

VERWERKING VAN AFVAL OP ARUBA

Milieukundige vergelijking van afvalverwerkingsmethoden

Ecogas

8 JULI 2019

Contactpersoon

DR. IR. J.M.F. VERHAGEN
Commercieel directeur Bodemsaneringen

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland

INHOUDSOPGAVE

MANAGEMENT SAMENVATTING	5
1 INLEIDING	6
2 HUIDIGE SITUATIE	7
2.1 Inzameling	7
2.2 Recycling	7
3 AFVAL IN DE CIRCULAIRE ECONOMIE	9
3.1 Hierarchie in verwerking van afvalstromen	9
3.2 Afvalverwerking en recycling opties op Aruba	9
4 AFVALVERWERKING METHODES	10
4.1 Methode 1: Ongescheiden MSW verbranden in een WTE-installatie	10
4.1.1 Technische beschrijving	10
4.1.2 Economisch perspectief	10
4.1.3 Omgevingssituatie	11
4.2 Methode 2: Recycling van MSW en RDF opslaan in een voormalige steengroeve	11
4.2.1 Technische beschrijving	11
4.2.2 Economisch perspectief	11
4.2.3 Omgevingssituatie	11
4.3 Methode 3: Recycling van MSW en RDF als secundaire bouwstof in GWW-projecten	12
4.3.1 Technische beschrijving	12
4.3.2 Economisch perspectief	12
4.3.3 Omgevingssituatie	12
4.4 Methode 4: Recycling van MSW en RDF als secundaire brandstof in de cementindustrie	12
4.4.1 Technische beschrijving	12
4.4.2 Economisch perspectief	12
4.4.3 Omgevingssituatie	12
5 VERGELIJKING AFVALVERWERKINGSMETHODES	13
5.1 Sociale impact	13
5.2 Toekomstperspectief	13
5.3 Economische vergelijking	13

5.4	Carbon foot print	14
5.5	Vergelijking aspecten	15
6	CONCLUSIES	16
	COLOFON	17
	Bijlage A Carbon Foot Print	

MANAGEMENT SAMENVATTING

In de huidige situatie wordt op Aruba 68.000 ton afval (Municipal Solid Waste MSW) recycled. In de recycling-installatie wordt het afval gescheiden in diverse reststromen (papier/karton, metalen, aluminium, granulaat en RDF (refuse-derived fuel). In deze milieukundige vergelijking is de huidige methode beoordeeld ten opzichte van de optie van verbranding van ongesorteerd afval. Bij de huidige werkwijze wordt RDF opgeslagen in een steengroeve. Daarnaast zijn er additionele methodes voor verdere toepassing van RDF mogelijk. Dat betreft het gebruik van RDF als secundaire brandstof óf als secundaire bouwstof.

De huidige scheidingsinstallatie en de werkwijze die bij de recycling wordt gebruikt is als state-of-the-art beoordeeld, vergeleken met Europese maatstaven. Per methode is een technische beschrijving gegeven alsmede een generiek economische perspectief en de aspecten ten aanzien van de omgevingsituatie.

Vanuit het beleidsmatige nastreven om te komen tot een circulaire economie is recycling een uitgangspunt. Immers, hergebruik en besparing van primaire grondstoffen zijn wezenlijke onderdelen van duurzaamheid. Daarnaast heeft verbranding ten opzichte van recycling een negatieve sociale impact (zoals werkgelegenheid en omgeving).

Een WTE-installatie betekent een aanzienlijke financiële investering alsmede operationele kosten, wat mogelijk leidt tot een hogere tipping fee, en tevens een financieel risico voor de gemeenschap met zich mee kan brengen. Daarnaast dient rekening gehouden te worden met emissies en controle daarvan, alsmede een stortplaatsfaciliteit voor de vrijkomende assen (bodemas, vlieggas) te worden gecreëerd.

Voor elke methode is de carbon foot print bepaald. De carbon foot print voor verbranding is het hoogst (115.000 ton CO₂ per 100k ton afval)), en de carbon foot print met de toepassing van RDF als secundaire brandstof in een cementoven in het buitenland is het laagste (5.600 ton CO₂ per 100k ton afval).

De verschillende aspecten zijn ter vergelijking samengevoegd in een beoordelingsmatrix.

	Ongescheiden MSW in WTE	Recycling MSW en RDF opslag in groeve	Recycling MSW en RDF als secundaire bouwstof	Recycling MSW en RDF als secundaire brandstof
Carbon foot print ranking	4	2	3	1
Carbon foot print kwantitatief	115.536	55.709	76.014	5.633
Carbon foot print kwantitatief	2051%	989%	1349%	100%
Bijdrage aan Circulaire Economie	--	0	+	++
Emissie --> water compartiment	-	0	0	0
Emissie --> lucht compartiment	-	0	0	0
Emissie --> grond compartiment	-	0	0	0
Sociaal effect werkgelegenheid	--	0	+	+
Financieel risico community	--	0	0	0
Ecologische effecten (natuurwaarde, biodiversiteit)	-	++	0	0
Compliance nationale e wet- en regelgeving	?	0	?	?
Veiligheidsrisico's operations	-	0	+	+

Uit de beoordeling blijkt dat de inzet van RDF als brandstof de beste ranking scoort qua carbon foot print maar ook kwalitatief als (zeer) positief of neutraal wordt beoordeeld. Verbranding van afval scoort op meerdere aspecten (zeer)negatief.

Geconcludeerd wordt in deze vergelijking dat recycling van afval een en de het vervolgens nuttig toepassen van de vrijkomende RDF een veruit betere methodiek is dan het verbranden van afval.

1 INLEIDING

Op het eiland Aruba bedraagt jaarlijks het totaal aan huishoudelijk en bedrijfs(commercieel)-afval 68.000 ton. In dit rapport wordt huishoudelijk en commercieel afval aangeduid met de term MSW (Municipal Solid Waste).

In de huidige situatie wordt het afval ingezameld en gerecycled. In dit rapport wordt ingegaan op de huidige werkwijze, mogelijke additionele methodes beschreven alsmede een vergelijking gemaakt met de verbranding van afval in een afvalverbrandingsinstallatie. Begin 2019 is door Arcadis een desk studie uitgevoerd voor de vergelijking van de huidige werkwijze van inzameling en recycling op Aruba met de Nederlandse en Europese wet- en regelgeving. Omdat op Aruba specifieke wetgeving voor milieuzaken waaronder afval ontbreekt en het eiland onderdeel is van het Koninkrijk der Nederlanden, biedt een dergelijke vergelijking enerzijds inzicht in de stand van zaken op Aruba en anderzijds de juiste context om toekomstige mogelijkheden en ontwikkelingen te kunnen duiden. In dit rapport wordt hier -indien relevant- dan ook naar verwezen.

In mei 2019 is door Arcadis (dr.ir. J.M.F. Verhagen en ing. H. Wilbers) tijdens een bezoek aan Aruba de inzameling, de recycling en verdere verwerking van afval door Ecogas nader bestudeerd. Tijdens dit bezoek zijn ook de diverse hier genoemde locaties bezocht en is de recyclingfabriek van Ecogas bezocht. In hoofdstuk 2 wordt de huidige werkwijze beschreven, aangevuld met de observaties en bevindingen naar aanleiding van het bezoek. Hoofdstuk 3 gaat kort in op de circulaire economie in relatie tot afval en hoofdstuk 4 beschrijft 4 methodes van afvalverwerking waaronder de huidige, die relevant zijn voor Aruba. In hoofdstuk 5 wordt de sociale impact, het toekomstperspectief en de carbon foot print beschreven. Tot slot volgen conclusies en aanbevelingen. In de bijlage is de uitwerking van de carbon foot print gegeven. Separaat is een supporting document opgesteld dat relevante aspecten van afvalverwerking beschrijft in relatie tot de huidige situatie, mogelijkheden voor de toekomst en de te verwachten effecten van een afvalverbrandingsinstallatie op Aruba.

Hoewel hier gesproken wordt van afval is er op Aruba geen wettelijke definitie van de term afval, hoewel de term afvalstoffen wel wordt gebezigd. In zijn algemeenheid wordt onder afval bestaande uit afvalstoffen verstaan: stoffen, materialen en/of producten waarvan de eigenaar zich wenst te ontdoen. Afvalstoffen hebben dan ook een negatieve waarde voor de eigenaar.

2 HUIDIGE SITUATIE

2.1 Inzameling

MSW wordt ingezameld door Serlimar en Ecotech. Serlimar is een overheidsbedrijf dat wettelijk verantwoordelijk is voor het verzamelen en verwerken van afval. Ecotech en Ecogas zijn gecontracteerd voor het verzamelen en recyclen van huishoudelijk afval op Aruba. Ecotech zamelt in en Ecogas heeft een recycling fabriek waar afvalscheiding plaatsvindt. De recyclingfabriek is gelegen in de vrije zone van Aruba.

Huishoudens zijn vrij in de keuze voor de inzamelaars en verwerkers van hun afval. Ook de kosten voor het ophalen van het huishoudelijk afval worden rechtstreeks met de verwerker afgerekend. Op Aruba zijn dat Ecotech/Ecogas. In Nederland wordt de inzameling van huishoudelijk door de lokale overheid georganiseerd en uitbesteed aan inzamelaars en verwerkers en vindt de financiële afwikkeling via een gemeentelijke afvalheffing plaats.

