voor een grootstedelijke situatie een praktische oplossing omdat relatief weinig ruimte nodig is voor de inzameling op straat. Een brengsysteem waarbij niet alleen flessen en flacons maar ook overige kunststof verpakkingen worden aangeleverd (scenario 2b en 2d) wordt minder haalbaar geacht in sterk verstedelijkte gebieden door de grotere volumes die apart in huis bewaard moeten worden en de hogere vervuilingsgraad met o.a. etensresten die tot onhygiënische situaties kunnen leiden.

### **Verwerking voor materiaalhergebruik**

Verwerking voor materiaalhergebruik vereist in alle gevallen een sorteerstap na inzameling. Flessen en flacons worden in deze stap mechanisch gescheiden uit de overige kunststof afval resten (indien noodzakelijk) en vervolgens via een geautomatiseerd systeem gesorteerd op kunststofsoort. Deze stromen worden toegepast in een hoog- of laagwaardige materiaaltoepassing, afhankelijk van de kwaliteit en vervuilingsgraad van de stroom. Omdat de kwaliteit niet te voorspellen is moet rekening gehouden worden met een bandbreedte tussen hoog- en laagwaardige toepassing (hoogwaardige toepassing is 100% vervanging van primair kunststof, bij laagwaardige toepassing is aangenomen dat slechts 50% primair materiaal wordt vermeden). Om aan te sluiten bij eerder onderzoek wordt voor de vervangingsratio's uitgegaan van de ratio's zoals gegeven in "Milieukentallen van verpakkingen voor de verpakkingenbelasting in Nederland" [CE Delft, 2007] waarin voor de meeste kunststoffen uit is gegaan van hoogwaardige toepassing. Het is echter de vraag of dit terecht is<sup>4</sup>. Om inzicht te geven wat het effect is van laagwaardige toepassing ipv hoogwaardig, is er een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd indien bij materiaalhergebruik 50% vervanging van primaire kunststof plaats zou vinden (zie paragraaf 3.4.2).

### **Verbranden**

Verwerking kan in theorie bij een hoogwaardiger energietoepassing zoals bijvoorbeeld meestoken in een cementoven of via meeverbranden in een kolencentrale voor de substitutie van kolen (Subcoal). Bij Subcoal toepassing wordt de kunststof gebruikt ter vervanging van kolen in een kolencentrale. Daarvoor wordt de afgescheiden kunststof samen met andere brandbare afvalstromen geperst tot pellets (korrels met de juiste grote en dichtheid), waardoor het de vereiste eigenschappen krijgt die nodig zijn voor verbranding in een kolencentrale. Dit scenario is echter nog geen breed toegepaste technologie en moet gezien worden als een toekomstscenario<sup>5</sup>. Een kolencentrale heeft ten opzichte van een AVI een veel hogere elektriciteitsopbrengst per kg verbrande kunststof (40% elektrisch rendement). In deze studie is voor het scenario 'energiebenutting' uitgegaan van 40% elektrisch rendement, waarbij de Nederlandse elektriciteitsmix wordt vermeden. Een minder hoogwaardige toepassing is daarom het (integraal) verbranden van kunststof afval in een AVI met energieretourwinning, in de varianten elektrisch/thermisch rendement: 22%/7% (gemiddelde NL), 12%/0% (AVR huidig) en 19%/26% (AVR toekomstig).

### **Nascheiden**

Nascheiding van kunststof verpakkingsafval uit huishoudelijk afval is een experimentele techniek en moet als toekomstscenario gehanteerd worden. Bij nascheiding van huishoudelijk afval wordt de kunststof

---

<sup>4</sup> In gesprekken met kunststofrecyclers [PWC2005] blijkt dat door verontreinigingen en kwaliteitsverlies de toepasbaarheid van secundair kunststof in de praktijk vermindert. Daarom wordt secundair kunststof veelal vermengd met primair kunststof om het kwaliteitsverlies te compenseren. Ook de toepassing is vaak laagwaardiger en vervangt daardoor niet in gelijke mate de functie die primaire kunststoffen in het algemeen vervullen.

<sup>5</sup> Bij aanleveren van kunststof pellets aan een kolencentrale kan een te hoog chloorgehalte acceptatie belemmeren.

fractie mechanisch gescheiden uit het integraal ingezamelde huishoudelijk afval in twee deelfracties, namelijk het KFF en de overige kunststof fracties (folies en rigids). Van de overige kunststoffen wordt een deel van de rigids terug gewonnen voor materiaalhergebruik. Ook het KFF wordt gesorteerd naar materiaalsoort voor materiaalhergebruik. Van de overige delen wordt een aanzienlijk deel ingezet voor subcoal toepassing.

Nadeel van nascheiding van restafval is dat er een behoorlijke fractie, de natte organische fractie, overblijft die alsnog in een AVI verbrand moet worden omdat deze fractie te zeer vervuild is om in te kunnen zetten als compost. Omdat nascheiding niet tot de huidige stand van de techniek behoort moet hiermee in vergelijkingen tussen scenario's terdege rekening gehouden worden.

## Transport

Het transport wordt niet alleen in de inzamelfase meegenomen maar ook in de fasen tijdens en na verwerking (voor zover relevant). Verder is er, in een gevoeligheidsanalyse, rekening gehouden met volumetransport bij de inzamelfase voor gescheiden inzameling van kunststoffen. Doordat kunststof verpakkingen veel volume innemen moet er vaker gereden worden voor de inzameling dan strikt nodig zou zijn<sup>6</sup>. Per kg kunststof wordt daardoor relatief veel brandstof verbruikt. Een oplossing ter voorkoming van volumetransport zou kunnen zijn het verkleinen door pletten of shredderen van het kunststof alvorens het te transporteren. Hiervoor is echter wel weer energie nodig. Toepassing van een kraakperswagen (gangbare afvaltruck) biedt geen oplossing omdat deze niet in staat is het kunststof voldoende samen te drukken, met name de flessen en flacons. In deze studie is standaard niet uitgegaan van volumetransport. Er is dus uit gegaan van een "best case" situatie. Wel is er een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd voor de situatie indien het volumetransport niet kan worden vermeden (zie 3.4.1).

## 2.2 Toelichting op de berekening van CO<sub>2</sub>-emissies

Uitgaande van de inputdata, zoals beschreven in de voorgaande paragrafen, is de CO<sub>2</sub>-emissie van elk scenario vastgesteld. Naast processen die gepaard gaan met CO<sub>2</sub>-emissies, zoals bijvoorbeeld het verbranden van kunststof of het transporteren van afval, zijn er ook processen die de emissie van CO<sub>2</sub> vermijden. Dit is bijvoorbeeld het geval indien er elektriciteit wordt opgewekt uit het verbranden van kunststof afval. Deze elektriciteit hoeft dan namelijk niet in een elektriciteitscentrale elders te worden opgewekt. Deze vermeden productie van elektriciteit voorkomt dus ook de CO<sub>2</sub>-emissie die er anders mee gepaard zou zijn gegaan. Naast de CO<sub>2</sub>-emissie van het verbranden van kunststof kan hiervan dus de vermeden CO<sub>2</sub> door elektriciteitsproductie worden afgetrokken. De 'netto' CO<sub>2</sub>-score wordt dan meegerekend.

Een ander voorbeeld waarbij CO<sub>2</sub> vermeden wordt is de recycling van kunststof. Hoewel het enig energieverbruik vereist om kunststof te recyclen, waardoor dus CO<sub>2</sub> wordt geïmiteerd, wordt tevens de productie van primair kunststof uit aardolie vermeden. Omdat de productie van primair kunststof een veel grotere CO<sub>2</sub>-emissie tot gevolg heeft dan de productie van kunststof uit secundair materiaal, levert recycling van kunststof dus per saldo een milieuwinst op. Er wordt namelijk CO<sub>2</sub>-emissie vermeden.

---

<sup>6</sup> Mondelinge mededeling HVC, naar aanleiding van praktijkproef in de Nedvang studie. Een 30 m<sup>3</sup> kunststofverpakkingsafval (een volle container) weegt slechts 750 kg terwijl het laadvermogen van een container truck 6 ton bedraagt.

