

Opdrachtgever: **Gunvor Energy Rotterdam B.V.**  
Project: **Biobrandstoffenfabriek**



# **Milieukosten & CO<sub>2</sub> footprint analyse**

## **Biobrandstoffenfabriek**

### **Gunvor Energy Rotterdam B.V.**

**Bilfinger Tebodin Netherlands B.V.**

Spoorstraat 7  
3112 HD Schiedam  
Postbus 922  
3100 AX Schiedam

Auteur: M.W.J. Rossou  
- Telefoon: +31 6 26 90 86 27  
- E-mail: [mitchell.rossou@bilfinger.com](mailto:mitchell.rossou@bilfinger.com)

13 september 2024  
Ordernummer: T56008.02  
Documentnummer: 3512001  
Revisie: J



**BILFINGER**

J	2024-09-13	Tekstuele aanpassingen	M. Post <i>M.P.</i>	D. Seijs <i>Diana</i>
I	2024-08-20	Ten behoeve van definitief MER	M. Post	D. Seijs
H	2024-03-01	Uitgangspunten aangepast. Commentaar verwerkt. Rapportage ter beoordeling	M. Rossou/ M. Post	D. Seijs
G	2023-01-19	Commentaar verwerkt. Rapportage ter beoordeling	M. Post	D. Seijs
F	2023-01-12	Commentaar verwerkt. Rapportage ter beoordeling	M. Post	D. Seijs
E	2022-10-06	Commentaar verwerkt. Rapportage ter beoordeling	M. Post	D. Seijs
D	2022-10-03	Commentaar verwerkt. Voorkeursalternatief concept ter beoordeling.	M. Post	D. Seijs
C	2022-09-22	Varianten en aanpassingen concept ter beoordeling.	M. Post	D. Seijs
B	2022-08-12	MKI en CO <sub>2</sub> footprint analyse	B. van der Linden	J. Koes
A	2022-08-03	Concept document	B. van der Linden	J. Koes
Rev.	Datum	Omschrijving	Opsteller	Gecontroleerd

© Copyright Bilfinger Tebodin

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie of op welke andere wijze ook zonder uitdrukkelijke toestemming van de uitgever.



# BILFINGER

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>5</b>
1.1	Aanleiding	5
1.2	MER	5
1.3	Aanpak	5
1.3.1	VA	5
1.3.2	Alternatieven en varianten	6
1.3.3	VKA	6
1.3.4	Toelichting rapportage	6
<b>2</b>	<b>Methodologie</b>	<b>7</b>
2.1	Levenscyclusanalyse	7
2.1.1	Milieueffecten	7
2.1.2	Milieukosten indicator (MKI)	7
2.2	Scope	8
2.3	Scope MKI en CO <sub>2</sub> footprint Biobrandstoffenfabriek	9
2.4	Schematische weergave inkomende- en uitgaande stromen	10
<b>3</b>	<b>Invoergegevens Voorgenomen Activiteit (VA)</b>	<b>11</b>
3.1	Inkomende stromen	11
3.1.1	Utiliteiten	11
3.1.2	Hulpstoffen voor productie	12
3.1.3	Grondstoffen	13
3.1.3.1	Grondstoffen voor productie diesel, Sustainable Aviation Fuel (SAF), nafta en propaan	13
3.2	Uitgaande stromen	14
3.2.1	Eindproducten	15
3.2.2	Emissie naar de lucht	15
3.2.3	Emissies naar het water	16
3.2.4	Reststromen (Afval)	16
3.2.5	Overzicht inkomende en uitgaande stromen	17
<b>4</b>	<b>Resultaten Voorgenomen activiteit (VA)</b>	<b>18</b>
4.1	Scope 1,2 en 3	18
4.2	Scope 1 & 2: directe emissies binnen de voorgenomen activiteit binnen de inrichting	19
4.3	Scope 3 indirecte impact	20
4.4	Product	24
4.4.1	Eindproduct	24
<b>5</b>	<b>Varianten ten opzichte van de VA</b>	<b>26</b>
5.1	D – Duurzaamheid	26
5.1.1	D1 – Terugwinnen van olie uit gom en gebruikte bleekaarde (verwerken door derden)	26
5.1.1.1	Gebruikte bleekaarde	26
5.1.2	D2 – Blauwe waterstof	28
5.1.2.1	Vergelijking en conclusies	28
5.2	P – Alternatief in het productieproces	28
5.2.1	P1 – Combiclean methode in het bleekproces	28
5.2.2	P2 – Implementatie van een katalysator grading-systeem	30
5.3	T – Alternatief voor de aan- en afvoer van grond-, hulpstoffen en product	31
5.3.1	T1 – Transport van bleekaarde en gom per binnenvaartschip	31
5.4	E – Alternatief/varianten met betrekking tot emissiereductie	32
5.4.1	E1 – NO <sub>x</sub> -emissies	32
5.5	Overzicht van de impact van de verschillende alternatieven/varianten	34
<b>6</b>	<b>Voorkeursalternatief (VKA)</b>	<b>35</b>
6.1	Veranderingen van de ingaande en uitgaande stromen (VKA) ten opzichte van de VA	35
6.2	Resultaten Voorkeursalternatief	36
6.2.1	Scope 1, 2 en 3	36



**BILFINGER**

6.3	Samenvatting VKA ten opzichte van de VA	37
7	<b>Bijlage 1 Berekening CO<sub>2</sub> factor van de waterstof uit de waterstofrijke afgassen</b>	<b>39</b>



**BILFINGER**

## **1 Inleiding**

### **1.1 Aanleiding**

Gunvor Energy Rotterdam B.V. (verder Gunvor) is een bedrijf voor de productie, opslag en distributie van tussen- en eindproducten uit ruwe aardolie. De raffinaderij gelegen aan de 5e Petroleumhaven (Moezelweg 255 te Rotterdam Europoort), voorheen eigendom van Kuwait Petroleum International, maakt sinds 1 februari 2016 deel uit van de Gunvor-groep.

In de huidige situatie is in het plangebied de bestaande olieraffinaderij van Gunvor gevestigd. In de beoogde situatie wordt de inrichting, naast de be- en verwerking van ruwe olie, tevens aangewend voor de be- en verwerking van plantaardige en dierlijke oliën en vetten tot diverse hernieuwbare olieproducten.

Hiervoor is het noodzakelijk een nieuwe installatie voor hydrotreating van vegetable oils ofwel HVO-installatie voor de deoxygenering/dewaxing en kraken van plantaardige en dierlijke oliën en vetten te realiseren en in gebruik te nemen. In de huidige raffinaderij worden al op beperkte schaal plantaardige en dierlijke oliën, niet zijnde afvalstoffen, verwerkt in de bestaande hydrotreaters.

Dit project zal bestaan uit de realisatie van een PTU (*Pre-Treatment Unit*; voorbehandeling) voor de voorbehandeling van biologische oliën en gebruikte oliën en vetten (gedeeltelijk afvalstoffen) als grondstof voor de HVO-installatie voor de deoxygenering/dewaxing en het kraken met waterstof. In deze installatie worden de voorbehandelde oliën en vetten in hernieuwbare brandstoffen zoals biogas (voornamelijk propaan), bionafta, biokerosine (Sustainable Aviation Fuel; SAF) en biodiesel omgezet.

Voor het initiatief van Gunvor is een milieueffectrapport (MER) vereist op basis van het Besluit milieueffectrapportage.

### **1.2 MER**

In het MER worden naast de voorgenomen activiteit (VA) verschillende alternatieven beschreven op het gebied van:

- Duurzaamheid;
- Proceswijzigingen;
- Aan- en afvoer van grond-, hulpstoffen en product;
- Emissies naar de lucht.

Naast deze alternatieven worden verschillende technische varianten hierop beschouwd. Uiteindelijk wordt een voorkeursalternatief (VKA) beschreven.

Het MER dient als ondersteunend document voor de besluitvorming tot het verlenen van de benodigde vergunningen en verschaft belanghebbenden informatie over het voornemen en de milieugevolgen van de voorgenomen activiteit en de alternatieven.

Voor een aantal thema's zijn uitgebreide studies uitgevoerd waarvoor aparte rapportages zijn opgesteld die een bijlage vormen van het MER. Onderhavige milieukosten & CO<sub>2</sub>-footprint analyse (verder MKI-analyse) maakt onderdeel uit van het MER en gaat in op de gevolgen ten aanzien van milieu kosten & CO<sub>2</sub>-footprint van de VA, de alternatieven, varianten en uiteindelijk het VKA.

### **1.3 Aanpak**

#### **1.3.1 VA**

In hoofdstuk 5 van het MER is de VA beschreven welke in de hoofdstukken 3 t/m 5 van dit onderzoek zijn uitgewerkt. Voor een beschrijving van de activiteiten en een gedetailleerde procesomschrijving wordt verwezen naar het hoofddocument van het MER.



**BILFINGER**

### **1.3.2 Alternatieven en varianten**

In hoofdstuk 7 van het MER zijn de alternatieven voor de processen en de (technische) varianten behandeld. Tevens is in dit hoofdstuk een technische uitwerking gegeven van de varianten en een eerste selectie gemaakt op grond van (milieu)technische argumenten. Vervolgens zijn de varianten geselecteerd welke in het MER verder dienen te worden beschouwd.

In hoofdstuk 5 van dit rapport is nader ingegaan op de varianten welke relevant zijn voor de milieukosten en de CO<sub>2</sub>-footprint. De gehanteerde aanpak hiervoor is dat inzichtelijk is gemaakt welke milieukosten en wijzigingen in de CO<sub>2</sub>-footprint verbonden zijn aan uitvoeringsvarianten ten opzichte van de VA. Deze wijzigingen zijn vervolgens verwerkt in het Levenscyclusanalyse (LCA)-model. In het duurzaamheidsalternatief (DA) worden aanpassingen en maatregelen beschouwd die mogelijk een positief effect kunnen hebben op milieukosten en de CO<sub>2</sub>-footprint van Gunvor.

### **1.3.3 VKA**

Op basis van de informatie zoals beschreven in hoofdstuk 9 van het MER is Gunvor gekomen tot het VKA. Het VKA wordt in hoofdstuk 6 van deze milieukosten indicator-analyse (MKI-analyse) beschreven en het VKA is verwerkt in het LCA-model.

### **1.3.4 Toelichting rapportage**

Dit rapport geeft inzicht in de grootte van de Milieukosten en de CO<sub>2</sub>-footprint van zowel de VA als de diverse alternatieven en varianten. Om tot deze kosten en footprint te komen, wordt gebruik gemaakt van een model dat met een wetenschappelijke database wordt gevuld. De modelleringsssoftware rekent met verhoudingen tussen ingaande en uitgaande stromen. Hierdoor wordt het weergeven van de verhoudingen in exacte getallen omgezet. Deze getallen representeren een gemodelleerde werkelijkheid die herleidbaar dient te zijn. Dit is een onderdeel van de LCA-normeringen waarin gesteld wordt dat een studie reproduceerbaar dient te zijn.

## 2 Methodologie

### 2.1 Levenscyclusanalyse

Levenscyclusanalyse (LCA) is een methode voor het in kaart brengen van de invloed van producten en productieprocessen op het milieu. Daarvoor worden gegevens over grondstoffengebruik (input) en emissies (uitstoot) gedurende de levenscyclus van een product of activiteit verzameld. Het resultaat van een LCA is een soort milieuprofiel; een 'scorelijst' met milieueffecten. De ISO-normen 14040 en 14044 vormen hiervoor het totale kader.

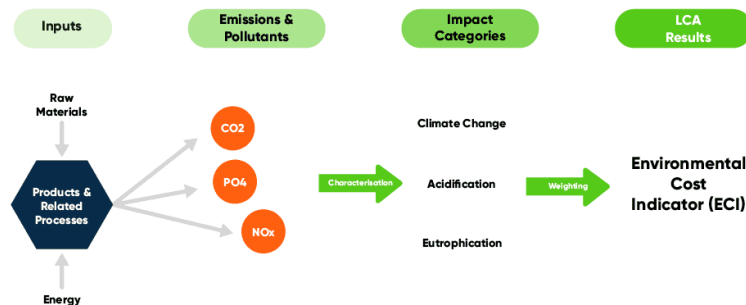
Dit milieuprofiel laat zien welke milieueffecten een belangrijke rol binnen de levenscyclus (de verschillende ketens) van een product of activiteit. Uiteindelijk kunnen, op basis van het profiel, bepaalde effecten met voorrang worden aangepakt. Daarnaast kan van tevoren worden berekend of een maatregel effectief zal zijn. Samen met andere financiële en/of organisatorische instrumenten kan LCA een concreet beeld opleveren van de mogelijkheden voor aanpassingen van de bedrijfsvoering.

