

Anna van Buerenplein 1
2595 DA Den Haag
Postbus 96800
2509 JE Den Haag

www.tno.nl

T +31 88 866 00 00

TNO-rapport

TNO 2018 R10231

Ondersteuning voor het afwegen van gunningscriteria bij de aanbesteding van brandstof te gebruiken in speciale dieselveertuigen in Amsterdam

Datum	1 maart 2018
Auteur(s)	Maarten Verbeek
Exemplaarnummer	2018-STL-RAP-0100312852
Aantal pagina's	26 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	3
Opdrachtgever	Facilitair Bureau Gemeente Amsterdam
Projectnaam	Amsterdam C O twee biobrandstoffen
Projectnummer	060.30271

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.

© 2018 TNO

Samenvatting

De Gemeente Amsterdam heeft een aanbestedingsprocedure uitgevaardigd voor de inkoop van brandstof voor gebruik in ongeveer 366 “speciale” dieselveertuigen in haar eigen wagenpark. De gemeente Amsterdam heeft besloten dat de aanbiedingen van de verschillende potentiële brandstofleveranciers worden beoordeeld op de volgende gunningscriteria:

- Prijs: de hoeveelheid geleverde energie per euro
- Luchtkwaliteit: in termen van de reductie van NO_x- en PM₁₀-emissies
- Klimaat: in termen van de reductie van broeikasgasemissies (uitgedrukt in CO₂-equivalenten).

Het doel van deze studie is het verschaffen van inzicht in de prestaties van verschillende typen brandstoffen ten aanzien van luchtkwaliteit en klimaat. TNO heeft geen rol in de afweging van de relatieve belangen van de verschillende gunningscriteria.

Er zijn twee belangrijke typen producten te onderscheiden die kunnen worden beschouwd als alternatief voor conventionele diesel in bestaande dieselveertuigen. De eerste is FAME (of FFAE). Wanneer het woord ‘biodiesel’ wordt gebruikt wordt vaak bedoeld op dit product. FAME wordt gemaakt uit biomassa zoals plantaardige oliën en vetten en dierlijke vetten. Het kan tot maximaal 7% worden bijgemengd met normale diesel om binnen de technische specificatie van diesel te blijven (EN590 NEN-norm).

Het tweede alternatief voor diesel is paraffinediesel. Dit kan worden geproduceerd uit zowel een fossiele grondstoffen (bijvoorbeeld aardgas of kolen) als uit biomassa. De chemische samenstelling van deze brandstoffen komt meer overeen met die van reguliere diesel dan FAME. Het kan daarom ook tot ongeveer 30% worden bijgemengd binnen de EN590-norm. Pure paraffine diesel heeft ook een eigen NEN-norm, te weten EN15940.

Navraag bij voertuigleveranciers heeft de gemeente Amsterdam geleerd dat EN590 kan worden toegepast in alle 366 voertuigen. EN15940 kan daarentegen maar in een beperkt deel van het wagenpark worden gebruikt.

De gemeente Amsterdam heeft besloten om emissiereducties (CO₂, NO_x en PM₁₀) ten gevolge van het gebruik van biobrandstoffen geproduceerd uit gewassen van landbouwgrond niet te waarderen in de aanbesteding vanwege de negatieve maatschappelijke effecten waarmee de productie van deze brandstoffen gepaard kan gaan, zoals

- (indirecte)verandering van landgebruik: bij dergelijke substitutie van land kunnen grote hoeveelheden broeikasgassen vrijkomen.
- concurrentie tussen productie van voedselgewassen en gewassen ten behoeve van biobrandstofproductie, ook wel aangeduid als ‘fight for food’. Dit is het gevolg van het feit dat landbouwgrond schaars is.

In deze studie worden daarom enkel brandstoffen meegenomen die:

- gebruikt kunnen worden in (een deel van) het wagenpark, in pure vorm of in blends (EN590 of EN15940);

- biobrandstoffen die niet uit voedselgewassen zijn geproduceerd.

Voor deze verschillende brandstoffen die door de gemeente kunnen worden toegepast in het wagenpark van de gemeente Amsterdam kan worden geconcludeerd dat:

- de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen (NO_x en PM₁₀) bij het gebruik van alle EN15940 brandstoffen (GTL, HVO en BTL) hetzelfde is;
- het gebruik van FAME kan leiden tot aanzienlijk toename van de NO_x-emissies en afname van de fijnstofemissies. Voor het gebruik in het wagenpark van Amsterdam kan deze brandstof echter tot maximaal 7% worden bijgemengd, waardoor dit effect wordt gedempt;
- de brandstoffen op basis van CO₂-emissies in de well-to-wheel keten grofweg kunnen worden ingedeeld in twee categorieën
 - brandstoffen waarvan de CO₂-ketenemissies vergelijkbaar zijn met of hoger dan die van reguliere diesel. Dit zijn brandstoffen uit fossiele bron (GTL en reguliere diesel)
 - brandstoffen waarvan de CO₂-ketenemissies aanzienlijk lager kunnen zijn dan die van 'reguliere' diesel. Dit zijn brandstoffen uit biomassa (HVO, BTL en FAME (uit afvalstromen))

Ten behoeve van de aanbesteding dient de gemeente Amsterdam een afwegingskader te hebben op basis waarvan verschillende brandstoffen kunnen worden gewaardeerd. Hiervoor moet een belangenafweging worden gemaakt tussen de drie gunningscriteria. Dit is niet triviaal, aangezien de in aanmerking komende brandstoffen op de drie gunningscriteria zeer verschillend kunnen scoren.

Een mogelijke manier voor het afwegen van de drie criteria is het 'beprijzen' van de verschillende emissies, ook wel het bepalen van de 'externe kosten'. Op die manier worden de scores van alle gunningscriteria vertaald in kosten, waardoor de criteria een vergelijkbare eenheid krijgen.

Externe kosten of "prijzen" voor de uitstoot van verschillende soorten stoffen zijn beschikbaar in de literatuur. De gemeente Amsterdam hanteert zelf al een CO₂-prijs van 67 €/ton (in 2018/2019) voor het maken van investeringsbeslissingen.

De 'externe kosten' voor luchtkwaliteit en broeikasgassen die gepaard gaan met het gebruik van fossiele brandstoffen zijn 0,34 €/l tot 0,35 €/l. De externe kosten voor (tweede generatie) biobrandstoffen zijn aanzienlijk lager, namelijk 0,16 €/l tot 0,21 €/l.

Het 'beprijzen' van de emissies van luchtverontreinigende stoffen en broeikasgassen leidt tot de conclusie dat het gebruik van (tweede generatie) biobrandstoffen leidt tot aanzienlijk lagere 'externe kosten' dan het gebruik van fossiele brandstoffen (diesel en GTL). Dit is het gevolg van de relatief lage CO₂-ketenemissies van dergelijke biobrandstoffen. De onderlinge verschillen binnen de (tweede generatie) biobrandstoffen zijn echter beperkt.

Wanneer de verschillende alternatieven bij conventionele diesel worden gemengd zijn de effecten op externe kosten per liter of eenheid energie vanzelfsprekend kleiner:

- Door het beperkte maximale bijmengpercentage van 7%, heeft bijmenging van FAME maar een zeer beperkt effect op de externe kosten van het eindproduct;

- Bijmenging van 30% HVO/BTL leidt wél tot lagere externe kosten van het eindproduct.

