

**TNO-rapport****TNO 2020 | R10567****De bijdrage van verbranden van geïmporteerd afval aan de Nederlandse en Europese CO<sub>2</sub>-emissies****Circular, Economy & Environment**Princetonlaan 6  
3584 CB Utrecht  
Postbus 80015  
3508 TA Utrecht[www.tno.nl](http://www.tno.nl)

T +31 88 866 42 56

Datum	6 April 2020
Auteur(s)	Dr. Tom N. Ligthart
Aantal pagina's	44 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	3
Opdrachtgever	Attero
Projectnaam	Check CO2 berekeningen RWS importstop
Projectnummer	060.43576

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2020 TNO

## Managementuittreksel

Titel :	De bijdrage van verbranden van geïmporteerd afval aan de Nederlandse en Europese CO <sub>2</sub> -emissies.
Auteur(s) :	Dr. Tom N. Ligthart
Datum :	6 april 2020
Opdrachtnr. :	Attero
Rapportnr. :	R10567

Attero is een van de grootste Nederlandse afvalverwerkers. Jaarlijks wordt ongeveer 3 miljoen ton aan reststromen omgezet in energie en grondstoffen. Ongeveer de helft daarvan betreft de Energy-from-Waste activiteiten in Moerdijk en Wijster. In dit rapport ligt de focus op deze verbrandingsactiviteiten van Attero, waar naast de verwerking van Nederlandse restafvalstromen ook buitenlandse reststromen worden omgezet in warmte en energie.

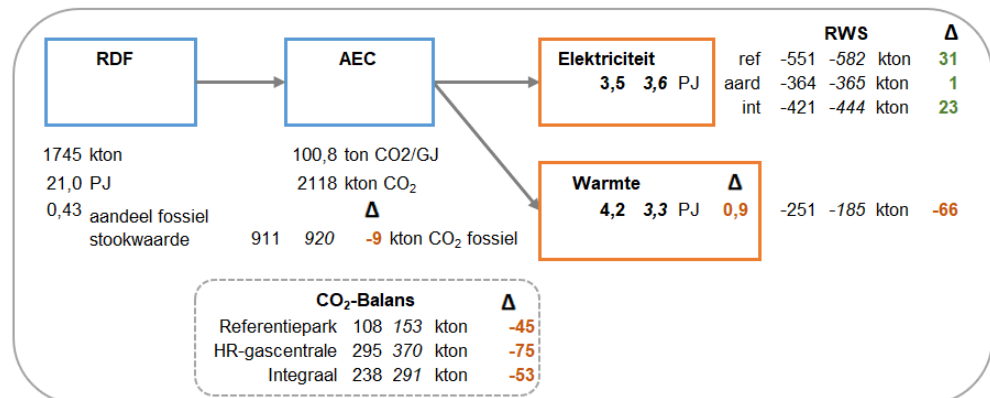
Op basis van de uitkomsten van CO<sub>2</sub>-berekeningen door Rijkswaterstaat (RWS) blijkt dat het stoppen van de import van buitenlands afval een reductie binnen Nederland zou geven van 153 kton CO<sub>2</sub>-emissie bruto per jaar (Rijkswaterstaat, 2019; van Veldhoven - Van der Meer, 2019). Mede op basis van deze berekeningen is in 2020 een importheffing op buitenlands afval door de Nederlandse overheid ingevoerd.

Door verschillende belangenpartijen, waaronder Attero, zijn de emissieberekeningen van RWS nader geanalyseerd. Attero heeft TNO gevraagd de RWS-berekeningen te beoordelen en ook om de additionele effecten te kwantificeren. De uitkomsten van deze analyse staan beschreven in dit rapport. Naast de bijdrage van het verbranden van buitenlands afval aan de CO<sub>2</sub>-emissies in Nederland is ook de bijdrage aan CO<sub>2</sub>-emissies<sup>1</sup> op Europees niveau berekend. In de berekeningen is geen rekening gehouden met eventuele beleidswijzigingen op middellange termijn in het buitenland.

---

<sup>1</sup> Uitgedrukt in CO<sub>2</sub>-equivalenten voor emissies van andere broeikasgassen zoals methaan.

## 1. Bijdrage aan CO<sub>2</sub>-emissies binnen Nederland



Figuur S1 CO<sub>2</sub>-balans binnen Nederland van de energierugwinning uit geïmporteerd afval zoals berekend in dit rapport met daarbij de oorspronkelijke afwijkende CO<sub>2</sub>-waarden van RWS *cursief* weergegeven (Rijkswaterstaat, 2019). Δ geeft het verschil tussen de door TNO berekende waarde en de waarde van RWS. Groene getallen betekenen dat in de TNO-berekeningen het effect van de importheffing guntiger is qua CO<sub>2</sub>-emissies dan bij RWS, oranje dat het effect volgens TNO minder gunstig is.

De hoogte van de importheffing en de mate waarin deze wordt doorberekend zal effect hebben op de hoeveelheid aangeboden afval. In dit rapport wordt berekend wat het effect van importheffing is als hierdoor geen buitenlands afval meer verbrand wordt in Nederland, maar in eigen land wordt verwerkt. Uit de door TNO berekende CO<sub>2</sub>-balans blijkt dat dit op nationaal niveau tot 108 kton minder CO<sub>2</sub>-uitstoot per jaar leidt<sup>2</sup>.

De oorspronkelijk door RWS uitgevoerde berekening over het effect van de importheffing op afval liet een grotere CO<sub>2</sub>-winst zien dan hier berekend (45 kton meer). De oorzaken hiervan zijn:

- Voor de vermeden energieproductie is gerekend met een te lage stookwaarde van het geïmporteerde afval gerekend (10 MJ/kg in plaats van 12 MJ/kg).
- Er is bij de levering van elektriciteit met de bruto productie gerekend, niet met de geleverde hoeveelheid waarbij de eigen consumptie (22%) is inbegrepen.
- Er is gerekend met een 7% lagere hoeveelheid doorgeleverde warmte in 2018.
- Er is een lagere efficiency voor de productie van warmte gebruikt.

Verder laat dit rapport zien dat de jaarlijkse CO<sub>2</sub>-besparing door de importheffing in de nabije toekomst met 20% zal afnemen ten opzichte van het jaar 2018 (een verschil van 22 kton).

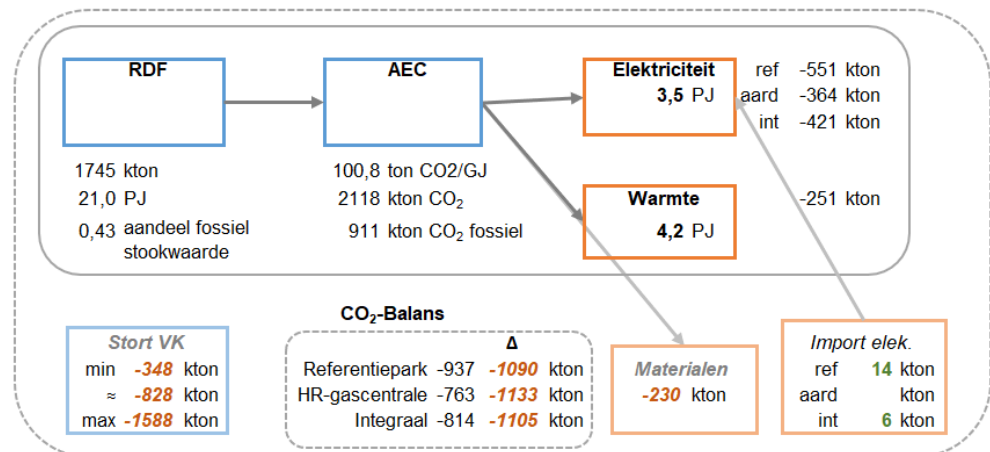
*Conclusie: Als alleen wordt gekeken naar de effecten van de AEC-emissies en die van de vermeden energieproductie dan leidt de importheffing tot een jaarlijkse CO<sub>2</sub>-besparing van 108 kton binnen Nederland, dit is 45 kton minder dan de door RWS berekende besparing.*

<sup>2</sup> Voor deze balans is uitgegaan van het zogenaamde referentiepark voor de productie van elektriciteit

## 2. Bijdrage aan CO<sub>2</sub>-emissies binnen Europa

Wanneer we echter over de Nederlandse grenzen heen wordt gekeken, zie Figuur S2, en de additionele effecten binnen Europa worden meegenomen houdt de conclusie geen stand. De volgende oorzaken zorgen voor een verhoogde uitstoot van CO<sub>2</sub> (in volgorde van afnemend belang):

- 1 **Stort VK:** Een toegenomen stort van Brits afval van diensten en industrie waardoor, ook bij het afvangen van stortplaatsgas, de emissie van methaan uit stortplaatsen toeneemt (828 kton CO<sub>2</sub>-emissies);
- 2 **Materialen:** Het niet meer terugwinnen van ferro- en non-ferrometalen uit dit afval waardoor meer primaire productie van deze metalen nodig is (230 kton CO<sub>2</sub>-emissies);
- 3 **Import elektriciteit:** De elektriciteitsproductie door de afvalenergiecentrales uit buitenlands RDF voorkomt import van elektriciteit uit het buitenland (met name Duitsland) die nodig is om de binnenlandse elektriciteitsvraag te dekken. Dit vermijdt daarmee de emissie van broeikasgassen in het buitenland, maar het effect is klein (14 kton CO<sub>2</sub>-emissies).



Figuur S2 CO<sub>2</sub>-balans waarbij alle effecten in Nederland en in Europa zijn meegenomen. Voor de balans is met het gemiddelde van de vermeden stortemissies “≈” gerekend. Δ geeft het verschil tussen de door TNO berekende waarde en de waarde van RWS. Groene getallen betekenen dat in de TNO-berekeningen het effect van de importheffing gunstiger is dan bij RWS, oranje dat het effect volgens TNO minder gunstig is.

*Conclusie: Wanneer we over de Nederlandse grenzen heen kijken en de additionele effecten binnen Europa meenemen blijkt dat het stoppen met de energieretrieving uit buitenlands afval door een importheffing jaarlijks tot 937 kton meer CO<sub>2</sub>-emissies op Europees niveau leidt. Hierdoor zal de kans op ongewenste klimaateffecten in Nederland ook toenemen.*

# Inhoudsopgave

<b>Managementuittreksel</b> .....	<b>2</b>
<b>Lijst met Afkortingen</b> .....	<b>6</b>
<b>1 Inleiding</b> .....	<b>7</b>
1.1 Achtergrond: CO <sub>2</sub> -emissies van geïmporteerd afval .....	7
1.2 Vraagstelling .....	7
<b>2 Methode berekening CO<sub>2</sub>-balans</b> .....	<b>9</b>
2.1 Algemeen.....	9
2.2 Systeemgrenzen.....	9
2.3 Berekening van vermeden CO <sub>2</sub> -emissies.....	9
2.4 Andere klimaateffecten .....	12
<b>3 Resultaten</b> .....	<b>14</b>
3.1 Import en verwerking van geïmporteerd afval .....	14
3.2 Stookwaarde geïmporteerd afval.....	14
3.3 Leverantie elektriciteit en warmte door AEC's.....	15
3.4 Toetsing aan Nederlandse elektriciteitsmarkt .....	17
3.5 Warmteproductie door AEC's .....	19
3.6 CO <sub>2</sub> -balans binnen Nederland.....	19
3.7 Vergelijking CO <sub>2</sub> -balans binnen Nederland met berekeningen RWS .....	20
3.8 Effect op de korte termijn.....	22
3.9 Additionele effecten .....	24
<b>4 Conclusies</b> .....	<b>33</b>
<b>5 Referenties</b> .....	<b>36</b>
<b>6 Ondertekening</b> .....	<b>39</b>
<b>Bijlage(n)</b>	
A Aanvullende gegevens	
B Redenatieschema	
C Verschillen met berekeningen RWS	

## Lijst met Afkortingen

AEC	Afval Energie Centrale
GFT	Groente, Fruit en Tuin
KEV2019	Klimaat en Energieverkenning 2019
KWD	Kantoren-Winkels-Diensten
LAP3	Derde Landelijk Afvalbeheer Plan
LCA	Levenscyclusanalyse
PBL	Planbureau voor de Leefomgeving
RDF	Refuse Derived Fuel
RWS	Rijkswaterstaat
VK	Verenigd Koninkrijk
WKK	Warmte-krachtkoppeling

# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond: CO<sub>2</sub>-emissies van geïmporteerd afval

Attero is een groot afvalverwerkingsbedrijf in Nederland. Het verwerkt verschillende ingezamelde afvalstromen en past verschillende recycling- en eindeverwerkingstechnieken toe. Zo worden ook diverse afvalstromen met energierecuperatie verbrand. Afvalenergiecentrales presteren het meest optimaal als ze met volle capaciteit draaien. Daartoe wordt naast Nederlands afval ook geïmporteerd afval, voornamelijk afval uit het Verenigd Koninkrijk (VK), verbrand. De import van veelal Engels afval bestaat nu zo'n 10 jaren dient, zoals aangegeven in het derde Landelijk Afvalbeheer Plan (LAP3), enerzijds om de restcapaciteit van afvalverbranders in Nederland te benutten, en anderzijds om te voorkomen dat brandbaar afval in het buitenland wordt gestort. Het storten kan leiden tot het vrijkomen van methaan, een krachtig broeikasgas, waardoor deze vorm van afvalverwerking bij afvalstromen rijk aan organisch materiaal een ongunstiger klimaatbalans kan hebben dan verbranding met energierecuperatie.

In de discussie over het al dan niet behalen van de klimaatdoelstellingen, als gevolg van de Urgenda uitspraak van 2018, is ook het verbranden van buitenlands afval nader beschouwd. Op basis van de uitkomsten van CO<sub>2</sub>-berekeningen door Rijkswaterstaat (RWS) blijkt dat het stoppen van de import een reductie zou geven van 153 kton CO<sub>2</sub>-emissie bruto per jaar (Rijkswaterstaat, 2019; van Veldhoven - Van der Meer, 2019). Doel van het invoeren van een importheffing op buitenlands afval in 2020 is om een reductie in CO<sub>2</sub>-emissies te bewerkstelligen. Door verschillende belangenpartijen, waaronder Attero, zijn de emissieberekeningen nader geanalyseerd. Daarbij zijn onder andere de volgende bijzonderheden geconstateerd::

- De extra uitstoot van methaan door toename van storten in het buitenland wordt niet meegenomen in de berekeningen van RWS. Het uitgangspunt lijkt te zijn dat alleen de CO<sub>2</sub>-impact in Nederland relevant is in relatie tot de toetsing aan de Urgenda-uitspraak.
- De vermeden emissies door de terugwinning van metalen uit bodemassen worden niet meegerekend, ook al geeft dit een klimaatvoordeel ten opzichte van storten waarbij geen metaalrecovery plaats vindt.

Attero heeft TNO gevraagd de RWS-berekeningen te willen beoordelen op correctheid en representativiteit en stelt de hoofdvraag of deze berekeningen zijn uitgevoerd met de bij keten- c.q. klimaatberekeningen behorende gebruikelijke werkwijzen. Naast een herberekening van de bijdrage aan CO<sub>2</sub>-emissie binnen Nederland heeft Attero ook gevraagd om de bijdrage aan de CO<sub>2</sub>-emissies van bovenstaande additionele effecten te kwantificeren. De deelvragen worden in paragraaf 3.2 "Aanpak" behandeld.

## 1.2 Vraagstelling

De hoofdvraag voor het onderzoek is de volgende: "Zijn de RWS-berekeningen van de CO<sub>2</sub>-effecten van de energierecuperatie uit geïmporteerd afval correct en representatief en zijn deze berekeningen uitgevoerd met de bij keten- c.q. klimaatberekeningen behorende gebruikelijke werkwijzen?"

Deze hoofdvraag is in een aantal deelvragen op te splitsen:

1. Komt de stookwaarde van het geïmporteerde afval overeen met de door RWS gehanteerde waarde en met welke stookwaarde is de energieproductie berekend? Welke stookwaarde voor geïmporteed Refuse Derived Fuel (RDF) is het meest representatief volgens TNO?
2. Klopt de aanname van Attero dat veranderingen in productie van hernieuwbare energie getoetst zouden moeten worden met een marginale centrale conform de voorgestelde werkwijze in (Harmelink, Bosselaar, Gerdes, Segers, & Verdonk, 2012)?
3. Wat zijn de gevolgen als niet alleen naar het Nederlandse productiepark voor elektriciteit wordt gekeken maar ook naar de import van elektriciteit?
4. Wat is de correcte referentiewaarde voor de elektriciteitsproductie over de jaren 2016-2018, en wat is de te verwachten vermeden elektriciteitsmix 2020/2021, mede in het licht van de door het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) gepubliceerde klimaat en energieverkenning (PBL, 2019)?
5. Wat is de aard van de vermeden warmteproductie en welke brandstofinzet wordt hiermee vermeden?
6. Welke relevante klimaateffecten, uitgedrukt in CO<sub>2</sub>-equivalenten, zijn te benoemen, inclusief de hierboven genoemde elementen van methaanemissies na stort en terugwinning van metalen uit het brandbaar afval uit het buitenland en welke kwantitatieve waarde is hieraan te verbinden?