Er vindt geen scheiding (papier, plastic, e.d.) aan de bron plaats, hetgeen in Europese landen gebruikelijk is. Afhankelijk van het land, wordt naast preventie scheiding aan de bron, zoals plastic, glas, papier, GFT (groente, fruit en tuin) gepropageerd en gestimuleerd en voor verschillende stromen zelfs wettelijk verplicht gesteld. Scheiding aan de bron noopt wel tot separate inzamelingsstructuren (bijvoorbeeld glasbakken) en de aanwezigheid van verdere recycling- en verwerkingsinstallaties. De schaal waarop scheiding aan de bron realistisch is, kan gezien de omvang van de populatie op Aruba en daarmee het separaat te verwerken volume economisch niet haalbaar zijn.

De hoeveelheid aangeboden afval per huishouden bedraagt op Aruba ongeveer 12 kg per ophaalronde. Per inzamelingsroute wordt 3,4 tot 3,7 ton opgehaald. In tegenstelling tot Serlimar zamelt Ecotech dagelijks afval in, dat wil zeggen inclusief weekend en feestdagen. De voor recycling aangeboden hoeveelheid afval aan Ecogas bedraagt 67.810 ton, waarvan ongeveer 55% ingezameld is door Ecotech, 43% door Serlimar en 2% door derden direct aan de poort.

2.2 Recycling

Tijdens het locatiebezoek is de werkwijze ten aanzien recycling en de aanwezige scheidingsinstallatie bekeken.

Voorafgaand aan de daadwerkelijke recycling en verwerking van het afval in de scheidingsinstallaties wordt het water zo veel mogelijk verwijderd via vacuüm extractie in de vuilniswagens. In totale wordt 1.430 MT water onttrokken en off-site gezuiverd. Vervolgens ontstaan na handpicking van cardboard (karton, papier) 4 reststromen:

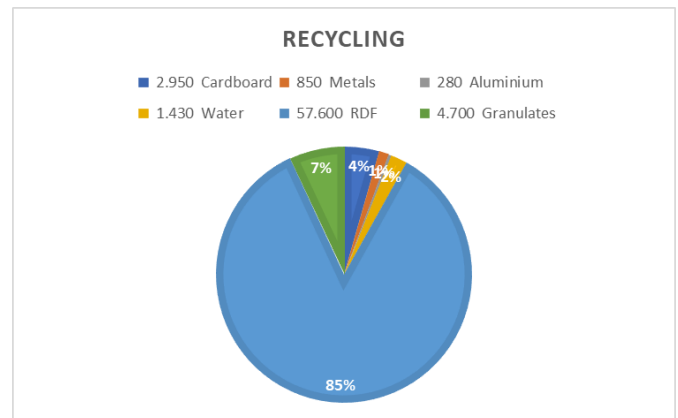
- Metalen.
- Aluminium.
- Granulaten.
- RDF (refuse-derived fuel).

De metalen en het aluminium worden -evenals het karton/papier- als reststromen verkocht aan verdere verwerkers. Het granulaat wordt opgeslagen. De RDF wordt geperst in balen met een dichtheid van 1,3 ton. RDF heeft bij Ecogas de productnaam Envirobales. Binnen deze rapportage wordt verder de algemeen bekende term RDF gehanteerd.

Samenstelling

Het resultaat van de recycling tot de diverse reststromen is weergegeven in onderstaande tabel en figuur.

MT	Stroom	%
2.950	Cardboard	4,4%
850	Metals	1,3%
280	Aluminium	0,4%
1.430	Water	2,1%
57.600	RDF	84,9%
4.700	Granulates	6,9%
67.810	Total	100,0%



De RDF wordt opgeslagen in een voormalige open steengroeve, de ondergrond is limestone. Op basis van de verstrekte informatie door Ecogas en bevestigd tijdens het locatiebezoek zijn de balen met RDF compact en is er geen sprake van uittreden van vloeistof. Gestreefd wordt naar een zo laag mogelijk vochtgehalte in de geperste balen. Door de afwezigheid van organische of vloeibare componenten is lekkage niet aannemelijk. Daardoor wordt het risico van verontreiniging van bodem en grondwater als verwaarloosbaar beschouwd.

Evident is gebleken dat de werkwijze en de recycling installatie *state-of-the art* zijn. De systematiek is logischerwijs aangepast aan de lokale situatie, dat wil zeggen de samenstelling van het afval, maar op een vergelijkbaar technisch en technologisch niveau als Nederlandse recycling installaties. Dezelfde observatie geldt eveneens voor de organisatie op het gebied van techniek en management. Deze is beoordeeld als kundig en professioneel.

3 AFVAL IN DE CIRCULAIRE ECONOMIE

Afval bestaat uit een mix van producten en verpakkingen uit zowel hernieuwbare als niet-hernieuwbare bronnen, waaronder bomen, mineralen en fossiele brandstoffen. Het gebruik van niet-hernieuwbare bronnen voor brandstof, of ze nu vers uit de grond of rechtstreeks uit de afvalbak komen, schendt de beginselen van hernieuwbare energie. Het principe van de circulaire economie, zoals ook door de Sociaal Economische Raad van Aruba is beschreven (maart 2017) gaat er van uit dat alle afval als grondstof wordt ingezet. Bij een circulaire economie hoort -naast preventie, goed productontwerp, juiste materiaalkeuze etc, ook een goede recycling van materialen die toch in het afvalstadium komen (LAP 2017- 2019, Ministerie van IenW, Nederland). Daarvoor kunnen meerdere vormen van recycling worden onderscheiden, die door Ecogas worden toegepast.

3.1 Hierarchie in verwerking van afvalstromen

Binnen de internationale gemeenschap (VN, EU, USA enz.) wordt afval onderverdeeld in meerdere niveaus van voorkeur voor verwerkingsmethoden, bekend als de afvalhiërarchie. De afvalhiërarchie is gebaseerd op de ladder van Lansink, die werd bedacht in de jaren tachtig en geeft de voorkeursmethoden van afvalverwerking aan (zie figuur). Preventie (A) is de hoogste "trap" op de ladder en de meeste voorkeur. De volgende stappen leiden tot hergebruik (B) of recycling (C) en verbranding (D), afval-naar-energie worden beschouwd als minder duurzaam en storten (F) heeft het minst de voorkeur. Storten is slechts een laatste mogelijkheid redmiddel, gereserveerd voor afvalstromen die niet kunnen worden voorkomen of verwerkt in andere methoden (o.a. gevaarlijke materialen, asbesthoudende of anderszins niet-reinigbare grond).



3.2 Afvalverwerking en recycling opties op Aruba

Voor de verwerking van MSW op Aruba zijn er meerdere mogelijke verbeterlagen. Hierbij kan gekeken worden naar de huidige systematiek van recycling. Voor de huidige systematiek kan nadat de opslagcapaciteit volledig is benut om het landschap te herstellen. Daarnaast zijn er aanvullende opties om vanuit de bestaande mogelijkheden nog duurzamere vormen van hergebruik van afval te realiseren. Alternatieven zijn ook denkbaar. Een mogelijkheid die momenteel op Aruba onder de aandacht of ter overweging is, is het verbranden van afval in een nieuw te realiseren afvalverbrandingsinstallatie (AVI, Mass burn incinerator). Hierbij wordt de vrijgekomen warmte gebruikt voor de opwekking van energie. Deze werkwijze van afvalverwerking wordt in zijn algemeenheid aangeduid als Waste-to-Energy oftewel WTE.

Een van de opties is om -gebaseerd op de huidige recycling methodiek- de RDF een alternatieve bestemming te geven en daarmee een nuttige toepassing. Een variant is de RDF te gebruiken in de cementindustrie en in te zetten als secundaire brandstof. Een andere optie is een variant waarbij RDF wordt gebruikt als ophoog- of constructiemateriaal in bijvoorbeeld de GWW¹-sector, het kwalificeert dan als secundaire bouwstof.

Aldus kunnen 4 methodes voor Aruba worden onderscheiden:

1. Ongescheiden MSW verbranden in een WTE-installatie.
2. Recycling van MSW en RDF opslaan in een voormalige steengroeve.
3. Recycling van MSW en RDF als secundaire bouwstof in GWW-projecten.
4. Recycling van MSW en RDF als secundaire brandstof in de cementindustrie.

In de volgende hoofdstukken worden de 4 methoden nader uitgewerkt.

¹ GWW: grond- weg- en waterbouw

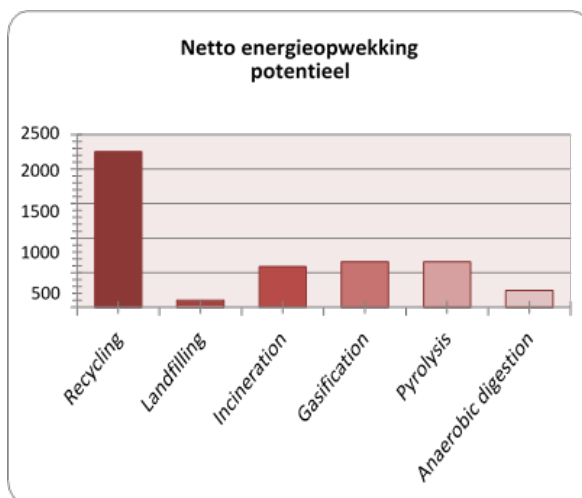
4 AFVALVERWERKING METHODES

4.1 Methode 1: Ongescheiden MSW verbranden in een WTE-installatie

4.1.1 Technische beschrijving

Verbranding ook wel bekend als "mass burn" is de meest gangbare WTE-technologie. De technologie houdt in dat huishoudelijk (stedelijk) afval op hoge temperatuur verbrand wordt met als gevolg het creëren van warmte en die vervolgens om te zetten in stoom en door middel van een turbine het produceren van elektriciteit. Verbrandingsovens stoten stoffen uit als zware metalen, VOC's, dioxinen, CO_x Hg, en dergelijke uit. Omdat deze persistent, bioaccumulatief en/of toxisch, en sommige kankerverwekkend kunnen zijn, moeten de emissies van verbrandingsovens zorgvuldig worden beoordeeld en gecontroleerd. Dat vereist normering, wet- en regelgeving, toezicht en handhaving. Niet alleen op de uitstoot van schadelijke stoffen, maar tevens nauwkeurige ingangscntrole om te voorkomen dat het te verbranden afval ongewenste, of zelfs gevaarlijke substanties bevatten (bijvoorbeeld batterijen, asbest e.d.)