#### 2.1.1 Milieueffecten

Milieueffecten zijn effecten op onze omgeving die invloed hebben op onze gezondheid of op onze economie. Milieueffecten zijn onder anderen: klimaatverandering (CO<sub>2</sub>-eq), toxiciteit, waterverbruik, smog en grondstofuitputting. In LCA-studies worden analyses uitgedrukt in 26 milieueffecten en indicatoren. Daarnaast zijn milieueffecten soms samengevat in één getal, zijnde de milieukosten.

#### 2.1.2 Milieukosten indicator (MKI)

De methode van het vaststellen van milieukosten waardeert de maatschappelijke effecten aan de hand van een inschatting van de schade door emissies aan het natuurlijke kapitaal. Het milieu krijgt hiermee een prijskaartje in Euro's (€), oftewel een schaduwprijs. Schaduw prijzen worden berekend op basis van wetenschappelijke inzichten in maatschappelijke preferenties. Voorbeelden hiervan zijn schade aan ecosystemen, aan natuurlijke hulpbronnen en direct aan onze gezondheid. Zo ziet de land- en tuinbouw de opbrengsten over de lange termijn afnemen als gevolg van vervuiling en in de binnenstad is smogvorming een groot probleem voor de gezondheid.



Figuur 1. ECI-berekening (bron: © 2022 Ecochain Technologies B.V.)

Om de MKI te bepalen zijn de milieukosten van 11 impact categorieën gewogen en gegroepeerd in één indicator. De 11 impact categorieën bestaan uit 7 milieu impacts die verplicht zijn om op te nemen in LCA-studies conform de Europese standaarden EN15804, ISO14040 en ISO 14044 en 4 additionele toxicologische impact categorieën die verplicht zijn conform de Nederlandse standaard MRPI. De MKI is berekend op basis van de gewogen kosten zoals weergegeven in de onderstaande tabel. Deze weging is vastgelegd in de Nederlandse standaard EN15804 + A1 (ECI is Environmental Cost Indicator, oftewel MKI).



**BILFINGER**

**Tabel 1. Impact categorieën van MKI**

Impact Category	Abbreviation	Unit of measurement	Environmental cost (€ / kg equivalent) <sup>1</sup>
Global warming potential	GWP	Kg CO <sub>2</sub> -eq	€ 0,05
Depletion potential of the stratospheric ozone layer	ADP	Kg CFC-11-eq	€ 30,00
Acidification potential of land and water	AP	Kg SO <sub>2</sub> -eq	€ 4,00
Eutrophication potential	EP	Kg PO <sub>4</sub> -eq	€ 9,00
Formation potential of tropospheric ozone photochemical oxidants	POCP	Kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -eq	€ 2,00
Abiotic depletion potential for non-fossil resources	ADPE	Kg Sb-eq	€ 0,16
Abiotic depletion potential for fossil resources	ADPF	Kg Sb-eq	€ 0,16
Human toxicity potential	HTP	Kg 1,4-DB-eq	€ 0,09
Freshwater aquatic ecotoxicity potential	FAETP	Kg 1,4-DB-eq	€ 0,03
Marine aquatic ecotoxicity potential	MAETP	Kg 1,4-DB-eq	€ 0,0001
Terrestrial ecotoxicity potential	TETP	Kg 1,4-DB-eq	€ 0,06

Bron: © 2022 Ecochain Technologies B.V.

## 2.2 Scope

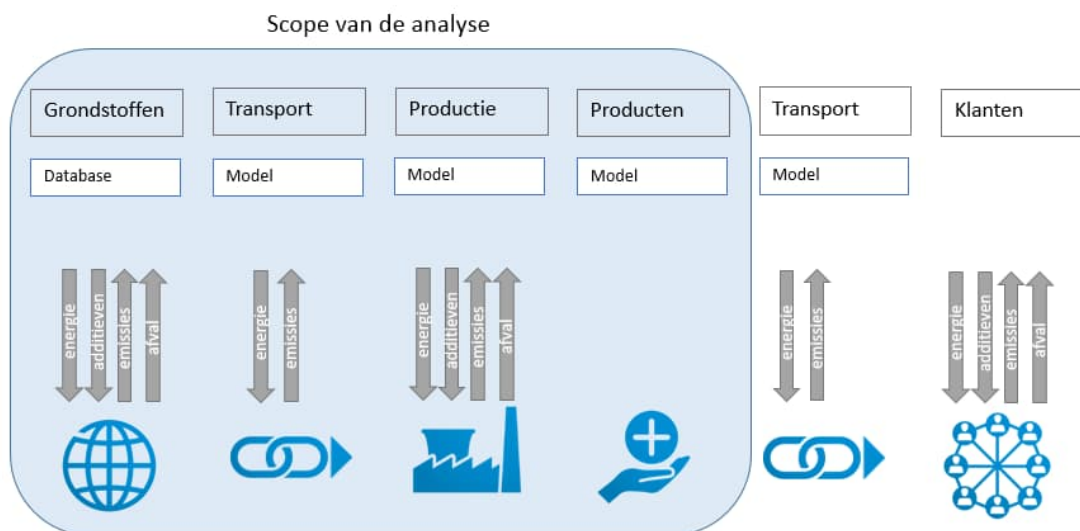
De scope voor het project op de CO<sub>2</sub>-impact en MKI-analyse bestaat uit een aantal onderdelen: grondstoffen, transport, productie en producten (zie **Figuur 2**). Hierbij wordt gedifferentieerd tussen beschikbare (referentie) gegevens uit (wetenschappelijke) databases en gemodelleerde gegevens indien de database niet afdoende gegevens bevat. De analyse start bij het transport van de leverancier van de grond- en hulpstoffen. De impact van de grond- en hulpstoffen wordt meegenomen op basis van de beschikbare gegevens in de database van EcoChain. In EcoChain worden de datagegevens van Ecoinvent v3.6 (Nationale Milieudatabase v3.3) gebruikt. Deze database wordt veelal ingezet voor Life Cycle Inventory (LCI) analyses. De impact van het transport naar de voorgenomen activiteit wordt gemodelleerd in EcoChain. De productieprocessen van Gunvor worden gemodelleerd als zijnde een 'Blackbox'. Dit houdt in dat er geen onderscheid wordt gemaakt tussen de verschillende processen maar dat enkel de inkomende en uitgaande stromen van de totale voorgenomen activiteit worden beschouwd. Hier is voor gekozen omdat de onnauwkeurigheid die ontstaat door het alloceren van emissies aan processen groter wordt naarmate er meerdere aanpassingen worden gedaan in de verschillende (ontwerp)varianten. Door enkel de inkomende en uitgaande stromen te beschouwen wordt het vergelijk tussen de verschillende varianten beter. Aangezien het hier een cradle-to-gate analyse betreft wordt het transport van het eindproduct naar de klant niet meegenomen in de analyse.

<sup>1</sup>De wegingsfactoren zijn gebaseerd op het rapport "Toxiciteit heeft zijn prijs: Schaduwprizen voor (eco-)toxiciteit en uitputting van abiotische grondstoffen binnen DuboCalc", Ministerie van Verkeer en Waterstaat, geschreven door A.K. van Harmelen, R.H.J. Korenromp, T.N. Ligthart, S.M.H. van Leeuwen en R.N. van Gijlswijk (8 maart 2004).





**BILFINGER**



**Figuur 2. Schematische weergave van de scope**

### 2.3 Scope MKI en CO<sub>2</sub> footprint Biobrandstoffenfabriek

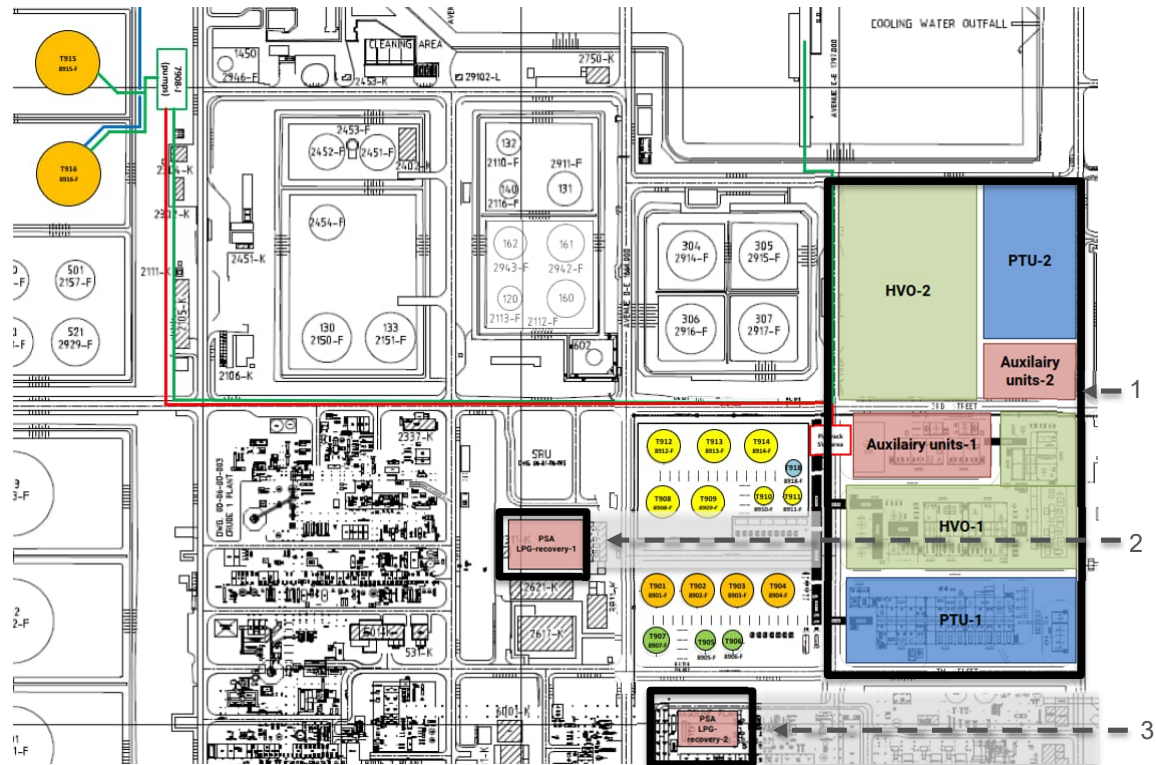
De modellering van de biobrandstoffenfabriek wordt gedaan op basis van de scope van de MER-vergunning. Dit betreft de volgende installaties:

- Twee PTU-installaties, bestaande uit:
  - o Een ontgommings- en een bleeksectie;
  - o Een warmtebehandelingsstap voor het verwijderen van fosforverbindingen en metalen;
  - o Een gaswasser (scrubber);
  - o Een RTO waarmee de emissies vanuit de hotwell behandeld worden;
  - o Een Dissolved Air Flotation (DAF) unit voor het verwijderen van totaal gesuspendeerde vaste stoffen (TSS), biochemisch zuurstofverbruik (BZV) en oliën en vetten (O&G) uit een afvalstroom;
- Twee HVO-installaties, bestaande uit:
  - o Een reactiesectie voor hydrogenering, isomerisatie en kraken;
  - o Een destillatiesectie;
  - o Een aminegaswasinstallatie;
  - o Een waterzuivering met zuurwaterstripper (SWS);
  - o Een "amine recovery unit" (ARU), incinerator en scrubber;
- Elke HVO-installatie heeft een Pressure Swing Adsorption installatie (PSA-unit). De PSA-unit wordt toegepast om waterstof terug te winnen uit H<sub>2</sub>-rijke afgasstromen afkomstig uit de benzinefabriek. De benzinefabriek maakt geen deel uit van de VA;
- Elke HVO-installatie heeft een LPG-recovery-unit voor de terugwinning van LPG uit het afgas/stookgas, met voorafgaand een C3/C4 treatment;
- Opslagtanks voor grondstoffen, tussen- en eindproducten.