Als laatste zal ook de vraag worden beantwoord hoe de eventueel geüpdatete resultaten zich verhouden tot de door RWS uitgevoerde berekening en of de importheffing op afval tot meer of minder CO<sub>2</sub>-uitstoot leidt.



## 2 Methode berekening CO<sub>2</sub>-balans

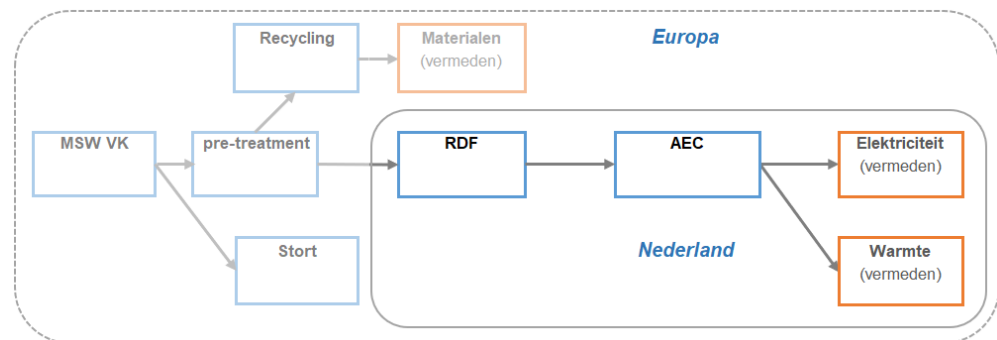
### 2.1 Algemeen

### 2.2 Systeemgrenzen

De Urgenda-uitspraak heeft betrekking op de emissies van CO<sub>2</sub> binnen de Nederlandse landsgrenzen, er kunnen echter ook effecten optreden buiten onze landsgrenzen. In deze rapportage wordt daarom gewerkt met een tweetal systeemgrenzen:

- 1 De verbranding van geïmporteerd afval in Nederland, inclusief de beïnvloeding van de Nederlandse elektriciteitsmarkt.
- 2 Het bovenstaande systeem en de in het buitenland beïnvloede systemen zoals de opwerking van restafval tot RDF.

In Figuur 1 zijn beide systemen aangegeven. In deze figuur zijn de onderdelen van het proces die voor CO<sub>2</sub> emissies zorgen in **blauw** weergegeven, terwijl de processen die CO<sub>2</sub> emissies vermijden in **oranje** zijn weergegeven.



Figuur 1 Het systeem van de verwerking van geïmporteerd RDF in Nederland (grijze box) en de in het buitenland beïnvloede systemen (buiten de grijze box).

### 2.3 Berekening van vermeden CO<sub>2</sub>-emissies

#### Vermeden CO<sub>2</sub> emissies door elektriciteitsproductie

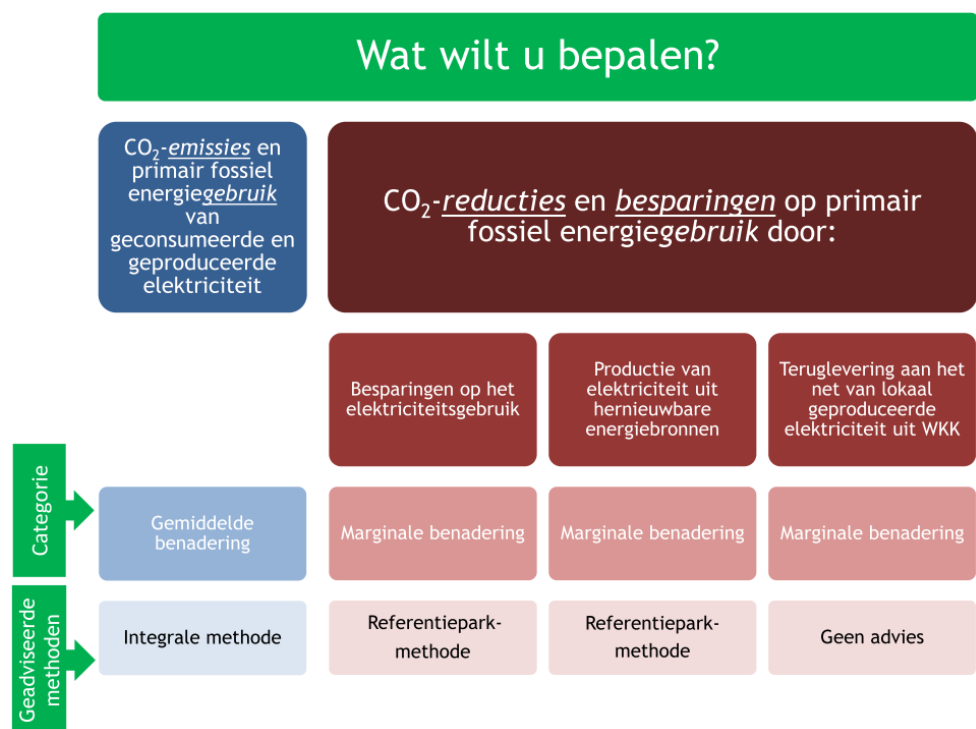
Afval Energie Centrales (AEC's) kunnen naast de afvalverwerking ook warmte en elektriciteit aan derden leveren. Deze vermeden emissies kunnen daarom worden meegenomen in de CO<sub>2</sub>-balans.

Hiervoor zijn twee benaderingen mogelijk (Harmelink et al., 2012), zie Figuur 2:

1. gemiddelde benadering en
2. marginale benadering

Volgens (Harmelink et al., 2012) worden *gemiddelde benaderingen* met name toegepast voor het toewijzen van de CO<sub>2</sub>-emissies en het primair fossiel energiegebruik aan geconsumeerde en/of geproduceerde elektriciteit. De gehele mix van elektriciteitsproductiemiddelen wordt dan meegenomen in de berekening.

Daarentegen worden *marginale benaderingen* toegepast in het kader van monitoring en evaluatie van energie- en klimaatbeleid en bij het analyseren van het effect van een verminderde vraag naar grijze elektriciteit. Voor dit onderzoek echter, houdt marginaal in wat de CO<sub>2</sub>-emissies zijn van het extra, en niet minder, moeten produceren van elektriciteit door het wegvallen van een deel van de elektriciteitsproductie door de AEC's. Welke productiemiddelen worden hiervoor ingezet? Zijn dit kolencentrales, gasgestookte centrales, zonneparken of een bepaalde mix hiervan? In een breder verband gaat het hierbij om veranderingen in elektriciteitsconsumptie, veranderingen in elektriciteitsproductie met hernieuwbare energiebronnen en veranderingen van teruglevering van lokaal geproduceerde elektriciteit aan het net. Bij het berekenen van de effecten van een importheffing op afval gaat het om het analyseren van een verandering in de inzet van elektriciteitsproductiecapaciteit en daarom moet in deze situatie volgens de definitie van Harmelink et al. (2012) de marginale methode toegepast worden.



Figuur 2 De keuzewijzer van (Harmelink et al., 2012) voor de te gebruiken methode voor het bepalen van CO<sub>2</sub>-emissies per geproduceerde, geconsumeerde of bespaarde eenheid elektriciteit.

Deze benadering van het modelleren van de marginale effecten in systemen is ook terug te vinden in het zogenaamde ILCD Handbook voor de uitvoering van LCA's in Europa (European Commission, Joint Research Centre, & Institute for Environment and Sustainability, 2010) en ook in de aanbevelingen van de Technical Committee TC207 van ISO (Weidema B, 2018) en in een recente beschouwing over dit type LCA-modellering (Ekvall, 2020). Hier wordt gesproken over attributionele en consequentiële methodes, die overeenkomen met respectievelijk de eerder genoemde gemiddelde en marginale methodes. Welke methode moet worden gebruikt is afhankelijk van de zogenaamde beslissituatie. Is er sprake van beslissingsondersteuning, en dat is hier het geval, dan geeft het ILCD Handbook twee beslisniveaus: micro en meso/macro.

Het microniveau richt zich vooral op het verstrekken van informatie over het eventueel aanschaffen van een bestaand product of dienst. De aanschaf mag niet leiden tot (wezenlijke) veranderingen in de economie of maatschappij zoals het moeten bijzetten van (productie)capaciteit. Op het meso/macroniveau is er wel sprake van veranderingen in de economie of maatschappij, bijvoorbeeld het extra moeten importeren van elektriciteit. Van grootschalige veranderingen is sprake wanneer deze groter of gelijk is aan 5% en als de verandering niet kan worden opgevangen door de normale vervanging van installaties zoals elektriciteitscentrales of bijvoorbeeld de jaarlijkse groei in wind- of zonneparken voor de elektriciteitsopwekking. In het geval van het stilvallen van de import van buitenlands afval en de daarmee opgewekte elektriciteit en warmte moet worden gekeken of hier sprake is van een grootschalige verandering. Is dat het geval, dan moet voor de consequentiële benadering (toepassing van de marginale methode) worden gekozen. Deze keuze is ook in lijn met de aanbeveling van ISO TC207 waar als toepassingsgebied voor de consequentiële benadering wordt aanbevolen bij “*analysis of significant environmental aspects in the system that is affected by the decisions*”. De belangrijkste vraag blijft hoe gaat de verminderde elektriciteitsproductie van de AEC's worden opgevangen? Voor een correcte beantwoording zou een hierop toegesneden economisch-technisch model moeten worden toegepast (Ekvall, 2020), dit valt echter buiten de scope van dit onderzoek. Buiten kijf staat dat ook de import van elektriciteit zal worden beïnvloed omdat deze deel uitmaakt van de Nederlandse vraag naar elektriciteit en hiermee ook op korte termijn de uitval van productie kan worden opgevangen (zie (Ekvall, 2020). Ook gascentrales, waarvan een deel eerder vanwege overcapaciteit werd stilgelegd (Essent, 2017), kunnen op korte termijn de wegvallende productie door AEC's opvangen.

Bij de marginale methode zijn er meerdere benaderingen mogelijk om de emissies te bepalen. De standaard is volgens de keuzewijzer de referentiepark methode. Volgens (Harmelink et al., 2012) is dit het productiepark dat de veranderingen in de vraag naar elektriciteit, op jaarbasis, kan opvangen. Dit is het park dat gebruik maakt van fossiele energiebronnen volgens de CBS-definitie<sup>3</sup>. Wanneer de verandering opgevangen kan worden door de bestaande productiecapaciteit minder (in ons geval **meer**) te laten produceren is er sprake van de zogenaamde ‘*operational margin*’, bijvoorbeeld door de emissies te nemen van de installaties die geen basislast zijn, zoals gasturbines. Wanneer er sprake is van het moeten bouwen van installaties om de weggevallen productie van de AEC's op te vangen is er sprake van de situatie van de ‘*build margin*’. Omdat er op korte termijn geen centrales kunnen worden bijgebouwd is de operational margin de meest geschikte methode. Wat wel kan worden meegenomen zijn centrales die, tijdelijk, zijn stilgelegd zoals de Clauscentrale C van RWE, een gascentrale die eind 2020 waarschijnlijk weer in gebruik zal zijn genomen (RWE, 2020). Naar ons idee zou ook een duidelijke toename van de import van elektriciteit hier ook onder moeten vallen omdat import ook op korte termijn kan reageren. De import van elektriciteit zal onder de buiten Nederland gelegen effecten worden meegenomen.

---

<sup>3</sup> “Het referentiepark bestaat volgens de CBS-definitie uit thermische of nucleaire centrales die regulier leveren aan het landelijke hoogspanningsnet van TenneT. Dit worden ook wel de elektriciteitscentrales genoemd. Het hoogspanningsnet bestaat uit de netten met een spanning van 110 kV en hoger. Thermische centrales wekken elektriciteit op door het verbranden van brandstoffen als aardgas, steenkool en biomassa.” (Harmelink et al., 2012)

Bij het vaststellen van het referentiepark volgens de methode Harmelink wordt, zoals gezegd, de import en export van elektriciteit niet meegenomen. Men kijkt alleen naar de in Nederland geproduceerde elektriciteit en alleen naar fossiele bronnen. In de Klimaat en Energieverkenning 2019 (PBL, 2019) zijn de meest recente gegevens voor het referentiepark die van 2017, echter recentere gegevens zijn verstrekt door het CBS (CBS, 2020a). Hierin is de voorlopig geschatte CO<sub>2</sub>-emissiefactor voor het referentiepark in 2018 0,56 kg CO<sub>2</sub>-eq.kWh<sup>-1</sup>, deze waarde zal voor onze berekeningen voor het jaar 2018 worden gebruikt. Voor 2020 en 2025 werd deze factor ingeschat op respectievelijk 0,58 en 0,56 kg CO<sub>2</sub>-eq.kWh<sup>-1</sup> (PBL, 2019). Gezien de meer recente bron van het CBS zal de factor voor 2020 maximaal 0,56 kg CO<sub>2</sub>-eq.kWh<sup>-1</sup> zijn, deze waarde zal in dit rapport worden gebruikt. De totale elektriciteitsproductie in Nederland wordt voor 2018 geschat op 409 PJ, voor 2020 op 376 PJ en voor 2025 482 PJ.

Deze paragraaf wordt afgesloten met de conclusie dat in principe de consequentiële benadering, ook wel marginale benadering, voor het vaststellen van het effect van de importheffing moet worden gekozen. Wanneer hierbij alleen naar de effecten binnen Nederland wordt gekeken, zou ook een respons als minder curtailment<sup>4</sup> van wind- en zonne-energie ten gevolge van de verminderde elektriciteitsproductie door de AEC's moeten worden meegenomen. Dit zit echter niet in het huidige referentiepark. Wanneer de door de importheffing veroorzaakte verandering veel kleiner is dan de autonome verandering komt ook de gemiddelde of attributionele benadering in aanmerking. Een redenatieschema voor de keuze van de te volgen benadering is te vinden in Appendix B.

#### **Vermeden CO<sub>2</sub> emissies door warmteopwekking**

Voor warmteopwekking zou de benadering van gemiddelde en marginale methoden ook toepasbaar zijn, maar hier is geen Nederlands advies voor beschikbaar. De belangrijkste vormen van warmteopwekking die AEC's vervangen zijn industrieel opgewekte warmte en warmte voor warmtenetten. In het verleden leverden AEC's ook aan warmte-kranchkoppeling (WKK)-installaties. In deze studie wordt industrieel opgewerkte warmte uit aardgas gebruikt conform de aanpak van RWS.

## **2.4 Andere klimaateffecten**

### **Methaanemissies uit stortplaatsen**

Door de import van RDF, wordt voorkomen dat dit afval wordt gestort. Dit leidt in principe tot het tegengaan van methaanemissies uit stortplaatsen. Dit doordat de diepere delen van een stortplaats anaeroob zijn en organische stoffen daarom deels worden omgezet in methaan, een krachtig broeikasgas. Stortplaatsen worden na verloop van tijd nu veelal afgedekt om zo de emissie van methaan tegen te gaan (Brown et al., 2018; Hogg, Ballinger, & Oonk, 2011). Dit methaan kan worden afgefakkeld of worden ingezet in een gasmotor om elektriciteit mee te produceren. Het precieze effect van het niet-storten is, door het ontbreken over de daadwerkelijke situatie van stortplaatsen in het VK, echter niet precies aan te geven, maar een goede afschatting van een bandbreedte is wel mogelijk.

---

<sup>4</sup> Het beperken van de levering aan het net.