### 3. Resultaten

#### 3.1 Inleiding

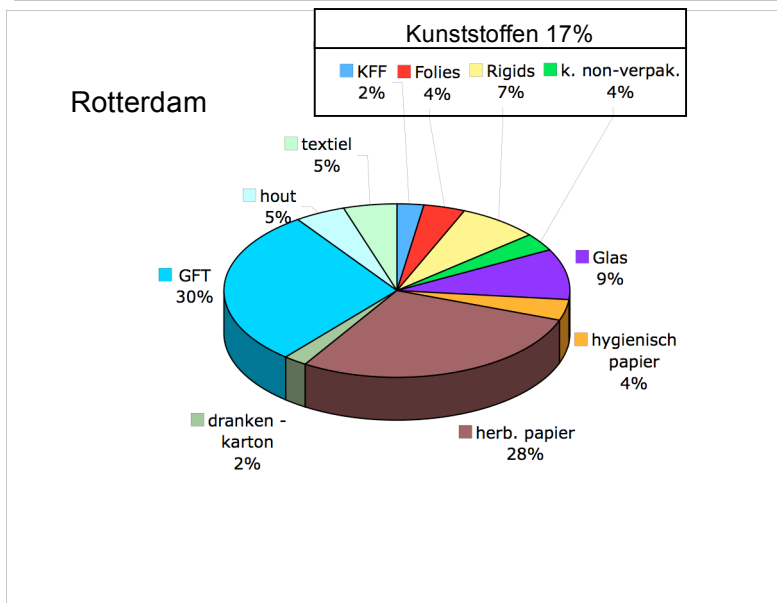
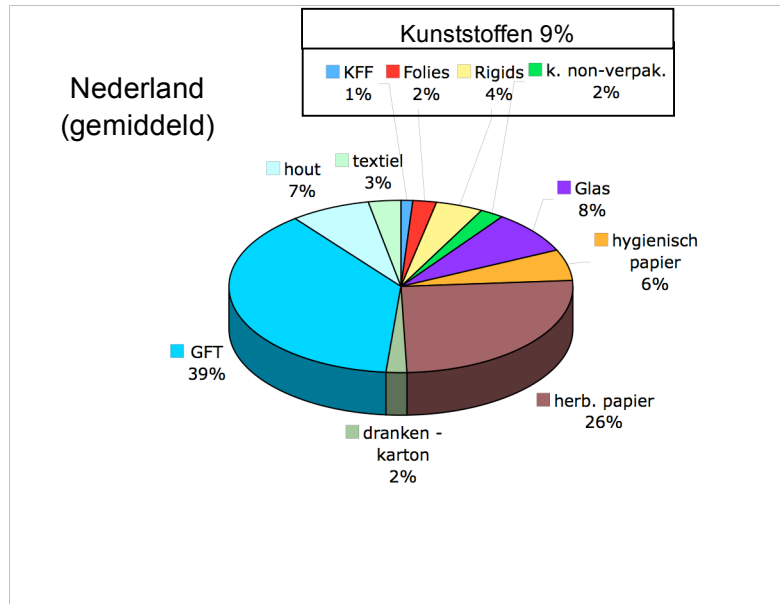
In dit hoofdstuk worden voor de verschillende scenario's de bijdragen aan het broeikaseffect getoond, uitgedrukt in kg CO<sub>2</sub> equivalenten per inwoner per jaar.

#### 3.2 Resultaten overzicht voor alle fracties

##### 3.2.1 Algemene beschrijving van de onderzochte afvalfracties

In de onderstaande taartdiagram is de samenstelling van het aangeboden afval in Nederland, voor de in deze studie onderzochte fracties, weergegeven. De kunststoffractie vertegenwoordigt daarin een totaal van 9%. De kunststoffen bestaan uit de KFF fractie (Kunststof Flessen en Flacons), Folies en Rigids (vormvaste bakjes) en de fractie van kunststof non-verpakkingen (plastic speelgoed e.d.).

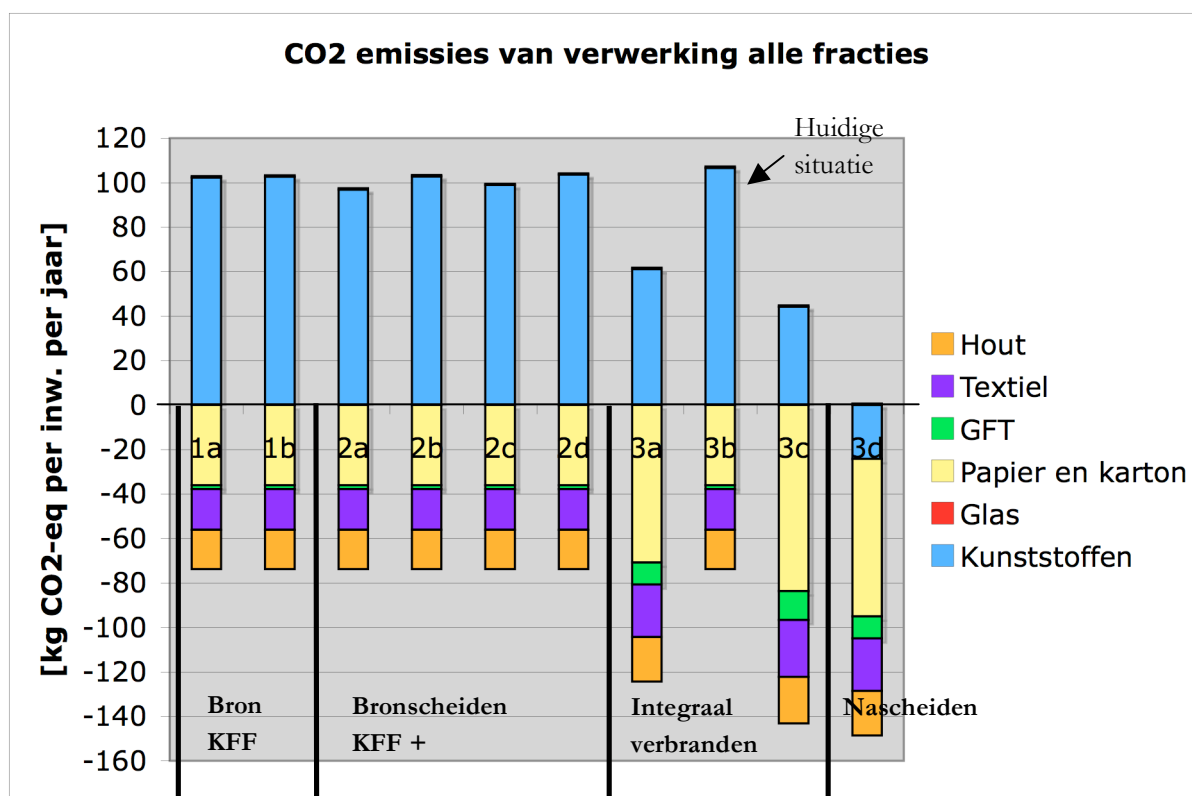
Samenstelling aangeboden afval in Nederland en Rotterdam voor onderzochte fracties



## Resultaten voor alle fracties

In figuur 3.1 worden de resultaten getoond voor alle onderzochte fracties voor Rotterdam. Uit deze figuur blijkt dat, met uitzondering van de kunststof fractie, voor deze fracties geldt dat zij netto CO<sub>2</sub> vermijden in plaats van uitstoten. Scenario 3b geeft de huidige situatie weer, waarbij het restafval incl. de gehele kunststof fractie wordt verbrand in de huidige AVI van AVR op de Brielselaan. Duidelijk is te zien dat de scenario's voor bronscheiding van kunststoffen (1a t/m 2d) slechts weinig afwijken van de huidige situatie. In paragraaf 3.3 wordt dieper ingegaan op de verschillen tussen de bronscheidingsscenario's. Grotere verschillen ontstaan wanneer er geen bronscheiding van de kunststof fractie plaats vindt, maar het afval in andere verbrandingscentrales zou worden verwerkt (3a: verbranden in een gemiddelde Nederlandse AVI en 3c: verbranden in de toekomstige hoge rendement AVI van AVR) of wanneer er niet gekozen wordt voor bronscheiding maar voor nascheiding (scenario 3d). Belangrijk is om op te merken dat bij de bronscheidingsscenario's er voor de verwerking van het overblijvende restafval na scheiding, ook is uitgegaan van verwerking in de huidige AVI in Rotterdam. In paragraaf 3.5 is het resultaat voor deze scenario's weergegeven indien dit restafval wordt verbrand in de toekomstige hoge rendement AVI in Rotterdam.

Figuur 3.1: Emissies CO<sub>2</sub> equivalenten voor de verwerking van alle fracties (Gemiddelde Rotterdam)

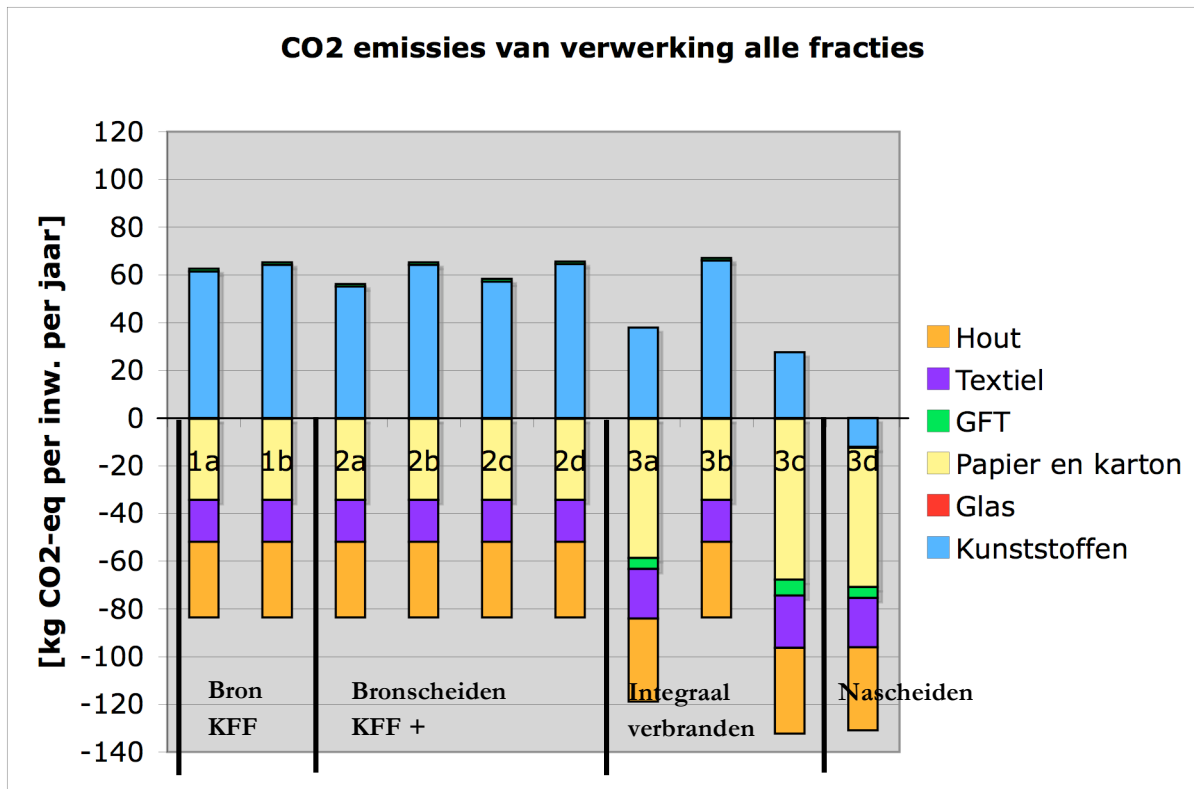


Emissies kg CO<sub>2</sub> per inwoner per jaar uitgesplitst naar alle fracties (Rotterdam)