WTE-installaties (AVI's) produceren weliswaar energie uit afval, echter recycling is een veel effectievere vorm van terugwinning van energie uit afgedankte producten en verpakkingen. Onderzoek heeft aangetoond dat recycling gemiddeld drie tot vijf keer meer energie bespaart dan een WTE genereert, omdat voor de productie van nieuwe producten uit gerecycleerde materialen veel minder energie benodigd is dan de benodigde energie voor de productie uit ruwe grondstoffen. Feitelijk betekent het dat een WTE-installatie 3 tot 5 eenheden energie verbrandt om 1 eenheid energie te produceren.



Figuur 4. Recycling bespaart meer dan 3x zo veel energie als geproduceerd door

4.1.2 Economisch perspectief

Verbrandingsinstallaties vragen een aanzienlijke investering over een langere periode. Naast de operationele kosten wordt de financiële haalbaarheid bepaald door de opbrengsten van de geproduceerde elektriciteit en de te ontvangen vergoeding voor het verwerken van het aangeboden afval, de zogenaamde tipping fee of gate fee genoemd. Dat betekent dat voor de zekerheidsstelling van de investeringen lange termijn contractuele overeenkomsten benodigd zijn om de opbrengsten van de aanvoer van de hoeveelheid afval. Dergelijke contracten zijn bekend als "**put or pay**" contracten.

Indien de minimaal gegarandeerde hoeveelheid afval niet beschikbaar is of niet wordt aangeboden om de exploitatie van de installatie mogelijk te maken, dient een financiële compensatie gegeven te worden. Dat betekent een financiële exposure voor de overheid en de gemeenschap.

Omdat verwacht mag worden dat externe aanvoer op een eiland minder gecompliceerde is dan in bijvoorbeeld Europa zal dientengevolge naar alle waarschijnlijk de financiële exposure groter zijn. Het maakt hierbij niet uit of de WTE-installatie publiek of (semi-) privaat eigendom is.

Het behoeft geen betoog dat bij de aanwezigheid van een WTE-installatie, het inzetten van publieke middelen voor het stimuleren van een zero waste management, circulaire economie, recycling, afvalpreventie en dergelijke in deze contraproductief zullen zijn.

4.1.3 Omgevingssituatie

Voor een WTE is de reiniging van de rookgassen een essentieel onderdeel van de installatie. Immers, de rookgasreiniging moet de uitstoot van schadelijke afvangen. Weliswaar is de uitstoot afhankelijk van de samenstelling van de MSW, maar als resultante komt vliegias vrij uit de rookgasinstallatie. De vliegias zal toxische stoffen bevatten alsnog op een stortplaats onder milieu hygiënische omstandigheden opgeslagen moeten worden of er dient een alternatief verwerking gevonden te worden. Door de geïsoleerde ligging en de omvang van Aruba zal dat niet eenvoudig zijn. Bij het verbrandingsproces ontstaat ook bodemas (genoemd AVI-slakken of AEC-bodemas) die eveneens in een stortplaats opgeslagen moeten worden of er dient een alternatieve verwerking voor gevonden te worden. Naast het storten van vliegias en AVI-slakken zal een stortplaats voorziening noodzakelijk zijn als back-up voor het geval de installatie langdurig uitvalt of in onderhoud gaat. Derhalve is een AVI geen afvalverwerkingsmethodiek die er in resulteert dat er geen stortplaats meer nodig zal zijn.

4.2 Methode 2: Recycling van MSW en RDF opslaan in een voormalige steengroeve

4.2.1 Technische beschrijving

Bij de huidige werkwijze wordt het RDF in de vorm van balen opgeslagen in de voormalige steengroeve van Seroe Teishi. De groeve is gegraven in natuurlijke kalksteen en bevindt zich boven de normale grondwater-spiegel. Kalksteen kan worden beschouwd als een natuurlijke barrière en als zodanig is het risico van verontreiniging als gevolg van het stijgende grondwater en daarmee rechtstreeks contact met het plastic omhulsel van de balen verwaarloosbaar.

Bovenstaande wordt tevens bevestigd door rapportage van RSB Environmental (Texas, US) van maart 2018. Daarin is geconcludeerd dat de RDF zoals bij Ecogas wordt geproduceerd, kwalificeert als MSW en in de gebruikte verpakking voldoet aan de US eisen -meer specifiek Texas- die gelden voor een type IAE landfill (stortplaats). Daaruit volgt dat de opslag van RDF van Ecogas op de kalksteen (limestone) ondergrond voldoet aan milieutechnische eisen die gesteld kunnen worden.

Uit deskresearch is gebleken dat als een en ander bekeken wordt vanuit de optiek van de Nederlandse regelgeving, de opslag in de steengroeve als volgt beoordeeld kan worden. In het Nederlandse LAP wordt opslag als een definitieve verwijdering gezien indien de opslag op een stortplaats langer dan 3 jaar duurt. Voor de opslag in mijnen/groeven geldt dat dit als een nuttige toepassing beschouwd wordt, onder de voorwaarde dat er sprake is van een opvulplicht of een opvulnoodzaak én sprake is van inerte, niet gevaarlijke afvalstoffen.

4.2.2 Economisch perspectief

De afdekking van de groeve met een leeflaag brengt kosten met zich mee waarbij de maatschappelijke baten deze moeten compenseren.

4.2.3 Omgevingsituatie

De opslag van RDF in de steengroeve kan tevens nog een aantal maatschappelijke en ecologische voordelen opleveren. Zodra en indien de groeve volledig is opgevuld, kan het landschap in zijn oorspronkelijke vorm hersteld worden. Door het afdekken van de RDF met een leeflaag ontstaat wederom de oorspronkelijke habitat. Indien er van uitgegaan wordt dat die sowieso een gewenste situatie is, wordt door het gebruik van RDF ook primaire grondstoffen voor de opvulling bepaald. Herstel van de oorspronkelijke habitat leidt tot een toename van flora en fauna en dus biodiversiteit een vanuit milieuopectiek gewenste ontwikkeling. Het gebied kan desgewenst ook een recreatie invulling of andere bestemming krijgen. Een duidelijk gevolg is ook dat het gebied niet afgeschermd hoeft te worden en ook veiliger zal worden.

Een dergelijk principe van herstel van het landschap met additionele natuurwaarde zoals mogelijk is bij de groeve (en mogelijk in de toekomst bij meerdere groeves) wordt ook in Nederland gepropageerd bij gesloten stortplaatsen.

Voor deze methode zijn er dan ook geen aantoonbare negatieve milieup implicaties te benoemen.

4.3 Methode 3: Recycling van MSW en RDF als secundaire bouwstof in GWW-projecten

4.3.1 Technische beschrijving

De RDF samengeperst in de balen kan -vergelijkbaar als de toepassing in de steengroeve- gebruikt worden als constructie en/of ophoogmateriaal in de GWW-sector. Op ARUBA is reeds een pilot uitgevoerd waarbij de RDF als ophoogmateriaal werd toegepast.

4.3.2 Economisch perspectief

Door toepassing in dergelijke constructies wordt bespaard op primaire grondstoffen als zand, grind, cement e.d. en kunnen kostenreducties worden gerealiseerd. Standaardisatie van de toepassing en de kwaliteit kan geschieden door vastlegging van de benodigde productspecificaties van de RDF-balen voor constructieve toepassingen (geo-/civieltechnisch) en certificatie van de toepassing.

4.3.3 Omgevings situatie

In sommige gevallen kan het toepassen van RDF als ophoog- of opvulmateriaal de voorkeur hebben bijvoorbeeld in de vergelijking met de toepassing van licht vervuilde grond als ophoogmateriaal. Immers, bij RDF zijn geen additionele milieutechnische maatregelen noodzakelijk. Aangetoond is dat er geen water uittreedt en er geen emissie van broeikasgassen plaatsvindt. Bij de toepassing van vervuilde grond daarentegen dienen contactbeschermende maatregelen genomen te worden zoals een leeflaag op de vervuilde grond én een scheiding tussen de vervuilde grond en de leeflaag. Aldus wordt een bijdrage aan duurzaamheid gerealiseerd. De pilot is er een aansprekend voorbeeld van.

4.4 Methode 4: Recycling van MSW en RDF als secundaire brandstof in de cementindustrie

4.4.1 Technische beschrijving

De reststroom die na recycling overblijft en is samengebundeld in de RDF kan ingezet worden als secundaire brandstof. De industrie die daar zeer geschikt voor is, is de cementindustrie.

4.4.2 Economisch perspectief

Voor toepassing als secundaire brandstof in de cementindustrie zullen transportkosten naar bijvoorbeeld Colombia aan de orde zijn. Aangezien veelal retourvracht naar Colombia uit lege containers bestaat, zullen de kosten relatief gering zijn. Afhankelijk van de kosten van primaire brandstoffen, importheffingen, transport e.d. zal RDF een positieve of negatieve waarde hebben en daarmee een effect op de totale kosten van de verwerking hebben.