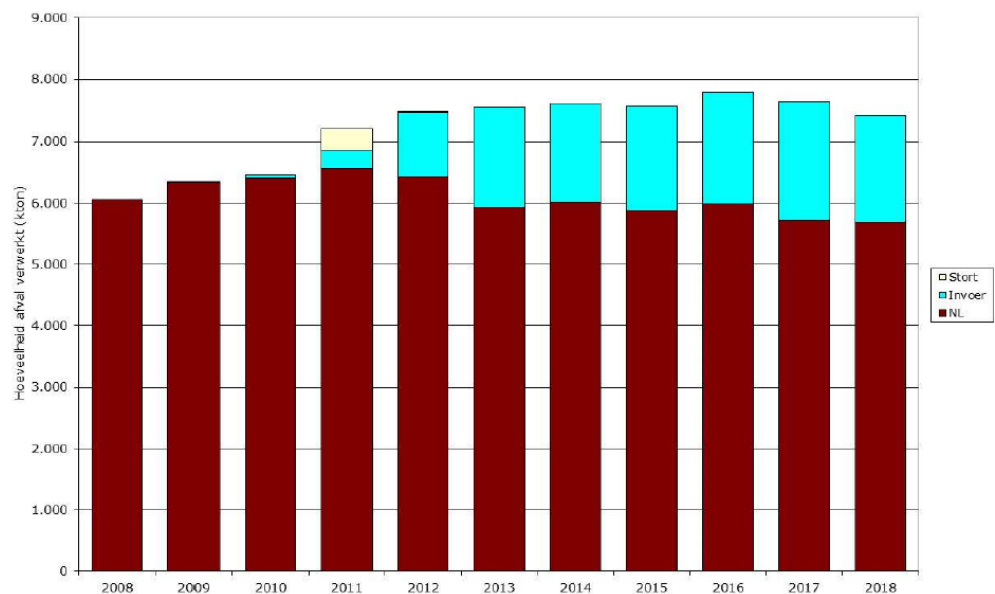
**Terugwinning metalen uit bodemassen**

RDF bevat ook nog een klein deel metalen zoals ijzer en aluminium (zie hoofdstuk 3), die na verbranding deels uit de bodemassen worden teruggewonnen. Dit geeft een besparing van de productie van deze materialen in de primaire vorm, wat leidt tot een reductie van de uitstoot van broeikasgassen. Om dit effect te bepalen zal gebruik worden gemaakt van eerdere afvalstudies door TNO.

## 3 Resultaten

### 3.1 Import en verwerking van geïmporteerd afval

In Nederland werd in 2017 7.627 kton afval in afvalenergiecentrales (AEC's) verbrand (zie Figuur 3), 25% daarvan (1.910 kton) was geïmporteerd waarbij het met name reststoffen ging (Werkgroep Afvalregistratie, 2018). In 2018 was de verbrande hoeveelheid iets kleiner dan in het voorgaande jaar, namelijk 7.478 kton (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2020), de hoeveelheid importafval bedroeg 1.745 kton, wat overeenkomt met 23%.

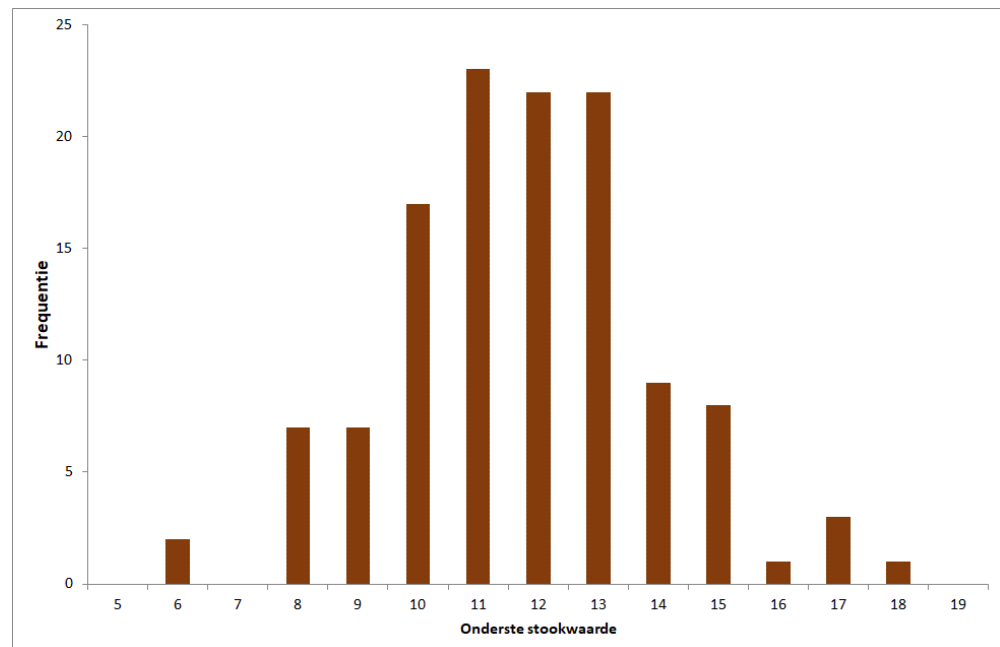


Figuur 3 Herkomst van afval dat in de Nederlandse afvalenergiecentrales is verbrand voor de periode 2008-2018 (Werkgroep Afvalregistratie, 2020).

### 3.2 Stookwaarde geïmporteerd afval

De stookwaarde van het in 2019 geïmporteerde afval bedroeg  $12,04 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$  waarbij de  $\text{CO}_2$ -emissiefactor  $100,8 \text{ kg/GJ}$  was met een aandeel biogeen van 57% (Hunnik, 2020). De stookwaarde van de in Nederland verbrande afvalmix is lager en bedraagt  $10 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$  met een percentage biogeen in de emissie factor van 63% (Zijlema, 2020). Het geïmporteerde afval heeft dus een hogere stookwaarde en een geringer aandeel biogeen materiaal, zoals organisch materiaal en papier en karton. De lagere stookwaarde van het Nederlandse afval kan daarnaast een gevolg zijn van een hoger vochtgehalte, een vergelijking hiervan is echter niet mogelijk daar het vochtgehalte van het Nederlands afval niet bekend is.

Uit laboratoriumanalyses door SGS van het in 2018 geïmporteerd RDF blijkt dat de onderste stookwaarde<sup>5</sup> tussen verschillende partijen RDF aanzienlijk kan variëren, zoals weergegeven in Figuur 4, en voor het belangrijkste deel tussen de 6,8 en 15,7 MJ/kg ligt. De gemiddelde waarde bedroeg 11,3 MJ/kg (Attero, 2020), deze onderste stookwaarde werd ook gevonden op basis van gegevens van AVR. Daar voor niet alle partijen de onderste stookwaarde was gegeven, maar wel de hogere 'as received' waarde (bovenste stookwaarde) is de onderste stookwaarde afgeleid van de stookwaarde 'as received'<sup>6</sup>. De waarde uit de sorteeranalyses ligt dus lager dan die van (Hunnik, 2020). Gezien de spreiding in de resultaten is een dergelijke afwijking niet onverwacht, maar ligt toch duidelijk onder de waarde die van Hunnik (2020) afgeeft. De door RWS gehanteerde stookwaarde van 12,04 MJ/kg valt ruim binnen de onzekerheid van het door ons berekende gemiddelde van 11,3 MJ/kg, daarom is de waarde van RWS dus aannemelijk en zal, ook gezien de recente bevestiging door van Hunnik (2020) in de berekening van de CO<sub>2</sub>-emissies als basis worden gebruikt.



Figuur 4 Onderste stookwaarde van geïmporteerd afval voor het jaar 2018 (n=122, gemiddelde=11,3) op basis (Attero, 2020).

### 3.3 Leverantie elektriciteit en warmte door AEC's

AEC's leveren elektriciteit en warmte aan derden waarbij de elektriciteit wordt ingevoerd op het hoogspanningsnet en de warmte aan de industrie, warmtenetten of WKK-installaties wordt geleverd. RWS gebruikt in haar berekeningen voor de situatie in 2018 de volgende efficiënties: elektriciteit 0,169; warmte 0,155.

<sup>5</sup> Het verschil tussen de onderste en bovenste stookwaarde is dat bij de eerste de condensatiewarmte van het water in de rookgassen niet wordt meegenomen, bij de bovenste is dat wel het geval.

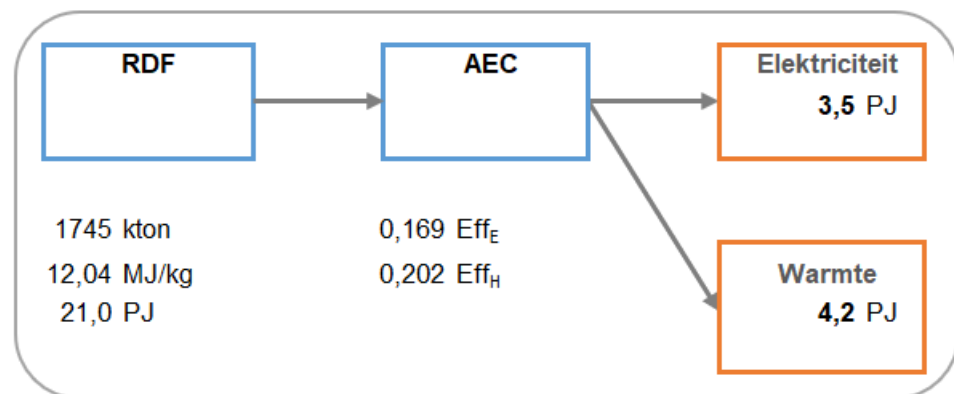
<sup>6</sup>  $LHV = 0.987 * 'as\ received' - 1.426$

Op basis van externe rapporten (Otten & Bergsma, 2010; PBL, 2019; Werkgroep Afvalregistratie, 2020) hebben ook wij de efficiëntie van de AEC's voor de levering aan derden van elektriciteit en warmte vastgesteld:

- elektriciteit 0,169
- warmte aan huishoudens 0,065
- warmte aan industrie 0,115
- warmte aan WKK 0,022
- warmte totaal 0,202

In de berekeningen is rekening gehouden met een eigen gebruik aan elektriciteit van 21,2%, het verschil tussen opgewekte en eigen gebruik is dan de extern geleverde elektriciteit, deze laatste is door ons gebruikt om de efficiency te bepalen. De door ons gevonden waarden voor warmtelevering zijn hoger dan die door RWS worden gehanteerd, de reden van deze afwijking is op dit moment niet bekend.

Bij een stookwaarde van het totale afval in Nederland van  $10 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$  (Zijlema, 2020) en 7478 kton afval in 2018 (Werkgroep Afvalregistratie, 2020) en het hanteren van de door ons gevonden efficiënties betekent dit dat er 15,1 PJ aan elektriciteit is opgewekt uit in Nederlandse AEC's verwerkt afval. Van deze hoeveelheid is 3,5 PJ, dus 28%, opgewekt door de energierugwinning uit het geïmporteerde afval (zie Figuur 5). De op deze wijze geproduceerde elektriciteit uit geïmporteed afval draagt dus 0.9% bij aan de totale Nederlandse elektriciteitsproductie van 409 PJ in 2018 (PBL, 2019). Voor warmte is de relatieve bijdrage kleiner, van de warmteopwekking van 976 PJ in 2018 (PBL, 2019) werd 0.4% (4,2 PJ) uit geïmporteed afval verkregen (zie Figuur 5).



Figuur 5 Het systeem van de verwerking van importafval (RDF) in Nederlandse AEC's.

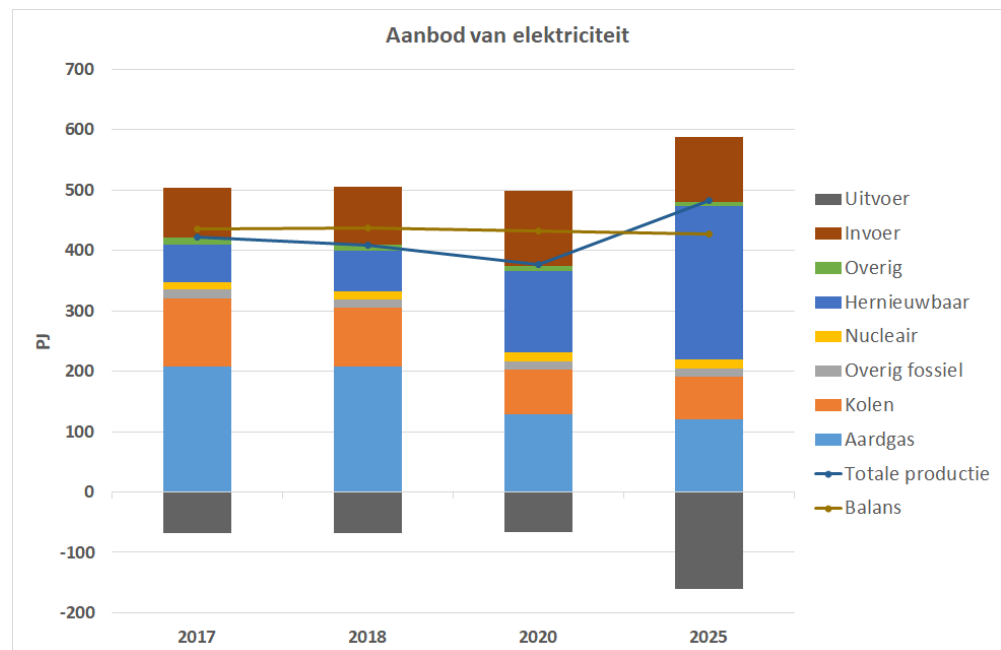
In de berekening van RWS (Rijkswaterstaat, 2019) is voor de vermeden warmte een gasketel genomen, daarbij is een emissiefactor van  $56,6 \text{ kg CO}_2/\text{GJ}$  aangenomen. Deze factor is echter de factor voor de verbranding van aardgas (Zijlema, 2020), waarbij geen rekening gehouden is met productieverliezen. Hiermee is wel rekening gehouden met de leverantie van warmte (warmtenet en industriële warmte) op basis van aardgas zoals die in de Nederlandse Milieudatabase is opgenomen, wanneer we de effecten van de voorketen buiten beschouwing laten is de emissiefactor daarvan  $59,12 \text{ kg CO}_2/\text{GJ}$  (ecoinvent Centre, 2018). Deze factor zal vanwege het meenemen van de efficiency van de warmteopwekking hier worden gebruikt.



Voor een uitgebreidere analyse van het effect van de verschillen in parameterwaarden gebruikt in de berekeningen van RWS en van TNO wordt verwezen naar Appendix C.

### 3.4 Toetsing aan Nederlandse elektriciteitsmarkt

Voordat we ingaan op de vraag “aan welke elektriciteitsproductiemix zouden veranderingen in productie van energie getoetst moeten worden?” gaan we eerst in op de productie van elektriciteit in Nederland. Uit de Klimaat en Energieverkenning (PBL, 2019) blijkt dat er in de jaren 2018 en 2020 sprake is van een afname met enkele procenten per jaar van de nationale productie van elektriciteit, in 2018 3% en in 2020 4%. In 2018 voornamelijk door minder elektriciteitsproductie door kolengestookte centrales, in 2020 daarnaast ook door een afname in gasgestookte centrales (zie Figuur 6). In 2018 en 2020 wordt het verminderde aanbod opgevangen door meer import, in 2025 moet de totale binnenlandse productie zijn toegenomen door een grote toename van de productie uit hernieuwbare bronnen, met name wind en zon. In dat jaar zou Nederland dan voor het eerst netto elektriciteit gaan exporteren (PBL, 2019).



Figuur 6 Productie van elektriciteit naar wijze van opwekking en import en export van elektriciteit voor de periode 2017-2025, op basis van (PBL, 2019).

Uit de vorige paragraaf bleek dat energierugwinning uit geïmporteerd afval voor 0,9% bijdraagt aan de totale Nederlandse elektriciteitsproductie in 2018. Het wegvallen van deze productie kan dus niet als een grootschalige verandering worden gezien, maar zeker ook niet als een insignificante verandering. Bij grootschalige veranderingen zou volgens het ILCD Handbook (European Commission et al., 2010) in ieder geval de marginale methode moeten worden toegepast maar bij een kleine verandering zou ook gekozen kunnen worden voor de zogenaamde gemiddelde (attributionele) methode. Volgens (Harmelink et al., 2012) moeten de marginale methodes toegepast worden in het kader van monitoring en evaluatie van energie- en klimaatbeleid.

Bij het beoordelen van de effecten van een beleidsmaatregel zoals de importheffing moet dus worden gekozen voor de marginale methoden – de referentieparkmethode. Het referentiepark bestaat volgens het CBS uit de thermische en nucleaire centrales die op het hoogspanningsnet ( $\geq 110$  kV) zijn aangesloten (Harmelink et al., 2012), import van elektriciteit valt niet onder het referentiepark. Er is voor gekozen om de warmtegerichte WKK centrales niet op te nemen in het referentiepark, zij kunnen namelijk minder makkelijk worden ingezet om een verandering in de vraag naar elektriciteit op te vangen. De meest recente CO<sub>2</sub>-emissiefactor voor het referentiepark is die van 2018 en bedraagt 0,56 kg CO<sub>2</sub>/kWh (CBS, 2020b). In de berekeningen van RWS is echter uitgegaan van een factor van 0,59.