De modellering betreft harde grenzen tussen de grenzen van de nieuwe installaties – alle installaties die binnen de zwarte omlijning, ofwel *blackbox*, vallen zoals weergegeven in onderstaand figuur - en de overige Gunvor activiteiten. Hierdoor worden bepaalde ingaande (grondstof)stromen gemodelleerd als ingekochte stoffen, hoewel deze stromen in de praktijk direct van overige processen van Gunvor activiteiten voortkomen. Het behouden van harde grenzen is conform de LCA-methodieken en voorkomt dubbeltellingen.



**BILFINGER**



Figuur 3. Situering van de HVO op het Gunvor terrein. De installaties die binnen de zwarte omlijning vallen (drie blokken), ofwel binnen de *blackbox*, zijn beschouwd binnen de VA. Stroom afkomstig uit installaties buiten de *blackbox* worden gemodelleerd als ingekochte stoffen.

## 2.4 Schematische weergave inkomende- en uitgaande stromen



Figuur 4. Schematische weergave inkomende en uitgaande stromen.



### 3 Invoergegevens Voorgenomen Activiteit (VA)

Voor het verbruik van utiliteiten, grondstoffen, hulpstoffen en transport is uitgegaan van de gegevens in de beschrijving van de voorgenomen activiteit in het MER-rapport. Voor gedetailleerde beschrijvingen van de processen en installaties wordt verwezen naar de beschrijving in hoofdstuk 5 van de MER.

#### 3.1 Inkomende stromen

##### 3.1.1 Utiliteiten

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de utiliteiten die gebruikt worden in de VA.

Tabel 2. Utiliteiten in VA

Utiliteiten	Verbruik per jaar		Referentie in Ecochain	Toelichting
Elektriciteit HVO + PTU	175.000.000	MWh	Elektriciteit (Nederlands gemiddeld nucleair)	
Stoom	147.000	ton	CO <sub>2</sub> -emissie toegevoegd, zie tabel 7	Er is reeds een stoomvoorziening aanwezig binnen de inrichting van Gunvor. De HVO-installatie zal zowel lagedruk stoom als middendruk stoom gebruiken. De lagedruk stoom wordt ingezet om processtromen in de PTU te verwarmen. Al het condensaat wordt hergebruikt in het proces als waswater. Het verbruik bedraagt voor lagedruk ca. 147.000 ton per jaar (LP) Opgemerkt dient te worden dat het exotherme HVO-proces 165.000 ton/jaar MP-stoom oplevert.
Aardgas	3.440.000	m <sup>3</sup>	Aardgas (Industrieel) CO <sub>2</sub> -emissie toegevoegd, zie tabel 7	Verbruik berekend op basis van gevraagd vermogen van 33.600 MWh
Water	228.000	m <sup>3</sup>	Water supply (liters)	Water verbruik aan de hand van debiet. 1 m <sup>3</sup> = 1000L. In EcoChain gerekend met 228.000.000L.



### 3.1.2 Hulpstoffen voor productie

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de hulpstoffen die gebruikt worden bij de productie in de VA (op basis van 650.000 ton per jaar eindproduct).

**Tabel 3. Hulpstoffen voor de productie VA**

Stof	Verbruik per jaar		Referentie in Ecochain	Transport	Aantal vervoers- bewegingen per jaar
Citroenzuur	6.400	ton	market for citric acid   citric acid   Global - Ecoinvent v3.6 Cut-off	Vrachtwagen (30 ton)	213
Natronloog	24.800	ton	market for sodium hydroxide, without water, in 50% solution state   sodium hydroxide, without water, in 50% solution state   Global - Ecoinvent v3.6 Cut-off	Vrachtwagen (30 ton)	826
Bleekaarde	21.250	ton	activated bentonite//[GLO] market for activated bentonite - Ecoinvent v 3.4 Cut-off	Vrachtwagen (30 ton)	708
TBPS	146	ton	<ul style="list-style-type: none"> <li>Market for butane   butane   Global - Ecoinvent v3.6 Cut-off</li> <li>Market for hydrogen sulfide   hydrogen sulfide   Europe - Ecoinvent v3.6 Cut-off</li> </ul>	Vrachtwagen (30 ton)	5
Katalysator HDO*	46	ton	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aluminium oxide //[GLO] production - Ecoinvent v 3,4 Cut-off</li> <li>market for boric oxide   boric oxide   Global - Ecoinvent v3.6 Cut-off</li> <li>market for molybdenum trioxide   molybdenum trioxide   Global - Ecoinvent v3.6 Cut-off</li> <li>market for nickel, 99.5%   nickel, 99.5%   Global - Ecoinvent v3.6 Cut-off *</li> <li>market for quicklime, in pieces, loose   quicklime, in pieces, loose   Rest-of-World - Ecoinvent v3.6 Cut-off</li> <li>market for silica sand   silica sand   Global - Ecoinvent v3.6 Cut-off</li> </ul>	Vrachtwagen (30 ton)	2
Katalysator Guard Reactor 100/200	56	ton	<ul style="list-style-type: none"> <li>market for molybdenum   molybdenum   Global - Ecoinvent v3.6 Cut-off</li> <li>market for nickel, 99.5%   nickel, 99.5%   Global - Ecoinvent v3.6 Cut-off (20 weight%)</li> </ul>	Vrachtwagen (30 ton)	2
Katalysator Isomeratie**	12	ton	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aluminium oxide //[GLO] production - Ecoinvent v 3,4 Cut-off</li> <li>market for molybdenum trioxide   molybdenum trioxide   Global - Ecoinvent v3.6 Cut-off</li> <li>market for nitric acid, without water, in 50% solution state   nitric acid, without water, in 50% solution state   Europe - Ecoinvent v3.6 Cut-off</li> <li>market for palladium   palladium   Global - Ecoinvent v3.6 Cut-off</li> <li>market for platinum   platinum   Global - Ecoinvent v3.6 Cut-off</li> <li>silica sand//[GLO] market for silica sand - Ecoinvent v 3.4 Cut-off</li> <li>market for nickel, 99.5%   nickel, 99.5%   Global - Ecoinvent v3.6 Cut-off *</li> <li>market for zeolite, powder   zeolite, powder   Global - Ecoinvent v3.6 Cut-off</li> <li>market for quicklime, in pieces, loose   quicklime, in pieces, loose   Rest-of-World - Ecoinvent v3.6 Cut-off</li> </ul>	Vrachtwagen (30 ton)	1
Katalysator Kraakreactor	11	ton	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aluminium oxide //[GLO] production - Ecoinvent v 3,4 Cut-off</li> <li>market for quicklime, in pieces, loose   quicklime, in pieces, loose   Rest-of-World - Ecoinvent v3.6 Cut-off</li> <li>silica sand//[GLO] market for silica sand - Ecoinvent v 3.4 Cut-off</li> </ul>	Vrachtwagen (30 ton)	1
Filtermateriaal	2.700	ton	Not found	Vrachtwagen (30 ton)	90

\* Katalysator HDO: Nikkel Oxide niet aanwezig in EcoChain, vandaar nikkel genomen en het percentage nikkel in nikkel oxide berekend aan de hand van moleculair gewicht.

\*\* Katalysator Isomerisatie: Platinum Dioxide en Palladium(II)oxide niet aanwezig in EcoChain, vandaar platinum en palladium genomen en het percentage platinum en palladium berekend aan de hand van moleculair gewicht



## Katalysator

De katalysator die gebruikt wordt in het raffinageproces bestaat uit meerdere componenten. De verhouding van de componenten is, omwille van IP, niet exact weergegeven. Daarnaast zijn een aantal van de specifieke componenten (spinel) niet beschikbaar in de Ecoinvent database. Om toch een indicatie van de impact te kunnen berekenen is ervoor gekozen om de componenten te gebruiken die beschikbaar waren. Dit kan resulteren in een onderschatting van de totale milieu-impact van de katalysatoren.

Daarnaast hebben de vier gebruikte katalysatoren verschillende levensduren (zie tabel 4). De hoeveelheid benoemd in tabel 3 is de hoeveelheid die gemiddeld per jaar moet worden ingekocht (en ook moet worden afgevoerd) om de katalysator na het verstrijken van de levensduur te vervangen. De in tabel 4 benoemde hoeveelheid aanwezig in reactoren is de totale hoeveelheid materiaal dat aanwezig is in de reactoren.

**Tabel 4: gebruikte katalysatoren, aangevuld met levensduur, de hoeveelheid die aanwezig is in de reactoren en de hoeveelheid die per jaar moet worden ingekocht en afgevoerd.**

Katalysator	Levensduur	Hoeveelheid ingekocht materiaal	Hoeveelheid aanwezig in de reactoren (2 lijnen)
Katalysator HDO	12 maanden	46 ton/jaar	46 ton
Katalysator Guard Reactor 100/200	15 maanden	56 ton/jaar	70 ton
Katalysator isomerisatie	30 maanden	12 ton/jaar	30 ton
Katalysator kraakreactor	30 maanden	11 ton/jaar	27,5 ton

### 3.1.3 Grondstoffen

#### 3.1.3.1 Grondstoffen voor productie diesel, Sustainable Aviation Fuel (SAF), nafta en propaan

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de grondstoffen die gebruikt worden en hoe deze naar de voorgenomen activiteit getransporteerd worden. Voor elke grondstof is toegelicht waarop de keuze voor het type referentie van de grondstof in Ecochain is gekozen.

#### Inkomende waterstofrijke afgassen

Vanuit de Pressure Swing Adsorption installatie (PSA-unit) komt waterstof binnen bij de HVO-installaties. Zoals weergegeven in Figuur 5, is de ingaande stroom van de PSA-unit de volgende:

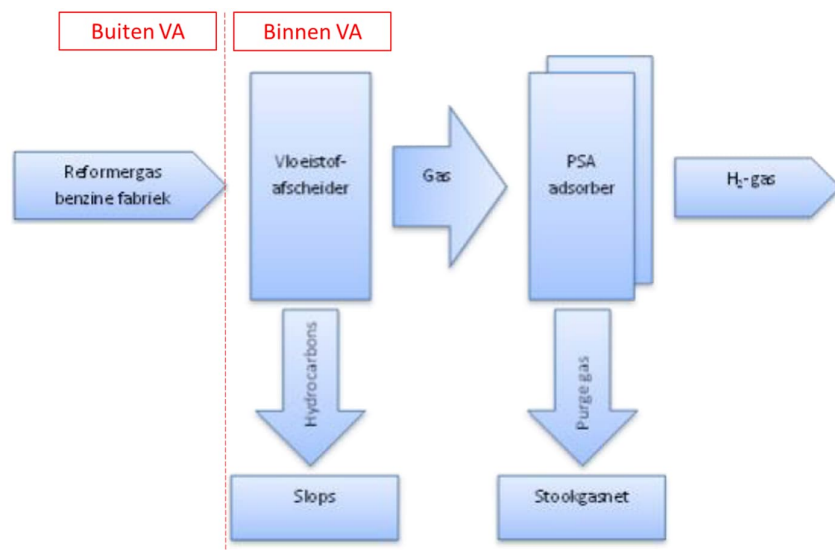
- Reformergas uit de benzinefabriek.

Deze stroom is afkomstig uit installaties die buiten de VA vallen, en wordt in deze analyse dus beschouwd als ingekochte stof<sup>2</sup>.

Er dient 34.700 ton waterstof te worden geproduceerd door de PSA-installatie t.b.v. de HVO-installaties. Bij de productie van de waterstof, wordt het waterstofrijke afgas in de vloeistofafscheider ontdaan van koolwaterstoffen. Deze koolwaterstroom van gemiddeld 1 m<sup>3</sup>/h wordt via het slopsysteem afgevoerd (8.760 ton/jaar).

---

<sup>2</sup>Deze waterstofrijke afgassen zijn een surplus aan gas die op dit moment wordt geleverd aan derden. Met de PSA worden deze waterstofrijke afgassen omgezet naar een nuttige toepassing voor de eigen installaties.