Inhoudsopgave

	Samenvatting	2
1	Inleiding	6
1.1	Aanleiding	6
1.2	Doelstelling	6
1.3	Scope.....	6
2	Onderscheiden brandstoffen	8
2.1	Mogelijke grondstoffen voor de productie van alternatieven voor diesel	8
2.2	Te onderscheiden eindproducten	8
2.3	NEN-normen van verschillende brandstoftypen	9
2.4	Relatie tussen verschillende brandstoftypen en NEN-norm.....	9
2.5	Verschillende generaties biobrandstoffen	10
3	Door de gemeente Amsterdam uit te vragen brandstoffen.....	11
4	Emissies van verschillende uit te vragen brandstoftypen	12
4.1	Luchtvervuilende emissies van verschillende brandstoftypen	12
4.2	CO ₂ -emissies van verschillende brandstoftypen	12
4.3	Overzicht van emissies van verschillende productieroutes van brandstoffen	13
4.4	Emissies bij het gebruik van brandstoffen in de Amsterdamse voertuigvloot	14
5	Afwegingskader voor verschillende brandstoftypen en productieroutes	17
5.1	Het afwegen van verschillende brandstoffen	17
5.2	Mogelijke vertaling van uitstoot naar kosten	18
6	Ondertekening	21
	Bijlage(n)	
	A Productieprocessen van biobrandstoffen	
	B Emissies bij het gebruik van verschillende brandstoffen in 2018 en 2019	
	C Effecten bij het gebruik van blends	

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De Gemeente Amsterdam heeft een aanbestedingsprocedure uitgevaardigd voor de inkoop van brandstof voor gebruik in ongeveer 366 "speciale" diesellootjes in haar eigen wagenpark. In een eerdere aanbesteding waren de gunningscriteria prijs (kosten per geleverde hoeveelheid energie) en luchtkwaliteitsvoordeel in termen van NO_x en PM₁₀. Tijdens die aanbestedingsprocedure zijn er in verschillende raadscommissievergaderingen vragen gesteld over de gehanteerde duurzaamheidsdoelstellingen en de reden waarom CO₂-emissies niet werden meegewogen. Hierop heeft de Gemeente Amsterdam TNO verzocht om meer inzicht te verschaffen in onder andere de mogelijkheid om CO₂-emissies te reduceren middels het gebruiken van bepaalde brandstoffen.

Dit is behandeld in een rapport "*Onderscheidende kenmerken van brandstoftypen als alternatief voor diesel*" (TNO 2017 R10847). Na het verschijnen van dit rapport heeft de gemeente Amsterdam besloten om CO₂ ook mee te wegen als gunningscriterium. Dit vereist een afwegingskader op basis waarvan de aanbiedingen van de verschillende potentiële brandstofleveranciers kunnen worden beoordeeld.

1.2 Doelstelling

In dit rapport wordt een overzicht gegeven van de emissies (CO₂, NO_x en PM₁₀) bij het gebruik van verschillende typen brandstoffen (op basis van herkomst, grondstof en productieroute) die kunnen worden gebruikt in dieselmotoren.

Het reduceren van CO₂-emissies dient een ander doel dan het reduceren van luchtvervuilende stoffen zoals NO_x en PM₁₀. Zo heeft CO₂-reductie een positief effect op klimaatverandering, terwijl NO_x en PM₁₀-reductie leiden tot luchtkwaliteitsverbetering en daardoor gezondere lucht.

De afweging van het relatieve belang van deze twee grootheden (klimaat en luchtkwaliteit) wordt in de aanbesteding gedaan door de gemeente Amsterdam. TNO heeft geen rol in de afweging van deze belangen. Hetzelfde geldt voor de afweging van relatieve belangen van andere gunningscriteria zoals kosten.

1.3 Scope

De brandstof die wordt uitgevraagd in de aanbesteding is bedoeld om te gebruiken in circa 366 "speciale" voertuigen met een dieselmotor die in gebruik zijn bij de gemeente Amsterdam. De samenstelling van dit wagenpark bestaat onder meer uit veeg-/ vuilwagens, veegmachines, spoelmachines en inzamelvoertuigen. In deze studie wordt enkel ingegaan op brandstoffen die kunnen worden gebruikt in die specifieke diesellootjes.

Zelfs met deze limitering is het aantal mogelijke brandstofroutes op basis van herkomst, grondstof en productiemethode enorm. Daarom zullen enkel de emissies in kaart worden gebracht van veel voorkomende brandstofroutes (herkomst, grondstof en productiemethode).

2 Onderscheiden brandstoffen

2.1 Mogelijke grondstoffen voor de productie van alternatieven voor diesel

Naast reguliere diesel kunnen ook andere typen brandstoffen worden toegepast in dieselmotoren, eventueel na (beperkte) motoraanpassingen. De meest prominente alternatieven voor diesel worden geproduceerd uit fossiele grondstoffen (bijvoorbeeld aardgas of kolen) of uit biomassa.

De voornaamste grondstoffen voor de productie van biobrandstof zijn plantaardige oliën en vetten (zoals koolzaad-, zonnebloem-, soja- of palmolie). Deze plantaardige oliën en vetten kunnen op twee manieren worden verkregen: 1) via het telen van gewassen ten behoeve van biobrandstofproductie of 2) via verzamelen uit reststromen (afval zoals frituurolie). Naast plantaardige grondstoffen kunnen ook dierlijke vetten dienen als grondstof voor biobrandstof.

2.2 Te onderscheiden eindproducten

Zowel de fossiele grondstoffen als de biomassa kunnen op verschillende manieren worden verwerkt tot biobrandstof. Grofweg leiden deze productiemethoden tot twee typen brandstof die beiden kunnen dienen als alternatief voor diesel, maar waarvan de chemische kenmerken aanzienlijk verschillen, te weten FAME en paraffine dieselbrandstof.

FAME (of FFAE) wordt ook wel aangeduid als 'biodiesel'. Het wordt enkel gemaakt uit biomassa en dus niet uit fossiele grondstoffen.

Paraffine dieselbrandstoffen (ook wel synthetisch diesel) lijken wat betreft de chemische samenstelling meer op reguliere diesel dan FAME. Ze kunnen worden geproduceerd uit zowel fossiele grondstof als uit biomassa. Voorbeelden van paraffine dieselbrandstoffen uit fossiele grondstoffen zijn GTL (geproduceerd uit aardgas) en het minder beschikbare CTL¹ (geproduceerd uit kolen). De meest voorkomende paraffine dieselbrandstoffen uit biomassa zijn HVO (uit plantaardige vetten en dierlijke oliën en vetten) en BTL¹ (vaak met hout of houtachtige gewassen als grondstof).

Zowel FAME als paraffine dieselbrandstof kunnen als pure brandstof worden geleverd, maar ook in verschillende verhoudingen worden gemengd met reguliere diesel en/of met elkaar. Europese wetgeving schrijft voor dat het verplichte aandeel hernieuwbare energie in vervoer tussen 2016 en 2020 zal oplopen van 7% tot 10%. Deze doelstelling wordt momenteel grotendeels gerealiseerd door het bijmengen van FAME.

¹ BTL en CTL zijn in Nederland nauwelijks commercieel verkrijgbaar. De samenstelling van deze brandstoffen is vergelijkbaar met die van HVO.