In de Klimaat en Energieverkenning 2019, kortweg KEV2019 (PBL, 2019), wordt vermeld dat het in 2020 de verwachting is dat de import van elektriciteit relatief sterk toeneemt. Echter, sinds de analyses waarop de KEV2019 is gebaseerd is er het nodige veranderd, zoals met name sterk gedaalde gasprijzen. Volgens Koutstaal van het PBL is het dan ook de vraag of de import van elektriciteit sterk zal toenemen. Hij geeft aan dat we in 2019 juist een afname van de import zagen vanwege de lage gasprijzen (Koutstaal, 2020). Daarnaast worden bij de Eemscentrale twee gasgestookte STEG-eenheden (stoom- en gasturbines) van ieder 350 MW dit jaar weer in gebruik genomen (Petrochem, 2020). Hiermee zou jaarlijks 21 PJ aan elektriciteit kunnen worden geproduceerd, ruim meer dan de 3,5 PJ dat door de AEC's uit geïmporteerd afval wordt geproduceerd. Gezien de beperkte bijdrage, 8,7 ‰, van de energierugwinning uit geïmporteerd afval aan de Nederlandse elektriciteitsproductie zou de keuze voor een gemiddelde centrale voor het opvangen van de verminderde elektriciteitsproductie gerechtvaardigd zijn. Deze benadering is dus ook te verdedigen bij het bepalen van de CO<sub>2</sub>-balans.

Wanneer de import van RDF stil zou komen te vallen is het de vraag waarmee de dan weggevallen productie van elektriciteit wordt opgevangen. Het PBL (Koutstaal, 2020) geeft aan: *“Dat hangt van de marktomstandigheden af, van de prijzen van kolen, gas en CO<sub>2</sub>. Met de huidige prijzen zou je mogen verwachten dat het over wordt genomen door gas in Nederland, mits die nog capaciteit hebben.”* In de KEV2019 is nog geen rekening gehouden met een eventuele afname van de elektriciteitsproductie door AEC's (Koutstaal, 2020).

In hoofdstuk 2 over de te gebruiken methode was geconstateerd dat de marginale in principe gevolgd moest worden tenzij de verandering ten gevolge van de importheffing veel kleiner zou zijn dan de autonome verandering (een afname) in de productie. Nu is de elektriciteit die uit geïmporteerd afval wordt geproduceerd klein ten opzichte van de totale Nederlandse productie, de afname in productie is echter niet te verwaarlozen ten opzichte van de autonome afname. Daardoor is gebruikmaken van de gemiddelde centrale niet correct, maar wel bruikbaar als scenario omdat de werkelijke (binnenlandse) respons van de markt ergens tussen de drie scenario's in zal liggen. Een effect van extra import wordt in paragraaf 3.9 Additionele effecten meegenomen.

Bij het berekenen van de consequenties van het wegvallen van het deel elektriciteitsproductie door AEC's uit geïmporteerd afval zullen drie scenario's worden gehanteerd:

1. Opvang door (marginaal) referentiepark conform (Harmelink et al., 2012)
2. Opvang door extra inzet van aardgas gestookte centrales
3. Opvang door het volledige park (gemiddelde benadering<sup>7</sup>)

Het referentiepark, voortkomend uit een marginale benadering (dus kijkend naar de verandering in het park), wordt in het tweede scenario vervangen door een engere benadering van de verandering, namelijk het in gebruik nemen van extra gasgestookte capaciteit. Ons inziens zal de daadwerkelijke verandering tussen het referentiepark en een aardgasgestookte centrale inzitten omdat ook de rest van het park een zekere (geringe) bijdrage gaat leveren. De integrale methode is ook opgenomen als scenario omdat de bijdrage van energierugwinning uit RDF door de Nederlandse AEC's 0,9% bedraagt en dit percentage lager is dan de geobserveerde afname (3%) van de elektriciteitsproductie tussen 2017 en 2018. Wegvallen van de energierugwinning uit RDF geeft dus een kleinere afname in productie dan de autonome afname, de consequenties van minder productie door de AEC's zijn dus ten opzichte van de totale productie gering en een attributionele benadering, ook wel de integrale benadering genoemd, is dus ook toepasbaar. De laatste benadering zal als gevoeligheidsanalyse worden meegenomen in het trekken van conclusies.

### 3.5 Warmteproductie door AEC's

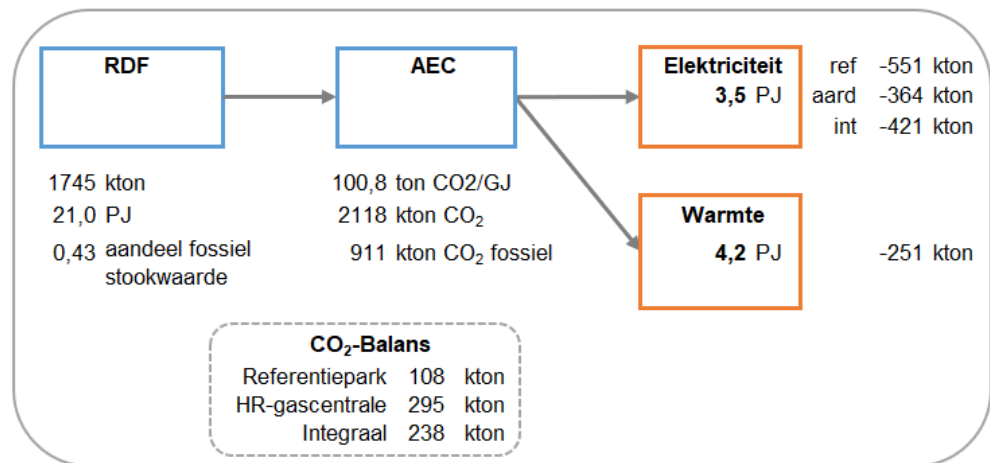
De AEC's hadden in 2018 een gezamenlijke bruto levering van warmte van 14,9 PJ (Werkgroep Afvalregistratie, 2020). Van deze levering ging naar schatting 57% naar de industrie, 32% naar stadsverwarming en 11% naar WKK-installaties. Van deze warmte was 4,5 PJ afkomstig uit het geïmporteerde afval. De industrie gebruikt met name aardgas en aardolie om warmte op te wekken, voor de warmtenetten die niet op een AEC zijn aangesloten kan de STEG-centrale het beste als de referentie worden gezien, waarbij echter wel steeds meer biobrandstoffen worden gebruikt.

### 3.6 CO<sub>2</sub>-balans binnen Nederland

De balans tussen de CO<sub>2</sub>-emissie uit de verbranding van het geïmporteerde afval en die van de vermeden energiebronnen blijkt duidelijk afhankelijk te zijn van de gekozen wijze van opwekking van elektriciteit. Bij de door (Harmelink et al., 2012) voorgeschreven methode van het referentiepark is de balans 108 kton CO<sub>2</sub> (zie Figuur 7). In het geval dat de productie van elektriciteit uit de verbranding van geïmporteerd afval door een HR-gascentrale zou worden geleverd, is het effect van het wegvallen van de energierugwinning het grootst (295 kton).

---

<sup>7</sup> De integrale methode gaat uit van de totale (hernieuwbare plus niet-hernieuwbare) elektriciteitsproductie in verhouding tot de aan elektriciteit toegerekende inzet van aardgas, kolen en kernenergie. Elektriciteit uit afvalverbrandingsinstallaties en restgassen wordt niet meegenomen.



Figuur 7 CO<sub>2</sub>-balans binnen Nederland van de energierugwinning uit geïmporteerd afval op basis van meest recente kentallen. 'ref'= referentiepark; 'aard'= HR-gascentrale; 'int'= integrale methode.

Dit betekent dat de importheffing tot een CO<sub>2</sub>-besparing van 108 kton leidt als we alleen naar de effecten van AEC-emissies en vermeden energie binnen Nederland.

### 3.7 Vergelijking CO<sub>2</sub>-balans binnen Nederland met berekeningen RWS

De waarden van belangrijke parameters voor het jaar 2018 gebruikt in de berekeningen door RWS en in dit rapport ('TNO') is in Tabel 1 gegeven.

Tabel 1 Waarden van belangrijke parameters voor het jaar 2018 gebruikt in de berekeningen door RWS en in dit rapport ('TNO') en het verschil tussen beide waarden. De eerste referentie voor een parameter geeft die aan die door RWS is gebruikt, de tweede die voor deze studie is gebruikt.

Parameter	Eenheid	RWS	TNO	Vershil	Referentie <sup>1</sup>
Importafval	kton	1745	1745	6,7%	[1]
aandeel biageen importafval	-	0,5656	0,57	0,8%	[3], [2]
AEC, EffE	-	0,169	0,169	-0,2%	[4], [5]
AEC, EffH	-	0,155	0,202	23,2%	[4], [5]
Bruto of netto elektriciteit AEC	-	Bruto	Netto	-26,9	[4], [6]
Stookwaarde importafval (verbranding)	MJ/kg	12,04	12,04	0%	[3], [3]
Stookwaarde importafval (vermeden energie)	MJ/kg	10,0	12,04	16,9%	[4], [5]
EF marginale centrale	kg CO <sub>2</sub> /kWh	0,59	0,56	-5,3%	[3], [7]
EF gemiddelde centrale	kg CO <sub>2</sub> /kWh	0,45	0,43	-5,1%	[3], [7]
EF HR gascentrale	kg CO <sub>2</sub> /kWh	0,37	0,37	0,0%	[3], [3]
EF gasketel	kg CO <sub>2</sub> /GJ	56,6	59,12	4,3%	[3], [8]

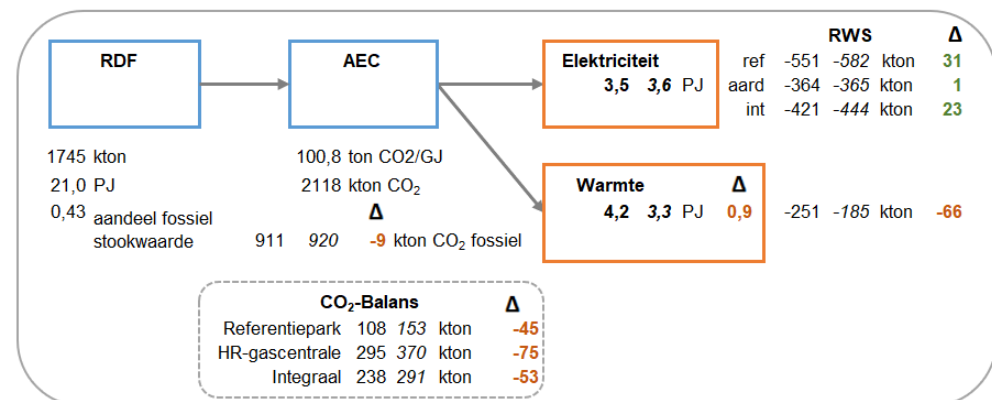
<sup>1</sup> [1] (Werkgroep Afvalregistratie, 2020), [2] (Hunnik, 2020), [3] (Rijkswaterstaat, 2019), [4] afgeleid uit (Rijkswaterstaat, 2019), [5] afgeleid uit (Werkgroep Afvalregistratie, 2020), [6] (PBL, 2019), [7] (CBS, 2020a), [7] (ecoinvent Centre, 2018).

De grootste verschillen in de gebruikte parameters en de gevolgen voor de CO<sub>2</sub>-balans zijn hieronder opgesomd:

- RWS gebruikt een efficiency voor de warmteproductie van AEC's van 0,155, wij vonden een hogere efficiency van 0,202. **Dit geeft 23% meer vermeden emissies dan door RWS gevonden;**
- Daarnaast gebruikt RWS voor de vermeden warmte en elektriciteit de onderste stookwaarde van Nederlands restafval van 10,0 MJ/kg uit de Nederlandse lijst van energiedragers (Zijlema, 2019). Hier had de waarde voor het importafval moeten worden gebruikt van 12,04 MJ/kg. In appendix C Verschillen met berekeningen RWS worden de consequenties hiervan nader uitgewerkt. **RWS onderschat door de lagere stookwaarde de terug geleverde energie met 17%;**
- RWS gebruikt de bruto elektriciteitsproductie, voor het vaststellen van het effect van de verminderde productie zou naar de netto geleverde elektriciteit moeten worden gekeken. **Dit geeft 27% minder vermeden emissies dan door RWS gevonden;**
- Bij de marginale centrale (referentiepark) gebruikt RWS een emissiefactor van 0,59 kg CO<sub>2</sub>/kWh, dit zou op basis van de meest recente cijfers voor dat jaar 0,56 moeten zijn (CBS, 2020a). **RWS overschat de vermeden emissie hierdoor met 5%;**

- De laatste correctie betreft de emissie bij de warmteproductie met aardgas. RWS gebruikt een factor van 56,6 kg CO<sub>2</sub>/GJ, de juiste factor waarbij de efficiency van de productie wordt meegenomen is 59,1. **Dit leidt tot een onderschatting van 4%;**
- Voor de gemiddelde centrale gebruikt RWS een factor van 0,45 kg CO<sub>2</sub>/kWh, een emissiefactor van 0,43 is de meest recente waarde (CBS, 2020a). **Ook dit leidt tot een overschatting van 5% door RWS.**

Ook in het geval van de gecorrigeerde berekening van de CO<sub>2</sub>-balans, die in Figuur 8 getoond is, blijft het effect van de importheffing overeind en nemen de CO<sub>2</sub>-emissies binnen Nederland met 108 kton/jaar af als gevolg van het niet meer verbranden van importafval in Nederland.



Figuur 8 CO<sub>2</sub>-balans binnen Nederland van de energierugwinning uit geïmporteerd afval zoals berekend in dit rapport met daarbij de oorspronkelijke afwijkende CO<sub>2</sub>-waarden van RWS cursief weergegeven (Rijkswaterstaat, 2019). Δ geeft het verschil tussen de door TNO berekende waarde en de waarde van RWS. Groene getallen betekenen dat in de TNO-berekeningen het effect van de importheffing gunstiger is qua CO<sub>2</sub>-emissies dan bij RWS, oranje dat het effect volgens TNO minder gunstig is.

### 3.8 Effect op de korte termijn

Rijkswaterstaat (2019) heeft de vermeden CO<sub>2</sub>-emissies ingeschat op basis van kentallen van de elektriciteitsmix uit 2018. Om een zo goed mogelijk antwoord te geven op de vraag in hoeverre dit wijzigt op basis van de te verwachten elektriciteitsmix in 2020 is een schatting gemaakt van de emissiefactoren van de parken die als uitgangspunt zijn genomen; de marginale centrale (referentiepark), de gemiddelde centrale en de HR-gascentrale.

De werkwijze was daarbij als volgt:

1. Bereken op basis van het aandeel in de elektriciteitsmix van het totale park (PBL, 2019) de emissiefactor per brandstof (Zijlema, 2020) en het rendement op de primaire energie (CBS, 2020b) de emissie van het park.
2. Omdat de schatting voor 2018 afwijkt van de door RWS gebruikte emissiefactor moet een correctiefactor worden bepaald.
3. De correctiefactor wordt vervolgens toegepast op de schatting van de emissiefactor voor 2020.

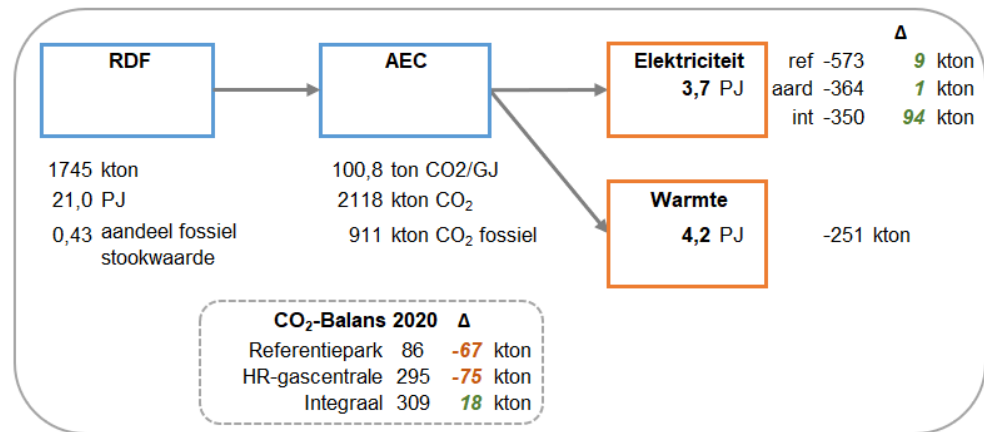
Tabel 2 Ingeschatte CO<sub>2</sub>-emissie van de drie typen elektriciteitscentrale (marginaal, gemiddeld en HR-aardgas) voor 2020 op basis van 2018 en de daarvoor gebruikte parameters. De correctiefactor wordt gebruikt om de geschatte totale CO<sub>2</sub>-emissie van een park in gelijk te stellen aan die van (Rijkswaterstaat, 2019).