Figuur 5: Proces PSA-unit

Tabel 5. Grondstoffen in VA

Grondstof	Verbruik per jaar		Referentie	Transport	Aantal vervoers-bewegingen per jaar
UCO: Plantaardige / Dierlijke oliën en vetten	1.067.000	ton	Ecochain: used vegetable cooking oil, Recycled Content cut-off   used vegetable cooking oil   Global - Ecoinvent v3.5 Cut-off	Binnenvaart schip / lichter (2 kton)	389
Waterstof uit waterstofrijke afgasstromen <sup>3</sup>	Max. 34.700	ton	De Eco-invent database bevat alleen een CO <sub>2</sub> -referentie voor grijze H <sub>2</sub> . Er is gekozen om de CO <sub>2</sub> -impact van de H <sub>2</sub> uit de afgasstromen te modeleren conform de ISCC (zie berekening in Bijlage 1). De CO <sub>2</sub> -factor is berekend op 3,51 kg CO <sub>2</sub> per kg H <sub>2</sub>	Intern	

### 3.2 Uitgaande stromen

Zoals in de procesbeschrijving van het MER beschreven, worden er door de voorgenomen activiteiten emissies naar de atmosfeer en het water veroorzaakt. Deze emissies zijn berekend in het luchtkwaliteitsonderzoek en de toetsing waterkwaliteitsaanpak welke als bijlagen bij het MER zijn gevoegd. Naast de emissies naar lucht en water zijn er ook meerdere afvalstromen die de VA verlaten. De uitgaande stromen zijn in de navolgende paragrafen beschreven.

<sup>3</sup> Waterstofrijke afgasstromen zijn afkomstig uit installaties die buiten de VA vallen. Het gaat om reformergas uit de benzinefabriek.

### 3.2.1 Eindproducten

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de eindproducten in de VA.

**Tabel 6. Productie van eindproducten VA**

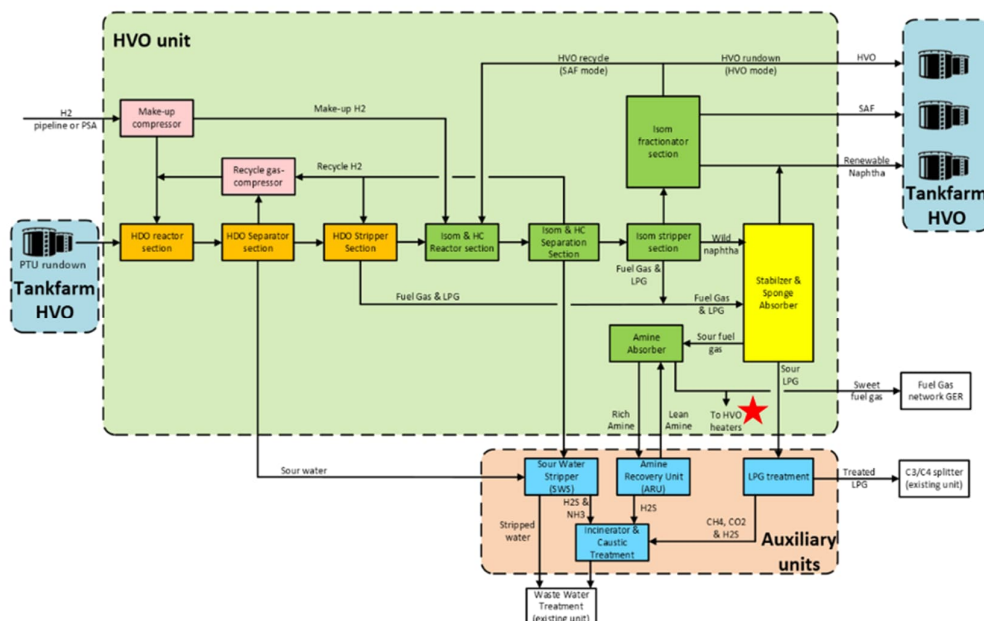
Stof	Productie per jaar	
Hernieuwbare diesel	0 – 607	kton
Bionafta	13 – 80	kton
Biogas (C3 / C4)	0 – 69	kton
Kerosine (RFJ)	0 – 512	kton
<b>Totaal*</b>	<b>650</b>	<b>kton</b>
<b>Tussenproduct Voorbehandelde olie export</b>	<b>345</b>	<b>kton</b>

\* In totaal wordt er de waarde van 650 kton eindproduct per jaar niet overschreden

### 3.2.2 Emissie naar de lucht

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de emissies naar de lucht ten gevolge van de VA. Er wordt in de VA zowel biogene- als fossiele CO<sub>2</sub> uitgestoten. De fossiele CO<sub>2</sub> is gekoppeld aan het bestaande stoomsysteem en de RTO (op de uitlaat van de hotwell van de PTU), waarbij fossiel stookgas wordt ingezet om stoom te produceren.

De biogene CO<sub>2</sub> is gekoppeld aan het stookgas dat in de HVO-installatie wordt geproduceerd en het gas dat wordt gebruikt bij de RTO. Een deel van dit geproduceerde stookgas wordt na de amine gaswassing gebruikt door de HVO-fornuisen (8000-01-B/8000-02-B/8000-03-B). De CO<sub>2</sub> die hierbij vrijkomt is biogene CO<sub>2</sub>. Het deel van het stookgas wat niet gebruikt wordt door de HVO-installaties gaat naar de LPG-recovery. Bij de RTO komt fossiele CO<sub>2</sub> vrij.



**Figuur 6: schematische weergave van het productieproces van de HVO-installatie.**

De ster geeft het in de HVO-installatie geproduceerde stookgas weer dat na gaswassing wordt gebruikt door de HVO-heaters: hydrogenering reactor sectie (fornuis 8000-01-B), isomerisatie reactor sectie (fornuis 8000-02-B) en fractionator sectie (fornuis 8000-03-B). Bij de verbranding van dit stookgas komt biogeen CO<sub>2</sub> vrij. Het deel wat niet wordt gebruikt door de HVO-installatie gaat naar de LPG-treatment.



**Tabel 7. Emissies naar de lucht VA**

Stof	Emissie p/jaar	Referentie in Ecochain	Toelichting
CO <sub>2</sub>	90.900 ton	Carbon dioxide, biogenic (000124-38-9)	Berekening o.b.v. stookgas verbruik in het luchtkwaliteitsonderzoek.
CO <sub>2</sub>	29.900 ton	Carbon dioxide, fossiel (000124-38-9)	CO <sub>2</sub> -emissie t.g.v. 147.000 ton stoomproductie middels stookgas van de raffinaderij. LHV stookgas = 38,7 MJ/Nm <sup>3</sup> . Gebaseerd op stoom met 2,9 GJ/ton.
CO <sub>2</sub>	7.580 ton	Carbon dioxide, Aardgas, Industrieel (Nederland)	CO <sub>2</sub> -emissie t.g.v. verbranding 3.439.000 m <sup>3</sup> aardgas, Industrieel (Nederland)
CO	43,9 ton	Carbon monoxide, biogenic (000630-08-0)	Zie luchtkwaliteitsonderzoek excl. vaaremissies en wegverkeer
NO <sub>x</sub>	11,5 ton	Nitrogen dioxide (010101-44-0)	Zie luchtkwaliteitsonderzoek excl. vaaremissies en wegverkeer
SO <sub>2</sub>	15,3 ton	Sulfur dioxide (007446-09-5)	Zie luchtkwaliteitsonderzoek
VOS	24,1 ton	NM VOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin	Zie luchtkwaliteitsonderzoek
Benzeen / ZZS <sup>1</sup>	144 kg	Benzene (000071-43-2)	Zie luchtkwaliteitsonderzoek
Fine dust / PM10	1.900 kg	Particulates, <10um (stationary)	Zie luchtkwaliteitsonderzoek

<sup>1</sup> Benzeen is ingevoerd als waarde in EcoChain als verzameling voor ZZS.

### 3.2.3 Emissies naar het water

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de afvalwaterstromen die naar de AWZI gaan ten gevolge van de VA.

**Tabel 8. Emissies naar de AWZI VA**

Parameter	Emissie per jaar	Eenheid	Referentie in EcoChain
Afvalwater debiet	259.200	ton	Wastewater treatment (liters), zie "Toetsing waterkwaliteits aanpak". – 26m <sup>3</sup> /uur -> bedrijfstijd 8760 -> Plus uitstroom PTU en HVO, bestaande uit citroenzuur en natronloog (31.200 ton)
CZV (COD)	2.935	ton	COD, Chemical Oxygen Demand (SBK CML only), zie "Toetsing waterkwaliteits aanpak".
BZV (BOD)	1.752	ton	BOD <sub>5</sub> , Biological Oxygen Demand (SBK CML only), zie "Toetsing waterkwaliteits aanpak".
Gehalte aan vetten	1.051.200	kg	Oils, unspecified
Gehalte aan zeepachtige stoffen	52.560	kg	-
Gehalte aan geneutraliseerde oliën	52.560	kg	-

### 3.2.4 Reststromen (Afval)

Ten gevolge van de VA ontstaan er meerdere reststromen die de inrichting weer dienen te verlaten. Afvalstoffen worden gescheiden en gescheiden aangeboden aan erkende verwerkers voor recycling.

Naast het zuiveren van de plantaardige en dierlijke oliën en vetten levert het proces een tweetal reststromen op. Voor deze stromen wordt door Gunvor nog onderzoek gedaan om te bepalen of er een nuttige toepassing voor te vinden is. In onderstaande tabel zijn de stromen weergegeven.

**Tabel 9. Reststromen**

Bijproducten	Massa per jaar	Eenheid
Gebruikte bleekarde	28.600	ton
Gom*	27.000	ton
Slib (DAF)**	1.400	ton
Katalysator waste	125	ton

\*De gom betreft een waardevol voedings supplement in o.a. de veevoederindustrie

\*\*Slib (DAF) is niet gemodelleerd in Ecochain.

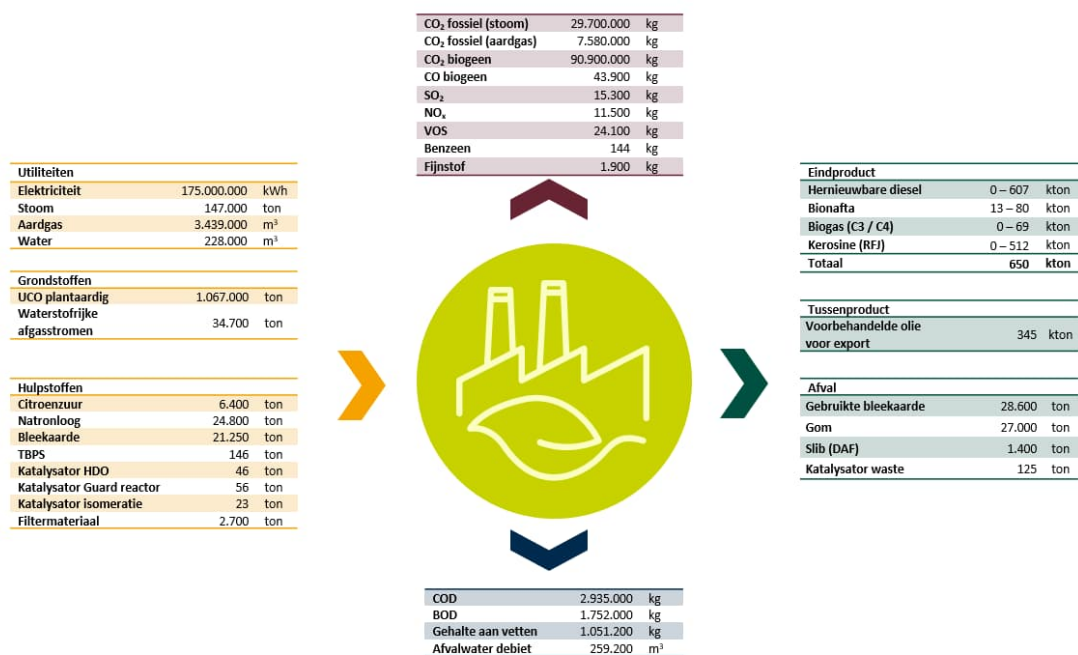




**BILFINGER**

### 3.2.5 Overzicht inkomende en uitgaande stromen

Onderstaande figuur geeft een overzicht van alle ingaande en uitgaande stromen ten gevolge van de voorgenoemde activiteit. Op basis van deze gegevens worden de totale milieukosten en de CO<sub>2</sub>-footprint van de voorgenoemde activiteit berekend. De resultaten van deze berekening worden beschouwd in het volgende hoofdstuk.



Figuur 7. In- en uitkomende stromen Gunvor VA.