2.3 NEN-normen van verschillende brandstoftypen

- **EN590:** Binnen deze norm valt reguliere fossiele diesel met een maximale bijmenging van 7% FAME en/of ongeveer 30% voor paraffine dieselbrandstof².
- **EN15940:** Deze norm is voor pure paraffine dieselbrandstof gemaakt via een synthetisch proces of via hydrogeneren, zoals 100% GTL, 100% HVO of 100% BTL.
- **EN16734:** In het geval van 10% bijmenging van biodiesel (FAME) bij reguliere diesel, ook wel B10, is de EN16734-norm van toepassing
- **EN16709:** Bij hogere bijmenging van biodiesel (FAME) van 20% tot 30%, ook wel aangeduid als B20 en B30, geldt de EN16709-norm.

In principe kunnen de EN590 blends (<7% FAME of ongeveer 30% paraffine dieselbrandstof) in alle dieselmotoren van personen- en bestelauto's, vrachtwagens en bussen worden gebruikt. De motoren zijn er feitelijk op ontwikkeld en getypekeurd. Buiten deze specs, kan het gebruik van bepaalde brandstoffen leiden tot versnelde slijtage en extra benodigd motoronderhoud, zoals smeerolieveroudering en vervuiling van brandstof/smeeroliefilters. Vrachtwagendieselmotoren met een bouwjaar voor 2013 (Euro V en lager) zijn veelal vrijgegeven voor hogere blends.

Moderne motoren (Euro VI) hebben geavanceerdere motorregelingen en emissiecontrolesystemen, waardoor deze voertuigen niet automatische goed overweg kunnen met brandstoffen die buiten de EN590-norm vallen. Voor hogere blends van alternatieven (FAME > 7% en GTL/HVO > 30%) is daarom een aparte typekeuringstest nodig. In hoeverre motoren zijn vrijgegeven voor het gebruik van alternatieven voor reguliere diesel kan veelal worden achterhaald via de voertuigfabrikant of -leverancier.

2.4 Relatie tussen verschillende brandstoftypen en NEN-norm.

Hieronder in Tabel 1 is een schema de relatie weergegeven tussen verschillende (blends van) brandstoftypen (onderverdeeld naar brandstof fossiel of biomassa) en NEN-normen.

Tabel 1: Verschillende (blends van) brandstoftypen onderverdeeld naar grondstof (fossiel of biomassa) en naar NEN-norm.

	100% fossiel	100% biomassa	Blend van fossiel en biomassa
EN590	<ul style="list-style-type: none"> • reguliere diesel • diesel <30% GTL • diesel <30% CTL 	n.v.t.	<ul style="list-style-type: none"> • diesel <7% FAME • diesel <30% HVO • diesel <30% BTL
EN15940	<ul style="list-style-type: none"> • GTL • CTL 	<ul style="list-style-type: none"> • HVO • BTL 	n.v.t.
EN16734	n.v.t.	n.v.t.	• diesel 10% FAME
EN16709	n.v.t.	n.v.t.	• diesel met 20% tot 30% FAME

² Hogere percentages zijn formeel toegestaan maar Daarboven 30% zal de dichtheid van de brandstof uit de formele toegestane range lopen.

2.5 Verschillende generaties biobrandstoffen

Conventionele biobrandstoffen die worden geproduceerd uit gewassen afkomstig van landbouwgrond, zoals suiker, zetmeel en plantaardige oliën, worden ook wel aangeduid als eerste generatie biobrandstoffen

Productie van dergelijke brandstoffen kan op twee manieren een negatieve maatschappelijk impact hebben:

1. Het telen van gewassen ten behoeve van biobrandstofproductie kan gepaard gaan met verandering van landgebruik, bijvoorbeeld wanneer bos of grasland moet wijken voor het verkrijgen van de landbouwgrond. Dit fenomeen wordt ook wel aangeduid als ILUC (indirect land use change). Bij dergelijke substitutie van land kunnen grote hoeveelheden broeikasgassen (naast CO₂ met name ook methaan) vrijkomen. De discussie of, in welke mate en op welke wijze deze CO₂-ketenemissies moeten worden toegerekend aan de geproduceerde biobrandstoffen is al jaren gaande.

Indien deze CO₂-emissies worden toegerekend aan de geproduceerde biobrandstoffen, dan leidt dit tot een aanzienlijk toename van de CO₂-ketenemissies. Onder bepaalde omstandigheden kunnen de ketenemissies zelfs hoger zijn dan die van fossiele brandstoffen. Het gebruik van dergelijke brandstoffen wordt momenteel teruggedrongen door een Europese richtlijn.

2. Doordat landbouwgrond nodig is voor het telen van voedingsgewassen, kan de biobrandstofproductie ten kosten gaan van de voedselproductie of de prijs van voedsel opdrijven. De concurrentie tussen productie van voedselgewassen en gewassen ten behoeve van biobrandstofproductie wordt ook wel aangeduid als 'fight for food'.

Biobrandstoffen geproduceerd uit grondstoffen die niet rechtstreeks concurreren met voedsel- en voedingsgewassen worden ook wel aangeduid als tweede en derde generatie of geavanceerde biobrandstoffen. Deze kunnen worden gemaakt uit grondstoffen als afvalstoffen en landbouwresiduen (zoals tarwestro en huishoudelijk afval), niet-voedingsgewassen (zoals bepaalde gras- en boomsoorten) en algen.

3 Door de gemeente Amsterdam uit te vragen brandstoffen

Zoals vermeld in 1.3, wordt de uitvraag door de gemeente Amsterdam beperkt tot brandstoffen die kunnen worden gebruikt in de gemeentelijke vloot van “speciale” voertuigen die op diesel rijden. Navraag bij de voertuigfabrikanten en leveranciers heeft geleerd dat in al deze voertuigen EN590 brandstof kan worden gebruikt. Slechts een klein deel van de voertuigen is ook geschikt voor het gebruik van EN15940. Voor andere brandstoffen geven voertuigfabrikanten en leveranciers aan dat de voertuigen hiervoor niet geschikt zijn. Brandstoffen met een bijmengingspercentage van meer dan 7% FAME worden daarom niet uitgevraagd (EN16734 en EN16709).

De gemeente Amsterdam heeft ervoor gekozen om de twee brandstoffen die wel toepasbaar zijn, d.w.z. EN590 en EN15940, uit te vragen in twee aparte percelen. Het perceel waarin EN15940 wordt uitgevraagd zal kleiner zijn dan het EN590 perceel.

Nota bene, de gemeente Amsterdam heeft besloten om emissiereducties (CO₂, NO_x en PM10) ten gevolge van het gebruik van eerste generatie biobrandstoffen niet te waarderen in de aanbesteding vanwege de negatieve maatschappelijke effecten die met gebruik van deze brandstoffen gepaard kunnen gaan (zie paragraaf 2.5). Brandstoffen die deze biobrandstoffen bevatten, mogen wel worden aangeboden.

4 Emissies van verschillende uit te vragen brandstoftypen

4.1 Luchtvervuilende emissies van verschillende brandstoftypen

Het effecten van het gebruik van verschillende typen brandstoffen op de uitstoot van luchtvervuilende stoffen is afhankelijk van de brandstof en het voertuig waarin deze wordt gebruikt. Over het algemeen geldt dat door toepassing van alternatieve brandstof meer kan worden gereduceerd bij het gebruik in oudere voertuigen. Zo leidt het gebruik van GTL in oudere dieselmotoren tot een reductie van NO_x- en PM10-emissies van respectievelijk ongeveer 15% en 20%³. De luchtvervuilende emissies bij het gebruik van biobrandstoffen als HVO en BTL in oude motoren zijn zeer vergelijkbaar met die van GTL³. Dit zijn immers allemaal paraffinedieselbrandstoffen met een vergelijkbare chemische samenstelling.