Parameter	Eenheid	2018	2020	Bron
<b>Eigen verbruik</b>	-	22%	18%	[1]
<b>Rendement op primair (LHV)</b>	-	56,40%	54,95%	[2] + extrapolatie
<b>Aardgas</b>	PJ	207	129	[1]
<b>Kolen</b>	PJ	98	74	[1]
<b>Overig fossiel</b>	PJ	14	13	[1]
<b>Nucleair</b>	PJ	13	15	[1]
<b>Hernieuwbaar</b>	PJ	67	135	[1]
<b>Overig</b>	PJ	10	8	[1]
<b>Totale productie</b>	PJ	409	376	[1]
<b>Aardgas</b>	kg CO <sub>2</sub> /GJ	56,6	56,4	[3]
<b>Antraciet</b>	kg CO <sub>2</sub> /GJ	98,3	98,3	[3]
<b>Zware stookolie</b>	kg CO <sub>2</sub> /GJ	77,4	77,4	[3]
<b>Correctie gemiddeld</b>	-	1,121		
<b>Correctie marginaal</b>	-	1,020		
<b>Marginale centrale</b>	kg CO <sub>2</sub> /GJ	155,6	154,2	[4] + schatting
<b>Gemiddelde centrale</b>	kg CO <sub>2</sub> /GJ	125	94,2	[4] + extrapolatie
<b>HR gascentrale</b>	kg CO <sub>2</sub> /GJ	102,8	98,0	[4] + extrapolatie

[1] (PBL, 2019), [2] (CBS, 2020b), [3] (Zijlema, 2020), [4] (Rijkswaterstaat, 2019).

Op deze wijze zijn de emissiefactoren voor de drie typen centrale ingeschat voor het jaar 2020 (zie Tabel 2). De emissiefactor voor de marginale centrale neemt iets af, die voor de gemiddelde centrale neemt zeer duidelijk af naar 94,2 kg CO<sub>2</sub>/GJ, dit door een toegenomen aandeel hernieuwbaar. Door een geringer eigen verbruik neemt ook de emissiefactor voor de HR-gascentrale af (zie Tabel 2). Gezien het moeten gebruiken van een correctiefactor is er een zekere onzekerheid in de resultaten, echter een afname is te verwachten door het afgenomen eigen verbruik.

De afname in het eigen gebruik van elektriciteit in 2020 is ook voor de AEC toegepast, hierdoor wordt nu meer elektriciteit uit het geïmporteerde afval (zelfde hoeveelheid als in 2018) geproduceerd. Voor 2020 leidt de energieretrieving uit geïmporteerde afval voor elk van de drie typen elektriciteitscentrale tot een netto CO<sub>2</sub>-emissie. Deze is bij het referentiepark het kleinst met 86 kton, de gemiddelde centrale (integrale methode) geeft een balans van 309 kton en de HR-aardgas centrale 295 kton CO<sub>2</sub>-eq (zie Figuur 9). Bij het referentiepark is een afname van de balans met 20% te zien, bij de gemiddelde centrale treedt een stijging op van 30%. Uitgaande van de referentiecentrale betekent dit dat het voordeel van de importheffing op de binnenlandse emissies in de nabije toekomst afneemt met ongeveer 22 kton van 108 naar 86 kton CO<sub>2</sub>-emissies (20%) ten opzichte van het jaar 2018. Het effect van de importheffing op de CO<sub>2</sub>-emissies binnen Nederland neemt hierdoor in de toekomst af.



Figuur 9 Geschatte CO<sub>2</sub>-balans voor 2020 voor energieretrieving uit geïmporteerd afval op basis van geüpdatete kentallen. 'ref'= referentiepark; 'aard'= HR-gascentrale; 'int'= integrale methode. Δ geeft het verschil tussen de door TNO berekende waarde en de waarde van RWS. Groene getallen betekenen dat in de TNO-berekeningen het effect van de importheffing gunstiger is voor de CO<sub>2</sub>-emissies, oranje dat het effect volgens TNO minder gunstig is.

### 3.9 Additionele effecten

Een van de deelvragen betrof welke relevante klimaateffecten, zoals de methaanemissies na stort in het buitenland en die van de terugwinning van metalen uit het brandbaar afval te verwachten zijn na het wegvallen van de import van RDF uit het VK. In deze paragraaf wordt hier nader op ingegaan. Allereerst wordt echter bepaalt wat het effect is wanneer ook de import van elektriciteit uit het buitenland wordt meegenomen.

#### **Effect van het meenemen van import van elektriciteit**

In de berekeningen van RWS wordt alleen de binnenlandse productie van elektriciteit meegenomen in de gemiddelde centrale en het referentiepark, het is echter niet ondenkbaar dat een verminderde elektriciteitsproductie uit geïmporteerd afval zal leiden tot een, tijdelijke, stijging van import uit het buitenland. In 2018 bedroeg het invoersaldo (import minus export) van elektriciteit 7% ten opzichte van de binnenlandse productie (CBS, 2019) ofwel, 28,7 PJ, import is dus een niet te verwaarlozen deel van het elektriciteitsaanbod. Op het totale verbruik in Nederland in 2018 droeg de import 6,4% bij (PBL, 2019). Landen als Duitsland en Noorwegen waren (in 2014) de voornaamste exporteurs naar het Nederlandse net (ecoinvent, 2018), het percentage import was toen wel hoger. De huidige verdeling naar landen is niet bekend, wel is bekend dat Duitsland in 2018 19,2 TWh (69,1 PJ) naar Nederland exporteerde, echter een deel van deze elektriciteit werd doorgeleverd aan het VK en België (Burger, 2019). Daar Duitsland de belangrijkste leverancier daarbij is wordt van dat productiepark uitgegaan. De emissiefactor voor elektriciteit uit Duitsland in 2018 komt dan op 96,1 kg CO<sub>2</sub>-eq./GJ (zie Tabel 3), dit is door het grote aandeel kernenergie en hernieuwbare in de Duitse mix lager dan die van een HR-gascentrale (102,8 kg CO<sub>2</sub>-eq./GJ). wanneer we aannemen dat de import volledig uit Duitsland kwam is een aanpassing te maken van de emissiefactoren van het referentiepark en de gemiddelde centrale.



Tabel 3 Productie van elektriciteit, Duitsland 2018, door fossiele koolstofhoudende brandstoffen, de emissiefactor per brandstof en de totale CO<sub>2</sub>-emissie.

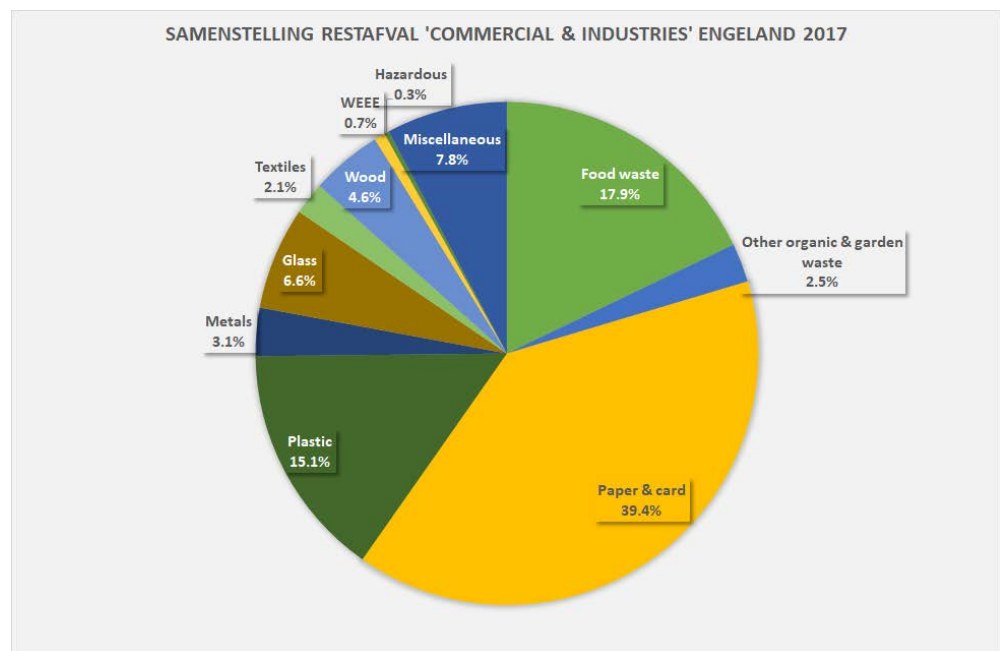
Brandstof	TWh	Aandeel	kg CO <sub>2</sub> /GJ*	kton CO <sub>2</sub>
<b>Bruinkool</b>	131,5	24%	101	108.687
<b>Steenkool</b>	72,32	13%	98,3	58.176
<b>Aardgas</b>	44,42	8%	56,6	20.574
<b>Overige</b>	293,63	54%	0	0
<b>Totale Prod.</b>	541,87	100%	96,09	187.436

\* (Zijlema, 2020)

Bij een import van 6,4% elektriciteit uit Duitsland, dus 93,6 eigen productie, komt de emissiefactor voor vermeden elektriciteit voor het referentiepark op 151,8 kg CO<sub>2</sub>/GJ, voor de gemiddelde centrale op 123,1 kg CO<sub>2</sub>/GJ. Deze waarden zijn respectievelijk 2,5 en 1,5% lager dan de waarde zonder import. Het meenemen van import geeft dus een iets minder goede CO<sub>2</sub>-balans. Voor het referentiepark komt de balans dan op 122 kton (12% hoger), voor de gemiddelde centrale op 245 kton (3% hoger).

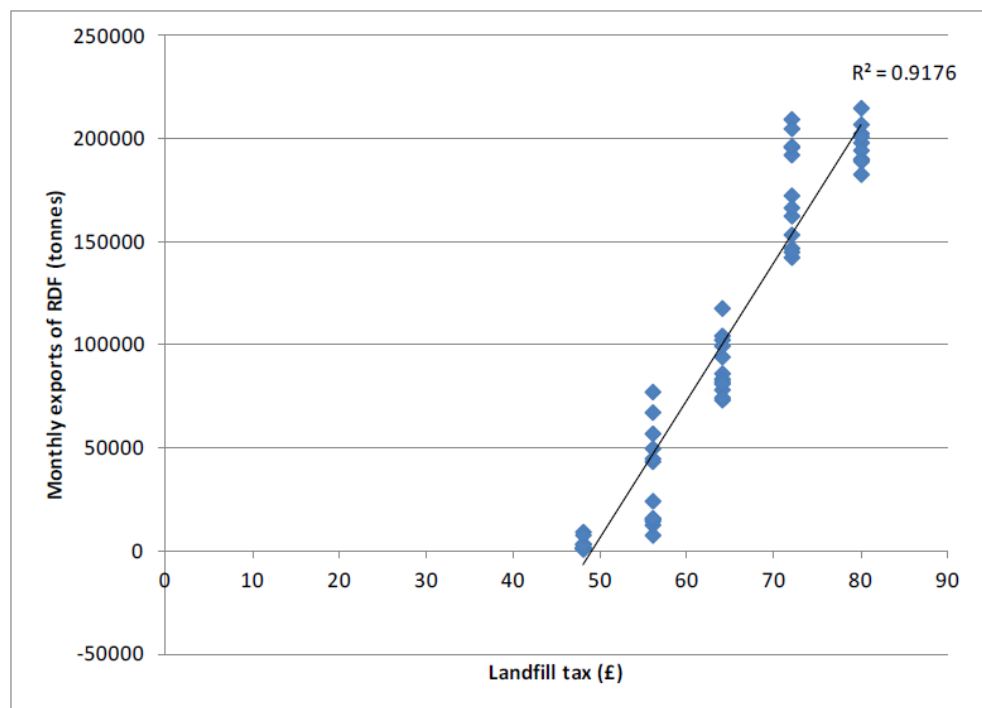
### **Samenstelling Engels restafval en RDF**

Het RDF dat door Nederlandse AEC's wordt geïmporteerd wordt vooral uit restafval van de 'Commercial & Industries' sector geproduceerd (Ledingham, 2020). Na voorbehandeling van dit op Kantoren-Winkels-Diensten (KWD) gelijkend afval, waarbij bijvoorbeeld een deel van het organisch afval en metalen worden afgescheiden, is het RDF geschikt voor export. Voordat restafval als RDF kan worden afgezet moet een voorbehandeling plaatsvinden waarbij veelal metalen en kunststoffen worden afgescheiden (Matt, 2015). Oud papier en karton vormen een zeer groot deel, bijna 40%, van het 'Commercial & Industries' afval (WRAP, 2020). Voedselafval, kunststoffen, glas en overig afval zijn andere belangrijke componenten (zie Figuur 10). Metalen vormen slechts een klein aandeel met 3,1% van de totale massa.



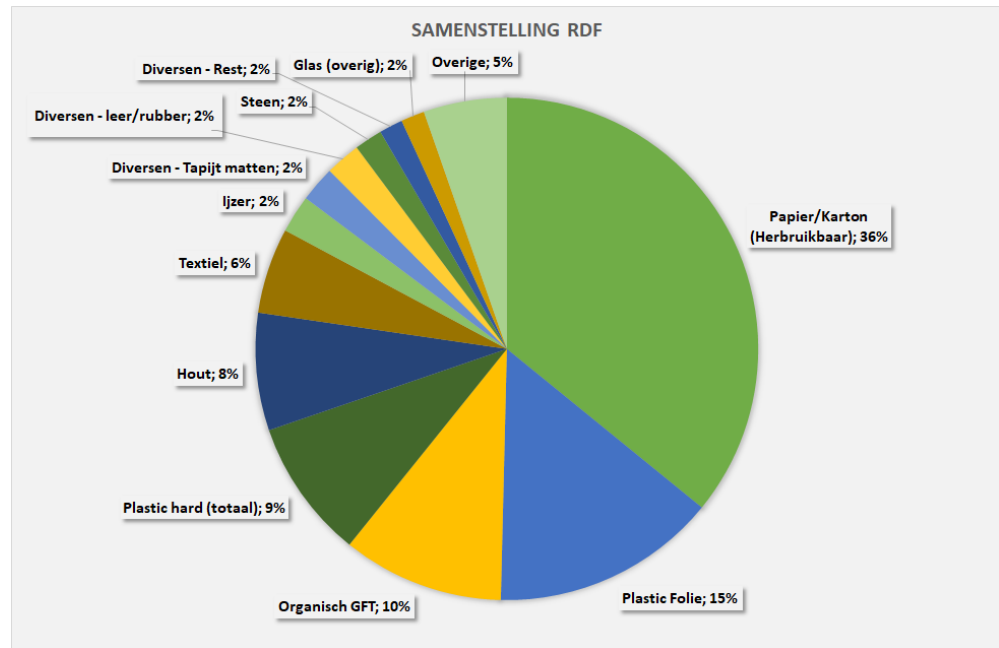
Figuur 10 Samenstelling op massabasis van op KWD gelijkend afval in Engeland (WRAP, 2020).

Wanneer de kosten van voorbehandeling, transport en *gate fees* bij de buitenlandse afnemers minus de opbrengsten van het afgescheiden materiaal lager zijn dan de kosten voor storten in het Engeland en de rest van het VK is het economisch aantrekkelijk om RDF te exporteren, export naar Nederland kent daarbij meestal de laagste kosten (Matt, 2015). De *landfill tax*, die momenteel ruim 91£/ton bedraagt (GOV.UK, 2018; HM Revenue and Customs, 2019), is daarbij een belangrijke factor (zie Figuur 11). De hoogte van de importheffing en de mate waarin deze wordt doorberekend zal dus effect hebben op de hoeveelheid aangeboden RDF. In Engeland vrezen de lokale overheden dat een plotselinge invoering van de importheffing zal leiden tot meer stort op korte en middellange termijn (ADEPT, 2019).



Figuur 11 Relatie tussen de stortbelasting ("Landfill tax") en de hoeveelheid uit het VK geëxporteerde RDF (Matt, 2015).