4.4.3 Omgevings situatie

Het gebruik van RDF als brandstof leidt voor de cementindustrie tot een significante reductie van de uitstoot van broeikasgassen zoals CO₂. Uiteraard is het ook mogelijk om RDF in Mass burn incinerators (mee) te verbranden, maar de toepassing in de cementindustrie heeft additionele voordelen. De zeer hoge temperatuur in een cementoven zorgt ervoor dat er een volledige verbranding van het afval plaatsvindt. Daardoor is er geen sprake van vaste of vloeibare residuen. Dat is niet het geval bij verbranding of bijmenging (co-firing) in afvalverbrandingsovens, daar is altijd sprake van emissie, vlieg-as en bodemas.

5 VERGELIJKING AFVALVERWERKINGSMETHODES

5.1 Sociale impact

Recycling draagt niet alleen bij aan een circulaire economie, is zelfs een uitgangspunt. Ook bij bijvoorbeeld Cradle-to-Cradle is hergebruik de basis. Verbranding leidt tot een onzeker economisch verdienmodel en daarmee kan een mogelijk hoog financiële risicoprofiel voor overheid en bevolking ontstaan. Een verbrandingsinstallatie is grotendeels geautomatiseerd. Terwijl juist bij recycling het tegenovergestelde het geval is. Daarmee kan gesteld worden dat recycling meer werkgelegenheid biedt.

Uiteraard is preventie het meest duurzaam. Zero waste management kent geen verbranding of recycling. Maar zero waste is geen haalbare kaart, althans in de nabije toekomst. Bij recycling kunnen mensen wel invulling geven aan hun motivatie om bij te dragen aan een duurzamere samenleving en wereld. Door bijvoorbeeld bewust voor producten en verpakkingen te kiezen die goed recyclebaar zijn, dragen zij daar aan bij. Bij verbranding is dat geen optie.

De bouw van een verbrandingsinstallatie heeft een impact op de omwonenden in de directe nabijheid door de emissies van de installatie. Daarnaast is er invloed op de omgeving omdat de contouren van de fabriek de horizon beïnvloeden.

5.2 Toekomstperspectief

Recycling maakt het mogelijk om in de toekomst ook nieuwe innovatieve technieken toe te passen en in te spelen op veranderingen in consumentgedrag als die zich vertalen in veranderde samenstelling van het huishoudelijke afval. Recycling kan hier flexibel op inspelen. Aanpassing van een recycling plant gaat makkelijker dan een verbrandingsinstallatie. Veranderingen in samenstelling kan leiden tot andere parameters als vochtigheid, calorische waarde e.d. hetgeen van invloed kan zijn op de efficiency van het verbrandingsproces. Hetgeen gevolgen kan hebben voor de rookgasinstallatie.

Indien de circulaire economie onderdeel wordt van het beleid is recycling een gegeven. Een verbrandingsinstallatie die om afval moet concurreren met recycling lijkt daar nauwelijks beleidsmatig in te kunnen passen.

5.3 Economische vergelijking

Recycling bespaart grondstoffen en fossiele bronnen. In het Rapport Waste Management Costs & Financing and Options for Cost Recovery (EU, 2014) zijn de belangrijkste factoren voor de kosten van een verbrandingsinstallatie: kosten aankoop grond, omvang van de fabriek, benutting van de installatie, eisen ten aanzien van de behandeling van rookgassen, behandeling en afzet van de bodemas, de efficiency van de energie opwekking en de revenuen die hiermee gerealiseerd worden, het terugwinnen van metalen en de revenuen. In dit rapport worden de kapitaalskosten en de operationele kosten (exclusief afschrijving, rente, financiering) voor een WtE-installatie als volgt gegeven:

- Kapitaalskosten : € 550 - € 800 per ton per jaar (1100 – 1600 Afl. per ton)
- Operationele kosten : € 35 - € 80 per ton verwerkt (71 – 162 Afl. per ton)

De onderverdeling van de operationele kosten is als volgt:

- 40% van de kosten is onderhoud.
- 30% van de kosten is arbeid en personeel.
- 15% van de kosten zijn verbruiksgoederen.
- 5-10% afzet residu (assen e.d.).
- 10-15% overige kosten.

Gebaseerd op een geschatte investering van 300 mio Afl. (€ 150 mio) in een WtE-installatie bedragen de kapitaalskosten over een periode van 20 jaar en een rendementspercentage van 10% 35 mio Afl. per jaar, overeenkomend met 350 Afl. per ton verbrand afval.

Operationele kosten zijn moeilijk in te schatten gezien de diverse variabelen maar indien het laagste niveau uit de eerder vermelde studie wordt genomen, kan gerekend worden 70 Afl./ton. Dat zou betekenen een tipping fee van minimaal 420 Afl., exclusief de kosten voor inzameling.

Zoals vermeld, bespaart recycling fossiele bronnen, vermindert het gebruik van primaire grondstoffen en vermindert de uitstoot van broeikasgassen. Het ecologische voordeel van een grondstof wordt bepaald door het verschil te nemen tussen de milieukundige kosten van recycling in vergelijking tot de milieukundige kosten voor storten of verbanden (studie Horizon 2020, EU). Deze ecologische kosten zijn geschat op 2100 – 2300 €/ton voor aluminium, 510 - 1262€/ton voor plastics, 211 - 531€/ton voor papier en karton en 60-120€/ ton voor glas. Voor de gesorteerde stromen papier en aluminium van het afval zoals dat bij Ecogas wordt gerecycled betekent dat alleen al een bedrag van €17/ton, als de positieve sociale opbrengst van recycling.

5.4 Carbon foot print

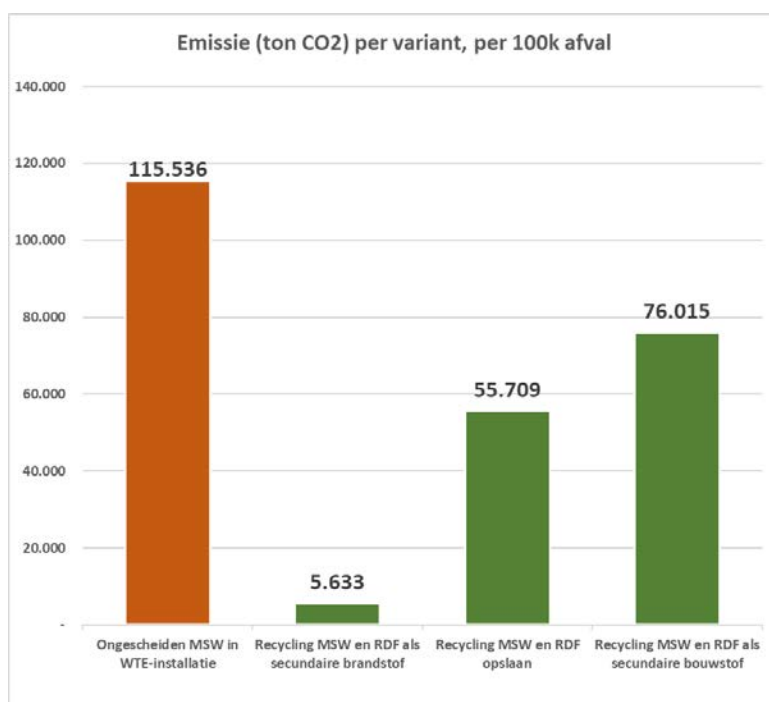
Met behulp van de carbon foot print is ook een kwantitatieve en internationaal geaccepteerde vergelijking mogelijk. Een carbon (CO₂) footprint is de som van de uitgestoten broeikasgassen veroorzaakt door eigen activiteiten, uitgedrukt in tonnen CO₂. In de bijlage is de onderbouwing van de carbon foot print gegeven.

De berekening is gebaseerd op een te verwerken volume van 100.000 ton afval per jaar. Hieronder worden de resultaten weergegeven.

Tabel 1 Scoring methode

Methode	ton CO ₂ / 100kton afval	Ranking
Ongescheiden MSW in WTE-installatie	115.536	4 : hoogste carbon footprint
Recycling MSW opslaan in een voormalige steengroeve	55.709	2
Recycling MSW en RDF als secundaire bouwstof	76.014	3
Recycling MSW en RDF als secundaire brandstof	5.633	1 : laagste carbon footprint

Uit de vergelijking blijkt dat elke vorm van recycling van MSW een gunstigere carbon footprint oplevert dan het verbranden van ongesorteerd huishoudelijk afval in een WTE-installatie. Onderstaand is het resultaat grafisch weergegeven.



De emissie van CO₂ berekend voor een verbrandingsinstallatie met een capaciteit van 100.000 ton is een veelvoud vergeleken met recycling en verdere verwerking van de RDF. Afhankelijk van de wijze van verdere inzet van de RDF kan de emissie verder afnemen.

5.5 Vergelijking aspecten

Zoals in dit document beschreven, spelen vele factoren een rol bij de vergelijking van de diverse methodes om afval op Aruba te verwerken. Onderwerpen als beleid, financiën, nuttige toepassingen van reststromen, duurzaamheid, toekomstige ontwikkelingen, milieu en de diverse risico's dienen in ogenschouw genomen te worden. In onderstaand overzicht is een score gegeven aan een aantal van de meest significante onderwerpen.