Het gebruik van een biobrandstof als FAME in pure vorm (ook wel B100) in oudere motoren (zonder roetfilter) leidt over het algemeen tot een verhoging van de NO_x-emissies (ca. +25%) en een reductie van PM10-emissies (ca. -60%)³.

Voor zowel FAME als voor de paraffine diesel geldt dat ze kunnen worden bijgemengd met reguliere diesel. De effecten op luchtverontreinigende emissies liggen in dat geval tussen die van reguliere diesel en de alternatieve brandstof.

Voor zowel GTL, HVO en BTL als FAME geldt dat het gebruik in moderne Euro VI motoren niet leidt tot een substantieel effect³.

4.2 CO₂-emissies van verschillende brandstoftypen

Bij de verbranding van (koolstofhoudende) brandstoffen komt CO₂ vrij. Deze uitstoot direct uit de uitlaat van het voertuig wordt ook wel aangeduid als 'tank-to-wheel' (TTW) emissies. Daarnaast wordt bij sommige brandstoffen een aanzienlijk hoeveelheid CO₂ geëmitteerd tijdens het winnen en vervoeren van grondstoffen en bij de productie en distributie van de brandstof. Deze emissies worden aangeduid als 'well-to-tank' (WTT) emissies.

CO₂-ketenemissiewaarden van brandstoffen zijn beschikbaar in de literatuur. Hierbij wordt onderscheid gemaakt op basis van 1) de gebruikte grondstof, 2) de herkomst van de grondstof en 3) de productiemethode. Om te komen tot deze waarden zijn allerlei aannames gedaan bijvoorbeeld met betrekking tot de energie-efficiëntie van de apparatuur die wordt gebruikt bij het produceren en distribueren van de brandstof. De energie-efficiëntie van de apparatuur van een specifieke producent kan afwijken van de aannames in de literatuur. De werkelijke CO₂-ketenemissies van een aangeboden brandstof kunnen daarom (enkele procenten) afwijken van de literatuurwaarden.

Bij reguliere diesel zijn de WTT-emissies typisch 15% van de totale WTW-ketenemissies. De ketenemissies van 'alternatieve' fossiele brandstoffen op basis

³ [TNO, CE Delft 2014: Factsheets brandstoffen voor het wegverkeer](#)

van aardolie of aardgas, die gebruikt kunnen worden in een dieselmotor, wijken over het algemeen niet veel af van die van reguliere diesel. Zo zijn de CO₂-ketenemissies van GTL ongeveer 6% hoger dan van conventionele diesel. In het geval de CO₂ die vrijkomt bij de productie in de toekomst wordt afgevangen en opslagen kan de uitstoot 5% lager worden dan van reguliere diesel⁴. Bij het gebruik van synthetische diesel uit steenkool (ook wel CTL) zijn de ketenemissies wel aanzienlijk hoger, namelijk meer dan twee keer zo hoog⁴.

Het gebruik van biobrandstoffen als alternatief voor reguliere diesel leidt tot vergelijkbare CO₂-emissies aan de uitlaat (ook wel TTW-emissies). Echter, de CO₂ die wordt uitgestoten, is eerder opgenomen door biomassa waaruit de biobrandstof is gemaakt (planten nemen CO₂ op om te groeien). Daardoor worden de uitlaatemissies gecompenseerd door de bij productie van de grondstoffen opgenomen CO₂-emissies⁵. Bij de teelt en het winnen/oogsten van de grondstoffen, en tijdens de productie en het transport van biobrandstof wordt wel CO₂ geëmitteerd. De totale CO₂-ketenemissies zijn daarom hoger dan nul.

Door de grote variëteit in termen van herkomst, grondstoffen en productieroutes zijn ook de CO₂-ketenemissies van de tientallen beschikbare productieroutes zeer verschillend. Met biobrandstof geproduceerd uit afvalstromen kunnen WTW CO₂-emissiereducties tot wel 90% worden gerealiseerd doordat de CO₂-emissies voor het verkrijgen van deze grondstof beperkt zijn. In het geval er 30% van dergelijke biobrandstof wordt bijgemengd, bedraagt de CO₂-emissiereductie over de gehele keten ongeveer (30% * 90% =) 27%. Daar staat tegenover dat biobrandstoffen uit bepaalde grondstoffen en productieprocessen kunnen leiden tot WTW CO₂-emissies die hoger zijn dan die van reguliere diesel, als gevolg van beperkte reducties in de productieketen en hoge broeikasgasemissies ten gevolge van indirecte veranderingen in landgebruik (ILUC), zoals beschreven in paragraaf 2.5.

4.3 Overzicht van emissies van verschillende productieroutes van brandstoffen

In Tabel 2 zijn de relatieve emissies van verschillende brandstoffen opgenomen ten opzichte van reguliere, fossiele diesel. De tabel omvat zowel fossiele brandstoffen (diesel en GTL) als tweede generatie biobrandstoffen (FAME, BTL en HVO uit afval, mest en dierlijk vet).

In de tabel is te zien dat GTL leidt tot een lagere uitstoot van luchtverontreinigende stoffen dan het gebruik van reguliere diesel. De CO₂-emissies van GTL zijn echter vergelijkbaar met die van diesel. Dit komt doordat ook GTL een fossiele brandstof is; de CO₂-emissies die vrijkomen bij de verbranding zijn niet eerder (kort-cyclisch) opgenomen door de grondstof die wordt gebruikt om de brandstof te produceren. Bij biobrandstoffen is dat wél het geval, waardoor de CO₂-ketenemissies aanzienlijk lager kunnen zijn.

⁴ [JRC, 2014 Well-To-Tank Appendix 2 - Version 4a](http://iet.jrc.ec.europa.eu/about-iec/sites/iet.jrc.ec.europa.eu/about-iec/files/documents/report_2014/wtt_appendix_2_v4a.pdf)http://iet.jrc.ec.europa.eu/about-iec/sites/iet.jrc.ec.europa.eu/about-iec/files/documents/report_2014/wtt_appendix_2_v4a.pdf

⁵ De IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) hanteert een rekenmethode waarbij de CO₂ die is opgenomen door de biomassa ten goede komt aan de mobiliteitssector. De CO₂-uitlaatemissies bij het gebruik van biobrandstof tellen op deze manier als nul. De CO₂-emissies ten gevolge van productie en transport worden toegerekend aan respectievelijk de agrarische en mobiliteitssector.

Doordat de chemische samenstelling van BTL en HVO zeer vergelijkbaar is, verschillen ook de luchtverontreinigende emissies niet van elkaar. Zowel de NO_x- als PM₁₀-emissies zijn lager dan van reguliere diesel wanneer toegepast in motoren van Euroklasse V of ouder. Doordat de chemische samenstelling van biodiesel (FAME) afwijkt van die van HVO en BTL, wijken ook de luchtverontreinigende emissies af. Het gebruik van biodiesel in Euro V voertuigen of ouder leidt tot hogere NO_x-emissies dan het gebruik van reguliere diesel, maar tot aanzienlijk lagere PM₁₀-emissies.