	1a	1b	2a	2b	2c	2d	3a	3b	3c	3d
Kunststoffen	102,3	102,7	96,9	102,8	98,9	103,6	61,2	106,6	44,2	-24,3
Glas	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Papier en karton	-36,0	-36,0	36,0	-36,0	36,0	-36,0	-70,8	-36,0	-83,7	-70,8
GFT	-1,7	-1,7	-1,7	-1,7	-1,7	-1,7	-9,9	-1,7	-13,0	-9,9
Textiel	-18,4	-18,4	18,4	-18,4	18,4	-18,4	-23,6	-18,4	-25,5	-23,6
Hout	-17,7	-17,7	17,7	-17,7	17,7	-17,7	-20,0	-17,7	-20,9	-20,0

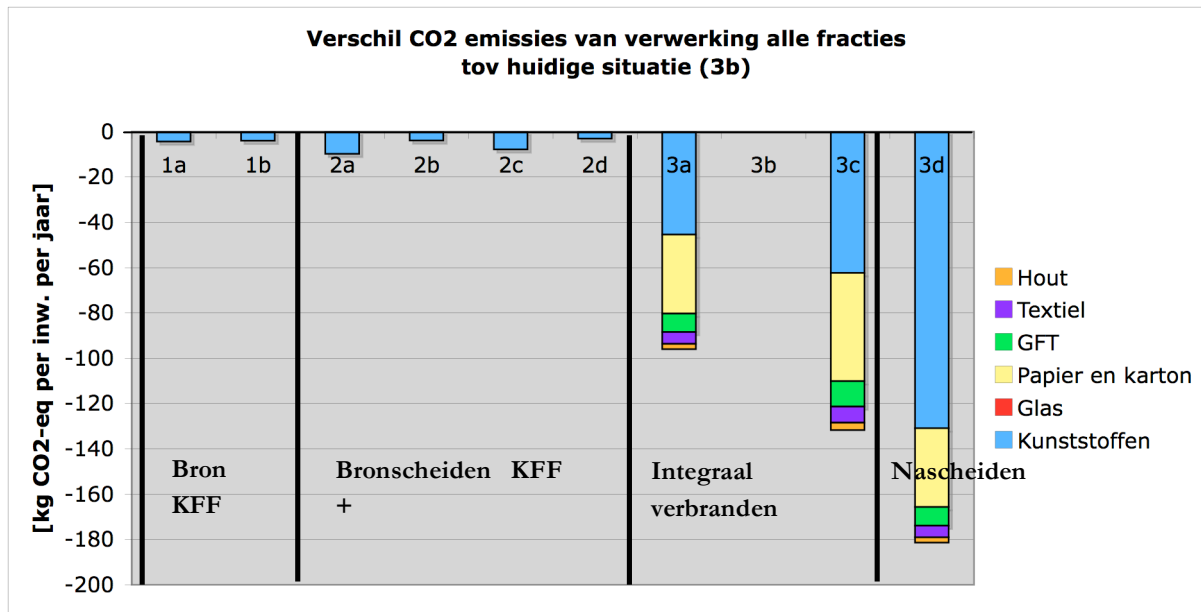
Figuur 3.2 toont de resultaten voor de verwerking van de fracties voor het gemiddelde van Nederland. De trends tussen de verschillende scenario's is vergelijkbaar met de situatie in Rotterdam. In absolute zin scoort het Nederlands gemiddelde duidelijk beter op alle fracties. Dit wordt vooral veroorzaakt doordat Rotterdam een zeer sterk verstedelijkt gebied is waardoor de respons voor scheiding relatief laag uitvalt en doordat het energetisch rendement van de huidige AVI in Rotterdam beduidend lager ligt dan het Nederlandse gemiddelde.

Figuur 3.2: Emissies CO<sub>2</sub> equivalenten voor de verwerking van alle fracties (gemiddelde NL)



Om beter zicht te geven op het verschil tussen het huidige scenario (3b) en de overige scenario's, is in figuur 3.3 het netto verschil weergegeven ten opzichte van de huidige situatie in Rotterdam. Van de bronscheiding scenario's geeft scenario 2a (haal systeem voor de KFF+ fractie) het beste resultaat. Ook is hier weer te zien dat verbetering van het rendement van de AVI en het nascheiden een duidelijke verbetering geven. Belangrijk is op te merken dat dit niet alleen voor de kunststof fractie, maar ook voor de overige brandbare fracties geldt.

Figuur 3.3: Emissies CO<sub>2</sub> equivalenten voor de verwerking van alle fracties ten opzichte van de huidige situatie (gemiddelde Rotterdam)

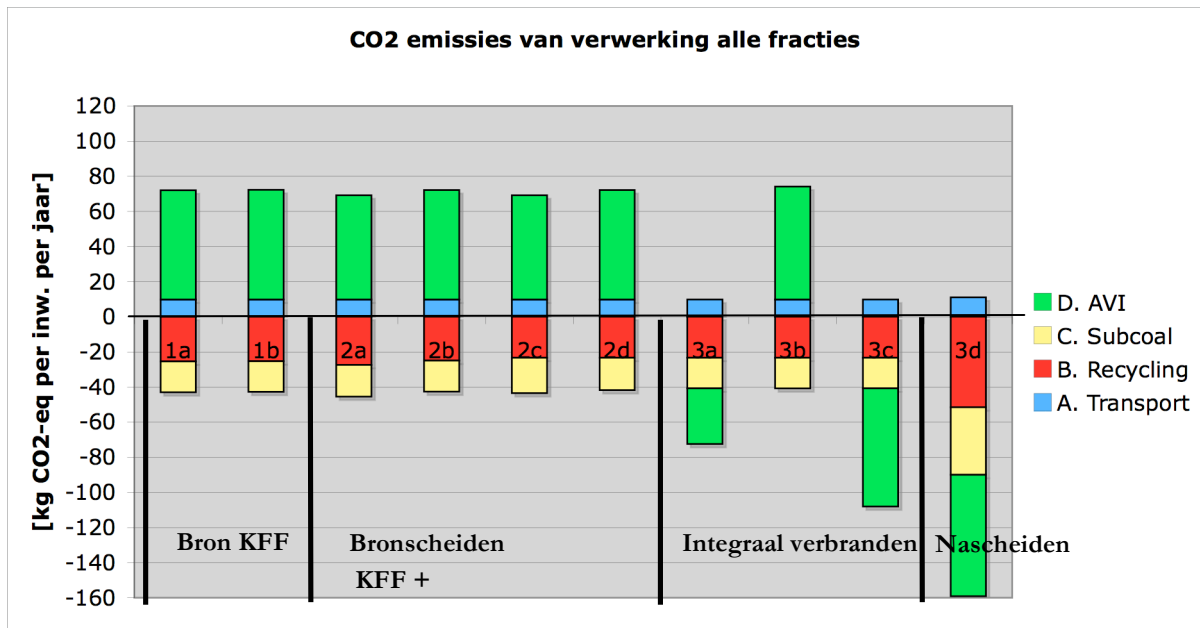


Emissies kg CO<sub>2</sub> per inwoner per jaar uitgesplitst naar alle fracties (Rotterdam, tov huidige situatie)

	1a	1b	2a	2b	2c	2d	3a	3b	3c	3d
Kunststoffen	-4,3	-4,0	-9,7	-3,8	-7,7	-3,0	-45,5	0,0	-62,4	-130,9
Glas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Papier en karton	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-34,8	0,0	-47,7	-34,8
GFT	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-8,2	0,0	-11,2	-8,2
Textiel	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-5,2	0,0	-7,2	-5,2
Hout	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-2,3	0,0	-3,2	-2,3
<i>totaal</i>	-4,3	-4,0	-9,7	-3,8	-7,7	-3,0	-96,0	0,0	-131,7	-181,4

In figuur 3.4 zijn de bijdragen van de verschillende fasen in de verwerkingsketen van alle fracties aan het broeikaseffect weergegeven voor Rotterdam. Duidelijk is te zien dat de verschillen met name in de verwerking in de AVI worden teruggevonden. Alleen bij nascheiding wordt ook een substantiële verbetering gevonden in het recycle deel en hoogwaardige verbranding als subcoal, dit tengevolge van de grotere hoeveelheid die wordt afgescheiden van de kunststof fractie.