	Ongescheiden MSW in WTE	Recycling MSW en RDF opslag in groeve	Recycling MSW en RDF als secundaire bouwstof	Recycling MSW en RDF als secundaire brandstof
Carbon foot print ranking	4	2	3	1
Carbon foot print kwantitatief	115.536	55.709	76.014	5.633
Carbon foot print kwantitatief	2051%	989%	1349%	100%
Bijdrage aan Circulaire Economie	--	0	+	++
Emissie --> water compartiment	-	0	0	0
Emissie --> lucht compartiment	-	0	0	0
Emissie --> grond compartiment	-	0	0	0
Sociaal effect werkgelegenheid	--	0	+	+
Financieel risico community	--	0	0	0
Ecologische effecten (natuurwaarde, biodiversiteit)	-	++	0	0
Compliance national e wet- en regelgeving	?	0	?	?
Veiligheidsrisico's operations	-	0	+	+

Uit bovenstaand overzicht blijkt dat de methode om afval ongescheiden te verbranden op een aantal criteria een negatieve tot zeer negatieve score oplevert. De opslag in een groeve heeft alleen dan een positief effect indien daadwerkelijk een hernieuwd landschap wordt gecreëerd.

6 CONCLUSIES

De huidige werkwijze van inzameling en recycling is de meest geschikte werkwijze voor de verwerking van huishoudelijk en commercieel afval op Aruba. Verbranding van afval zal de overheid en de bevolking van Aruba met een groot aantal uitdagingen confronteren, op zowel sociaal, milieukundig en financieel gebied. Wet- en regelgeving voor het vaststellen van de milieukundige en sociaaleconomische impact van een AVI voor direct belanghebbenden en stakeholders zullen nog nader opgesteld en geïmplementeerd moeten worden. Zeer waarschijnlijk is ook ervaring vanuit het bevoegde gezag voor wat betreft vergunningverlening alsmede toezicht en handhaving nog niet voldoende. Afgezien van het feit dat wettelijk vastgelegde terminologie omtrent afval nog niet eenduidig is vastgelegd.

Recycling is de drager van een circulaire economie, het verbranden van afval druist hier tegen in. Het maakt het gebruik van hernieuwbare grondstoffen onmogelijk. Verbranden van afval vraagt tevens nauwgezette vergunningverlening alsmede controle van te verbranden afval, de uitstoot van emissies alsmede controle van de vrijkomende reststromen zoals vlieggas en bodemas (AVI-slakken).

Vanuit de waste hiërarchie zoals deze internationaal de basis is voor beleid, is verbranding een slechtere optie dan recycling. Ook innovaties op het gebied van verpakkingen, afvalverwerking e.d. zullen bij recycling eerder een toepassing kunnen vinden en bijdragen aan een circulaire economie, dan dat dit bij verbranding het geval zal zijn.

De recycling zoals die nu wordt uitgevoerd biedt tevens mogelijkheden voor meerdere nuttige toepassingen. De opslag in de groeve kan er toe leiden dat het landschap weer in natuurlijke staat kan worden hersteld, hetgeen een positieve bijdrage aan natuurontwikkeling kan leveren. De toepassing van de RDF in de vorm van balen kan ook zijn nut hebben bij het gebruik als vul- of ophoogmateriaal in de GWW-sector (secundaire bouwstof). Als secundaire brandstof in cementovens kwalificeert RDF eveneens als een nuttige toepassing.

Voor wat betreft andere aspecten als emissies, sociale effecten en economische exposure is verbranding de minst gewenste oplossing. Recycling scoort veruit als meest gewenste methodiek voor afvalverwerking op basis van de berekening van de carbon foot print. Ook vanuit financieel oogpunt en met het oog op de sociale impact heeft recycling duidelijk de voorkeur boven het verbranden van afval.

COLOFON

VERWERKING VAN AFVAL OP ARUBA
MILIEUKUNDIGE VERGELIJKING VAN AFVALVERWERKINGSMETHODEN

KLANT

Ecogas

AUTEUR

dr. ir. J.M.F. Verhagen

PROJECTNUMMER

C05015.000018

ONZE REFERENTIE

083954361 0.3

DATUM

8 juli 2019

STATUS

Definitief

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland
+31 (0)88 4261 261

www.arcadis.com

BIJLAGE A

1 CARBON FOOTPRINT

1.1 Inleiding

Een Carbon (CO₂) Footprint is de som van de uitgestoten broeikasgassen veroorzaakt door eigen activiteiten, uitgedrukt in tonnen CO₂. Het is belangrijk om te bepalen welke activiteiten mee genomen worden in de beoordeling (scope) en met welke omrekenfactoren gerekend moet worden. Doel van het dergelijke footprint is het verkrijgen van inzicht in de uitgestoten CO₂-emissies van een bedrijf, een project of een activiteit.

1.2 Methoden

Arcadis heeft een carbon footprint uitgewerkt voor de volgende methoden:

1. Ongescheiden MSW verbranden in een WTE-installatie
2. Recycling van MSW en RDF opslaan in een voormalige steengroeve
3. Recycling van MSW en RDF als secundaire bouwstof in GWW-projecten
4. Recycling van MSW en RDF als secundaire brandstof in de cementindustrie

Voor elk van deze methoden is de Carbon Footprint bepaald en met elkaar vergeleken.

1.3 Uitgangspunten en aannames

1.3.1 Uitgangspunten

De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd bij de bepalen van de Carbon Footprint voor elk van de vier methoden. Er is gebruik gemaakt van de conversiefactoren uit het Levenscyclusanalyse programma, Sima Pro, met de gekozen database Ecoinvent 3. Afgeweken van deze methode is bij de conversiefactor voor transport met schip, waarvoor gebruik is gemaakt van een webbased tool.

Tabel 1 Verdeling afvalstromen

No.	Material	Amount (ton)	Percentage (%)	Extrapolated (ton)
1	Cardboard	2.950,00	4,35%	4.350
2	Metals	850,00	1,25%	1.254
3	Aluminium/ non-ferro	280,00	0,41%	413
4	Water	1.430,00	2,11%	2.109
5a	Envirobales textiles	8.228,57	11,89%	11.892
5b	Envirobales plastic	8.228,57	26,33%	26.332
5c	Envirobales wood	8.228,57	10,19%	10.193
5d	Envirobales rubber	8.228,57	9,13%	9.131
5e	Envirobales construction waste	8.228,57	9,13%	9.131
5f	Envirobales discarded objects	8.228,57	9,13%	9.131
5g	Envirobales other	8.228,57	9,13%	9.131
6a	Granulates building material	3.760,00	5,54%	5.545
6b	Granulates organic landscaping	940,00	1,39%	1.386
	TOTAL	66.510,00	100,00%	100.000

1.3.2 Aannames

Door het ontbreken van de hoeveelheden of percentages van de stromen vermeld in 5d tot en met 5g zijn aannames gedaan. Zo is voor elke van deze stromen een gelijke deefactor gehanteerd. Dit geldt niet voor de stromen: Textiel, plastic en hout. De percentages van deze stromen zijn gebaseerd op de percentages vermeld in het onderzoek verricht door Universidad Pontifica Bolivariana naar de samenstelling van het ingezamelde MSW door Ecotec/Ecogas en de samenstelling van resulterende RFD.

De uitkomst van de carbon footprint hangt veelal samen met de gehanteerde variabelen. De carbon footprint is gericht op het vergelijken van de carbon footprint van vier methoden voor het verwerken van MSW. Zodoende is

het van belang om de te vergelijken key-aspecten per methode te definiëren. Ook zijn er besparingen geïdentificeerd en gekwantificeerd die optreden door besparing van materialen of brandstoffen. Voor alle methoden waar besparingen optreden, zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

Tabel 2 Conversiefactoren stromen besparing

Additional				
Material	kg CO ₂ / unit	MJprim/unit	Unit	Source
Heavy fuel oil (scenario 1)	0,492	52,5	kg	Heavy fuel oil {RoW ¹ } market for APOS, S Density 920-1000 kg/m ³
Material from quarry (scenario 2b)	0,012	0,161	kg	Assumption: Gravel, round {RoW} market for gravel, round APOS, S
Construction material (scenario 2c)	0,0119	0,16	kg	Assumption: Sand {GLO} market for APOS, S

1.4 Ongescheiden MSW verbranden in een WTE-installatie

Binnen deze methode wordt MSW ongescheiden in een afvalverbrandingsinstallatie (AVI) oftewel een mass-burn incinerator. Deze verwerkingswijze wordt aangeduid met de algemene term Waste-to-Energy (WTE). Bij WTE wordt het afval verbrand en de vrijgekomen warmte gebruikt voor de opwekking van elektrische energie. Met deze methode wordt heavy fuel oil (HFO) bespaard dat in de bestaande elektriciteitscentrale wordt gebruikt voor de productie van elektrische energie.

In de onderstaande tabel zijn de uitgangspunten voor deze specifieke methode vermeld.

Tabel 3 Conversiefactoren methode MSW verbranden in een WTE

Scenario 1				
Material	kg CO ₂ / unit	MJprim/unit	Unit	Source
Cardboard	0,0332	0,224	kg	Waste paperboard {RoW} treatment of, municipal incineration APOS, S
Metals	0,741	10,6	kg	Iron scrap, sorted, pressed {RoW} treatment of municipal solid waste, incineration APOS, S
Aluminium/ non-ferro	0,236	2,58	kg	Scrap aluminium {RoW} treatment of, municipal incineration APOS, S
Water				No emission
Envirobales plastic	2,38	0,442	kg	Waste plastic, mixture {RoW} treatment of waste plastic, mixture, municipal incineration APOS, S
Envirobales textiles	0,775	1,57	kg	Waste textile, soiled {RoW} treatment of, municipal incineration APOS, S
Envirobales wood	0,0152	0,13	kg	Waste wood, untreated {RoW} treatment of waste wood, untreated, municipal incineration APOS, S
Envirobales rubber	3,16	0,399	kg	Waste rubber, unspecified {RoW} treatment of, municipal incineration APOS, S
Envirobales construction waste	0,268285	3,84105	kg	Estimation: 35% gravel, 35% metal, 30% wood Waste concrete gravel {RoW} treatment of waste concrete gravel, collection for final disposal APOS, S - {0,0125 kg CO ₂ /kg} - {0,263 MJ/kg}
Envirobales discarded objects	0,521	0,306	kg	Municipal solid waste {RoW} treatment of, incineration APOS, S
Envirobales other	0,521	0,306	kg	Municipal solid waste {RoW} treatment of, incineration APOS, S

¹ RoW = rest of the world; niet horende bij Europa, Amerika, et al.