Doordat enkel geavanceerde biobrandstoffen zijn opgenomen in Tabel 2 (zie hoofdstuk 3), zijn de CO₂-ketenemissies van alle biobrandstoffen aanzienlijk lager dan van reguliere diesel. De CO₂-ketenemissies die in Tabel 2 zijn opgenomen verschillen onderling nog wel aanzienlijk. Dit komt doordat de grondstof en het productieproces van de verschillende biobrandstoffen verschillen. De verschillende productieprocessen zijn verder toegelicht in bijlage A.

Tabel 2: Relatieve emissies van verschillende brandstoffen en productieroutes ten opzichte van fossiele diesel bij gebruik in vrachtwagens. De weergegeven relatieve emissies zijn op basis van uitstoot per gereden kilometer, de relatieve energiedichtheid is op basis van de hoeveelheid energie per liter brandstof.

Brandstof	Grondstof	Productie-proces	Euro V of ouder		Euro VI		CO ₂ (gehele keten)	Energie-dichtheid
			NO _x	PM ₁₀	NO _x	PM ₁₀		
Diesel	Ruwe olie	Raffinage	100%	100%	100%	100%	100% ¹	100%
GTL	Aardgas	Reforming	90%	80%	100%	100%	106% ¹	95%
CTL	Kolen	Reforming	90%	80%	100%	100%	226% ³	95%
Biodiesel (FAME)	Plantaardige of dierlijke afvalolie	Transesteren	125%	40%	100%	100%	11.2% ¹	91%
BTL	Droge mest	Reforming	90%	80%	100%	100%	32.6% ²	92%
BTL	Afvalhout	Reforming	90%	80%	100%	100%	2.8% ¹	92%
HVO	Afvalolie	Hydrogeneren	90%	80%	100%	100%	9.0% ¹	95%
HVO	Dierlijk vet	Hydrogeneren	90%	80%	100%	100%	27.0% ¹	95%

¹JRC (2014). Well-to-Wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context, version 4a, April 2014, Edwards R., Larivé J-F, et al.

²Richtlijn 2009/28EU ter bevordering van het gebruik van energie uit hernieuwbare bronnen.

De brandstoffen uit Tabel 2 kunnen op verschillende manieren worden gemengd. Hierdoor ontstaat een groot aantal mogelijke samenstellingen. Voor diesel met bijgemengde biobrandstof kunnen de effecten op emissies in eerste orde lineair worden verondersteld met het aandeel van de bijgemengde brandstof bij reguliere diesel.

4.4 Emissies bij het gebruik van brandstoffen in de Amsterdamse voertuigvloot

Zoals blijkt uit Tabel 2 zijn de luchtvervuilende emissies afhankelijk van het voertuig waarin ze worden toegepast. In Euro V voertuigen heeft het gebruik van alternatieve brandstoffen nog wel effect, in VI voertuigen nauwelijks of niet. Als

gevolg hiervan hangt het effect dat in Amsterdam wordt gesorteerd af van het wagenpark waarin de brandstof wordt gebruikt.

Gedurende de looptijd van de aanbestede brandstoflevering, zal de voertuigvloot van de gemeente, waarin de brandstof zal worden gebruikt, wijzigen. De oudste voertuigen zullen worden vervangen door nieuwe voertuigen (Euro VI). De verwachting van de gemeente Amsterdam is dat de samenstelling zal veranderen op de manier zoals weergegeven in Tabel 3.

Tabel 3: Verwachte ontwikkeling van de voertuigvlootsamenstelling van vuilniswagens in Amsterdam.

	2017	2018	2019	2020	2021
Euro III	2%	0%	0%	0%	0%
Euro IV	16%	6%	0%	0%	0%
Euro V	64%	64%	58%	46%	34%
Euro VI	18%	30%	42%	54%	66%

Door deze verandering zal ook het effect van het gebruik van verschillende typen brandstoffen wijzigen. Het effect van het gebruik in oudere voertuigen (Euro V en ouder) kan namelijk afwijken van het effect in Euro VI voertuigen.

De aanbesteding heeft een minimale duur van twee jaar, voornamelijk in 2018 en 2019. Voor het bepalen van de effecten van het gebruik van verschillende brandstoffen in de vloot van de gemeente Amsterdam zal daarom gebruik worden gemaakt van de gemiddelde samenstelling in deze twee jaren. Dit leidt tot de volgende verdeling:

- Euro III: 0%
- Euro IV: 3%
- Euro V: 61%
- Euro VI: 36%

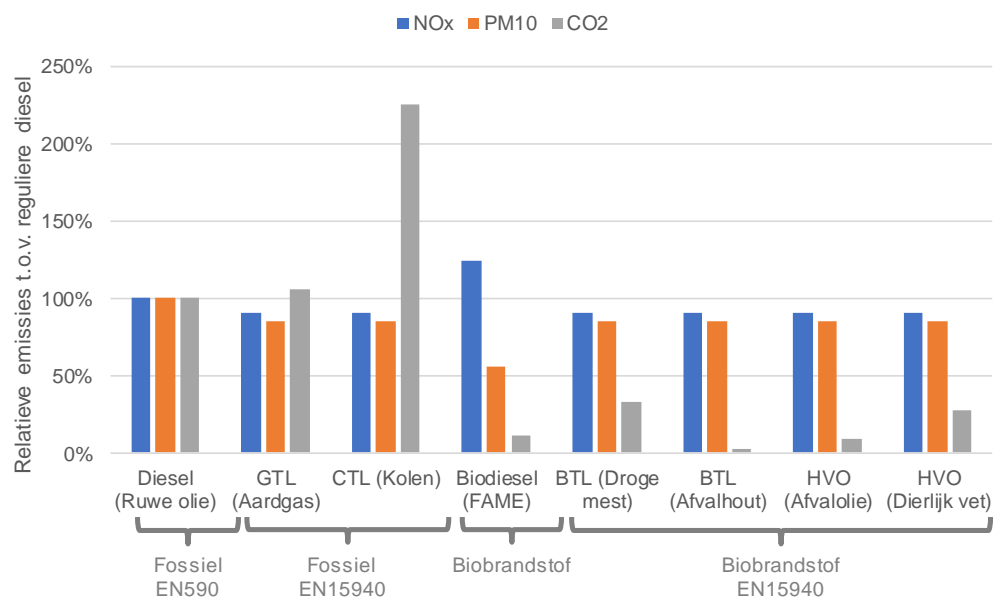
Op basis van deze samenstelling kan worden bepaald wat het effect van het gebruik van verschillende brandstoffen zal zijn wanneer ze worden toegepast in deze vloot. Deze effecten zijn berekend in bijlage B. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 4 en Figuur 1.

Hieruit valt te concluderen dat:

- de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen (NO_x en PM₁₀) bij het gebruik van alle EN15940 brandstoffen (GTL, HVO en BTL) hetzelfde is;
- het gebruik van FAME kan leiden tot aanzienlijk toename van de NO_x-emissies en afname van de fijnstofemissies. Voor het gebruik in het wagenpark van Amsterdam kan deze brandstof echter maar tot maximaal 7% worden bijgemengd;
- de brandstoffen op basis van hun effect op CO₂-emissies grofweg kunnen worden ingedeeld in twee categorieën:
 - CO₂-ketenemissies vergelijkbaar met of hoger dan die van reguliere diesel: Dit zijn brandstoffen uit fossiele bron (GTL en reguliere diesel)
 - CO₂-ketenemissies aanzienlijk lager kunnen zijn dan die van 'reguliere' diesel: Dit zijn de brandstoffen uit biomassa (HVO, BTL en FAME, alle uit afvalstromen).