**BILFINGER**

#### 4 Resultaten Voorgenomen activiteit (VA)

De impact van de voorgenomen activiteit (VA) is inzichtelijk gemaakt door de milieukosten indicator en de CO<sub>2</sub>-footprint te berekenen. Eerst zal op hoog niveau de impact per scope worden beschouwd. Vervolgens wordt ingezoomd op scope 1 & 2 en apart op scope 3. Scope 1 en 2 zijn samengevoegd aangezien scope 2 enkel de elektriciteit betreft die ten behoeve van de voorgenomen activiteit wordt gebruikt. Na de analyse van de impact per scope – voor de voorgenomen activiteit – zal specifiek naar de impact van het product hernieuwbare diesel/RJF worden gekeken.

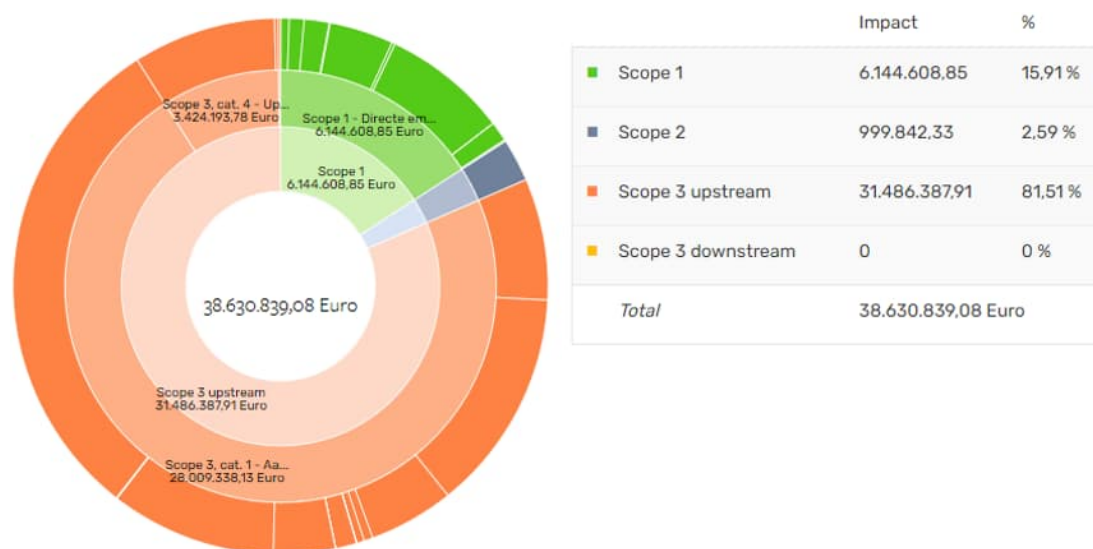
##### 4.1 Scope 1,2 en 3

Om de grenzen van de eigen voetafdruk te bepalen is het noodzakelijk om eerst de reikwijdte van de eigen verantwoordelijkheid te bepalen. Het Greenhouse Gas Protocol (wereldwijd het meest gebruikte protocol om uitstoot van broeikasgassen te berekenen) noemt een drietal scopes:

**Scope 1:** directe emissies, veroorzaakt door eigen bronnen binnen de inrichting. In dit geval betreft dit alleen de bronnen die zich bevinden binnen de voorgenomen activiteit.

**Scope 2:** deze omvat de indirecte emissies door opwekking van zelf gekochte en verbruikte elektriciteit of warmte. De organisatie gebruikt deze energie intern, maar wekt deze niet intern op. Die opwekking vindt fysiek ergens anders plaats, bijvoorbeeld in een elektriciteitscentrale. In dit geval betreft dit alleen de elektriciteit die wordt gebruikt door de voorgenomen activiteit.

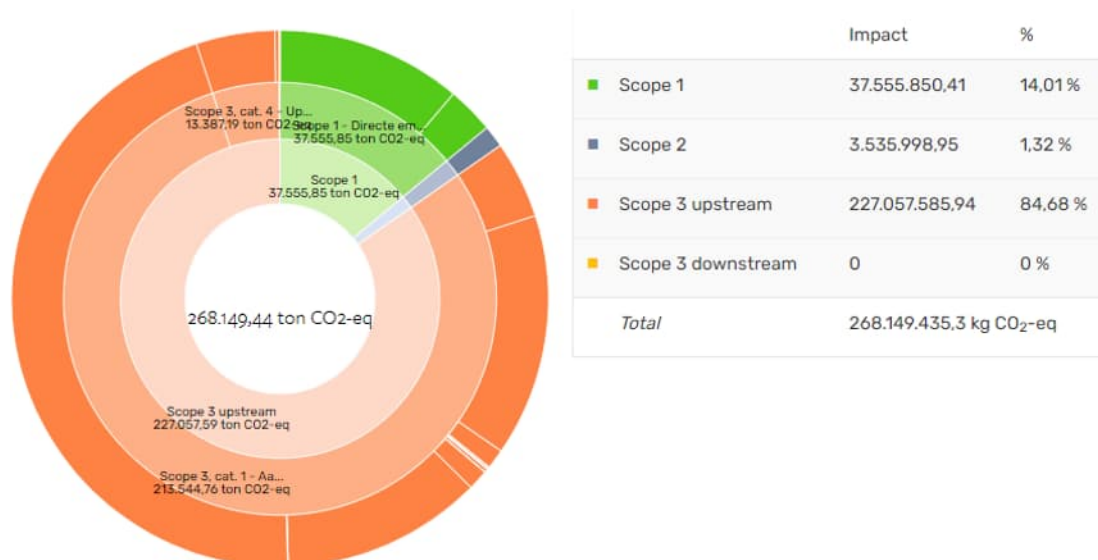
**Scope 3:** indirecte uitstoot van CO<sub>2</sub>, veroorzaakt door bedrijfsactiviteiten van een andere organisatie. Het betreft dan uitstoot door bronnen die niet in het bezit zijn van de eigen organisatie en waar de organisatie ook geen directe invloed op kan uitoefenen. Bijvoorbeeld de uitstoot veroorzaakt door de productie of winning van ingekochte grondstoffen of materialen en uitbestede werkzaamheden zoals goederenvervoer. In dit geval worden ook ingaande (grondstof)stromen afkomstig van Gunvor activiteiten buiten de voorgenomen activiteit gemodelleerd als ingekochte stromen.



Figuur 8 MKI per scope VA (bron © 2022 Ecochain Technologies (B.V.))



**BILFINGER**



**Figuur 9. CO<sub>2</sub> footprint per scope VA (bron: © 2022 Ecochain Technologies (B.V.))**

De hierboven weergegeven figuren geven een duidelijk beeld van de verdeling van de impact per scope. Wanneer de totale milieu impact (MKI) wordt beschouwd dan wordt duidelijk dat het overgrote deel van de impact in scope 3 zit. In de onderstaande tabel zijn de MKI en CO<sub>2</sub>-footprint per scope weergegeven.

**Tabel 10. MKI en CO<sub>2</sub> footprint per scope VA**

Scope	MKI (€/jaar)	CO <sub>2</sub> -footprint (kg CO <sub>2</sub> -eq/jaar)
Scope 1	6.144.609	37.555.850
Scope 2	999.842	3.535.999
Scope 3	31.486.388	227.057.586
<b>Totaal</b>	<b>€ 38.630.839 per jaar</b>	<b>268.149.435 kg CO<sub>2</sub>-eq/jaar</b>

#### 4.2 Scope 1 & 2: directe emissies binnen de voorgenomen activiteit binnen de inrichting

Aangezien de voorgenomen activiteit (VA) is gemodelleerd als een blackbox is geen onderverdeling te maken naar de verschillende processen binnen de VA. De voorgenomen activiteit wordt beschouwd als zijnde één proces. Dit proces verbruikt utiliteiten en hulpstoffen en als gevolg van het proces worden er stoffen naar de atmosfeer en het water geëmitteerd. De impact die dit heeft is inzichtelijk gemaakt door zowel de MKI- als de CO<sub>2</sub>-footprint van de blackbox te berekenen. In onderstaande tabellen is dit weergegeven.

**Tabel 11. MKI van de fabriek (scope 1&2)**

Gunvor biobrandstoffen-project: impact van de processen				
Verbruik en Hulpstoffen voor productie	Kwantiteit	Eenheid	MKI per eenheid	MKI
Electricity (average nucleair)	175.000.000	kWh	€ 0,02	€ 3.535.999,-
Water supply (liters)	228.000	m <sup>3</sup>	€ 0,00	€ 8.981,-
<b>Emissie naar de lucht</b>				
Carbon dioxide, biogenic (000124-38-9)	90.900	ton	€ 0,00	€ 0,-



**BILFINGER**

Gunvor biobrandstoffen-project: impact van de processen vervolg tabel 11				
Verbruik en Hulpstoffen voor productie	Kwantiteit	Eenheid	MKI per eenheid	MKI
Carbon dioxide, fossil (000124-38-9) (stoom)	29.900	ton	€ 0,05	€ 1.495.000,-
Carbon dioxide, Aardgas, Industrieel (Nederland)	7.580	ton <sup>4</sup>	€ 0,13	€ 458.620,-
Carbon monoxide, biogenic (000630-08-0)	43.900	kg	€ 0,05	€ 2.371,-
Nitrogen oxides (011104-93-1)	11.500	kg	€ 3,28	€ 37.697,-
Sulfur dioxide (007446-09-5)	15.300	kg	€ 4,90	€ 75.040,-
VOS (NMVOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin)	24.100	kg	€ 0,94	€ 22.612,-
Benzene (000071-43-2)	144	kg	€ 1.332	€ 191.808,-
Fine dust (Particulates, < 10 um (stationary))	1.900	kg	€ 0,07	€ 140,-
<b>Emissies in afvalwater naar de AWZI</b>				
COD (COD, Chemical Oxygen Demand (SBK CML only))	2.935.000	kg	€ 0,20	€ 581.130,-
BOD5 (BOD5, Biological Oxygen Demand (SBK CML only))	1.752.000	kg	€ 0,20	€ 346.900,-
Oils, unspecified	1.051.200	kg	€ 2,78	€ 2.924.313,-
<b>Totale MKI</b>				<b>€ 6.135.631,-</b>

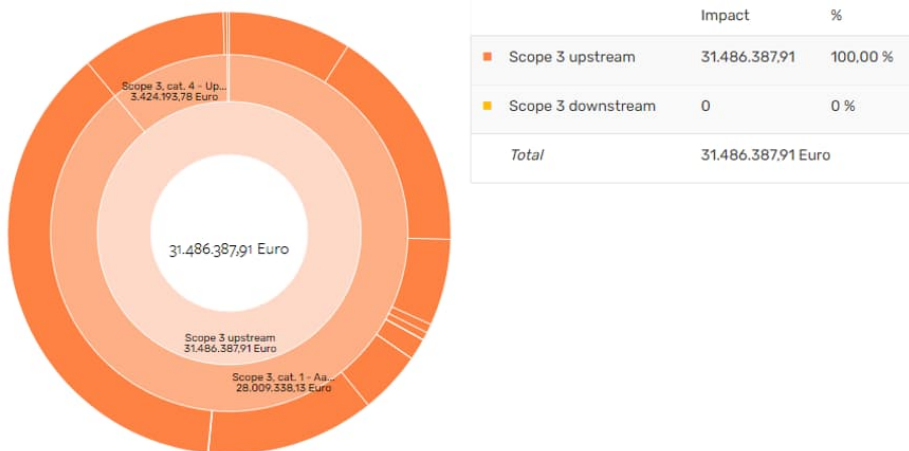
Tabel 12. CO<sub>2</sub> footprint van de fabriek (scope 1&2)

Gunvor biobrandstoffen-project: impact van de processen				
Utilities voor productie	Kwantiteit	Eenheid	kg CO <sub>2</sub> -eq per eenheid	ton CO <sub>2</sub> -eq
Electricity (average nucleair)	175.000.000	kWh	0,02	3.536
Water supply (liters)	228.000	m <sup>3</sup>	0,00	77
<b>Emissie naar de lucht</b>				
Carbon dioxide, fossil (000124-38-9)	29.900	ton	1	29.900
Carbon dioxide, biogenic (000124-38-9)	90.900	ton	0	0
Carbon dioxide, Aardgas, Industrieel (Nederland)	7.580	ton	1	7.580
<b>Emissies in afvalwater naar de AWZI</b>				
-				
<b>Totale CO<sub>2</sub>-eq (ton)</b>				<b>41.092</b>

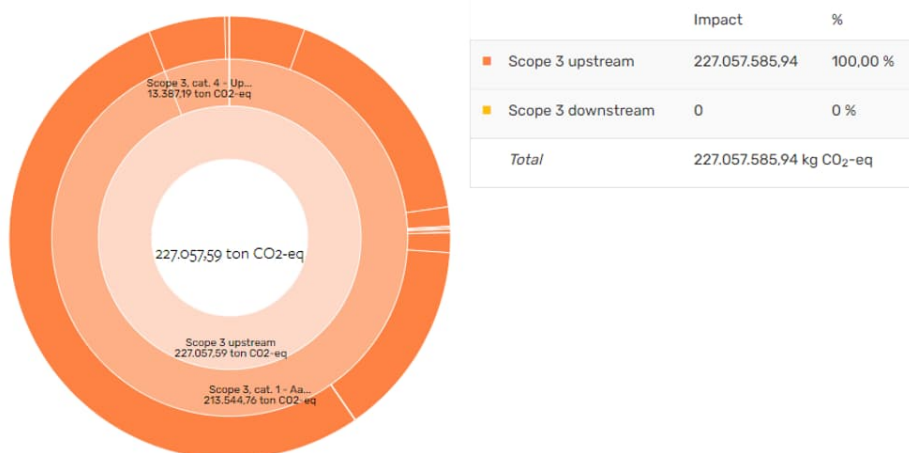
### 4.3 Scope 3 indirecte impact

De impact van de grondstoffen die Gunvor inkoop is in de onderstaande tabellen weergegeven voor zowel de MKI als de CO<sub>2</sub>-footprint. Aangezien de grondstoffen uit rest- en afvalstromen bestaan is de milieu impact van deze stoffen 0. De impact in scope 3 komt bijna volledig voor de rekening van de katalysatoren, de waterstof intake en de bleekarde. Daarnaast heeft het benodigde transport van de ingekochte grondstoffen (cat 1) met 9% (op basis van de CO<sub>2</sub>-footprint) een kleine bijdrage.