Scenario 1				
Material	kg CO2/ unit	MJprim/unit	Unit	Source
Granulates inorganic	0,267265	3,87795	kg	Estimation: 35% gravel, 35% metal, 30% brick Waste concrete gravel {RoW} treatment of waste concrete gravel, collection for final disposal APOS, S - {0,0125 kg CO2/ kg} - {0,263} Waste brick {RoW} treatment of waste brick, collection for final disposal APOS, S - {0,0118 kg CO2/kg} - {0,253 MJ/kg}
Granulates organic	0,0152	0,13	kg	Assumption: wood Waste wood, untreated {RoW} treatment of waste wood, untreated, municipal incineration APOS, S

Resultaat

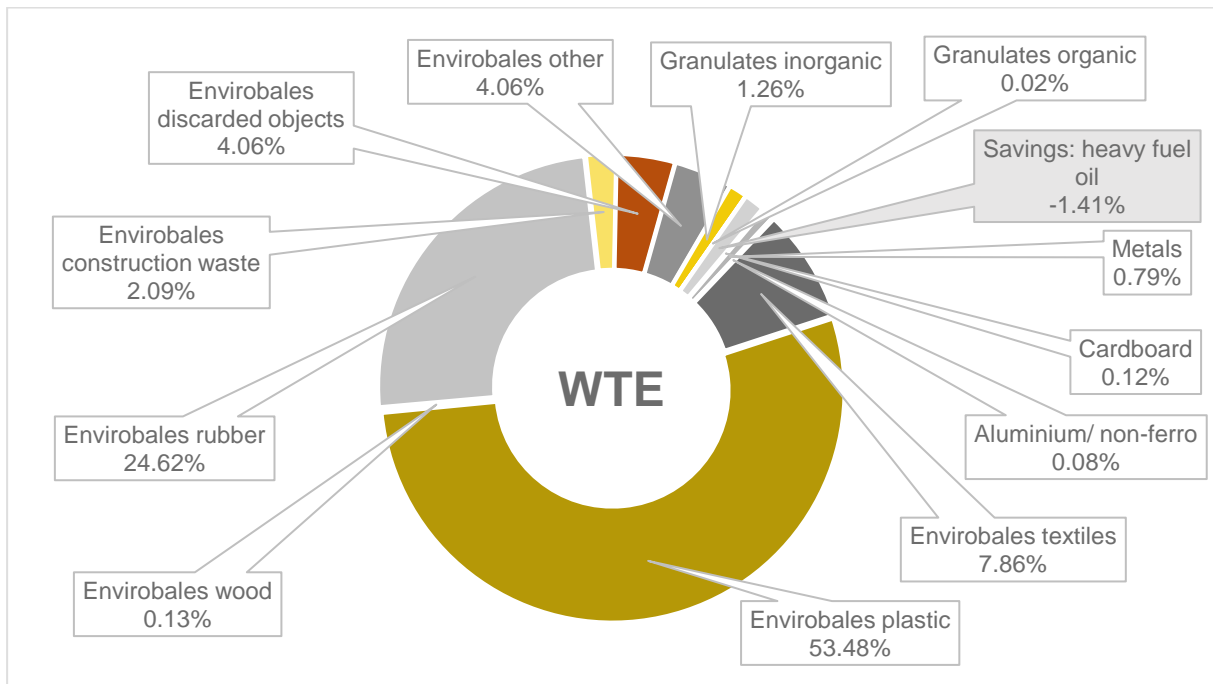
Gebaseerd op de aangeleverde informatie, uitgangspunten en aannames is voor deze methode de volgende carbon footprint bepaald.

Tabel 4 Resultaat methode MSW verbranden in een WTE

Material	kg CO2/ unit	ton CO2/ unit	MJprim/unit	Unit	Amount	unit	ton CO2
Cardboard	0,03320	0,00003	0,22400	kg	4.350,39	ton	144,43
Metals	0,74100	0,00074	10,60000	kg	1.253,50	ton	928,85
Aluminium/ non-ferro	0,23600	0,00024	2,58000	kg	412,92	ton	97,45
Water	-	-	-	-	2.108,83	ton	-
Envirobales plastic	2,38000	0,00238	0,44200	kg	11.892,01	ton	9.216,30
Envirobales textiles	0,77500	0,00078	1,57000	kg	26.332,30	ton	62.670,87
Envirobales wood	0,01520	0,00002	0,13000	kg	10.193,15	ton	154,94
Envirobales rubber	3,16000	0,00316	0,39900	kg	9.131,36	ton	28.855,10
Envirobales construction waste	0,26829	0,00027	3,84105	kg	9.131,36	ton	2.449,81
Envirobales discarded objects	0,52100	0,00052	0,30600	kg	9.131,36	ton	4.757,44
Envirobales other	0,52100	0,00052	0,30600	kg	9.131,36	ton	4.757,44
Granulates inorganic	0,26727	0,00027	3,87795	kg	5.544,90	ton	1.481,96
Granulates organic	0,01520	0,00002	0,13000	kg	1.386,23	ton	21,07
TOTAL							115.535,66
Savings: heavy fuel oil	0,492	0,000492	5,25E+01	kg		ton	-1.649,37
						TOTAL incl. savings	113.886,29

Het is ook in de grafiek onderstaand duidelijk te herkennen dat de plastic afvalstroom de meeste impact heeft op de totale CO2-emissie van deze methode, dicht gevolgd van de totale emissie voor rubber (allebei onderdeel van de categorie Envirobales). Ook worden in deze methode emissies bespaard door het minder gebruik van zware

stookolie.



Figuur 1 Resultaat MSW verbranden in een WTE

1.5 Recycling MSW en RDF opslaan in een voormalige steengroeve

Binnen deze methode wordt MSW na inzameling gescheiden zoals in de hoofdtekst van het rapport. De gescheiden fractie (RDF) wordt vervolgens in balen in een steengroeve (quarry) geplaatst. Door recycling van het afval worden primaire grondstoffen bespaard. Door de opvulling van de steengroeve kan de oorspronkelijke contour van het landschap hersteld worden en de omgeving landschappelijk opnieuw ingericht worden.

In de onderstaande tabel zijn de uitgangspunten voor deze specifieke methode vermeld.

Tabel 5 Conversiefactoren methode RDF opslaan in een voormalige steengroeve

Scenario 2b				
Material	kg CO ₂ / unit	MJ _{prim} /unit	Unit	Source
Granulates organic				Use data under 'scenario 2a'
granulates inorganic				Use data under 'scenario 2a'
Reusable industry				assumption: no emission, direct use
Envirobales plastic	0,115	0,269	kg	Waste plastic, mixture {RoW} treatment of waste plastic, mixture, sanitary landfill APOS, S
Envirobales textiles	0,778	1,61	kg	Waste textile, soiled {RoW} market for waste textile, soiled APOS, S
Envirobales wood	0,0896	0,264	kg	Waste wood, untreated {RoW} treatment of, sanitary landfill APOS, S
Envirobales rubber	3,16	0,444	kg	Waste rubber, unspecified {RoW} market for waste rubber, unspecified APOS, S
Envirobales construction waste	0,053655	0,4131	kg	Estimation: 35% gravel, 35% metal, 30% wood Waste concrete gravel {RoW} treatment of waste concrete gravel, collection for final disposal APOS, S - {0,0125 kg CO ₂ / kg} - {0,263 MJ/kg} Iron scrap, unsorted {GLO} market for APOS, S - {0,064 kg CO ₂ / kg} - {0,691 MJ/kg}

Scenario 2b				
Material	kg CO ₂ /unit	MJprim/unit	Unit	Source
Envirobales discarded objects	0,761	0,343	kg	Municipal solid waste {RoW} treatment of, sanitary landfill APOS, S
Envirobales other	0,761	0,343	kg	Municipal solid waste {RoW} treatment of, sanitary landfill APOS, S