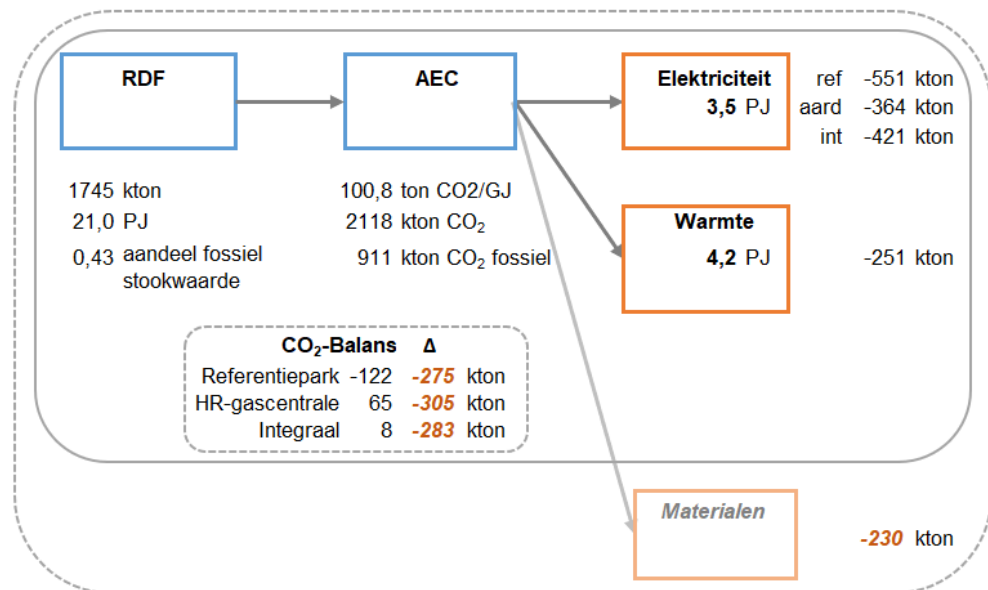
De geschatte samenstelling van het geïmporteerde afval laat zien de helft van de massa bestaat uit papier/karton en plastic folie (zie Figuur 12). De samenstelling wijkt af van het 'KWD'-restafval (Figuur 10) vooral door een lager aandeel organisch groente-, fruit- en tuinafval (GFT). Dit materiaal zal dus waarschijnlijk zijn afgescheiden in de voorbehandeling. De hoeveelheid glas is ook afgenomen, de hoeveelheid metalen lijkt echter beperkt te zijn veranderd (van 3% naar 2%). Non-ferro metalen zijn voor minder dan één procent aanwezig in het RDF (Analyses SGS aangeleverd door Attero, 2020) en vallen onder de overige afvalsoorten in Figuur 12.



Figuur 12 Samenstelling van het geïmporteerde RDF in 2018 op basis van (Attero, 2020).

### **Recycling metalen**

Het recyclen van staal en aluminium, inclusief sortering en hersmelten, levert een duidelijk netto CO<sub>2</sub>-voordeel op van respectievelijk 1,9 en 7,1 ton CO<sub>2</sub>-eq. per ton afval op (Ligthart, Vroonhof, & Horssen, 2019). Van het aanwezige ijzer werd in 2018 96% teruggewonnen uit de bodemassen, voor non-ferro (met name aluminium) is dat 85%. (Afvalfonds Verpakkingen, 2018). Dit betekent dat het teruggewonnen staal circa 45 kg CO<sub>2</sub> bespaart per ton RDF, hierbij is het percentage terugwinning aangepast aan de data van het Afvalfonds. Aangenomen dat 50% van het non-ferro in het RDF (0,95%) uit aluminium bestaat zou dit circa 86 kg CO<sub>2</sub> per ton RDF besparen. Samen levert deze terugwinning van metalen uit het geïmporteerde afval (1745 kton) nog een extra voordeel op van circa 230 kton CO<sub>2</sub>-equivalenten. Dit is in de orde van grootte van de andere posten in de CO<sub>2</sub>-balans. Voor de referentiecentrale zou de CO<sub>2</sub>-balans voor 2018 op basis van de berekeningen door TNO dan uitkomen op circa **122 kton vermeden CO<sub>2</sub>**. Dit wil zeggen dat de importheffing van afval - als we kijken naar de AEC-emissies, de vermeden energieproductie en de te vervangen metaalproductie – juist tot 122 kton meer CO<sub>2</sub>-uitstoot leidt i.p.v. de door de importheffing beoogde CO<sub>2</sub>-besparing. Een deel van het voordeel zal wel in het buitenland optreden door de verminderde productie van materialen aldaar.

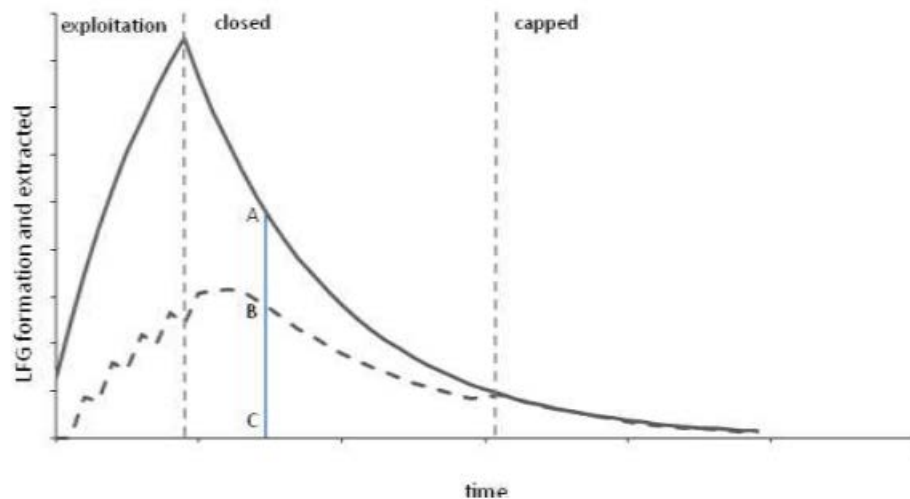


Figuur 13 CO<sub>2</sub>-balans van de energieteterugwinning uit geïmporteerd afval op basis van geüpdatete kentallen en het meenemen van de effecten van de terugwinning van metalen uit de bodemassen van de AEC's. 'ref'= referentiepark; 'aard'= HR-gascentrale; 'int'= integrale methode. Δ geeft het verschil tussen de door TNO berekende waarde en de waarde van RWS. Groene getallen betekenen dat in de TNO-berekeningen het effect van de importheffing gunstiger is voor de CO<sub>2</sub>-emissies, oranje dat het effect volgens TNO minder gunstig is.

### Effecten stort Brits restafval

Als een effect van de productie van RDF wordt de afname van de stort van afval genoemd, op zijn beurt zou dit weer tot een reductie van methaanemissies leiden (Stępień, Serowik, Koziel, & Białowiec, 2019). In de jaren 1990 tot 2016 zijn de emissies van methaan uit de Britse afvalsector met 71% afgenomen, vrijwel volledig door de implementatie van afvangsystemen (Brown et al., 2018). Alle nieuwe stortplaatsen moeten dergelijke systemen hebben en veel bestaande stortplaatsen hebben systemen geïnstalleerd (Brown et al., 2018). De afname zette ook nog door in 2018, hoewel in er 2018 (14,4 Mton CO<sub>2</sub>-eq.) een lichte stijging was van de methaanemissies ten opzichte van 2017 (14,1 Mton CO<sub>2</sub>-eq.) (DBEIS, 2020a). De lichte stijging is niet te verklaren uit een toename van de stort van organisch materiaal, dit nam in 2018 zelfs iets af (DBEIS, 2020b). Andere factoren moeten dus een rol spelen.

Afhankelijk van de duur waarop een stortplaatscompartiment open is, de kwaliteit van de tijdelijke afdekking van een compartiment en de dichtheid van de putten is de integrale efficiency van het afvangen van methaan 30 tot 60 % (Hogg et al., 2011). In Figuur 14 is het verloop van de methaanemissie en de hoeveelheid afgevangen methaan indicatief aangegeven. Er is ook een techniek, 'landfill cells' of bioreactors, beschikbaar waarbij bijna 100% van het methaan wordt afgevangen. Op een cel wordt dan al na enkele maanden na ingebruikname een ondoorlaatbare laag (cap) aangebracht (Hogg et al., 2011).



Figuur 14 Indicatief verloop van de methaanproductie en -afvang (gearceerde lijn) bij een afvalstort (Hogg et al., 2011)

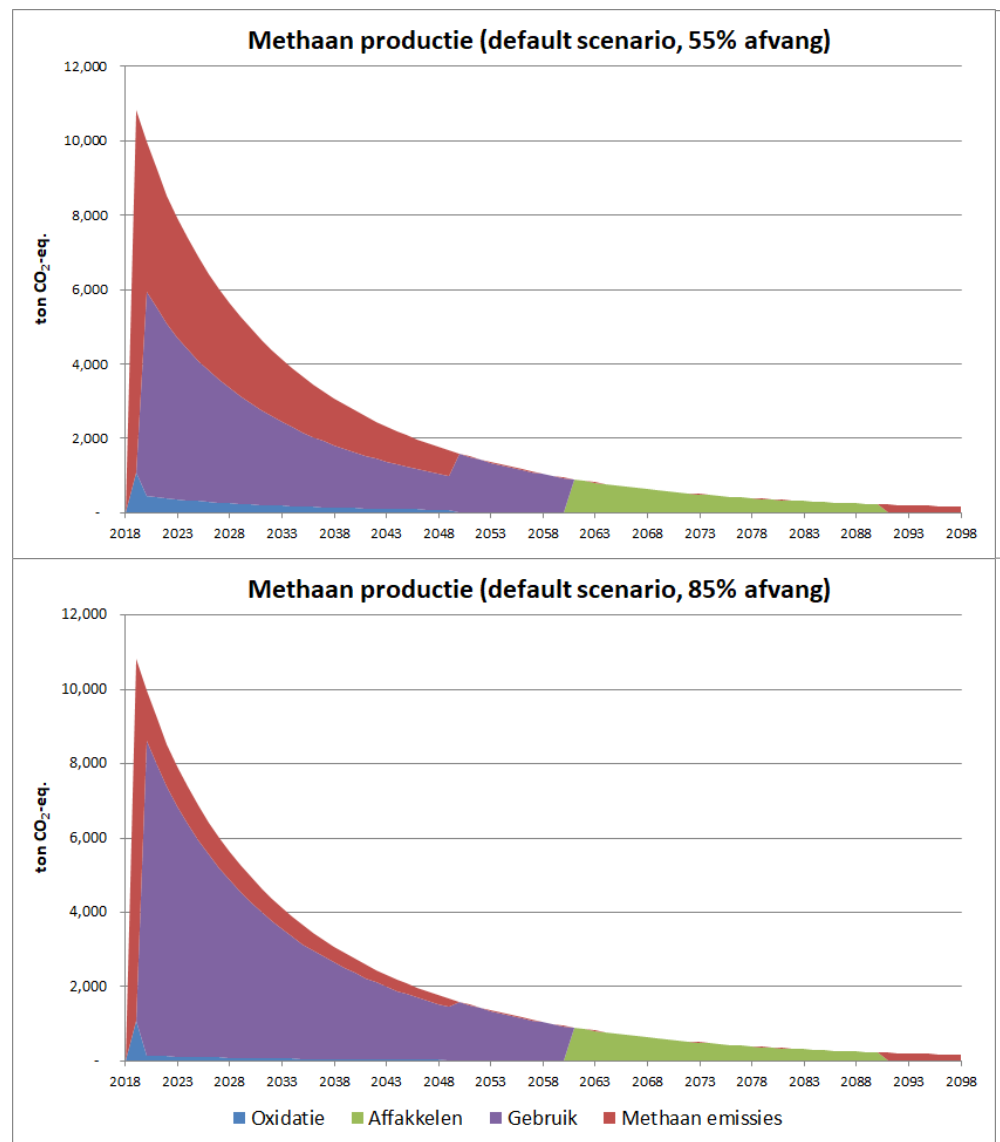
Voor de inschatting van dit effect wordt gebruik gemaakt van scenario's daar een exacte inschatting niet te maken is gezien de onzekerheden in het precieze verloop van methaanemissies uit een ton gestort RDF. Voor de inschatting is gebruik gemaakt van de Waste MITI2 decision support tool (TNO, 2017). De samenstelling van het gestorte RDF is gegeven in Tabel 4, hierbij moet worden opgemerkt dat plastics als inert worden meegenomen in de tool. Daarnaast is de te storten hoeveelheid RDF op 100.000 ton gezet om tot een acceptabele storthoogte te komen. Deze hoeveelheid is niet representatief voor de hoeveelheid import in 2018, maar slechts gekozen om acceptabele dimensies van de stort te krijgen. Het klimaattype is op 'temperate, wet' gezet, het meest passend bij het VK. De start van de methaanafvang begint twee jaar na aanvang van de stort in 2018. De waarden van alle aangepaste parameters zijn in Appendix A gegeven. Omdat de efficiency van de methaanafvang kan variëren tussen 55 en 85% (Gregory, Stalleicken, Lane, Arnold, & Hall, 2014) is een laag en hoog scenario met deze percentages gemaakt. De Waste MITI2 tool neemt ook mee wat het effect is van de spreiding in de in het model gebruikte parameterwaarden en presenteert de minimum en maximum waarden van de methaanafvang en -emissie. De laagst mogelijke waarden zijn in het 'laag'-scenario opgenomen, de maxima in het 'hoog'-scenario.

Tabel 4 Afvalsamenstelling gebruikt voor de Waste MITI2 tool.

Afvaltype	Aandeel
<b>Papier/Karton (Herbruikbaar)</b>	35,9%
<b>Plastic Folie</b>	14,5%
<b>Organisch GFT</b>	10,4%
<b>Plastic hard (totaal)</b>	9,0%
<b>Hout</b>	7,6%
<b>Textiel</b>	5,5%
<b>Diversen - leer/rubber</b>	2,3%
<b>Inert</b>	15,0%

De systeemgrenzen die bij het bepalen van het effect van de stort van RDF zijn gehanteerd beperken zich tot de stortplaats zelf, het ontbreken van de voorbereiding van afval en van transport naar Nederland zijn, net zoals bij eerdere berekeningen, niet meegenomen. Ook is de eventuele productie van elektriciteit uit het stortgas en eventuele behandeling van het stortgas niet meegenomen. Dit heeft als mogelijke consequentie een zekere overschatting van de CO<sub>2</sub>-emissies van de stort van RDF.

Het afvangen van methaan, in eerste instantie om nuttig toe te passen in een gasmotor later wordt het afgefakkeld, reduceert de emissies van methaan naar de atmosfeer. Het verloop door de tijd heen na de stort van 100.000 ton RDF in 2018 is te zien in Figuur 15.



Figuur 15 Emissies van methaan en hoeveelheden geoxideerd, afgefakkeld en nuttig gebruikt bij een afvangefficiency van 55% (boven) en van 85% (onder) na de stort van 100.000 ton RDF in 2018 op een stortplaats in het VK.

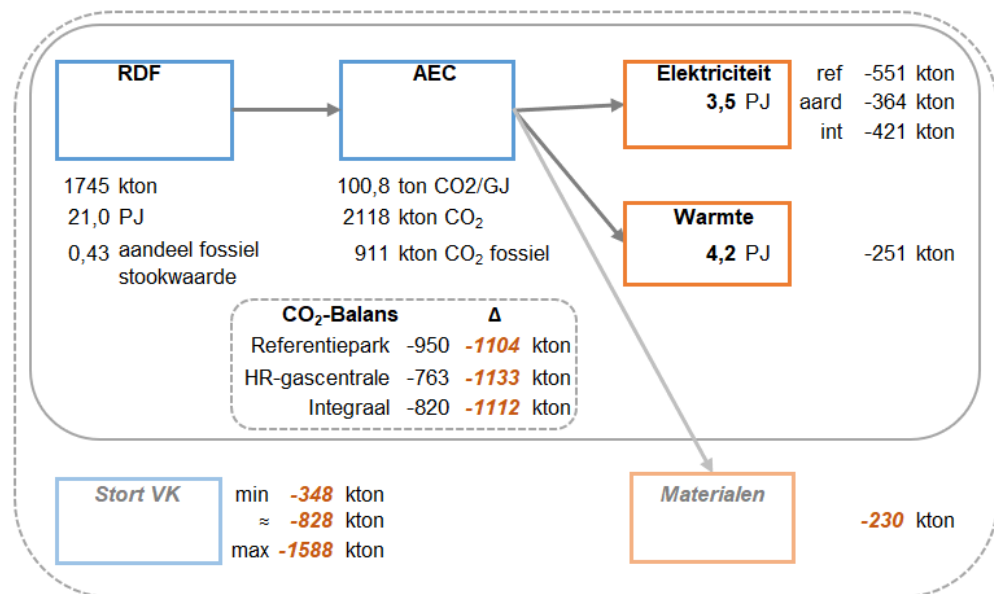
Gemiddeld levert de stort van één ton afval met de samenstelling van die van het in Nederland geïmporteerde RDF een emissie van 0,475 ton CO<sub>2</sub>-eq. op.

Uitgaande van de range in afvang efficiency en de mogelijke spreiding in de modelparameters ligt de emissie tussen de 0,199 en 0,910 ton CO<sub>2</sub>-eq (zie Tabel 5). Passen we deze factoren toe op de totale hoeveelheid RDF in 2018, 1745 kton, dan geeft dit een aanzienlijke CO<sub>2</sub>-besparing van gemiddeld 828 kton waarbij een range mogelijk is van 348 tot 1588 kton.

Tabel 5 De emissies van methaan door gebruik en destructie van methaan in ton CO<sub>2</sub>-eq. per ton RDF. De laagst mogelijke totale waarde is met **vet/cursief** aangegeven de maximale waarde met **vet**.