<sup>4</sup> Berekend op basis van 3.439.000 m<sup>3</sup> aardgas



**Figuur 10. MKI van Scope 3 VA (bron: © 2022 Ecochain Technologies (B.V.))**



**Figuur 11. CO<sub>2</sub> van Scope 3 VA (bron: © 2022 Ecochain Technologies (B.V.))**

In onderstaande tabel is per grondstof aangegeven wat de impact per ton is. Wat opvalt is de substantiële impact van de grondstoffen<sup>5</sup>, en dan met name de impact van de katalysatoren, en de impact van het transport.

De grondstoffen die Gunvor toepast worden verhandeld op de mondiale markt. Het is om deze reden niet mogelijk om op voorhand exact te bepalen waar de grondstoffen vandaan komen. Voor het initiatief van Gunvor is het aannemelijk dat de grondstoffen hoofdzakelijk uit de EU zullen komen. Er is voor een gemiddelde afstand van 2.000 km gekozen voor het aanvoeren van de grondstoffen per vrachtschip en 100 km per vrachtwagen.

<sup>5</sup> Dit zijn de grondstoffen die geen rest- of afvalstromen zijn.



**Tabel 13. MKI van scope 3 VA**

Scope 3				
	Kwantiteit	Eenheid	MKI/eenheid	MKI (€)
<b>Scope 3, cat. 1 - Aangekochte goederen en diensten</b>				
UCO gebruikt (used vegetable cooking oil, Recycled Content cut-off   used vegetable cooking oil   Global)	1.067.000	ton	€ 0,00	€ 0,-
Bleekaarde (activated bentonite/[GLO] market for activated bentonite - Ecoinvent v 3.4 Cut-off)	21.250.000	kg	€ 0,13	€ 2.832.845,-
Citroenzuur (market for citric acid   citric acid   Global - Ecoinvent v3.6 Cut-off)	6.400.000	kg	€ 0,81	€ 5.184.877,-
Sodium Hydroxide / Natronloog (market for sodium hydroxide, without water, in 50% solution state   sodium hydroxide, without water, in 50% solution state   Global - Ecoinvent v3.6 Cut-off)	24.800.000	kg	€ 0,16	€ 3.874.598,-
Waterstof uit waterstofrijke afgassen	34.700.000	kg	€ 0,20	€ 11.773.680,-
TBPS <sup>1</sup> :				
▪ Market for butane   butane   Global – Ecoinvent v3.6 Cut-off	67.000	kg	€ 0,10	€ 18.037,-
▪ Market for hydrogen sulfide   hydrogen sulfide   Europe – Ecoinvent v3.6 Cut-off	79.000	kg	€ 0,14	
Katalysator guard reactor + HDO reactor + isomerisatie + kraakreactor <sup>2</sup> :				
▪ Aluminium oxide [[GLO] production	47.752	kg	€ 0,16	€ 4.325.301,-
▪ market for molybdenum trioxide   molybdenum trioxide   Global	6.785	kg	€ 26,74	
▪ market for nickel, 99.5%   nickel, 99.5%   Global <sup>3</sup>	11.724	kg	€ 17,67	
▪ market for quicklime, in pieces, loose   quicklime, in pieces, loose   Rest-of-World	46	kg	€ 0,08	
▪ market for silica sand   silica sand   Global	6.125	kg	€ 0,01	
▪ market for boric oxide   boric oxide   Global	331	kg	€ 0,41	
▪ market for zeolite, powder   zeolite, powder   Global	4.624	kg	€ 0,67	
▪ market for molybdenum   molybdenum   Global	45.136	kg	€ 44,09	
▪ market for nitric acid, without water, in 50% solution state   nitric acid, without water, in 50% solution state   Europe	220	kg	€ 0,28	
▪ market for palladium   palladium   Global <sup>4</sup>	48	kg	€ 10.243,82	
▪ market for platinum   platinum   Global <sup>5</sup>	47	kg	€ 30.724,42	
<b>Scope 3, cat. 4 - Upstream transport en distributie</b>				
Transport, vrachtwagen (0001-transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market for   Cut-off, U))	5.272.902	tkm	€ 0,016	€ 82.051,-
Transport, vrachtschip, zee (XXXX Transport, vrachtschip, tanker, zee (o.b.v. Transport, freight, sea, transoceanic tanker {GLO} market for   Cut-off, U))	2.134.000.000	tkm	€ 0,002	€ 3.342.143,-
<b>Totale MKI inkoop</b>				<b>€ 31.433.532,-</b>
<b>Scope 3, cat. 5 - Waste generated in Operations</b>				
Afvalwater (Wastewater treatment (liters)), citroenzuur + sodium hydroxide / natronloog))	259.200.000	liter	€ 0,04	€ 10.942.301,-
Bleekaarde (bleekaarde + UCO plantaardig)	28.600.000	kg	€ 0,10	€ 2.938.701,-
Grond & Zand (Filtermateriaal)	2.700.000	kg	€ 0,002	€ 6.187,-
Katalysator waste (katalysator HDO + guard + Isomeratie + kraakreactor)	125.000	kg	€ 34,61	€ 4.326.178,-
Gom (UCO plantaardig)	27.000.000	kg	€ 0,01	€ 150.386,-
<b>Totale MKI afval</b>				<b>€ 18.363.753,-</b>



**BILFINGER**

- <sup>1</sup> TBPS komt niet voor in Ecochain. TBPS bestaat voornamelijk uit Di-tert-Butyl Polysulfide (DTBS) met een gemiddelde molecuulformule van  $C_{10}H_{18}S_4$ . DTBS komt niet voor in EcoChain. De impact is gebaseerd op de twee stoffen die worden gebruikt voor de productie van DTBS: butaan (46 wt%) en waterstofsulfide (54 wt%).
- <sup>2</sup> Katalysator samenstelling is incompleet, de reden hiervoor is dat de stoffen Spinel ( $Mg(AlO_2)_2$ ) niet in EcoChain voorkwamen (ca. 10% van het totaalgewicht van de katalysator).
- <sup>3</sup> Nikkel: Nikkel Oxide was niet beschikbaar in EcoChain, daarom is het percentage nikkel (op basis van molecuulgewicht) in de stof genomen.
- <sup>4</sup> Palladium: Palladium(II)Oxide was niet beschikbaar in EcoChain, daarom is het percentage palladium (op basis van molecuulgewicht) in de stof genomen.
- <sup>5</sup> Platinum: Platinum dioxide was niet beschikbaar in EcoChain, daarom is het percentage platinum (op basis van molecuulgewicht) in de stof genomen.

**Tabel 14. CO<sub>2</sub> footprint scope 3 VA**

Scope 3				
	Kwantiteit	Eenheid	kg CO <sub>2</sub> -eq per eenheid	ton CO <sub>2</sub> -eq
<b>Scope 3, cat. 1 - Aangekochte goederen en diensten</b>				
UCO gebruikt (used vegetable cooking oil, Recycled Content cut-off   used vegetable cooking oil   Global)	1.067.000	ton	0,00	0,00
Bleekaarde (activated bentonite//[GLO] market for activated bentonite - Ecoinvent v 3.4 Cut-off)	21.250.000	kg	0,59	12.524
TBPS <sup>1</sup> : <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Market for butane   butane   Global – Ecoinvent v3.6 Cut-off</li> <li>▪ Market for hydrogen sulfide   hydrogen sulfide   Europe – Ecoinvent v3.6 Cut-off</li> </ul>	67.000	kg	0,82	103
	79.000	kg	0,61	
Citroenzuur (market for citric acid   citric acid   Global - Ecoinvent v3.6 Cut-off)	6.400.000	kg	6,12	39.179
Sodium Hydroxide / Natronloog (market for sodium hydroxide, without water, in 50% solution state   sodium hydroxide, without water, in 50% solution state   Global - Ecoinvent v3.6 Cut-off)	24.800.000	kg	1,31	32.410
Waterstof uit waterstofrijke afgassen	34.700.000	kg	3,51	121.797
Katalysator guard reactor + HDO reactor + isomerisatie + kraakreactor <sup>2</sup> :				7.532
▪ aluminium oxide /[GLO] production	47.752	kg	1,30	
▪ market for molybdenum trioxide   molybdenum trioxide   Global	6.785	kg	40,61	
▪ market for nickel, 99.5%   nickel, 99.5%   Global <sup>3</sup>	11.724	kg	13,47	
▪ market for quicklime, in pieces, loose   quicklime, in pieces, loose   Rest-of-World	46	kg	1,16	
▪ market for silica sand   silica sand   Global	6.125	kg	0,05	
▪ market for boric oxide   boric oxide   Global	331	kg	2,21	
▪ market for zeolite, powder   zeolite, powder   Global	4.624	kg	5,11	
▪ market for molybdenum   molybdenum   Global	45.136	kg	70,63	
▪ market for nitric acid, without water, in 50% solution state   nitric acid, without water, in 50% solution state   Europe	220	kg	2,92	
▪ market for palladium   palladium   Global <sup>4</sup>				
▪ market for platinum   platinum   Global <sup>5</sup>	48	kg	11370,50	
	47	kg	69718,94	



Scope 3 vervolg tabel 14				
	Kwantiteit	Eenheid	kg CO <sub>2</sub> -eq per eenheid	ton CO <sub>2</sub> -eq
<b>Scope 3, cat. 4 - Upstream transport en distributie</b>				
Transport, vrachtwagen (0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}  market for   Cut-off, U))	5.272.902	tkm	0,13	689
Transport, vrachtschip, zee (XXXX Transport, vrachtschip, tanker, zee (o.b.v. Transport, freight, sea, transoceanic tanker {GLO}  market for   Cut-off, U))	2.134.000.000	tkm	0,006	12.699
<b>Totale inkoop CO<sub>2</sub>-eq (ton)</b>				<b>227.058</b>
<b>Scope 3, cat. 5 - Waste generated in Operations</b>				
Afvalwater (Wastewater treatment (liters)), citroenzuur + sodium hydroxide / natronloog))	259.200.000	liter	0,308	79.754
Bleekaarde (bleekaarde + UCO plantaardig)	28.600.000	kg	0,47	13.519
Grond & Zand (Filtermateriaal)	2.700.000	kg	0,029	80
Katalysator waste (katalysator HDO + guard + Isomeratie)	125.000	kg	60,29	7.536
Gom (UCO plantaardig)	27.000.000	kg	0,04	1.132
<b>Totale afval CO<sub>2</sub>-eq (ton)</b>				<b>102.021</b>

<sup>1</sup> TBPSI komt niet voor in Ecochain. TBPS bestaat voornamelijk uit Di-tert-Butyl Polysulfide (DTBS) met een gemiddelde molecuulformule van C<sub>10</sub>H<sub>18</sub>S<sub>4</sub>. DTBS komt niet voor in EcoChain. De impact is gebaseerd op de twee stoffen die worden gebruikt voor de productie van DTBS: butaan (46 wt%) en waterstofsulfide (54 wt%).