Figuur 3.4: Emissies CO<sub>2</sub> equivalenten voor de verwerking van alle fracties, uitgesplitst naar fase in de verwerkingsketen (gemiddelde Rotterdam)

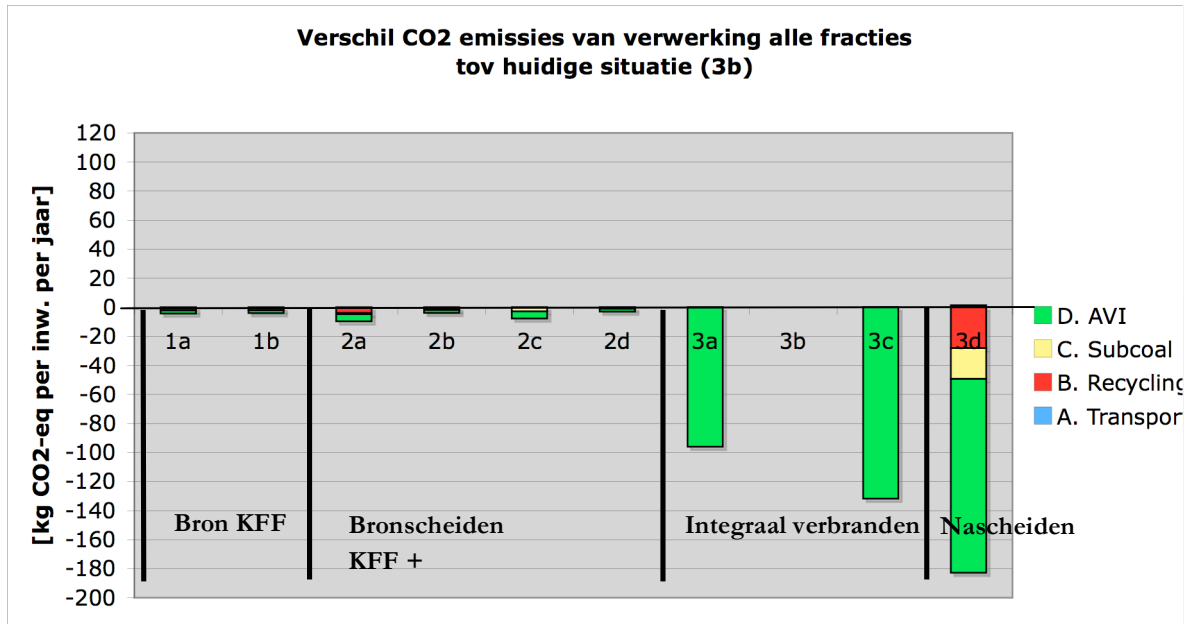


Emissies kg CO<sub>2</sub> per inwoner per jaar uitgesplitst naar fase (Rotterdam, alle fracties)

	1a	1b	2a	2b	2c	2d	3a	3b	3c	3d
A. Transport	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	11,1
B. Recycling	-25,5	-25,3	-27,4	-24,9	-23,3	-23,3	-23,3	-23,3	-23,3	-51,5
C. Subcoal	-17,5	-17,5	-18,1	-17,7	-20,2	-18,5	-17,4	-17,4	-17,4	-38,5
D. AVI	62,3	62,4	59,4	62,4	59,4	62,4	-31,6	64,4	-67,3	-69,0

In Figuur 3.4 worden wederom de resultaten van de scenario's (uitgesplitst naar fasen in de verwerkingsketen) afgezet tegen de huidige situatie (3b), waardoor de netto verschillen duidelijk zichtbaar worden.

Figuur 3.4: Emissies CO<sub>2</sub> equivalenten voor de verwerking van alle fracties, uitgesplitst naar fase in de verwerkingsketen (gemiddelde Rotterdam)



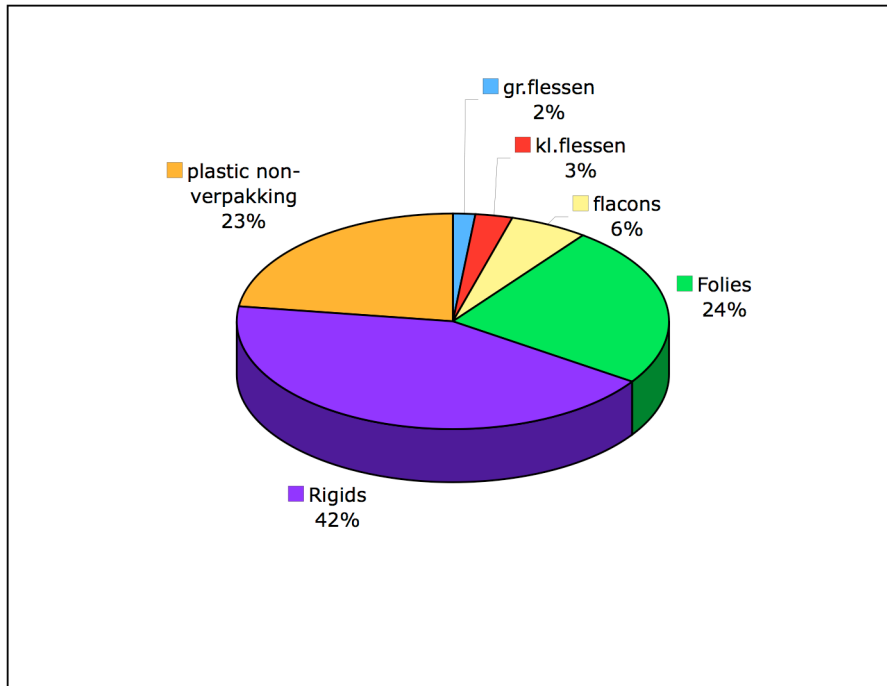
### 3.3 Resultaten voor de kunststof fractie

In deze paragraaf worden de resultaten voor de kunststof fractie apart belicht om dieper inzicht te geven in de effecten van de verschillende scenario's voor deze fractie.

#### 3.3.1 Algemene beschrijving van de kunststoffractie

In de onderstaande taartdiagram is de gemiddelde samenstelling van het aangeboden kunststof verpakkingsafval in Nederland weergegeven.

Gemiddelde samenstelling kunststof verpakkingsafval in Nederland (2008)

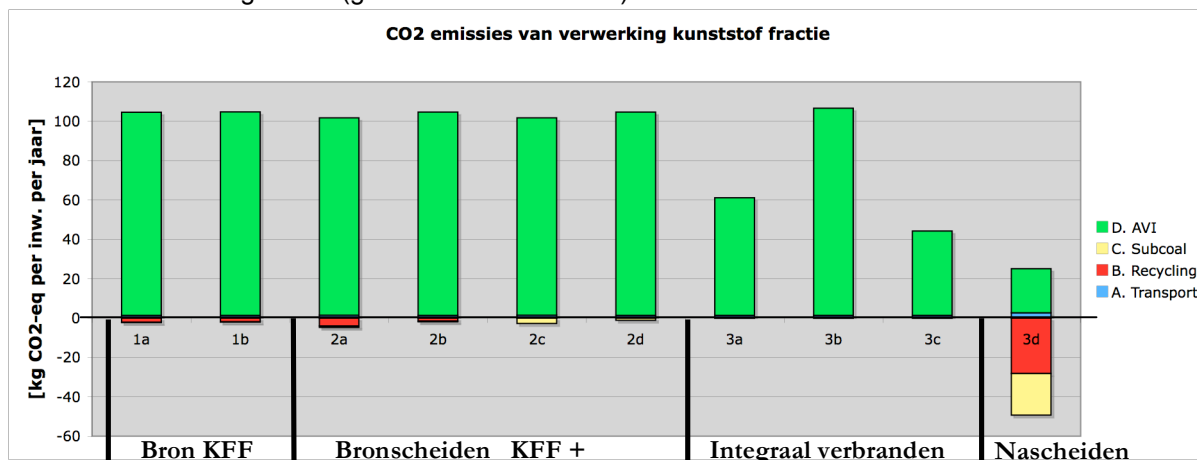


Geconstateerd kan worden dat er maar relatief weinig kunststof flessen en flacons (11%) en relatief veel overige kunststof verpakkingen (66%) en plastic non-verpakkingen (23%) in het huishoudelijk afval zitten. Inzameling van KFF (kunststof flessen en flacons) voor materiaalhergebruik zal derhalve maar een beperkt effect kunnen sorteren (Scenario 1a en 1b).

### 3.3.2 Resultaten voor de kunststoffractie

In figuur 3.5 en 3.6 worden de resultaten getoond voor de kunststoffracties.