Efficiency	Default	Min	Max
<b>55%</b>	0,654	0,441	<b>0,910</b>
<b>85%</b>	0,295	<b>0,199</b>	0,411

Het meenemen van de vermeden emissies op de stortplaatsen in het VK heeft een aanzienlijk effect op de totale CO<sub>2</sub>-balans van het systeem. Deze emissies zijn in dezelfde orde van grootte als de emissie van de verbranding van het RDF zelf. Ook bij het 'Laag' scenario met de 85% afvang van methaan is de netto balans negatief (zie Tabel 6), dit betekent dat het stoppen van de import van RDF in het gehele systeem tot een toename van de CO<sub>2</sub>-emissies leidt. Dat de importheffing, die in 2020 €32,63 per ton bedraagt, tot een toename van de stort van afval kan leiden blijkt uit de melding van het graafschap Essex dat RDF gestort gaat worden omdat dit, ondanks de dan te betalen landfill tax van 91£/ton, de meest economische oplossing is, zie bijvoorbeeld (letsrecycle.com, 2019).



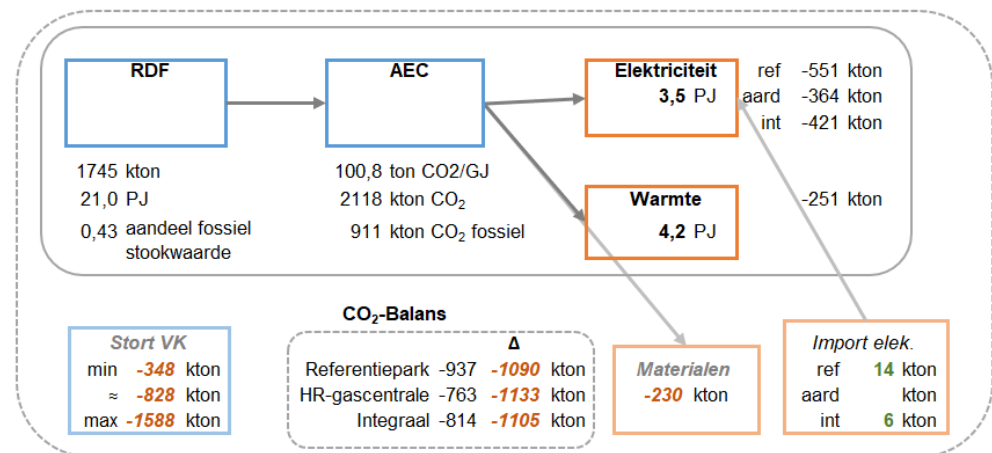
Figuur 16 CO<sub>2</sub>-balans van de energieteterugwinning uit geïmporteerd afval op basis van geüpdatete kentallen inclusief de vermeden emissies door de recycling van metalen uit de bodemmassen en de vermeden emissies op een stortplaats in het Verenigd Koninkrijk. Voor de resultaten in het kader 'CO<sub>2</sub>-balans' is gebruik gemaakt van de gemiddelde emissies van de stortplaats. 'ref' = referentiepark; 'aard' = HR-gascentrale; 'int' = integrale methode. Voor de balans is met het gemiddelde van de vermeden stortemissies "≈" gerekend. Δ geeft het verschil tussen de door TNO berekende waarde en de waarde van RWS. Groene getallen betekenen dat het effect van de importheffing gunstiger is voor de CO<sub>2</sub>-emissies dan bij RWS, oranje dat het verschil ongunstiger is.

Tabel 6 CO<sub>2</sub>-balans (kton CO<sub>2</sub>-eq.) van de energierugwinning uit geïmporteerd afval voor het gemiddelde methaanemissie-scenario en de 'Laag' en 'Hoog' scenario's.

Vermeden productie	Gemiddeld	Laag	Hoog
Referentiepark	-940	-459	-1699
HR-gascentrale	-752	-271	-1512
Integraal	-809	-329	-1569

### Volledige set additionele effecten

Wanneer alle effecten, terugwinning materialen; import elektriciteit en methaanemissies stortplaats, die buiten Nederland plaatsvinden worden meegenomen, is er duidelijk sprake van dat onder de huidige omstandigheden (situatie 2018) de energierugwinning uit RDF een gunstige CO<sub>2</sub>-balans oplevert. Wanneer het referentiepark, zowel in Nederland als in Duitsland, als het uitgangspunt voor de elektriciteitsproductie wordt genomen wordt ruim 0.9 Mton aan CO<sub>2</sub>-emissies bespaart (zie Figuur 17). Ook wanneer voor de situatie met het minste voordeel wordt genomen, opvang door een HR-gascentrale en het 'Laag'-scenario voor methaan uit afvalstort, blijft de energierugwinning uit RDF gunstig voor de Europese CO<sub>2</sub>-balans.



Figuur 17 CO<sub>2</sub>-balans waarbij alle effecten in Nederland en daarbuiten zijn meegenomen. Voor de balans is met het gemiddelde van de vermeden stortemissies "≈" gerekend. Δ geeft het verschil tussen de door TNO berekende waarde en de waarde van RWS. Groene getallen betekenen dat het effect van de importheffing gunstiger is dan bij RWS voor de CO<sub>2</sub>-emissies, oranje dat het verschil ongunstiger is.



## 4 Conclusies

Uit de resultaten van dit onderzoek blijkt dat de RWS-berekeningen van de CO<sub>2</sub>-effecten van de energierugwinning uit geïmporteerd afval zijn uitgevoerd met de bij keten- c.q. klimaatberekeningen behorende gebruikelijke werkwijzen, maar dat er verschillen zijn in de waarden van enkele kentallen zoals emissiefactoren.

Het antwoord op de deelvragen is hieronder samengevat:

1. Komt de stookwaarde van het geïmporteerde afval overeen met de door RWS gehanteerde waarde en met welke stookwaarde is de energieproductie berekend? Welke stookwaarde voor geïmporteerd RDF is het meest representatief volgens TNO?
  - *De door RWS gehanteerde stookwaarde van 12,04 MJ/kg valt ruim binnen de onzekerheid van het door ons berekende gemiddelde van 11,3 MJ/kg, daarom is de waarde van RWS dus aannemelijk.*
  - *Voor de stookwaarde die RWS gebruikte bij de energieproductie uit RDF is hoogstwaarschijnlijk die voor gemiddeld Nederlands te verbranden restafval gebruikt, deze heeft een te lage waarde van 10,0 MJ/kg. Dit leidt tot een onderschatting van de energieproductie van 20%.*
2. Klopt de aanname van Attero dat veranderingen in productie van hernieuwbare energie getoetst zouden moeten worden met een marginale centrale (referentiepark) conform de voorgestelde werkwijze in (Harmelink et al., 2012)?
  - *Deze aanname is correct dat de veranderingen getoetst moet worden conform de marginale benadering. Het is denkbaar dat het aandeel van gasgestookte centrales groter wordt binnen dit referentiepark dan nu door CBS aangegeven. Dit betekent dat elektriciteit uit RDF een kleinere CO<sub>2</sub>-besparing oplevert.*
  - *Er is echter ook een argument tegen het referentiepark. Een deel van de verminderde productie kan worden opgevangen door hernieuwbare bronnen (minder curtailment), deze maken nu geen deel uit van het referentiepark. Idealiter zou het complexe (korte en lange termijn) marginale effect moeten worden bepaald (Ekvall, 2020), dat viel echter buiten de reikwijdte van deze studie.*
3. Wat zijn de gevolgen als niet alleen naar het Nederlandse productiepark voor elektriciteit wordt gekeken maar ook naar de import van elektriciteit?
  - *Wanneer uitgegaan wordt van import van elektriciteit uit Duitsland resulteert dit in een minder goede CO<sub>2</sub>-balans. Voor het referentiepark komt de balans dan op 142 kton (11% hoger dan in de basis situatie), voor de gemiddelde centrale op 273 kton (3% hoger).*
4. Wat is de correcte referentiewaarde voor de elektriciteitsproductie over de jaren 2016-2018, en wat is de te verwachten vermeden elektriciteitsmix 2020/2021, mede in het licht van de door PBL gepubliceerde klimaat en energieverkenning (PBL, 2019)?
  - *In alle gevallen is er voor het jaar 2020 sprake van een netto CO<sub>2</sub>-emissie.*

*Bij het referentiepark is er echter wel een afname van de CO<sub>2</sub>-balans met 20% te zien, bij de gemiddelde centrale treedt er een stijging op van 30%. Het verschil tussen de balans voor het referentiepark en de gemiddelde centrale neemt toe doordat het aandeel hernieuwbare energie in 2020 is gestegen ten opzichte van 2018.*

5. Wat is de aard van de vermeden warmteproductie en welke brandstofinzet wordt hiermee vermeden?
  - *De industrie gebruikt met name aardgas en aardolie om warmte op te wekken, voor de warmtenetten die niet op een AEC zijn aangesloten kan de STEG centrale het beste als de referentie worden gezien waarbij wel steeds meer biobrandstoffen worden gebruikt. De verwachting is dus dat in de toekomst warmtelevering door AEC's in minder vermeden emissies resulteert.*
  
6. Welke relevante klimaateffecten, uitgedrukt in CO<sub>2</sub>-equivalenten, zijn te benoemen, inclusief de hierboven genoemde elementen van methaanemissies na stort en terugwinning van metalen uit het brandbaar afval uit het buitenland en welke kwantitatieve waarde is hieraan te verbinden?
  - *Het meenemen van alle relevante CO<sub>2</sub>-emissies in zowel Nederland als buiten Nederland heeft tot gevolg dat het verbranden van RDF -in plaats van het storten van het afval- een gunstig klimaateffect heeft. Dit komt enerzijds doordat de in het RDF aanwezige ferro en non-ferro metalen grotendeels uit de bodemassen worden teruggewonnen en hiermee de emissies bij de productie van deze metalen uitsparen. Het effect hiervan is aanzienlijk omdat dit tot een extra uitsparing van 29 tot 35% ten opzichte van de andere besparingen leidt voor respectievelijk de situatie op basis van het referentiepark of het gemiddelde park. In het geval van het referentiepark ontstaat dan de situatie dat stop van de import van RDF een ongunstige CO<sub>2</sub>-balans geeft.*
  - *Daarnaast geeft het niet storten van het RDF, met een groot aandeel organisch materiaal, het voordeel van het vermijden van methaanemissies uit de afvalstort in het VK. Dit voordeel is aanzienlijk omdat hiermee bijna 900 kton CO<sub>2</sub> mee wordt bespaard. In het geval van het scenario met het referentiepark verdubbelt de hoeveelheid vermeden CO<sub>2</sub> dan zelfs. Ook voor de andere twee scenario's, gemiddelde centrale en HR-gascentrale, is er sprake van een aanzienlijke CO<sub>2</sub>-winst.*

Als laatste zal ook de vraag worden beantwoord hoe de eventueel geüpdatete resultaten zich verhouden tot de door RWS uitgevoerde berekening.

- *Een correcte waarde van de stookwaarde van het RDF (12,04 MJ/kg) resulteert in een gunstiger CO<sub>2</sub>-balans dan door RWS berekend. Bij gebruik van het referentiepark is er dan sprake van een neutrale CO<sub>2</sub>-balans. Er is dan geen sprake van een (gunstig) effect van de importheffing op buitenlands afval.*

### ***Eindconclusies***

- Als we alleen kijken naar de effecten van de AEC-emissies en de vermeden energie dan blijkt dat het stoppen met de energierugwinning uit buitenlands afval door een importheffing leidt tot een jaarlijkse CO<sub>2</sub>-besparing van 108 kton binnen Nederland, dit is 45 kton minder dan de door RWS berekende besparing.
- Wanneer we echter over de Nederlandse grenzen heen kijken en de additionele effecten binnen Europa meenemen dan leidt de importheffing op buitenlands afval jaarlijks tot 950 kton meer emissies op Europees niveau. De klimaateffecten daarvan zijn globaal, dus ook voor Nederland relevant.

## 5 Referenties

- ADEPT. (2019). *Position Paper regarding the proposed taxation of imported Refuse Derived Fuel (RDF)*. Retrieved from [https://www.adeptnet.org.uk/system/files/documents/ADEPT Expression of Concern re RDF Import Tax 190924.pdf](https://www.adeptnet.org.uk/system/files/documents/ADEPT%20Expression%20of%20Concern%20re%20RDF%20Import%20Tax%20190924.pdf)
- Afvalfonds Verpakkingen. (2018). *Monitoring Verpakkingen. Resultaten inzameling en recycling 2018*. Retrieved from [www.afvalfondsverpakkingen.nl](http://www.afvalfondsverpakkingen.nl)
- Attero. (2020). *CW Attero*.
- Brown, P., Broomfield, M., Cardenas, L., Choudrie, S., Kilroy, E., Jones, L., ... Wakeling, D. (2018). *UK Greenhouse Gas Inventory, 1990 to 2016*. Retrieved from [https://uk-air.defra.gov.uk/assets/documents/reports/cat07/1804191054\\_ukghgi-90-16\\_Main\\_Issue1.1\\_UNFCCC.pdf](https://uk-air.defra.gov.uk/assets/documents/reports/cat07/1804191054_ukghgi-90-16_Main_Issue1.1_UNFCCC.pdf)
- Burger, B. (2019). *Öffentliche Nettostromerzeugung in Deutschland im Jahr 2018*. Retrieved from [https://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/news/2018/nettostromerzeugung-2018/jcr:content/contentPar/pressarticle/pressArticleParsys/linklistcomponent/inklistParsys/downloadcomponent\\_458884887/file.res/Stromerzeugung\\_2018\\_3.pdf](https://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/news/2018/nettostromerzeugung-2018/jcr:content/contentPar/pressarticle/pressArticleParsys/linklistcomponent/inklistParsys/downloadcomponent_458884887/file.res/Stromerzeugung_2018_3.pdf)
- CBS. (2019). *Energieverbruik gedaald in 2018*. Retrieved March 24, 2020, from <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2019/16/energieverbruik-gedaald-in-2018>
- CBS. (2020a). *CO2-emissiefactor, fossiel energieverbruik en rendement voor elektriciteit afgeleverd bij elektriciteitsverbruiker*. Den Haag.
- CBS. (2020b). *Rendement CO2-emissie elektriciteit 2018*. Retrieved from [https://www.cbs.nl/-/media/\\_excel/2020/08/rendement-co2-emissie-elektricititeit-2018.xls](https://www.cbs.nl/-/media/_excel/2020/08/rendement-co2-emissie-elektricititeit-2018.xls)
- DBEIS. (2020a). 2018 UK Greenhouse Gas Emissions, Final figures. In *National Statistics*. Retrieved from [https://www.google.nl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjo3p6YjrXoAhXHMewKHffIBIAQFjABegQIChAE&url=https%253A%252F%252Fassets.publishing.service.gov.uk%252Fgovernment%252Fuploads%252Fsystem%252Fuploads%252Fattachment\\_data%252Ffile%252F862887%25](https://www.google.nl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjo3p6YjrXoAhXHMewKHffIBIAQFjABegQIChAE&url=https%253A%252F%252Fassets.publishing.service.gov.uk%252Fgovernment%252Fuploads%252Fsystem%252Fuploads%252Fattachment_data%252Ffile%252F862887%25)
- DBEIS. (2020b). *UK Statistics on Waste*. Retrieved from [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/874265/UK\\_Statistics\\_on\\_Waste\\_statistical\\_notice\\_March\\_2020\\_accessible\\_FINAL\\_rev\\_v0.5.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/874265/UK_Statistics_on_Waste_statistical_notice_March_2020_accessible_FINAL_rev_v0.5.pdf)
- ecoinvent. (2018). Electricity, high voltage {NL}| market for | APOS, U. *Ecoinvent 3*. Retrieved from <https://www.golder.com/insights/block-caving-a-viable-alternative/>
- ecoinvent Centre. (2018). *Heat, district or industrial, natural gas, Europe without Switzerland| heat production, natural gas, at industrial furnace >100kW*. Retrieved from <https://v35.ecoquery.ecoinvent.org/Details/PDF/7F64E47C-8FE2-4F53-9865-04291EEFB7A7/290C1F85-4CC4-4FA1-B0C8-2CB7F4276DCE>
- Ekvall, T. (2020). Attributional and Consequential Life Cycle Assessment. In *Sustainability Assessment at the 21st century* (Vol. 395, pp. 1–22). <https://doi.org/10.5772/intechopen.89202>
- Essent. (2017). *Veranderingen in landschap elektriciteitscentrales*. Retrieved April 3, 2020, from Essent website: <https://www.essent.nl/content/grootzakelijk/marktinformatie/veranderingen-in-landschap-elektriciteitscentrales.html#>
- European Commission, Joint Research Centre, & Institute for Environment and