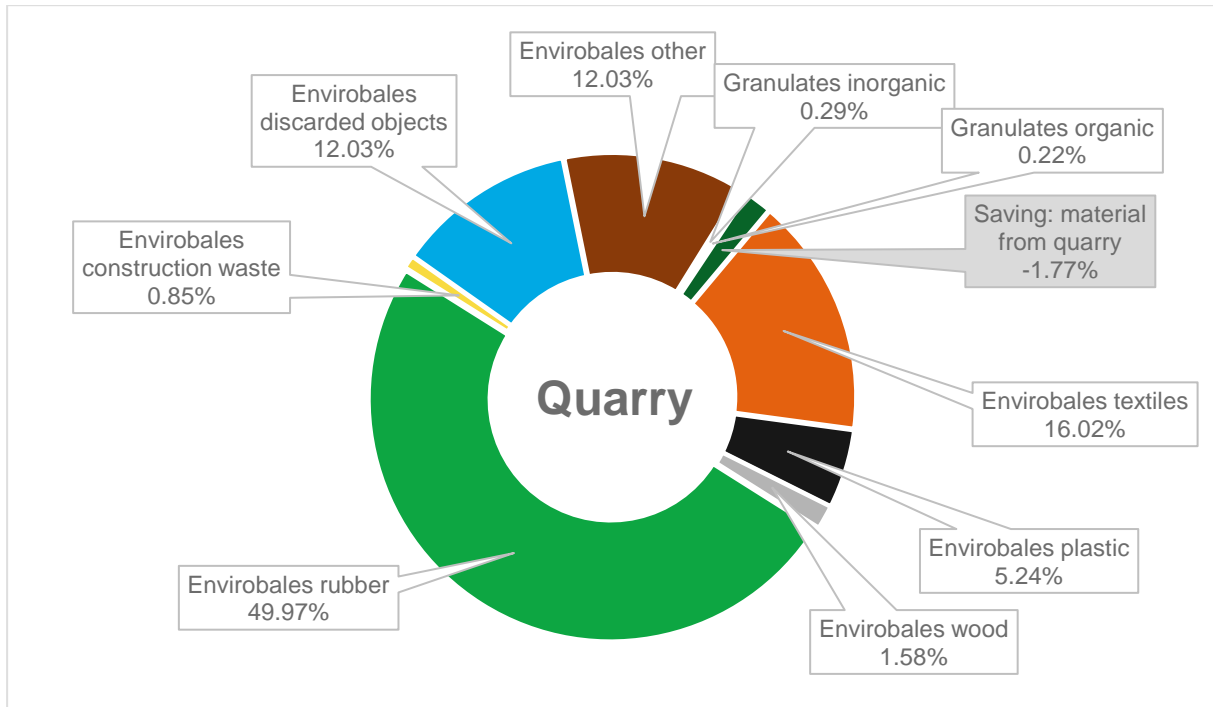
Resultaat

Gebaseerd op de aangeleverde informatie, uitgangspunten en aannames is voor deze methode de carbon footprint hieronder weergegeven.

Tabel 6 Resultaat methode RDF opslaan in een voormalige steengroeve

Material	kg CO ₂ /unit	ton CO ₂ /unit	MJprim/unit	Unit	Amount	unit	ton CO ₂
Cardboard		-		kg	4.350,39	ton	no emission; direct use
Metals		-		kg	1.253,50	ton	no emission; direct use
Aluminium/ non-ferro		-		kg	412,92	ton	no emission; direct use
Water		-			2.108,83	ton	no emission; direct use
Envirobales plastic	0,11500	0,00012	0,26900	kg	11.892,01	ton	9.251,98
Envirobales textiles	0,77800	0,00078	1,61000	kg	26.332,30	ton	3.028,21
Envirobales wood	0,08960	0,00009	0,26400	kg	10.193,15	ton	913,31
Envirobales rubber	3,16000	0,00316	0,44400	kg	9.131,36	ton	28.855,10
Envirobales construction waste	0,05366	0,00005	0,41310	kg	9.131,36	ton	489,94
Envirobales discarded objects	0,76100	0,00076	0,34300	kg	9.131,36	ton	6.948,97
Envirobales other	0,76100	0,00076	0,34300	kg	9.131,36	ton	6.948,97
Granulates inorganic	0,03032	0,00003	0,40980	kg	5.544,90	ton	168,09
Granulates organic	0,08960	0,00009	0,26400	kg	1.386,23	ton	124,21
TOTAL							56.728,78
Saving: material from quarry	0,012	0,000012	0,161	kg	84.942,90	ton	-1.019,31
TOTAL incl. saving							55.709,46

Onderstaande grafiek laat het resultaat van deze methode zien. Ook hier heeft het aandeel rubber in de afvalstroom met bijna 50% de grootste impact op de totale emissie van deze methode. Omdat de afvalstromen gebruikt worden voor inzet in de natuur (bouw materiaal) wordt bespaard op nieuw aan te leveren materiaal uit bijvoorbeeld een mijn of steengroeve.



Figuur 2 Resultaat methode quarry

1.6 Recycling MSW en RDF als secundaire bouwstof in GWW-projecten

Binnen deze methode wordt MSW na inzameling recycled en wordt de gescheiden fractie op het eiland toegepast als secundaire bouwstof. De geperste balen worden gebruikt als opvulmateriaal voor grondconstructies, bijvoorbeeld parkeerplaatsen, op- en afritten e.d. Met deze methode wordt bespaard op de toepassing en dus winning van primaire bouwstoffen zoals zand, grind, cement e.d.

In de onderstaande tabel zijn de uitgangspunten voor deze specifieke methode vermeld.

Tabel 7 Conversiefactoren methode RDF als secundaire bouwstof

Scenario 2b				
Material	kg CO2/ unit	MJprim/unit	Unit	Source
Granulates organic				Use data under 'scenario Export'
granulates inorganic				Use data under 'scenario Export'
Reusable industry				assumption: no emission, direct use
Envirobales plastic	0,628	0,124	kg	Waste plastic, mixture {RoW} market for waste plastic, mixture APOS, S
Envirobales textiles	0,778	1,61	kg	Waste textile, soiled {RoW} market for waste textile, soiled APOS, S
Envirobales wood	0,136	0,0903	kg	Waste wood, untreated {RoW} market for waste wood, untreated APOS, S
Envirobales rubber	3,16	0,444	kg	Waste rubber, unspecified {RoW} market for waste rubber, unspecified APOS, S
Envirobales als waste	0,06726	0,33929	kg	Estimation: 35% gravel, 35% metal, 30% wood Waste concrete gravel {RoW} market for waste concrete gravel APOS, S - {0,0116 kg CO2/kg} - {0,201 MJ/kg}

Scenario 2b				
Material	kg CO2/ unit	MJprim/unit	Unit	Source
				Iron scrap, unsorted {GLO} market for APOS, S - {0,064 kg CO2/ kg} - {0,691 MJ/kg}
Envirobales discarded objects	1,1	0,0959	kg	Municipal solid waste {RoW} market for APOS, S
Envirobales other	1,1	0,0959	kg	Municipal solid waste {RoW} market for APOS, S

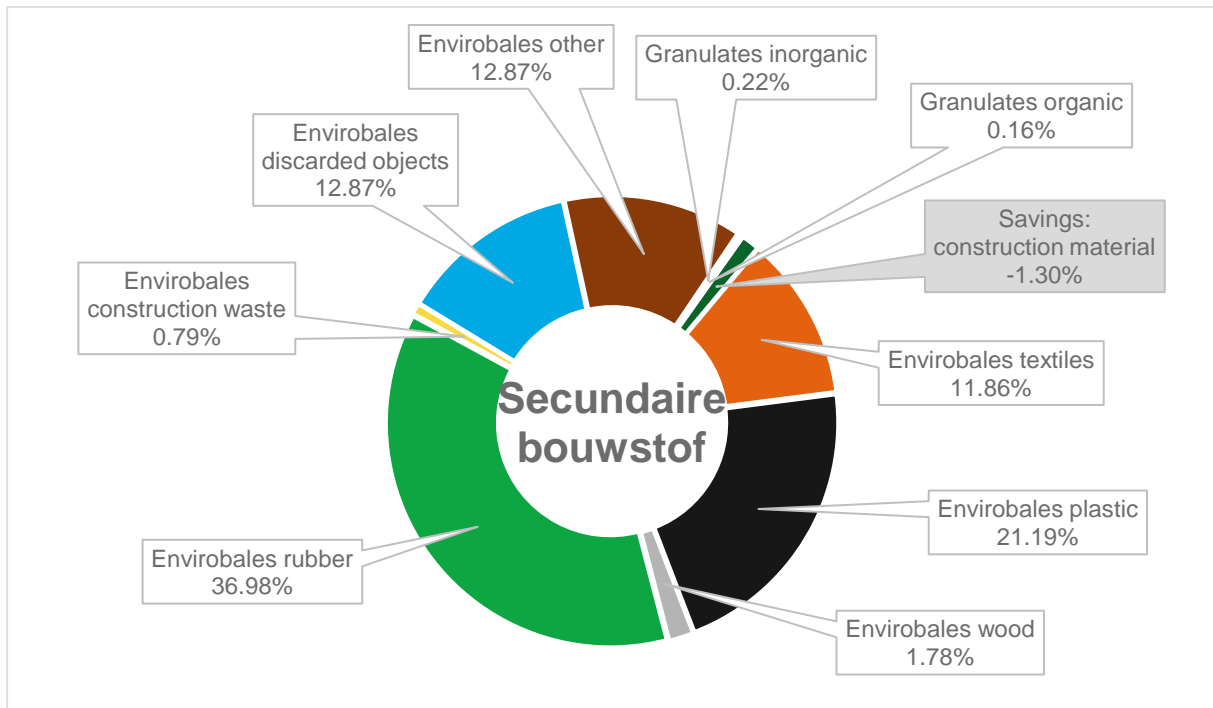
Resultaat

Gebaseerd op de aangeleverde informatie, uitgangspunten en aannames is voor deze methode de volgende carbon footprint bepaald.