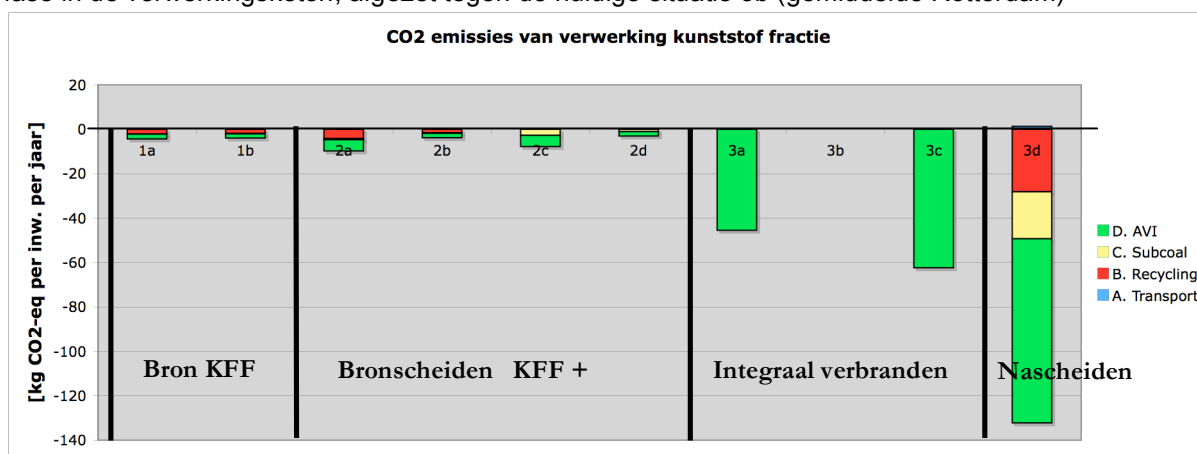
Figuur 3.5: Emissies CO<sub>2</sub> equivalenten voor de verwerking van de kunststoffractie, uitgesplitst naar fase in de verwerkingsketen (gemiddelde Rotterdam)



Emissies kg CO<sub>2</sub> per inwoner per jaar uitgesplitst naar fase (Rotterdam, kunststoffractie)

	1a	1b	2a	2b	2c	2d	3a	3b	3c	3d
A. Transport	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	2,7
B. Recycling	-2,1	-1,9	-4,1	-1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-28,2
C. Subcoal	-0,1	-0,1	-0,7	-0,3	-2,8	-1,1	0,0	0,0	0,0	-21,1
D. AVI	103,1	103,3	100,2	103,3	100,2	103,3	59,8	105,2	42,8	22,4
<i>totaal</i>	<i>102,3</i>	<i>102,7</i>	<i>96,9</i>	<i>102,8</i>	<i>98,9</i>	<i>103,6</i>	<i>61,2</i>	<i>106,6</i>	<i>44,2</i>	<i>-24,3</i>

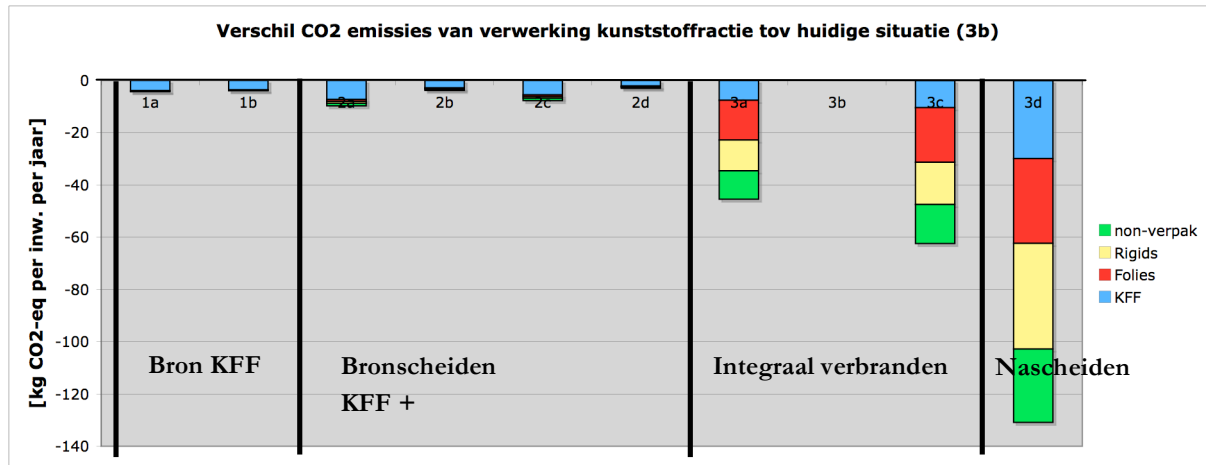
Figuur 3.6: Emissies CO<sub>2</sub> equivalenten voor de verwerking van de kunststoffractie, uitgesplitst naar fase in de verwerkingsketen, afgezet tegen de huidige situatie 3b (gemiddelde Rotterdam)



Met name figuur 3.6 toont de verschillen ten opzichte van de huidige situatie. Binnen de bronscheidingsscenario's is zichtbaar dat de haalscenario's duidelijk beter scoren dan de breng scenario's, doordat de respons beduidend hoger ligt bij haal scenario's. Ook is te zien dat het voordeel van scheiden van kunststof voor ongeveer de helft wordt bepaald doordat kunststof niet langer verbrand wordt in een AVI en dus emissies van CO<sub>2</sub> vermijdt. De andere helft wordt veroorzaakt door de vermeden productie van primair kunststof (recycling in scenario 1a t/m 2b) of vermeden kolen door de inzet van het kunststof voor subcoal toepassing in een kolencentrale of cementoven (scenario 2c en 2d).

In figuur 3.7 zijn de netto resultaten uitgesplitst naar kunststof verpakkingsoort. Bij de bronscheiding scenario's blijkt dat de kunststof flessen en flacons (KFF) het grootste deel van de vermeden emissie veroorzaakt. Dit is voor scenario 1a en 1b voor de hand liggend omdat daar ook expliciet KFF wordt gescheiden, maar het geldt ook indien inzameling voor alle kunststoffen wordt opengesteld (scenario 2a t/m 2d). Dit in tegenstelling tot de niet-bronscheidings scenario's waarbij het KFF juist een relatief klein deel van de verbetering voor haar rekening neemt, doordat het aandeel KFF in de kunststof fractie feitelijk maar een klein deel vertegenwoordigt (11%).

Figuur 3.7: Emissies CO<sub>2</sub> equivalenten voor de verwerking van de kunststoffractie, uitgesplitst naar kunststofsoort en afgezet tegen de huidige situatie 3b (gemiddelde Rotterdam)



Emissies kg CO<sub>2</sub> per inwoner per jaar uitgesplitst naar kunststof soort (Rotterdam, tov huidige situatie)

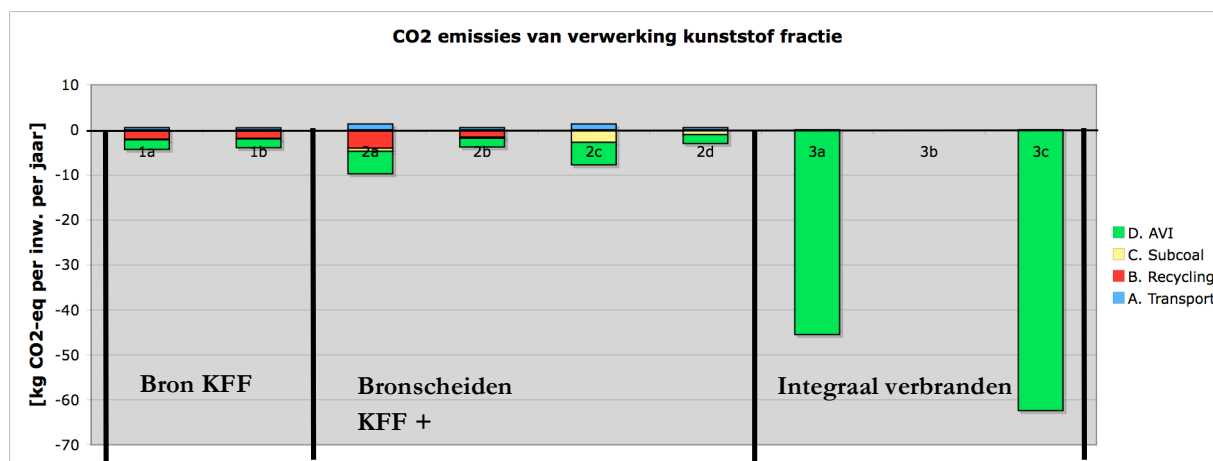
	1a	1b	2a	2b	2c	2d	3a	3b	3c	3d
KFF	-3,9	-3,5	-7,2	-2,8	-5,5	-2,1	-7,6	0,0	-10,4	-29,9
Folies	-0,2	-0,2	-0,7	-0,2	-0,7	-0,2	-15,2	0,0	-20,9	-32,5
Rigids	-0,2	-0,2	-0,8	-0,3	-0,6	-0,2	-11,8	0,0	-16,2	-40,4
non-verpak	0,0	0,0	-1,0	-0,4	-1,0	-0,4	-10,9	0,0	-14,9	-28,1
<i>totaal</i>	-4,3	-4,0	-9,7	-3,8	-7,7	-3,0	-45,5	0,0	-62,4	-130,9

### 3.4 Gevoeligheidsanalyses

#### 3.4.1 Gevoeligheid voor volumetransport

Transport van gescheiden ingezameld kunststof kan sterk toenemen door het volumineuze karakter van kunststof afval. De beladingsgraad blijft daardoor ver onder de maximale belading (in tonnen) van de afvalwagens. Of in andere woorden, er moet vaker gereden worden dan strikt noodzakelijk zou zijn. Dit kan oplopen tot 8 maal de noodzakelijk benodigde aantal kilometers<sup>7</sup>. Per kg kunststof wordt daardoor relatief veel brandstof verbruikt. Een oplossing ter voorkoming van volumetransport zou kunnen zijn het verkleinen door pletten of shredderen van het kunststof alvorens het te transporteren. Hiervoor is echter wel weer energie nodig. Toepassing van een kraakperswagen (gangbare afvaltruck) biedt geen oplossing omdat deze niet in staat is het kunststof voldoende samen te drukken. In deze studie is, in de basisscenario's, niet uitgegaan van volumetransport. Wel is er een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd indien er rekening wordt gehouden met volumetransport. In figuur 3.8 zijn de resultaten daarvan weergegeven. Deze kunnen worden vergeleken met de basisscenario's uit 3.6 (let op verschil in schaal!).