- Sustainability. (2010). *ILCD Handbook: General guide for Life Cycle Assessment - Detailed guidance* (1st ed.). European Union.
- GOV.UK. (2018). Landfill Tax rates. Retrieved from <https://www.gov.uk/government/publications/rates-and-allowances-landfill-tax/landfill-tax-rates-from-1-april-2013>
- Gregory, R., Stalleicken, J., Lane, R., Arnold, S., & Hall, D. (2014). *Review of Landfill Methane Emissions Modelling*. Retrieved from [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=12&ved=2ahUKEwiW04TSorXoAhXQGGuwKHSNiAhkQFjALegQIBRAB&url=http%3A%2F%2Frandd.defra.gov.uk%2FDocument.aspx%3FDocument%3D12439\\_WR1908ReviewofMethaneEmissionsModelling.pdf&usq=AOvVaw08-FzFI3olXDrGk](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=12&ved=2ahUKEwiW04TSorXoAhXQGGuwKHSNiAhkQFjALegQIBRAB&url=http%3A%2F%2Frandd.defra.gov.uk%2FDocument.aspx%3FDocument%3D12439_WR1908ReviewofMethaneEmissionsModelling.pdf&usq=AOvVaw08-FzFI3olXDrGk)
- Harmelink, M., Bosselaar, L., Gerdes, J., Segers, R., & Verdonk, M. (2012). *Berekening van de CO<sub>2</sub>-emissies, het primair fossiel energiegebruik en het rendement van elektriciteit in Nederland*. Retrieved from [https://www.cbs.nl/-/media/imported/documents/2012/39/notitie\\_energieco2\\_effecten\\_elektriciteit\\_sept\\_2012\\_finaal.pdf](https://www.cbs.nl/-/media/imported/documents/2012/39/notitie_energieco2_effecten_elektriciteit_sept_2012_finaal.pdf)
- HM Revenue and Customs. (2019). *UK Landfill Tax Statistics* (pp. 2018–2019). pp. 2018–2019. Retrieved from [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/848624/2019\\_Oct\\_LFT\\_Commentary.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/848624/2019_Oct_LFT_Commentary.pdf)
- Hogg, D., Ballinger, A., & Oonk, H. (2011). *Inventory Improvement Project – UK Landfill Methane Emissions Model. Final report to DEFRA*. Retrieved from <http://www.epa.gov/ttnchie1/eiip/>
- Hunnik, O. van. (2020). *Nederlandse energiedragers*.
- Koutstaal, P. (2020). *FW: ontwikkeling CO<sub>2</sub>-emissies van de elektriciteitsproductie in Nederland* (pp. 1–2). pp. 1–2. Den Haag.
- Ledingham, B. (2020). *RE: questions on import tax*. RDF Industry Group.
- letsrecycle.com. (2019). Essex to landfill RDF in wake of Dutch tax. Retrieved from <https://www.letsrecycle.com/news/latest-news/essex-to-landfill-rdf-in-wake-of-dutch-tax/>
- Ligthart, T., Vroonhof, J., & Horssen, A. van. (2019). *CO<sub>2</sub>-kentallen voor afvalstromen*. Utrecht.
- Matt, G. (2015). *Reasons for trends in English refuse derived fuel exports since 2010*. Retrieved from [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/438906/Reasons\\_for\\_trends\\_in\\_English\\_refuse\\_derived\\_fuel\\_exports\\_since\\_2010\\_report.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/438906/Reasons_for_trends_in_English_refuse_derived_fuel_exports_since_2010_report.pdf)
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2020). *Afvalverbrandingsinstallaties - Nederland*. Retrieved from [https://afvalmonitor.databank.nl/Jive/Jive?cat\\_open=landelijk\\_niveau/Samenstelling\\_van\\_huishoudelijk\\_restafval](https://afvalmonitor.databank.nl/Jive/Jive?cat_open=landelijk_niveau/Samenstelling_van_huishoudelijk_restafval)
- Otten, M. B. J. (Matthijs), & Bergsma, G. C. (Geert). (2010). *Beter één AVI met een hoog rendement dan één dichtbij. Hoeveel transport van afval is nuttig voor een hoger energierendement?* Delft.
- PBL. (2019). *Klimaat en Energieverkenning 2019*. Retrieved from <https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2019-klimaat-en-energieverkenning-2019-3508.pdf>
- Petrochem. (2020). Eemscentrale neemt 700 megawatt in zomer en najaar weer in gebruik. Retrieved March 12, 2020, from <https://petrochem.nl/eemscentrale-neemt-700-megawatt-in-zomer-en-najaar-weer-in-gebruik/>
- Rijkswaterstaat. (2019). *Heffing op import CO<sub>2</sub> vervanging energie* (p. 1). p. 1.
- Stępień, P., Serowik, M., Koziel, J. A., & Białowiec, A. (2019). Waste to Carbon: Estimating the Energy Demand for Production of Carbonized Refuse-Derived Fuel. *Sustainability*, 11(20), 5685. <https://doi.org/10.3390/su11205685>
- TNO. (2017). *Waste MITI2 Decision support tool - Manual vs3*. TNO.

- van Veldhoven - Van der Meer, S. (2019). *CO2-berekening van het betrekken van buitenlands afval in de afvalstoffenbelasting* (pp. 1–2). pp. 1–2. Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.
- Weidema B. (2018). *Attributional and consequential interpretations of the ISO 14044*.
- Werkgroep Afvalregistratie. (2018). *Afvalverwerking in Nederland, gegevens 2017*. Retrieved from <https://www.afvalcirculair.nl/onderwerpen/helpdesk-afvalbeheer/publicaties/downloads/downloads-0/afvalverwerking-8/>
- Werkgroep Afvalregistratie. (2020). *Afvalverwerking in Nederland, gegevens 2018*. Retrieved from <https://www.afvalcirculair.nl/onderwerpen/helpdesk-afvalbeheer/publicaties/downloads/downloads-0/afvalverwerking-nederland-gegevens-2018/>
- WRAP. (2020). *National Municipal Commercial Waste Composition, England 2017*. Retrieved from [https://wrap.org.uk/sites/files/wrap/National\\_municipal\\_commercial\\_waste\\_composition\\_England\\_2017.pdf](https://wrap.org.uk/sites/files/wrap/National_municipal_commercial_waste_composition_England_2017.pdf)
- Zijlema, P. J. (2019). *Nederlandse lijst van energiedragers en standaard CO2 - emissiefactoren, versie januari 2019*.
- Zijlema, P. J. (2020). *Nederlandse lijst van energiedragers en standaard CO2 - emissiefactoren, versie januari 2020 concept*.

## 6 Ondertekening

Utrecht, 6 april 2020

TNO

J.A.J. van der Meulen

Dr. Tom N. Ligthart



Afdelingshoofd

Auteur



Dr. Mark Bolech  
Tegenlezer

## A Aanvullende gegevens

### Parameterinstelling Waste MITI2 tool

Voor zover niet de defaultinstellingen van de Waste MITI2 tool (TNO, 2017) zijn gebruikt zijn de waarden van parameters in de hiernavolgende tabel gegeven.

Tabel A1 Gewijzigde instellingen van de Waste MITI2 tool gebruikt voor de berekening van de methaanemissie van RDF in een stortplaats in het VK.

Parameter	Waarde
Landfill location	Verenigd Koninkrijk
Starting year	2018
LFG Model Type	IPCC-model
Uncertainty mode	Internal uncertainty module
Region	Afvalsamenstelling zie Tabel #
Climate	2. wet temperate
Surface area (ha)	1.5 van stortcel
Amount of waste (ton)	100.000
Start gas collection	2020
Methane collection efficiency	55% en 85%
Intermediate cap	2030 (default)
Intermediate cap collection efficiency	55% en 85%
Final cap	2050 (default)
Final cap collection efficiency	99% (default)
Project end	2098



## B Redenatieschema

Tabel B1 Argumentatie voor en tegen een bepaalde methode voor het vaststellen waardoor de wege gevallen elektriciteitsproductie uit RDF wordt opgevangen.

Methodie	Voor	Tegen
<b>Gemiddelde benadering</b>	Verandering door wegvallen RDF is minder dan 1% op totaal, wanneer dit effect de verhouding tussen elektriciteitsbronnen niet significant beïnvloedt dan toepasbaar.	Alleen toepasbaar voor effect productie of consumptie, niet voor veranderingen, volgens (Harmelink et al., 2012). Verandering door wegvallen RDF is in zelfde orde van grootte als
<b>Marginale benadering</b>	Hoeveelheid productie verandert en mogelijk niet gelijk aan de huidige gemiddelde productie.	Verandering is beperkt (<1%). ILCD Handbook geeft aan dat consequentiële (marginale) benadering dan minder relevant is. Ook (Ekvall, 2020) geeft aan dat bij heel kleine verandering gemiddelde benadering kan worden toegepast.
	Bij de afname zijn kolencentrales gesloten. De veranderingen worden opgevangen door de kleinere gasgestookte centrales.	In 2018 afname productie van 3% t.o.v. 2017, in 2020 waarschijnlijk 2% afname t.o.v. 2019. Dus grotere autonome afname dan door wegvallen RDF, echter wel zelfde orde.
<b>Referentiepark (marginaal)</b>		Geen advies voor referentiepark bij productie door WKK, AEC levert zowel kracht als warmte.
		Op middellange termijn (2030) heeft Nederland een door wind en zon gedomineerd elektriciteitssysteem dat voor meer dan twee derde van de productie zorgt, en gascentrales die vooral draaien als het minder waait of de zon minder schijnt. Fossiel referentiepark wordt dus steeds minder relevant.
<b>HR-gascentrale</b>	Gascentrales moeten in de nabije toekomst de wisselingen in productie opvangen	Op middellange termijn (2030) heeft Nederland een door wind en zon gedomineerd elektriciteitssysteem dat voor meer dan tweederde van de productie zorgt. Daarnaast worden wind- of zonneparken nu soms afgeschakeld (zogenoemde "curtailment") als de vraag naar

		elektriciteit kleiner is dan het aanbod. Dit zou minder vaak gebeuren bij het wegvallen van elektriciteit uit RDF.
	Nieuw STEG vangt slechts deels (0.5%) productie uit RDF.	In Nederland wordt nieuwe STEG-capaciteit van 700 MW (~19 TJ) in de loop van 2020 geopend.

De conclusie uit de bovenstaande redeneringen is dat volgens de letter van de keuzewijzer van Harmelink et al. (2012) de marginale methode moet worden gekozen. Echter de autonome veranderingen zijn groter dan die het gevolg zou zijn van het wegvallen van de energierugwinning uit RDF, maar zijn wel van dezelfde orde grootte dit maakt gebruik van het gemiddelde park weer niet goed verdedigbaar. De HR-gascentrale die ook door RWS in de berekeningen als alternatief is meegenomen kan als de 'worst-case' gezien worden van de drie alternatieven voor elektriciteitsproductie. Idealiter zouden alle veranderingen door het wegvallen van de energieproductie uit RDF in het systeem moeten worden meegenomen, het 'complex marginal effect'. Dit zijn alle veranderingen op zowel de korte als de lange termijn, zie (Ekvall, 2020).

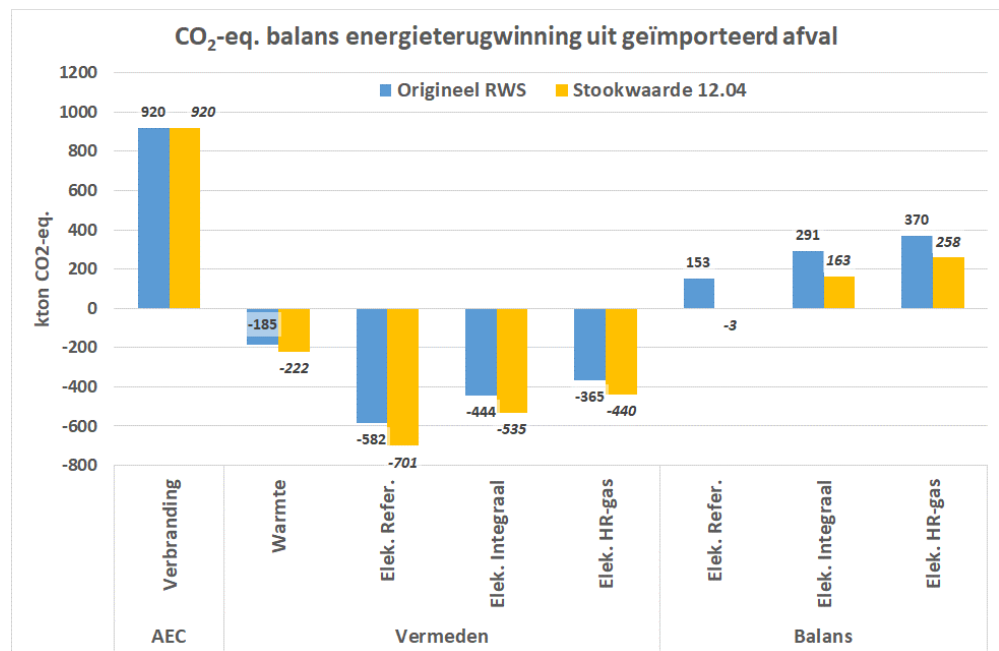
## C Verschillen met berekeningen RWS

Volgens RWS (Rijkswaterstaat, 2019) hebben de Nederlandse AEC's in 2017 met een verwerking van 7627 kton afval de volgende hoeveelheden energie opgewekt:

- 4.204 GWh elektriciteit
- 13.887 TJ warmte

Deze waarden zijn in overeenstemming met (Werkgroep Afvalregistratie, 2018), waarbij de kanttekening moet worden geplaatst dat bij de elektriciteitsproductie, van het gehele park, 21,2% hiervan voor het eigen proces nodig is (PBL, 2019), bijvoorbeeld in de rookgasreiniging van thermische centrales. Deze waarde is ten opzichte van het eigen gebruik van de AEC's van Attero wel aan de hoge kant, in 2018 was dit voor de jaren 2018 en 2019 respectievelijk 18,7% en 15,3%. Omdat het eigen gebruik van de andere AEC's niet bekend is, is daarom toch met de hogere waarde van het PBL gewerkt. Daarnaast moet worden opgemerkt dat de hoeveelheden opgewekte energie zijn bepaald met een gemiddelde stookwaarde van Nederlands restafval van 10,0 MJ/kg (Zijlema, 2019). Hiermee wordt de energieopwekking uit RDF onderschat daar deze een stookwaarde van 12,04 MJ/kg heeft (Rijkswaterstaat, 2019). Om deze reden is in Figuur C1 aangegeven wat de uitkomsten van de berekeningen van RWS zouden zijn geweest als de correcte stookwaarde van 12,04 MJ/kg gebruikt zou zijn.

De berekeningen van RWS laten zien wanneer de energierugwinning uit geïmporteerd afval zou wegvallen als gevolg van de importheffing er in Nederland 153 kton minder CO<sub>2</sub> zou worden uitgestoten (zie Figuur C1). Wanneer voor het opvangen van de verminderde elektriciteitsproductie niet het 'voorgeschreven' referentiepark zou worden genomen, maar de gemiddelde centrale of een HR-gascentrale is de afname in emissie groter, 370 kton voor het laatste type centrale. Waarom is dit het geval? Wegvallen van de verbranding levert een besparing van 920 kton CO<sub>2</sub>-eq. op, echter aanvulling van de weggevallen warmteproductie geeft een extra emissie van 185 kton en de opvang van de verminderde elektriciteitsproductie door het referentiepark geeft een extra emissie van 582 kton. Uiteindelijk wordt een besparing behaald van 153 kton CO<sub>2</sub>-eq. Wanneer de productie van elektriciteit wordt opgevangen door HR-gascentrales, zoals die in de Eemshaven weer in gebruik worden genomen, wordt een grotere winst van 370 kton behaald.



Figuur C1 CO<sub>2</sub>-emissies van de verbranding van de in 2018 geïmporteerde hoeveelheid afval en vermeden energieproductie in dat jaar gebaseerd op de originele berekening van RWS (blauw) en bij de correcte stookwaarde van 12,04 MJ/kg voor buitenlands afval (oranje).

In de berekeningen van RWS is het met name de keuze van de vermeden elektriciteitsopwekking die de CO<sub>2</sub>-balans bepaalt, zoals in Figuur C1 te zien is, wanneer voor het referentiepark wordt gekozen is de nettowinst van het wegvallen van de energierugwinning het kleinste. Uit de figuur blijkt ook dat het hanteren van de juiste stookwaarde een aanzienlijk effect heeft op de balans. Deze wordt in feite neutraal voor het scenario met het referentiepark, bij het meest ongunstige scenario (HR-gascentrale) neemt de balans met 30% af. Wel wordt hier nog de opmerking gemaakt dat RWS de bruto hoeveelheid elektriciteit als uitgangspunt heeft genomen, terwijl dit de ruim 20% lagere netto geleverde hoeveelheid had moeten zijn. Deze fout, die de tegengestelde richting werkt, is niet gecorrigeerd in Figuur C1.