Tabel 4: Relatieve emissies bij het gebruik van verschillende brandstoffen bij gebruik in de Amsterdamse vloot van "speciale" voertuigen.

Brandstof	Grondstof	Productie-proces	Relatieve emissies		
			NO _x	PM10	CO ₂
Diesel	Ruwe olie	Raffinage	100%	100%	100%
GTL	Aardgas	Reforming	90%	85%	106%
CTL	Kolen	Reforming	90%	85%	226%
Biodiesel (FAME)	Plantaardige of dierlijke afvalolie	Transesteren	124%	56%	11%
BTL	Droge mest	Reforming	90%	85%	33%
BTL	Afvalhout	Reforming	90%	85%	3%
HVO	Afvalolie	Hydrogeneren	90%	85%	9%
HVO	Dierlijk vet	Hydrogeneren	90%	85%	27%



Figuur 1: Emissies ten opzichte van 'reguliere' diesel bij het gebruik van verschillende fossiele brandstoffen en biobrandstoffen uit reststromen ten opzichte van 'reguliere' diesel, in de Amsterdamse vloot van "speciale" voertuigen.

In Tabel 10 (bijlage C) zijn ook de relatieve emissies van verschillende blends weergegeven.

5 Afwegingskader voor verschillende brandstoftypen en productieroutes

5.1 Het afwegen van verschillende brandstoffen

De gemeente Amsterdam heeft besloten dat er drie gunningscriteria zijn op basis waarvan een brandstof zal worden geselecteerd, te weten

- 1) prijs (per energie-eenheid)
- 2) luchtkwaliteit / volksgezondheid (in termen van PM10- en NO_x-reductie)
- 3) klimaat (in termen van CO₂-emissiereductie)

Om te kunnen bepalen hoe een bepaalde aangeboden brandstof presteert, dienen alle drie parameters bekend te zijn. Om brandstoffen onderling te kunnen vergelijken moet ook het relatieve belang van de drie parameters zijn bepaald. Dit is niet triviaal, aangezien de verschillende brandstoffen zeer verschillend (kunnen) scoren op de drie gunningscriteria. Om tot een gecombineerd, gewogen oordeel over de drie criteria te komen, dienen de volgende vragen te worden beantwoord:

- Wat is de waarde van gezondheidsverbetering (door NO_x- en PM₁₀-reductie) ten opzichte van klimaatverbetering (door CO₂-reductie)?
- Hoe belangrijk zijn de duurzaamheidsverbeteringen (luchtkwaliteit en klimaat) ten opzichte van prijs?

Een mogelijke manier voor het afwegen van de drie criteria is het 'beprijzen' van de verschillende emissies. Op die manier worden alle gunningscriteria vertaald in kosten, waardoor de criteria een vergelijkbare eenheid krijgen.

Er zijn verschillende manieren om een dergelijke weging toch onderbouwd te kunnen maken. Dit kan bijvoorbeeld op basis van:

- Eigen monetaire waardering van emissies:
Indien binnen de gemeente Amsterdam is vastgesteld hoe zij emissies monetair waarderen, bijvoorbeeld ten behoeve van MKBA-analyses, kan hierbij worden aangesloten. In dat geval bestaat er consistentie met ander beleid van de gemeente Amsterdam;
- Kosteneffectiviteit van ander beleid van de gemeente Amsterdam:
De gemeente Amsterdam voert op verschillende terreinen beleid gericht op luchtkwaliteitsverbetering en CO₂-reductie. Met deze beleidsmaatregelen zijn (maatschappelijke) kosten gemoeid. Op basis van deze kosten en het beleidseffect kan de kosteneffectiviteit van beleid worden bepaald. Dit geeft een indicatie van de kosten die de gemeente Amsterdam bereid is te maken voor klimaat- en luchtkwaliteitsverbetering. Deze inzichten kunnen worden gebruikt om een prijs af te leiden voor NO_x- PM10- en CO₂-reductie binnen deze aanbesteding;
- Externe kosten op basis van literatuur:
Externe kosten zijn kosten die voortkomen uit de gevolgen van economisch handelen maar die niet door de veroorzaker worden gedragen. Omdat de veroorzaker de gevolgen niet ondervindt, neemt hij de externe kosten niet mee

in de afweging en komt zo, maatschappelijk gezien, tot een suboptimale afweging⁶.

5.2 Mogelijke vertaling van uitstoot naar kosten

In deze paragraaf is een mogelijke vertaling uitgewerkt van de uitstoot van NO_x, PM10 en CO₂ naar kosten die gebruikt zou kunnen worden door de gemeente Amsterdam binnen deze aanbesteding. Het is echter aan de gemeente Amsterdam om te bepalen of de prijzen die hier zijn gekoppeld aan de uitstoot, representatief zijn voor de belangen die de gemeente hecht aan luchtkwaliteit en klimaat.

De gemeente Amsterdam heeft een nota opgesteld genaamd 'toepassingsregel duurzame investeringen'⁸. Hierin is een CO₂-prijs opgenomen van gemiddeld 67 €/ton voor de jaren 2018 en 2019 (wanneer de aanbesteding van kracht is).

De externe kosten als gevolg van de uitstoot van luchtvervuilende emissies zijn beschikbaar uit literatuur⁷. De hier getoonde externe kosten zijn een vertaling van de schadekosten als gevolg van slechtere gezondheid, schade aan gebouwen en materialen, verlies aan landbouwgronden en impacts op ecosystemen en biodiversiteit. Ze zijn specifiek berekend zijn voor de Nederlandse stedelijke situatie rekening houdend met Nederlandse economische parameters.

Tabel 5: Gehanteerde externe kosten per uitgestoten kilogram.

Component	Externe kosten
PM10-slijtage	78 €/kg ⁷
PM10-uitlaat	195 €/kg ⁷
NO _x	9.5 €/kg ⁷
CO ₂	0.067 €/kg ⁸

Op basis van de kosten in Tabel 5 en de absolute emissies die zijn berekend in bijlage B, kunnen de externe kosten worden bepaald als gevolg van het gebruik van verschillende typen brandstoffen in de Amsterdamse vloot. Deze resulterende externe kosten per liter gebruikte brandstof zijn berekend en weergegeven in bijlage B en samengevat in Tabel 6 en Figuur 2. Dit laat zien dat de externe kosten van (tweede generatie) biobrandstoffen (HVO, BTL en FAME) aanzienlijk afwijken van die van fossiele brandstoffen (Diesel en GTL). Dit is het gevolg van de relatief lage CO₂-ketenemissies van de biobrandstoffen wat leidt tot aanzienlijk lagere externe kosten voor CO₂. De onderlinge verschillen binnen de (tweede generatie) biobrandstoffen zijn echter beperkt, dit geldt ook voor de onderlinge verschillen binnen de fossiele brandstoffen.