Figuur 3.8: Gevoeligheidsanalyse volumetransport kunststoffractie



Emissies kg CO<sub>2</sub> per inwoner per jaar uitgesplitst naar fase (Rotterdam, kunststof tov huidige situatie)

	1a	1b	2a	2b	2c	2d	3a	3b	3c	3d
A. Transport	0,5	0,5	1,3	0,5	1,3	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0
B. Recycling	-2,1	-1,9	-4,1	-1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-28,2
C. Subcoal	-0,1	-0,1	-0,7	-0,3	-2,8	-1,1	0,0	0,0	0,0	-21,1
D. AVI	-2,1	-1,9	-5,0	-2,0	-5,0	-2,0	-45,5	0,0	-62,4	-82,9
<b>totaal</b>	<b>-3,8</b>	<b>-3,5</b>	<b>-8,5</b>	<b>-3,3</b>	<b>-6,5</b>	<b>-2,5</b>	<b>-45,5</b>	<b>0,0</b>	<b>-62,4</b>	<b>-109,9</b>

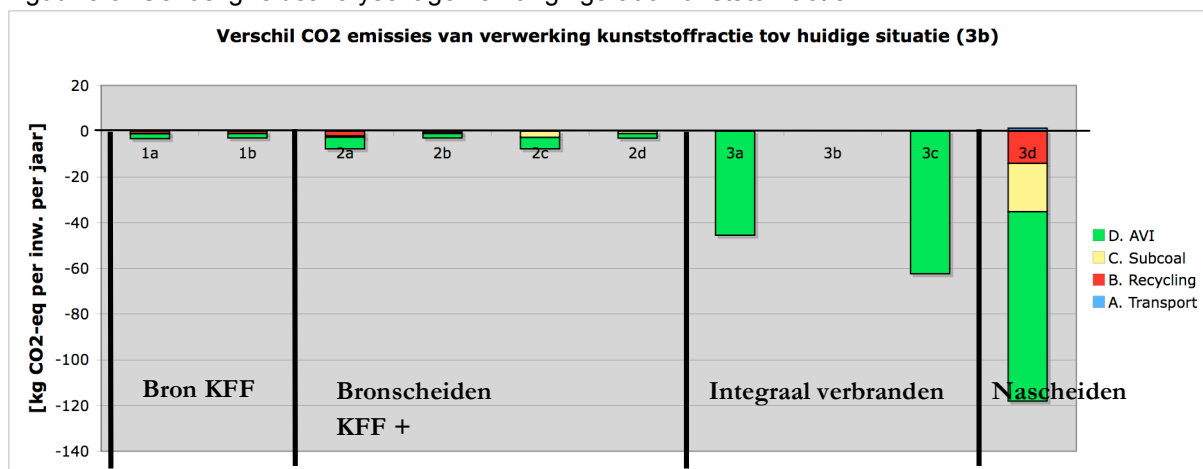
Hieruit blijkt dat volumetransport de milieuwinst bij bronscheiding enigszins kan beperken. Voor de scenario's 1a en 1b is deze afname 13% terwijl de afname voor 2a en 2b 15% en 2c en 2d zelfs 20% bedraagt. De impact van het volumetransport in Rotterdam is relatief beperkt door de korte afstanden tot de verwerking van het kunststof afval.

<sup>7</sup> Mondelinge mededeling HVC, naar aanleiding van praktijkproef in de Nedvang studie. Een 30 m<sup>2</sup> kunststofverpakkingsafval (een volle container) weegt slechts 750 kg terwijl het laadvermogen van een container truck 6 ton bedraagt.

### 3.4.2 Gevoeligheid voor lage vervangingsratio

Secundair kunststof uit gescheiden ingezameld kunststof afval kan worden toegepast in een hoog- of laagwaardige materiaaltoepassing, afhankelijk van de kwaliteit en vervuilingsgraad van de stroom. Omdat de kwaliteit niet te voorspellen is moet rekening gehouden worden met een bandbreedte tussen hoog- en laagwaardige toepassing (hoogwaardige toepassing is 100% vervanging van primair kunststof, bij laagwaardige toepassing is aangenomen dat slechts 50% primair materiaal wordt vermeden). Om aan te sluiten bij eerder onderzoek wordt voor de vervangingsratio's uitgegaan van de ratio's zoals gegeven in [CE Delft, 2007] waarin voor de meeste kunststoffen uit is gegaan van hoogwaardige toepassing. Het is echter de vraag of dit terecht is<sup>8</sup>. Om inzicht te geven wat het effect is van laagwaardige toepassing ipv hoogwaardig, is er een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd indien bij materiaalhergebruik 50% vervanging van primaire kunststof plaats zou vinden. De resultaten daarvan zijn weergegeven in figuur 3.9. Deze kunnen worden vergeleken met de basisscenario's uit 3.6.

Figuur 3.9: Gevoeligheidsanalyse lage vervangingsratio kunststoffractie



Emissies kg CO<sub>2</sub> per inwoner per jaar uitgesplitst naar fase (Rotterdam, kunststof tov huidige situatie)

	1a	1b	2a	2b	2c	2d	3a	3b	3c	3d
A. Transport	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3
B. Recycling	-1,1	-1,0	-2,0	-0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-14,1
C. Subcoal	-0,1	-0,1	-0,7	-0,3	-2,8	-1,1	0,0	0,0	0,0	-21,1
D. AVI	-2,1	-1,9	-5,0	-2,0	-5,0	-2,0	-45,5	0,0	-62,4	-82,9
<i>totaal</i>	<i>-3,3</i>	<i>-3,0</i>	<i>-7,7</i>	<i>-3,0</i>	<i>-7,7</i>	<i>-3,0</i>	<i>-45,5</i>	<i>0,0</i>	<i>-62,4</i>	<i>-116,8</i>

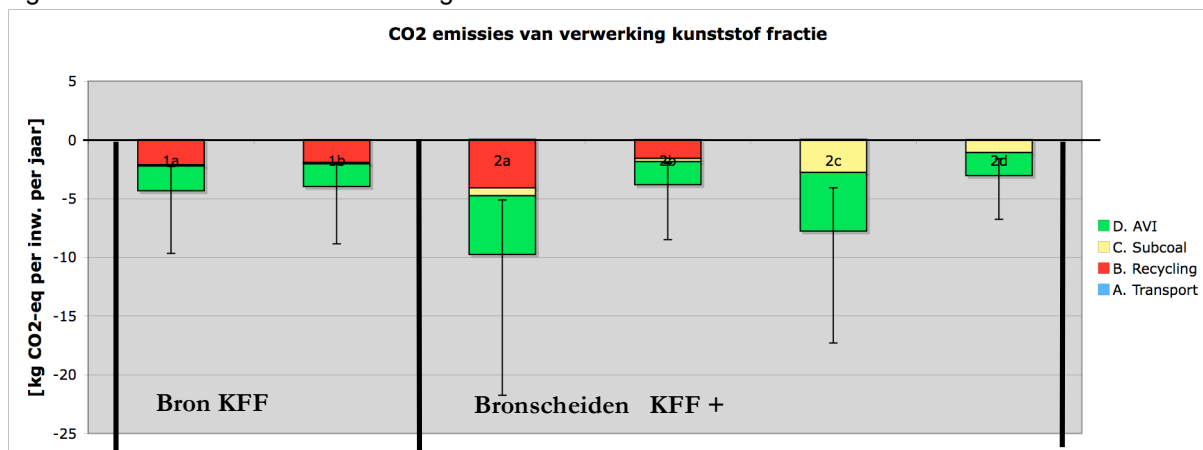
Het effect van de lagere vervangingsratio is dat de milieuwinst uit recycling afneemt. De afname van de netto milieuwinst van de scenario's is respectievelijk 24% voor scenario 1a en 1b en 21% voor scenario 2a en 2b. Ook de winst bij nascheiding vermindert, namelijk met 11%. Scenario 2c en 2d blijven ongewijzigd omdat hier geen kunststof wordt gerecycled. Uitgaande van de lage vervangingsratio is de milieuwinst via recycling (2a en 2b) of via subcoal (2c en 2d) nagenoeg gelijk.

<sup>8</sup> In gesprekken met kunststofrecyclers [PWC2005] blijkt dat door verontreinigingen en kwaliteitsverlies de toepasbaarheid van secundair kunststof in de praktijk vermindert. Daarom wordt secundair kunststof veelal vermengd met primair kunststof om het kwaliteitsverlies te compenseren. Ook de toepassing is vaak laagwaardiger en vervangt daardoor niet in gelijke mate de functie die primaire kunststoffen in het algemeen vervullen.