<sup>2</sup> Katalysator samenstelling is incompleet, de reden hiervoor is dat de stoffen Spinel (Mg(AlO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>) niet in EcoChain voorkwamen (ca. 10% van het totaalgewicht van de katalysator).

<sup>3</sup> Nikkel: Nikkel Oxide was niet beschikbaar in EcoChain, daarom is het percentage nikkel (op basis van molecuulgewicht) in de stof genomen.

<sup>4</sup> Palladium: Palladium(II)Oxide was niet beschikbaar in EcoChain, daarom is het percentage palladium (op basis van molecuulgewicht) in de stof genomen.

<sup>5</sup> Platinum: Platinum dioxide was niet beschikbaar in EcoChain, daarom is het percentage platinum (op basis van molecuulgewicht) in de stof genomen.

## 4.4 Product

Het berekenen van de impact van een product wordt gedaan conform de richtlijnen uit de ISO 14040 en 14044. Het Cradle to Gate uitgangspunt onderscheidt 3 fases, namelijk A1, winning van grond- en hulpstoffen, A2, transport grondstoffen, A3, productie tot aan de fabriekspoort.

### 4.4.1 Eindproduct

De totale milieukosten voor het produceren van 1 ton hernieuwbare diesel/SAF worden berekend door de totale MKI van € 36.654.885,- (€ 38.630.839,- minus MKI "Tussenproduct Voorbehandelde olie export" € 1.975.954) te delen door de totaal geproduceerde hoeveelheid diesel/SAF van 650 kiloton. De totale milieukosten voor het produceren van 1 ton hernieuwbare diesel/SAF betreft € 56,39.

De totale CO<sub>2</sub>-footprint voor het produceren van 1 ton hernieuwbare diesel/SAF wordt berekend door de totale CO<sub>2</sub>-footprint van 253.449 ton CO<sub>2</sub>-eq (268.149 ton CO<sub>2</sub>-eq minus CO<sub>2</sub>-footprint "Tussenproduct Voorbehandelde olie export" 14.700 ton CO<sub>2</sub>-eq) te delen door de totaal geproduceerde hoeveelheid diesel/SAF van 650 kiloton. De CO<sub>2</sub>-footprint van 1 ton hernieuwbare diesel/SAF is 0,390 ton CO<sub>2</sub>-eq. Uitgaande van 44<sup>6</sup> MJ/kg HVO, komt er bij de productie van 1 MJ HVO 8,86 g CO<sub>2</sub> vrij.

<sup>6</sup> "20 LCA's van brandstof-machine combinaties", TNO 2018 R10658, TNO-rapport, L. Kootstra MSc (2018).





**BILFINGER**

De berekening van de verhouding van de CO<sub>2</sub>-uitstoot van diesel (fossiel) versus hernieuwbare diesel/SAF laat zien tot welke broeikasreductie de geproduceerde biobrandstoffen (hernieuwbare diesel/SAF) leiden in vergelijking met het fossiele (diesel) alternatief.

Bij de productie van 1 ton diesel komt er 0,525<sup>7</sup> ton CO<sub>2</sub> vrij. Ervan uitgaande dat er 43,1<sup>8</sup> MJ/kg diesel zit, komt er bij de productie van 1 MJ diesel 12,18 g CO<sub>2</sub> vrij.

De reductie is dan:

$$CO_2 - \text{reductie} = \frac{CO_{2,diesel} - CO_{2,HVO}}{CO_{2,diesel}} \times 100\% = \frac{(12,18 - 8,86)}{12,18} \times 100\% = 27\%$$

---

<sup>7</sup> © 2022 Ecochain technologies B.V. (diesel/[RER] market group for diesel)

<sup>8</sup> "20 LCA's van brandstof-machine combinaties", TNO 2018 R10658, TNO-rapport, L. Kootstra MSc (2018).

## 5 Varianten ten opzichte van de VA

In hoofdstuk 7 van het MER zijn de alternatieven voor de processen en de (technische) varianten behandeld. Tevens is in dat hoofdstuk een technische uitwerking gegeven van de varianten en een eerste selectie gemaakt op grond van (milieu)technische argumenten.

In dit hoofdstuk is nader ingegaan op alternatieven/varianten en de impact van deze alternatieven. In de navolgende paragrafen is per alternatief inzichtelijk gemaakt wat de impact is op de duurzaamheid van de relevante wijzigingen ten opzichte van de VA.

### 5.1 D – Duurzaamheid

In het duurzaamheidsalternatief (DA) worden aanpassingen en maatregelen beschouwd die mogelijk een positief effect kunnen hebben op de milieukosten (MKI) en de CO<sub>2</sub>-footprint van Gunvor.

#### 5.1.1 D1 – Terugwinnen van olie uit gom en gebruikte bleekarde (verwerken door derden)

De belangrijkste afvalstoffen binnen de VA betreffen gom en bleekarde. De gom en de gebruikte bleekarde die het productieproces verlaten bevatten resthoeveelheden olie (gom 13%-15%, bleekarde 25%-30%). Het is mogelijk om deze olie terug te winnen en te hergebruiken.

Het terugwinnen van de olie uit gom en bleekarde kan worden uitgevoerd door externe verwerkers. Gunvor onderzoekt hiertoe samenwerkingen met afvalverwerkers in het Rotterdamse havengebied, welke relevante technieken kunnen toepassen om de olie in deze afvalstromen terug te winnen. Om de milieu-impact van het recyclen van gom en bleekarde in te kunnen schatten, is als voorbeeldcasus gekeken wat de impact is van het terugwinnen van olie uit de gebruikte bleekarde. Voor de milieu-impact is met name van belang hoeveel olie er kan worden teruggewonnen en nauwelijks door wie die wordt teruggewonnen.

##### 5.1.1.1 Gebruikte bleekarde

Zowel de uitgangssituatie als het alternatief D1 vinden niet op het terrein van Gunvor plaats, maar bij de verwerker van de gebruikte bleekarde. In deze paragraaf zal eerst het basisscenario worden beschreven en daarna het alternatief D1, waarin het grootste deel van de olie die zich in de gebruikte bleekarde bevindt zal worden teruggewonnen.

##### Basisscenario

In het basisscenario wordt de olie (organische component) uit de gebruikte bleekarde verbrand. Het verbranden veroorzaakt een directe CO<sub>2</sub>-uitstoot. De olie die teruggewonnen wordt, was al een afvalproduct bij de inname van de PTU met een impact van 0. Deze impact van 0 is weergegeven in tabel 16 en tabel 17.

Het restant aan bleekarde wordt vervolgens gebruikt in de cementindustrie als vulmiddel. De gebruikte bleekarde heeft de volgende samenstelling:

Tabel 15. Samenstelling van gebruikte bleekarde

Materiaal	Hoeveelheid
UCO gebruikt (used vegetable cooking oil, Recycled Content cut-off   used vegetable cooking oil   Global)	7.350 ton
Bleekarde (activated bentonite/[GLO] market for activated bentonite - Ecoinvent v 3.4 Cut-off)	21.250 ton
<b>Totaal</b>	<b>28.600 ton</b>



In het basisscenario wordt aangenomen dat alle 28.600 ton gebruikte bleekarde per as wordt getransporteerd naar een externe verwerker (met een transportafstand van 100 kilometer). Vervolgens wordt het organisch materiaal (UCO gebruikt) volledig verbrand en gaat de resterende bleekarde naar de cementindustrie.

In de tabel hieronder staat de milieu-impact en de CO<sub>2</sub>-footprint van het transport en de verbranding van het organisch materiaal weergegeven.

**Tabel 16: MKI en CO<sub>2</sub>-footprint voor het basisscenario voor verwerking van gebruikte bleekarde.**

Materiaal	Hoeveelheid	MKI (€/jaar)	CO <sub>2</sub> -footprint (ton CO <sub>2</sub> -eq/jaar)
Transport, vrachtwagen (0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market for   Cut-off, U))	2.860.000 tkm	€ 44.504,-	373
0297-avC&Verbranden organisch afval (4,29 MJ/kg) (o.b.v. Biowaste {GLO} treatment of biowaste, municipal incineration   Cut-off, U)	7.350.000 kg	€ 43,-	0,27
Carbon dioxide, biogenic (000124-38-9)	20,5 kton	€0,-	0
<b>Totaal</b>		<b>€ 44.547,-</b>	<b>373</b>

### Alternatief D1 voor gebruikte bleekarde

Het terugwinnen van de olie uit gebruikte bleekarde kan met verschillende methoden. Om een relevante modellering te maken van dit proces is het model gebaseerd op een patent met nummer US6780321B2. In dit patent wordt oplosmiddel hexaan toegepast om de olie in twee stappen uit de gebruikte bleekarde te extraheren. Aangenomen wordt dat de verhouding tussen gebruikte bleekarde en hexaan 1:1 is op basis van gewicht.

Er wordt gebruik gemaakt van een gesloten hexaansysteem, waarbij de gebruikte hexaan bij de verwerker schoon wordt gemaakt en weer wordt teruggevoerd naar de twee extractie-secties. Vanwege eventuele vervuilingen die toch in het hexaan aanwezig kunnen blijven na gebruik, nemen we voor alternatief D1 aan dat 1% van het totale volume hexaan (totaal volume is 28.600.000 kg) per jaar wordt vervangen.

De teruggewonnen olie wordt weer als grondstof geleverd aan bedrijven die er bijvoorbeeld HVO of biogas van maken. In de resterende fractie bleekarde is nog circa 5% olie aanwezig, ofwel 1.062.500 kg 'UCO gebruikt'. Net als voor het basisscenario wordt deze organische fractie verbrand. De resterende bleekarde gaat naar de cementindustrie. In de tabel hieronder staat de milieu-impact en de CO<sub>2</sub>-footprint van alternatief D1 weergegeven.

**Tabel 17: MKI en CO<sub>2</sub>-footprint voor het alternatieve scenario D1 voor verwerking van gebruikte bleekarde.**

Materiaal	Hoeveelheid	MKI (€/jaar)	CO <sub>2</sub> -footprint (ton CO <sub>2</sub> -eq/jaar)
Transport, vrachtwagen (0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market for   Cut-off, U))	2.888.600 tkm	€ 44.949,-	377
0297-avC&Verbranden organisch afval (4,29 MJ/kg) (o.b.v. Biowaste {GLO} treatment of biowaste, municipal incineration   Cut-off, U)	1.062.500 kg	€ 6,-	0,04
market for hexane   hexane   Global	286.000 kg	€ 35.940,-	156
Carbon dioxide, biogenic (000124-38-9)	2.969.180 kg	€0,-	0
<b>Totaal</b>		<b>€ 80.895,-</b>	<b>533</b>

**Tabel 18: MKI en CO<sub>2</sub>-footprint voor het basis- en alternatieve scenario D1 voor verwerking van gebruikte bleekarde.**

Materiaal	MKI (€/jaar)	CO <sub>2</sub> -footprint (ton CO <sub>2</sub> -eq/jaar)
Basisscenario	€ 44.547,-	373
Alternatief D1	€ 80.895,-	533



# BILFINGER

Voor het terugwinnen van de olie is tevens elektriciteit en verwarming nodig. Deze factoren zijn niet meegenomen in de MKI en footprint berekening i.v.m. ontbreken van data. Hierdoor is de uitkomst van alternatief D1 een onderschatting.

### Conclusie:

Door het gebruik van hexaan als oplosmiddel is de milieu-impact van alternatief D1 groter dan het basisscenario waarbij het organisch materiaal direct wordt verbrand. Hierbij is aangenomen dat alleen de door Gunvor aangeleverde bleekarde wordt verwerkt door de externe verwerker.

## 5.1.2 D2 – Blauwe waterstof

In het VA wordt de benodigde waterstof primair vanuit de eigen inrichting betrokken. Gunvor kan indien nodig, waterstof extern betrekken. Hierbij wordt rekening gehouden met de inkoop van blauwe waterstof, mits deze beschikbaar is in de markt en dit bedrijfseconomisch haalbaar is.