⁶ Welvaartseffecten van het internaliseren van externe kosten, Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid, Maart 2009

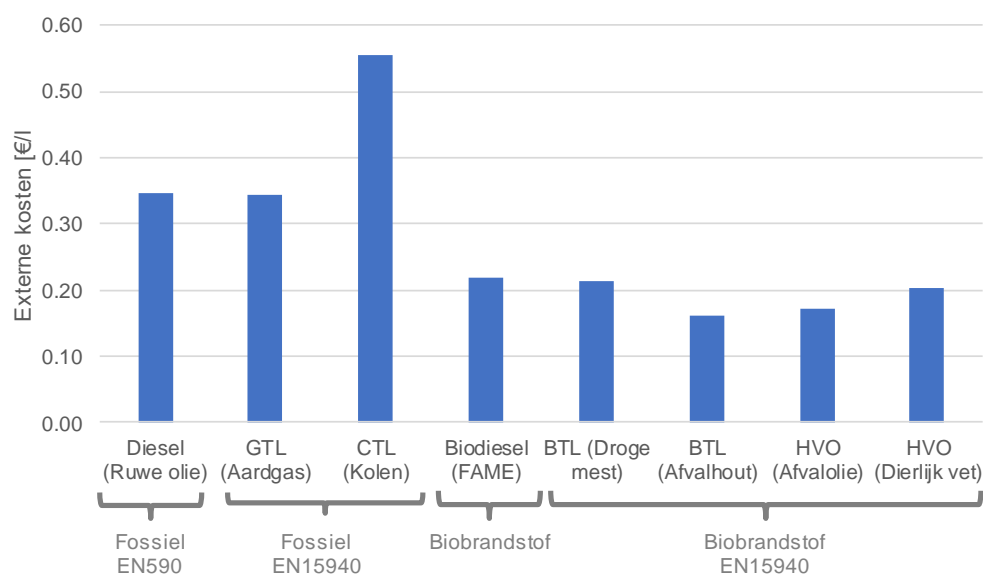
⁷ Externe en infrastructuurkosten van verkeer: Een overzicht voor Nederland in 2010. CE Delft, VU. 2014

⁸ Uit "Toepassingsregel bij Nota Beoordeling Investeringsvraagstukken" op basis van gemiddelde periode dat de aanbesteding geldt (2018 en 2019)

Zoals gesteld in paragraaf 4.2 zijn de CO₂-ketenemissiewaarden waarop deze externe kosten zijn gebaseerd, slechts indicaties. De werkelijke CO₂-ketenemissies van een aangeboden brandstof kunnen (enkele procenten) afwijken van de literatuurwaarden. Dit is bijvoorbeeld het geval wanneer gebruik de brandstofproducent gebruik maakt van energie-efficiëntere apparatuur dan waarvan is uitgegaan in de literatuurwaarden.

Tabel 6: Externe kosten per liter brandstof als gevolg van het gebruik van verschillende typen fossiele brandstoffen en biobrandstoffen uit reststromen in de Amsterdamse vloot van "speciale" voertuigen.

Brandstof	Grondstof	Productie-proces	Externe kosten per liter verbruikte brandstof [€/l]			
			NOx	PM10	CO2	Totaal
Diesel	Ruwe olie	Raffinage	0.141	0.030	0.18	0.35
GTL	Aardgas	Reforming	0.127	0.028	0.19	0.34
CTL	Kolen	Reforming	0.127	0.028	0.40	0.55
Biodiesel (FAME)	Plantaardige of dierlijke afvalolie	Transesteren	0.175	0.025	0.02	0.22
BTL	Droge mest	Reforming	0.127	0.028	0.06	0.21
BTL	Afvalhout	Reforming	0.127	0.028	0.00	0.16
HVO	Afvalolie	Hydrogeneren	0.13	0.028	0.02	0.17
HVO	Dierlijk vet	Hydrogeneren	0.13	0.028	0.05	0.20



Figuur 2: Externe kosten per liter gebruikte brandstof als gevolg van het gebruik van verschillende typen fossiele brandstoffen en biobrandstoffen uit reststromen in de Amsterdamse vloot van "speciale" voertuigen.

In Tabel 11 (bijlage C) zijn ook de externe kosten bij het gebruik van verschillende blends weergegeven. Hieruit blijkt dat

- door de beperkte bijmenging van 7% FAME (bij hogere bijmengingspercentages wordt niet voldaan aan de EN90 norm), het effect van

diesel met bijgemengde FAME (uit reststromen) op de externe kosten maar zeer beperkt is;

- bijmenging van 30% HVO/BTL wél leidt tot lagere externe kosten.

6 Ondertekening

Den Haag, 1 maart 2018

TNO

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Willar Vonk', written over a faint rectangular stamp.

Willar Vonk
Research manager

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Maarten Verbeek', written over a faint rectangular stamp.

Maarten Verbeek
Auteur

A Productieprocessen van biobrandstoffen

Hieronder volgt een korte beschrijving van de productieprocessen die worden gebruikt om uit verschillende biobrandstoffen te produceren van verschillende typen grondstoffen.

- GTL uit aardgas: Door reforming van aardgas wordt syngas verkregen, waaruit synthetische koolwaterstoffen kunnen worden gemaakt zoals GTL.
- BTL uit biogas / groengas: Door reforming van biogas / groengas wordt syngas verkregen, waaruit synthetische koolwaterstoffen kunnen worden gemaakt zoals BTL.
- BTL uit afvalhout: Door reforming van houtachtige materialen wordt syngas verkregen, waaruit synthetische koolwaterstoffen kunnen worden gemaakt zoals BTL.
- CTL uit steenkool: Door reforming van steenkool wordt syngas verkregen, waaruit synthetische koolwaterstoffen kunnen worden gemaakt zoals CTL.
- FAME uit plantaardige of dierlijke oliën en -vetten: Door middel van transesteren van plantaardige of dierlijke oliën en -vetten
- HVO uit plantaardige of dierlijke oliën en -vetten: Door hydrogeneren (additie van waterstofgas) van plantaardige of dierlijke oliën en -vetten.

B Emissies bij het gebruik van verschillende brandstoffen in 2018 en 2019

Tabel 7: NO_x-emissies bij het gebruik van verschillende brandstoffen (rekening houdend met grondstof en productiemethode) in vuilniswagens aanwezig in het Amsterdamse wagenpark in 2017 en 2018.

Brandstof	Grondstof	Productieproces	NO _x -emissiefactor voor zware vrachtwagens in stedelijk verkeer				Relatieve NO _x -emissies	NO _x -emissies per liter verbruikte brandstof [g/l]	Externe kosten door NO _x -emissies per liter verbruikte brandstof [€/l]
			Euro IV	Euro V	Euro VI	Gemiddeld			
Diesel	Ruwe olie	Raffinage	15.1	10.5	0.9	7.2	100%	14.8	0.14
GTL	Aardgas	Reforming	13.6	9.5	0.9	6.5	90%	13.4	0.13
CTL	Kolen	Reforming	13.6	9.5	0.9	6.5	90%	13.4	0.13
Biodiesel (FAME)	Plant aardige of dierlijke afvalolie	Transesteren	18.8	13.2	0.9	8.9	124%	18.4	0.17
BTL	Droge mest	Reforming	13.6	9.5	0.9	6.5	90%	13.4	0.13
BTL	Afvalhout	Reforming	13.6	9.5	0.9	6.5	90%	13.4	0.13
HVO	Afvalolie	Hydrogeneren	13.6	9.5	0.9	6.5	90%	13.4	0.13
HVO	Dierlijk vet	Hydrogeneren	13.6	9.5	0.9	6.5	90%	13.4	0.13
			3%	61%	36%				

Tabel 8: PM₁₀-emissies bij het gebruik van verschillende brandstoffen (rekening houdend met grondstof en productiemethode) in vuilniswagens aanwezig in het Amsterdamse wagenpark in 2017 en 2018.