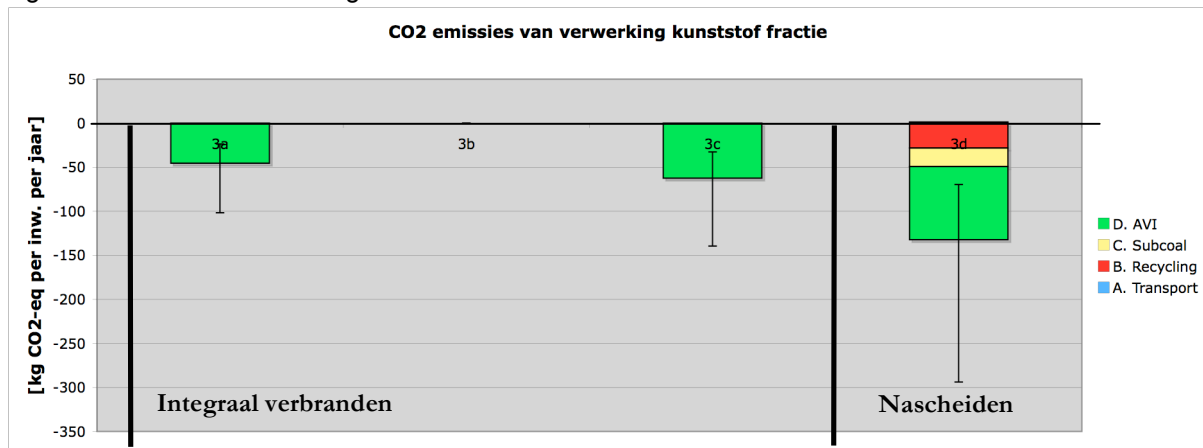
### 3.4.3 Gevoeligheid voor variatie van kunststof in het HRA op wijkniveau

Het aandeel van kunststoffen in het huishoudelijk rest afval (HRA) kan aanzienlijk variëren en kan daardoor van invloed zijn op het eindresultaat. Deze variatie kan om meerdere redenen ontstaan, ondermeer door invloed van seizoenen, inkomensverschillen, etc. De variatie wordt onder andere zichtbaar tussen het aangetroffen aandeel van kunststoffen in de wijken van Rotterdam. In de afzonderlijke sorteeroproeven in de dertien wijken van Rotterdam, uitgevoerd in 2008 [CREM 2008], worden waarden gevonden die variëren tussen de 12,6% en 24,3%, terwijl het gemiddelde voor Rotterdam uit komt op 16,3%. In figuur 3.10 is voor de bronscheidingsscenario's en in figuur 3.11 voor de overige scenario's de gevoeligheid voor de variatie van het kunststofaandeel in het HRA weergegeven door middel van onzekerheidsmarges (let op!: de schaal op de y-as is aangepast).

Figuur 3.10: Resultaten bronscheidingsscenario's met variatie voor kunststofaandeel in HRA



Figuur 3.11: Resultaten overige scenario's met variatie voor kunststofaandeel in HRA



Uit de twee figuren blijkt duidelijk de grote variatie tussen de wijken. Echter, het betreft hier de twee uitersten van de dertien wijken. Het merendeel van de wijken heeft een samenstelling die (veel) dichter bij het gemiddelde uitkomen. De conclusie die hieruit te trekken is dat een wijkgerichte aanpak zinvol kan zijn voor die wijken waar de samenstelling sterk afwijken van het gemiddelde. In die gevallen is het raadzaam sorteeroproeven te herhalen om de afwijking in samenstelling te bevestigen om bijvoorbeeld seizoensinvloeden als oorzaak van de afwijking uit te kunnen sluiten.

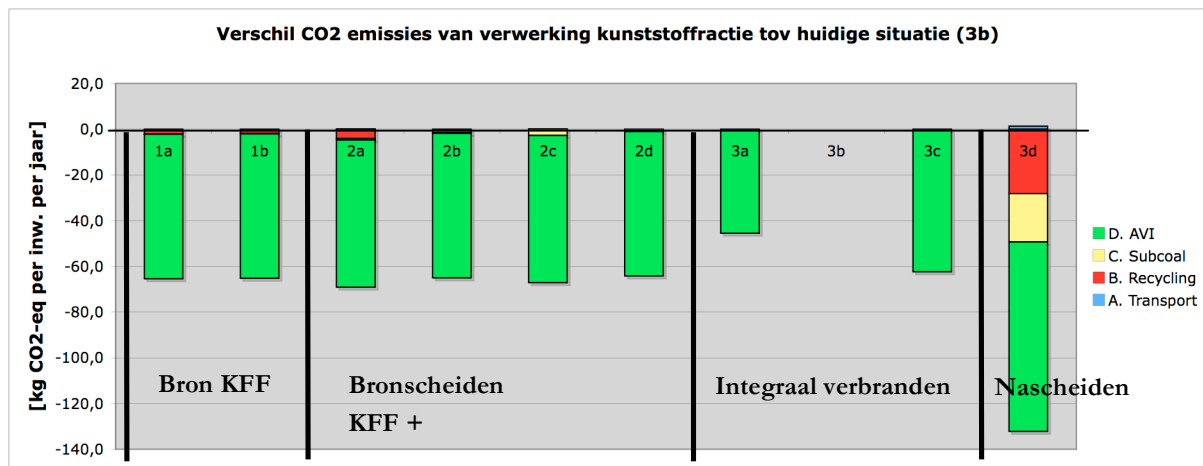
Het is belangrijk op te merken dat een percentuele afwijking van het aandeel van kunststof in het huishoudelijk restafval geen variatie in absolute zin hoeft te betekenen. Immers, als er in een wijk met een hoog aandeel kunststof in het restafval een lage hoeveelheid restafval per inwoner wordt aangeboden, kan het aantal kg aangeboden kunststof toch relatief laag zijn. In bovenstaande analyse is hiermee geen rekening gehouden en moeten de resultaten dus ook met voorzichtigheid worden betracht. Naast

sorteerproeven op wijkniveau zijn daarom ook statistieken van het totale aangeboden huishoudelijk restafval per wijk noodzakelijk indien voor een wijkgerichte aanpak wordt gekozen.

### 3.5 Toekomst situatie

Bij de bronscheidingsscenario's is er, voor de verwerking van het overblijvende restafval na scheiding, uitgegaan van verwerking in de huidige AVI in Rotterdam met een elektrisch rendement van 12% zonder warmtebenutting. In deze paragraaf is het resultaat voor deze scenario's weergegeven indien dit restafval wordt verbrand in de toekomstige hoge rendement AVI AVR Rotterdam, uitgaande van 19% elektrisch rendement en 26% thermisch rendement. Ter vergelijking, het gemiddelde rendement van AVI's in Nederland is 22% elektrisch en 7% thermisch. De netto milieuwinst voor de verwerking van kunststoffractie in de toekomstige AVI is in figuur 3.12 weergegeven ten opzichte van de huidige situatie (scenario 3b). Deze kunnen worden vergeleken met de basisscenario's uit 3.6.

Figuur 3.12: Resultaten uitgaande van toekomstige AVI AVR (gemiddelde Rotterdam) voor de kunststof fractie



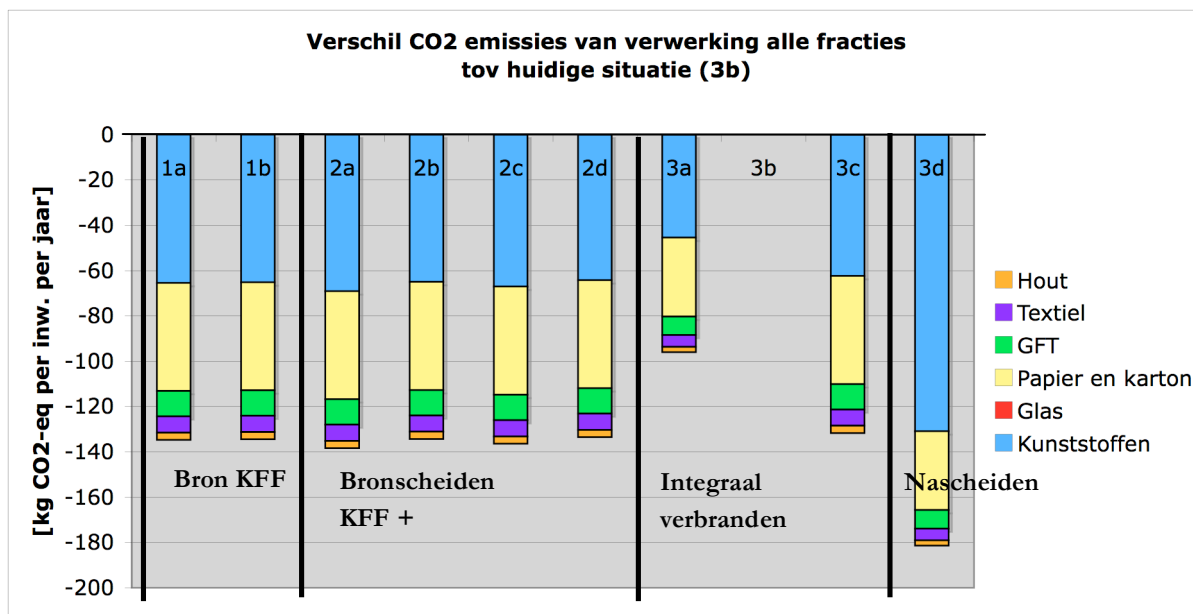
Emissies kg CO<sub>2</sub> per inwoner per jaar uitgesplitst naar fase (Rotterdam, kunststof tov huidige situatie)

	1a	1b	2a	2b	2c	2d	3a	3b	3c	3d
A. Transport	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3
B. Recycling	-2,1	-1,9	-4,1	-1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-28,2
C. Subcoal	-0,1	-0,1	-0,7	-0,3	-2,8	-1,1	0,0	0,0	0,0	-21,1
D. AVI	-63,2	-63,1	-64,3	-63,2	-64,3	-63,2	-45,5	0,0	-62,4	-82,9
<i>totaal</i>	-65,4	-65,2	-69,1	-65,0	-67,1	-64,2	-45,5	0,0	-62,4	-130,9

De resultaten tonen voor de bronscheidingsscenario's een duidelijke milieuwinst door het verbeterde energierendement van de AVI. Omdat nog steeds ook kunststof gescheiden ingezameld wordt, is de milieuwinst licht hoger dan het integraal verbranden van het kunststof afval (scenario 3c). Voor nascheiding is voor de verbranding in een AVI steeds uitgegaan van verbranding in een gemiddelde Nederlandse situatie. Hierdoor wordt het verschil in emissies tussen bronscheiding en nascheiding in de toekomstige situatie sterk verminderd.