Tabel 8 Resultaat methode RDF als secundaire bouwstof

Material	kg CO2/ unit	ton CO2/ unit	MJprim/unit	Unit	Amount	unit	ton CO2
Cardboard		-		kg	4.350,39	ton	no emission; direct use
Metals		-		kg	1.253,50	ton	no emission; direct use
Aluminium/ non-ferro		-		kg	412,92	ton	no emission; direct use
Water		-			2.108,83	ton	no emission; direct use
Envirobales plastic	0,62800	0,00063	0,12400	kg	11.892,01	ton	9.251,98
Envirobales textiles	0,77800	0,00078	1,61000	kg	26.332,30	ton	16.536,68
Envirobales wood	0,13600	0,00014	0,09030	kg	10.193,15	ton	1.386,27
Envirobales rubber	3,16000	0,00316	0,44400	kg	9.131,36	ton	28.855,10
Envirobales construction waste	0,06726	0,00007	0,33929	kg	9.131,36	ton	614,18
Envirobales discarded objects	1,10000	0,00110	0,09590	kg	9.131,36	ton	10.044,50
Envirobales other	1,10000	0,00110	0,09590	kg	9.131,36	ton	10.044,50
Granulates inorganic	0,03032	0,00003	0,40980	kg	5.544,90	ton	168,09
Granulates organic	0,08960	0,00009	0,26400	kg	1.386,23	ton	124,21
TOTAL							77.025,51
Savings: als secundaire bouwstof material	0,0119	0,0000119	1,60E-01	kg	84.942,90	ton	-1.010,82
TOTAL incl. savings							76.014,69

In onderstaande grafiek is het resultaat voor de uitstoot van de methode RDF inzetten als secundaire bouwstof weergegeven. Deze uitkomst bevestigt dat de emissie voor rubber en plastic ook in deze methode het meest significant. Deze categorieën nemen samen meer dan 58% van de totale emissie in beslag.



Figuur 3 Resultaat methode construction

1.7 Recycling van MSW en RDF als secundaire brandstof

Binnen deze methode wordt MSW na inzameling gescheiden. De gescheiden fractie wordt vervolgens in Columbia toegepast als secundaire brandstof in de cementindustrie. De besparing op de emissies (CO₂ en ander GHG) door de cementfabriek in Colombia zijn buiten beschouwing gelaten. Wel zijn de emissies uitgestoten door het schip naar Colombia meegeteld. Hiervoor is het reeds besproken webbased tool gebruikt, en is uitgegaan van een standaard afstand van haven tot haven.

In de onderstaande tabel zijn de uitgangspunten voor deze specifieke methode vermeld.

Tabel 9 Conversiefactoren methode RDF als secundaire brandstof

Scenario 2c				
Material	kg CO ₂ / unit	MJ _{prim} /unit	Unit	Source
Granulates organic	0,0896	0,264	kg	Assumption: wood Waste wood, untreated {RoW} treatment of, sanitary landfill APOS, S
Granulates inorganic	0,030315	0,4098	kg	Estimation: 35% gravel, 35% metal, 30% brick Waste concrete gravel {RoW} treatment of waste concrete gravel, collection for final disposal APOS, S - {0,0125 kg CO ₂ / kg} - {0,263 MJ/kg} Waste brick {RoW} treatment of waste brick, collection for final disposal APOS, S - {0,0118 kg CO ₂ /kg} - {0,253 MJ/kg} Iron scrap, unsorted {GLO} market for APOS, S - {0,064 kg CO ₂ / kg} - {0,691 MJ/kg}
Reusable industry				assumption: no emission, direct use
Envirobales				No emission Aruba (except shipping), incinerated in Colombia

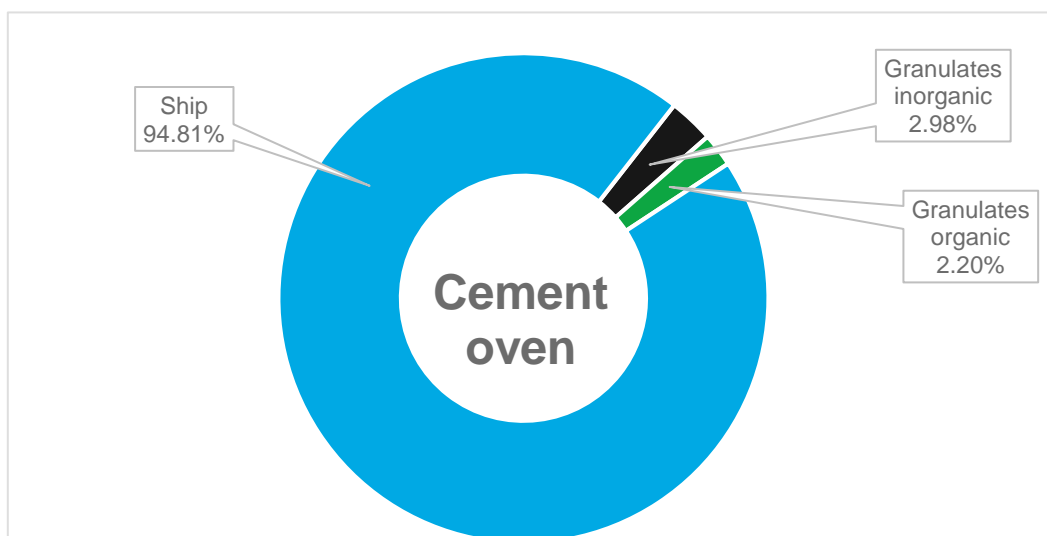
Resultaat

Gebaseerd op de aangeleverde informatie, uitgangspunten en aannames is voor deze methode de volgende carbon footprint bepaald.

Tabel 10 Resultaat methode RDF als secundaire brandstof

Material	kg CO2/ unit	ton CO2/ unit	MJprim/unit	Unit	Amount	unit	ton CO2
Cardboard		-		kg	4.350,39	ton	no emission; direct use
Metals		-		kg	1.253,50	ton	no emission; direct use
Aluminium/ non-ferro		-		kg	412,92	ton	no emission; direct use
Water		-			2.108,83	ton	no emission; direct use
Envirobales plastic		-		kg	11.892,01	ton	no emission; burnt in Colombia
Envirobales textiles		-		kg	26.332,30	ton	no emission; burnt in Colombia
Envirobales wood		-		kg	10.193,15	ton	no emission; burnt in Colombia
Envirobales rubber		-		kg	9.131,36	ton	no emission; burnt in Colombia
Envirobales construction waste		-		kg	9.131,36	ton	no emission; burnt in Colombia
Envirobales discarded objects		-		kg	9.131,36	ton	no emission; burnt in Colombia
Envirobales other		-		kg	9.131,36	ton	no emission; burnt in Colombia
Granulates inorganic	0,03032	0,00003	0,40980	kg	5.544,90	ton	168,09
Granulates organic	0,08960	0,00009	0,26400	kg	1.386,23	ton	124,21
Ship							5.341,00
TOTAL							5.633,30

Onderstaande grafiek geeft duidelijk weer dat het aandeel voor transport in deze methode de meeste emissie veroorzaakt. Voor de volledigheid moet opgemerkt worden dat de emissies (maar ook de besparingen) ontstaan in Colombia niet zijn meegenomen omdat de landsgrenzen van Aruba als boundary zijn vastgelegd, met uitzondering van het zeetransport. Op een later moment kan het waardevol zijn om ook de emissies en besparingen in Colombia in kaart te brengen.



Figuur 4 Resultaat methode cement industrie

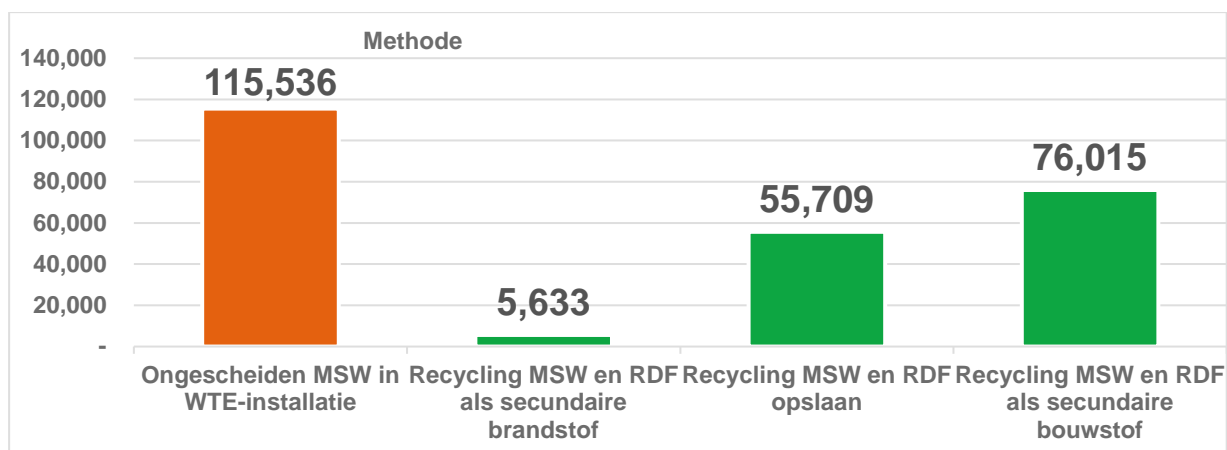
1.8 Scoring methoden

De Carbon Footprints van de verschillende methoden resulteert in de volgende scoring.

Tabel 11 Scoring methoden

Methode	Ton CO2/ 100k afval	Ranking
Ongescheiden MSW in WTE-installatie	115.536	4 Highest Carbon footprint
Recycling MSW en RDF als secundaire brandstof	5.633	1 Lowest Carbon footprint
Recycling MSW en RDF opslaan	55.709	2
Recycling MSW en RDF als secundaire bouwstof	76.015	3

Uit de vergelijking blijkt dat elke vorm van recycling van MSW een gunstigere carbon footprint oplevert dan het ongesorteerd verbranden van huishoudelijk afval in een WTE-installatie. Onderstaand is het resultaat ook grafisch weergegeven.



Figuur 5 Scoring methoden