Brandstof	Grondstof	Productieproces	PM ₁₀ -uitlaatemissie voor zware vrachtwagens in stedelijk verkeer				Relatieve PM ₁₀ -emissies	PM ₁₀ -uitlaatemissies per liter verbruikte brandstof [g/l]	Externe kosten door PM ₁₀ -uitlaatemissies per liter verbruikte brandstof [€/l]	Externe kosten door PM ₁₀ -slijtage-emissies per liter verbruikte brandstof [€/l]
			Euro IV	Euro V	Euro VI	Gemiddeld				
Diesel	Ruwe olie	Raffinage	0.06	0.03	0.02	0.02	100%	0.051	0.0100	0.020
GTL	Aardgas	Reforming	0.05	0.02	0.02	0.02	85%	0.044	0.0085	0.020
CTL	Kolen	Reforming	0.05	0.02	0.02	0.02	85%	0.044	0.0085	0.020
Biodiesel (FAME)	Plant aardige of dierlijke afvalolie	Transesteren	0.02	0.01	0.02	0.01	56%	0.029	0.0056	0.020
BTL	Droge mest	Reforming	0.05	0.02	0.02	0.02	85%	0.044	0.0085	0.020
BTL	Afvalhout	Reforming	0.05	0.02	0.02	0.02	85%	0.044	0.0085	0.020
HVO	Afvalolie	Hydrogeneren	0.05	0.02	0.02	0.02	85%	0.04	0.01	0.020
HVO	Dierlijk vet	Hydrogeneren	0.05	0.02	0.02	0.02	85%	0.04	0.01	0.020
			3%	61%	36%					

Tabel 9: CO₂-emissies bij het gebruik van verschillende brandstoffen (rekening houdend met grondstof en productiemethode) in vuilniswagens aanwezig in het Amsterdamse wagenpark in 2017 en 2018.

Brandstof	Grondstof	Productieproces	CO ₂ -emissiefactor voor zware vrachtwagens in stedelijk verkeer				Relatieve CO ₂ -emissies	CO ₂ -emissies per liter verbruikte brandstof [g/l]	Externe kosten door CO ₂ -emissies per liter verbruikte brandstof [€/l]
			Euro IV	Euro V	Euro VI	Gemiddeld			
Diesel	Ruwe olie	Raffinage	1466	1328	1179	1279	100%	2640	0.18
GTL	Aardgas	Reforming	1548	1403	1245	1351	106%	2788	0.19
CTL	Kolen	Reforming	3309	2999	2662	2887	226%	5959	0.40
Biodiesel (FAME)	Plantaardige of dierlijke afvalolie	Transesteren	165	149	132	144	11%	297	0.02
BTL	Droge mest	Reforming	478	433	384	417	33%	860	0.06
BTL	Afvalhout	Reforming	41	37	33	36	3%	74	0.00
HVO	Afvalolie	Hydrogeneren	132	119	106	115	9%	237	0.02
HVO	Dierlijk vet	Hydrogeneren	395	358	318	345	27%	712	0.05
			3%	61%	36%				

C Effecten bij het gebruik van blends

Tabel 10: Relatieve emissies bij het gebruik van verschillende typen brandstoffen, inclusief blends, in de vloot "speciale" voertuigen van de gemeente Amsterdam.

NEN-nummer	Brandstof	Grondstof	Relatieve NOx-emissies	Relatieve PM10-emissies	Relatieve CO2-emissies
EN590	Diesel	Ruwe olie	100%	100%	100%
	Diesel + 7% FAME	FAME (Eerste generatie)	100%	100%	100%
	Diesel + 7% FAME	FAME (Plantaardige of dierlijke afvalolie)	102%	97%	94%
	Diesel + 30% GTL	GTL (Aardgas)	97%	96%	102%
	Diesel + 30% BTL	BTL (Droge mest)	97%	96%	80%
	Diesel + 30% BTL	BTL (Afvalhout)	97%	96%	71%
	Diesel + 30% HVO	HVO (Afvalolie)	97%	96%	73%
	Diesel + 30% HVO	HVO (Dierlijk vet)	97%	96%	78%
	Diesel + 7% FAME + 30% GTL	FAME (Plantaardige of dierlijke afvalolie) GTL (Aardgas)	99%	93%	95%
	Diesel + 7% FAME + 30% BTL	FAME (Plantaardige of dierlijke afvalolie) BTL (Biogas uit droge mest)	99%	93%	74%
	Diesel + 7% FAME + 30% BTL	FAME (Plantaardige of dierlijke afvalolie) BTL (Afvalhout)	99%	93%	65%
	Diesel + 7% FAME + 30% HVO	FAME (Plantaardige of dierlijke afvalolie) HVO (Afvalolie)	99%	93%	66%
	Diesel + 7% FAME + 30% HVO	FAME (Plantaardige of dierlijke afvalolie) HVO (Dierlijk vet)	99%	93%	72%
	EN15940	GTL	Aardgas	90%	85%
BTL		Droge mest	90%	85%	33%
BTL		Afvalhout	90%	85%	3%
HVO		Afvalolie	90%	85%	9%
HVO		Dierlijk vet	90%	85%	27%

Tabel 11: Externe kosten bij het gebruik van verschillende typen brandstoffen, inclusief blends, in de vloot "speciale" voertuigen van de gemeente Amsterdam.

NEN-nummer	Brandstof	Grondstof	Externe kosten door		Externe kosten door		Totale externe kosten [€/l]
			NOx-emissies [€/l]	PM10-emissies [€/l]	PM10-emissies [€/l]	CO2-emissies [€/l]	
EN590	Diesel	Ruwe olie	0.14	0.03	0.18	0.35	
	Diesel + 7% FAME	FAME (Eerste generatie)	0.14	0.03	0.18	0.35	
	Diesel + 7% FAME	FAME (Plantaardige of dierlijke afvalolie)	0.14	0.03	0.17	0.34	
	Diesel + 30% GTL	GTL (Aardgas)	0.14	0.03	0.18	0.35	
	Diesel + 30% BTL	BTL (Droge mest)	0.14	0.03	0.14	0.31	
	Diesel + 30% BTL	BTL (Afvalhout)	0.14	0.03	0.13	0.29	
	Diesel + 30% HVO	HVO (Afvalolie)	0.14	0.03	0.13	0.29	
	Diesel + 30% HVO	HVO (Dierlijk vet)	0.14	0.03	0.14	0.30	
	Diesel + 7% FAME + 30% GTL	FAME (Plantaardige of dierlijke afvalolie) GTL (Aardgas)	0.14	0.03	0.17	0.34	
	Diesel + 7% FAME + 30% BTL	FAME (Plantaardige of dierlijke afvalolie) BTL (Biogas uit droge mest)	0.14	0.03	0.13	0.30	
	Diesel + 7% FAME + 30% BTL	FAME (Plantaardige of dierlijke afvalolie) BTL (Afvalhout)	0.14	0.03	0.11	0.28	
	Diesel + 7% FAME + 30% HVO	FAME (Plantaardige of dierlijke afvalolie) HVO (Afvalolie)	0.14	0.03	0.12	0.29	
	Diesel + 7% FAME + 30% HVO	FAME (Plantaardige of dierlijke afvalolie) HVO (Dierlijk vet)	0.14	0.03	0.13	0.30	
	EN15940	GTL	Aardgas	0.13	0.03	0.19	0.34
BTL		Droge mest	0.13	0.03	0.06	0.21	
BTL		Afvalhout	0.13	0.03	0.00	0.16	
HVO		Afvalolie	0.13	0.03	0.02	0.17	
HVO		Dierlijk vet	0.13	0.03	0.05	0.20	