De milieuwinst wordt echter niet alleen gerealiseerd bij de kunststoffractie maar ook bij de overige brandbare afvalfracties in het restafval. In figuur 3.13 is zichtbaar dat naast de milieuwinst voor de kunststoffen, ook een aanzienlijke verbetering voor andere fracties is te verwachten. Deze resultaten kunnen worden vergeleken met de basisscenario's uit figuur 3.3.

Figuur 3.13: Resultaten uitgaande van toekomstige AVI Rotterdam (gemiddelde Rotterdam), alle fracties



Emissies kg CO<sub>2</sub> per inwoner per jaar uitgesplitst naar fracties (Rotterdam, tov huidige situatie)

	1a	1b	2a	2b	2c	2d	3a	3b	3c	3d
Kunststoffen	-65,4	-65,2	-69,1	-65,0	-67,1	-64,2	-45,5	0,0	-62,4	-130,9
Glas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Papier en karton	-47,7	-47,7	-47,7	-47,7	-47,7	-47,7	-34,8	0,0	-47,7	-34,8
GFT	-11,2	-11,2	-11,2	-11,2	-11,2	-11,2	-8,2	0,0	-11,2	-8,2
Textiel	-7,2	-7,2	-7,2	-7,2	-7,2	-7,2	-5,2	0,0	-7,2	-5,2
Hout	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-2,3	0,0	-3,2	-2,3
<i>totaal</i>	-135	-135	-138	-134	-136	-134	-96,0	0,0	-132	-181

## Conclusies

In deze milieuscan kunnen een aantal duidelijke conclusies getrokken worden ten aanzien van de CO<sub>2</sub>-emissies van een aantal realistische verwerkingsalternatieven van de onderzochte verpakkingsafvalfracties. Allereerst enkele algemene opmerkingen die sterk het milieurendement kunnen beïnvloeden:

### Algemene opmerkingen

- Respons bepaalt in sterke mate het milieurendement bij bronscheiding. Uit praktijkproeven blijken grote variaties in respons met grote verschillen per inzamelpunt. Deze verschillen worden ondermeer veroorzaakt door het inzamelregiem (wel/geen DIFTAR), breng- of haalsysteem, aantal inzamelpunten, seizoen en mate van verstedelijking.
- Volumetransport bij inzameling blijkt een serieus probleem. Indien er geen verkleining van het kunststof afval plaats vindt wordt er per volle rit maar een beperkt gewicht getransporteerd. Dit leidt tot onevenredig hoge transportemissies. Zie ook paragraaf 3.4.1.
- Omdat in elk scenario tenminste een deel van het kunststof afval in een AVI verwerkt zal worden is het optimaliseren van het energetisch rendement van AVI's voor alle scenario's gunstig, dus ook voor de bronscheidingsscenario's. Zie ondermeer paragraaf 3.5.
- Het nascheiding scenario betreft een toekomstscenario en geen huidige stand der techniek.
- Het met een hoger rendement verbranden van kunststof afval in een kolencentrale gebeurt nog beperkt en moet ook gezien worden als toekomstscenario. Bij het aanleveren van kunststof afval voor verbranden met een hoger rendement kan een te hoog chloorgehalte acceptatie belemmeren vanwege het risico van chloorcorrosie. Met name PVC is een potentiële bron van chloor in de kunststof fractie.
- Het effect van de hier onderzochte maatregelen op de verwerking van andere afvalstromen is gedeeltelijk onderzocht en is alleen gericht geweest op de bijdrage aan het broeikas-effect. Omdat bij deze afvalstromen ook andere milieueffecten relevant kunnen zijn, moet met terughoudendheid conclusies worden getrokken voor deze afvalstromen. In deze studie zijn deze afvalstromen wel betrokken om een referentiekader te geven voor de kunststoffractie, wat betreft het broeikas-effect.
- Om een indruk te geven van de betekenis van de emissies van CO<sub>2</sub> kan de vergelijking worden getrokken met de emissies van CO<sub>2</sub> door autokilometers. Een moderne (euro 5) benzine en diesel auto scoren per personkm respectievelijk 0,166 en 0,158 kg CO<sub>2</sub> per km. Oftewel, 100 kg CO<sub>2</sub> is vergelijkbaar met ruim 600 km autorijden.

### Conclusies

Uit de resultaten kunnen een aantal helder conclusies worden getrokken. Deze worden hier puntsgewijs opgesomd:

#### Ten aanzien van Bronscheiding

- Bronscheiding van kunststoffen levert een milieuwinst op, zij het beperkt. Deze varieert voor de situatie in Rotterdam tussen de 3,0 en 9,7 kg vermeden CO<sub>2</sub> emissies per inwoner per jaar (zie figuur 3.3).
- Bronscheiding geeft het beste resultaat in de scenario's met haalsystemen.
- De respons en daarmee het resultaat groter indien niet alleen kunststof flessen en flacons worden ingezameld maar ook de overige kunststoffen voor scheiding kunnen worden aangeboden.
- Bronscheiding kan nadelig worden beïnvloed door het volumineuze karakter van kunststof afval waardoor vaker gereden moet worden, het zogenaamde volumetransport (zie ook paragraaf 3.4.1). De toch al bescheiden milieuwinst kan daardoor met 13% tot 20% verminderd worden.
- Ook lagere kwaliteit en inzetbaarheid voor materiaalhergebruik kan de milieuwinst van bronscheiding aanzienlijk verlagen met 21% tot 24%. Ook de milieuwinst van nascheiding kan hierdoor met 11% verminderen.
- Er zijn aanzienlijke verschillen in de resultaten tussen de wijken te vinden door de gevonden variaties in aandeel van kunststof in het huishoudelijk restafval in de sorteerproeven op wijkniveau. Hieruit kan

worden geconcludeerd dat een aanpak op wijkniveau zinvol kan zijn. Hiervoor is echter nader statistisch onderzoek nodig (zie toelichting in 3.4.3).

#### **Ten aanzien van Nascheiding**

- Nascheiding geeft het beste resultaat met 181 kg vermeden CO<sub>2</sub> per inwoner per jaar, waarvan 131 kg ten gevolge van de kunststoffractie. Hierbij moet de kantekening geplaatst worden dat nascheiding nog geen uitontwikkelde technologie is met nog op te lossen problemen, zoals de verwerking van resterend organische natte fractie die veelal te zeer verontreinigd is om als compost te verwerken en zich moeilijk laat verbranden in een AVI door het hoge vochtgehalte.

#### **Ten aanzien van integraal verbranden in een AVI**

- Integraal verbranden van huishoudelijk restafval in de toekomstige AVI van AVR in Rotterdam levert ook een goed resultaat op van 131,7 kg vermeden CO<sub>2</sub> per inwoner per jaar.
- Belangrijk is op te merken dat deze winst ook is te behalen in combinatie met het scheiden van kunststof voor recycling, zowel in de situatie van bron- als nascheiding. Het verbeteren van het AVI rendement levert hierdoor in alle gevallen een gunstig resultaat omdat ongeacht de gekozen verwerking er altijd een grote hoeveelheid brandbaar restafval (in de meeste gevallen het overgrote deel) over blijft wat in een AVI verwerkt moet worden.
- In de situatie in Rotterdam is het verbeteren van het AVI rendement extra relevant omdat de huidige AVI ( AVR Brielselaan) een beduidend lager rendement heeft dan dat van de gemiddelde Nederlandse AVI's.
- Het verbeteren van het AVI rendement heeft niet alleen voordelen voor de kunststof fractie maar ook voor de overige brandbare fracties in het huishoudelijk restafval. Ongeveer de helft van de milieuwinst bij integrale verbranding wordt gerealiseerd door de overige brandbare fracties.
- Het verbeteren van het AVI rendement met 1,3% (elektrisch) of 3,0% (thermisch) levert een vergelijkbare hoeveelheid vermeden CO<sub>2</sub> emissie als het beste bronscheidingsscenario (scenario 2a).

## 4. Literatuur

KplusV 2008	KplusV, “Onderzoek gemeentelijke inzameling kunststof verpakkingen”, Stichting Nedvang, 2008
SenterNovem 2008	Samenstelling van het huishoudelijk restafval; resultaten sorteeranalyses, Eureco/SenterNovem, 2008
statline 2009	Centraal Bureau voor de Statistiek; Statline 2009
CREM 2008	Sorteeranalyses huishoudelijk restafval Rotterdam, CREM-rapport nr. C42, Amsterdam 2008
VROM 2002	VROM, Landelijk afvalbeheerplan 2002-2012, 2002
CE Delft 2007	Milieukentallen van verpakkingen voor de verpakkingenbelasting in Nederland, VROM 2007
AVR 2008	AVR-Afvalverwerking vestiging Rotterdam, milieujaarverslag 2007, p 25
AVR/Haskoning 2008	Energieproductie en rendementen van de toekomstige AVI Rotterdam: rapport AVR/ Royal Haskoning, juli 2008, p 47
IVAM a, 2008	Milieu quickscan verwerking kunststof verpakkingen uit huishoudelijk afval in Amsterdam, SRGA 2008
IVAM b, 2008	Update verpakkingenbelasting, VROM 2009
Ecoinvent 2007	Ecoinvent database versie 2.0, 2007
TNO 2005	Toon Ansems, “oplossingsrichtingen voor het beheer van huishoudelijk verpakkingsafval in Nederland”, Apeldoorn, TNO 2005
PWC 2005	“Onderzoek naar de invulling van verpakkingbeleid op lange termijn”, PWC/IVAM/CREM, 2005