Tabel 19: CO<sub>2</sub>-footprint voor het alternatieve scenario D2 voor gebruik blauwe waterstof (intern versus extern)

	Kwantiteit	Eenheid	kg CO <sub>2</sub> -eq per eenheid	ton CO <sub>2</sub> -eq/year
<b>Scope 3, cat. 1 - Aangekochte goederen en diensten</b>				
Waterstof vanuit Gunvor	34.700.000	kg	3,51	121.800
Blauwe waterstof extern ingekocht <sup>9</sup>	34.700.000	kg	3,4	118.000
<b>Verskil per jaar</b>				<b>3.800</b>

### 5.1.2.1 Vergelijking en conclusies

Het inzetten van het door Gunvor zelf geproduceerde waterstof, heeft een licht positieve impact op het inkopen van blauwe waterstof.

## 5.2 P – Alternatief in het productieproces

In de navolgende paragrafen is de MKI- en CO<sub>2</sub>-waarde van twee verschillende alternatieven berekend. In het eerste alternatief wordt gekeken naar het toepassen van de combiclean methode in het bleekproces en in het tweede alternatief naar het toepassen van een katalysator-gradingsysteem in plaats van een 2<sup>o</sup> reactor upstream van de HDO-reactor.

### 5.2.1 P1 – Combiclean methode in het bleekproces

De combiclean methode is een alternatief voor de double step-methode, waarbij de filters tweemaal worden doorlopen tijdens het bleekproces in de PTU. Als de combiclean methode wordt toegepast, wordt er geen bleekarde toegevoegd tijdens de eerste bleking waardoor de consumptie van bleekarde wordt gereduceerd. Bij dit proces worden de aanwezige filters, welke een koek van bleekarde en filterhulpmiddel bevat, in een bepaalde volgorde meermaals doorlopen. Door het product op een bepaalde manier de afzonderlijke filters te laten doorlopen wordt de absorptiecapaciteit van de filters verhoogd. Ook wordt er minder bleekarde verbruikt in de combiclean methode wat zorgt voor minder afvalstoffen. Door gebruik te maken van de combiclean methode wordt een beter resultaat gerealiseerd. De kosten voor de combiclean-methode in vergelijking met de double step methode zijn gelijkwaardig.

<sup>9</sup> De CO<sub>2</sub>-footprint per kilogram blauwe waterstof is gebaseerd op de volgende referentie: Life Cycle Assessment and Water Footprint of Hydrogen Production Methods: From Conventional to Emerging Technologies, Mehmeti et al., 2018. (SMR met CCS)



## Bleekaarde verbruik:

**Tabel 20: Effect van combiclean methode in het bleekproces (alternatief P1) op aangekochte goederen en afvalstoffen.**

Product	VA				P1	
	Kwantiteit	Eenheid	MKI per eenheid	MKI	Kwantiteit t.o.v. VA (kg)	MKI t.o.v. VA
Bleekaarde (activated bentonite//[GLO] market for activated bentonite - Ecoinvent v 3.4 Cut-off)	21.250.000	kg	€ 0,13	€ 2.832.845,-	- 4.250.000	- € 566.569,-
Gebruikte bleekaarde (bleekaarde + UCO plantaardig)	28.600.000	kg	€ 0,10	€ 2.938.701,-	- 5.000.000	- € 573.524,-
<b>Totaal</b>				<b>€ 5.771.546,-</b>		<b>- € 1.140.093,-</b>

Product	VA				P1	
	Kwantiteit	Eenheid	kg CO <sub>2</sub> -eq per eenheid	ton CO <sub>2</sub> -eq	Kwantiteit t.o.v. VA (kg)	ton CO <sub>2</sub> -eq t.o.v. VA
Bleekaarde (activated bentonite//[GLO] market for activated bentonite - Ecoinvent v 3.4 Cut-off)	21.250.000	kg	0,59	12.524	- 4.250.000	- 2.505
Gebruikte bleekaarde (bleekaarde + UCO plantaardig)	28.600.000	kg	0,47	13.519	- 5.000.000	- 2.562
<b>Totaal</b>				<b>26.043</b>		<b>- 5.067</b>

## Effect op transportbewegingen per as:

**Tabel 21: Effect van combiclean methode in het bleekproces (alternatief P1) op het benodigde transport per as.**

Product	VA				P1	
	Kwantiteit	Eenheid	MKI per eenheid	MKI	Kwantiteit t.o.v. VA (tkm)	MKI t.o.v. VA
Transport, vrachtwagen (0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market for   Cut-off, U))	5.272.902	tkm	€ 0,016	€ 82.051,-	- 425.000	- € 6.613,-
<b>Totaal</b>				<b>€ 82.051,-</b>		<b>- € 6.613,-</b>

Product	VA				P1	
	Kwantiteit	Eenheid	kg CO <sub>2</sub> -eq per eenheid	ton CO <sub>2</sub> -eq	Kwantiteit t.o.v. VA (tkm)	ton CO <sub>2</sub> -eq t.o.v. VA
Transport, vrachtwagen (0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market for   Cut-off, U))	5.272.902	tkm	0,13	689	- 425.000	-55
<b>Totaal</b>				<b>689</b>		<b>- 55</b>



### Conclusie

Dit alternatief resulteert in een afname van € 1.146.706,- in MKI en een afname van de CO<sub>2</sub>-footprint (een reductie van 5.122 ton CO<sub>2</sub>-eq) ten opzichte van de VA. Concluderend kan gesteld worden dat dit alternatief een positief effect heeft.

### **5.2.2 P2 – Implementatie van een katalysator grading-systeem**

In de HDO-reactor komt tijdens het bedrijf fosfor vrij. Dit fosfor vormt een laag bovenin de reactor doordat de fosfor niet door de katalysator, welke in de reactor gebruikt wordt, kan penetreren. Deze fosforlaag veroorzaakt drukvallen in de reactor waardoor de katalysator in de reactor, en daarmee het hele proces, minder goed werkt. In de VA wordt dit probleem opgelost door upstream van deze reactor een 2<sup>e</sup> reactor te plaatsen.

Een alternatief om ook de minder goede werking van de gevormde fosforlaag tegen te gaan is het implementeren van een katalysator grading-systeem. Het voordeel hiervan, net zoals bij de techniek met de upstream reactor, is dat de katalysator veel langer mee gaat (12 maanden met i.p.v. 6 maanden zonder). Dit alternatief is potentieel goedkoper, duurzamer en zorgt voor minder operationele apparatuur dan de upstream tank.

Hiernaast is het voordeel van het gebruik van deze techniek dat het de mogelijkheid biedt over te stappen naar tweede-generatie grondstoffen in plaats van enkel eerste-generatie grondstoffen waardoor deze techniek tot zowel een groter duurzaamheidseffect als een hoger winstpotentieel kan leiden.

### Verbruik katalysator:

In alternatief P2 vervalt de 2<sup>e</sup> reactor upstream van de HDO-reactor, en daarmee ook de bijbehorende katalysator (katalysator Guard Reactor). Aan de 'katalysator HDO' worden drie extra lagen toegevoegd.

**Tabel 22: Effect van katalysator-grading (alternatief P2) op aangekochte goederen.**

Product	VA (Guard-katalysator + HDO-katalysator + isomerisatie + kraakreactor)				P2 (Guard-katalysator + HDO-katalysator + isomerisatie + kraakreactor)		
	Kwantiteit	Eenheid	MKI per eenheid	MKI	Kwantiteit t.o.v. VA (kg)	MKI per eenheid	MKI t.o.v. VA
Katalysator totaal	125.000	kg	€ 35,21	€4.325.301,-	- 51.000	€ 30,36	- € 2.163.587,-
<b>Totaal</b>				<b>€4.325.301,-</b>			<b>- € 2.163.587,-</b>

Product	VA (Guard-katalysator + HDO-katalysator + isomerisatie + kraak)				P2 (Aangepaste HDO-katalysator + isomerisatie)		
	Kwantiteit	Eenheid	kg CO <sub>2</sub> -eq per eenheid	ton CO <sub>2</sub> -eq	Kwantiteit t.o.v. VA (kg)	kg CO <sub>2</sub> -eq per eenheid	ton CO <sub>2</sub> -eq
Katalysator totaal	125.000	kg	61,31	7.532	- 51.000	59,40	- 3.302
<b>Totaal</b>				<b>7.532</b>			<b>- 3.302</b>



Effect op transportbewegingen per as:

**Tabel 23: Effect van katalysator-grading (alternatief P2) op het benodigde transport per as.**

Product	VA				P2	
	Kwantiteit	Eenheid	MKI per eenheid	MKI	Kwantiteit t.o.v. VA (tkm)	MKI t.o.v. VA
Transport, vrachtwagen (0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}  market for   Cut-off, U))	5.272.902	tkm	€ 0,016	€ 82.051,-	- 5.100	- € 79,-
<b>Totaal</b>				<b>€ 82.051,-</b>		<b>- € 79,-</b>

Product	VA				P2	
	Kwantiteit	Eenheid	kg CO <sub>2</sub> -eq per eenheid	ton CO <sub>2</sub> -eq	Kwantiteit t.o.v. VA (tkm)	CO <sub>2</sub> -eq t.o.v. VA (ton)
Transport, vrachtwagen (0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}  market for   Cut-off, U))	5.272.902	tkm	0,13	689	- 5.100	- 0,67
<b>Totaal</b>				<b>689</b>		<b>- 0,67</b>

Conclusie:

Dit alternatief resulteert in een afname van € 2.163.666,- in MKI en een afname van de CO<sub>2</sub>-footprint (een reductie van 3.303 ton CO<sub>2</sub>-eq) ten opzichte van de VA. Concluderend kan gesteld worden dat dit alternatief een positief effect heeft.

**5.3 T – Alternatief voor de aan- en afvoer van grond-, hulpstoffen en product**

De MKI en CO<sub>2</sub>-footprint van de in navolgende paragrafen beschreven varianten zijn berekend op basis van de gegevens uit de luchtkwaliteitsrapportage welke als onderdeel van de MER is opgesteld.

**5.3.1 T1 – Transport van bleekarde en gom per binnenvaartschip**

Recycle van de bleekarde is binnen Gunvor niet de corebusiness en wordt gedaan door externe verwerkers. Om de bleekarde en gom zo duurzaam mogelijk bij externe verwerkers te krijgen, kan er naar een alternatief voor een duurzamere transportmogelijkheid gekeken worden. Wat betreft transport van de bleekarde en gom wordt momenteel gekozen voor transport per as. Gezien de hoeveelheden is transport per (binnenvaart)schip mogelijk een optie.

Emissie naar de lucht

Wanneer de aanvoer van bleekarde en gom plaatsvindt per schip in plaats van per as, wordt de uitstoot van CO<sub>2</sub>-eq, NO<sub>x</sub> en fijnstof ten gevolge van de benodigde vrachtwagens geëlimineerd. Deze reductie in uitstoot bedraagt 18 kg NO<sub>x</sub>/jaar en 0,4 kg PM10/jaar, zie luchtkwaliteitsrapportage (tabel 7-4, Overzicht emissie VA).

Daarentegen vindt er wel emissie plaats ten gevolge van de scheepsbewegingen. De bijbehorende emissies bedragen 38 kg NO<sub>x</sub>/jaar en 7,7 kg PM10/jaar (zie luchtkwaliteitsrapportage, tabel 7-5, Overzicht emissie T1).



**Tabel 24: Effect van transport van bleekarde en gom per binnenvaartschip (alternatief T1).**

	VA				T1	
	Kwantiteit	Eenheid	MKI per eenheid	MKI	Kwantiteit t.o.v. VA (kg)	MKI t.o.v. VA
Nitrogen dioxide (010102-44-0)	18	kg	€ 3,28	€ 59,-	+ 20	€ 65,-
PM10 (Fine dust (Particulates, < 10 um (stationary)))	0,4	kg	€ 0,07	€ 0,03	+ 7,3	€ 0,54
<b>Totaal</b>				<b>€ 59,-</b>		<b>€ 66,-</b>

Het laden en lossen van de bleekarde en gom via een binnenvaartschip heeft ook een impact op de CO<sub>2</sub>-uitstoot. Deze CO<sub>2</sub>-uitstoot is voor dit alternatief T1 niet berekend.

Conclusie:

Door het doorvoeren van dit alternatief neemt de uitstoot van stikstofoxiden en fijnstof minimaal toe. Deze toename wordt voornamelijk veroorzaakt door de vaarmodus 'liggen' tijdens het laden en lossen.

**5.4 E – Alternatief/varianten met betrekking tot emissiereductie**

De MKI en CO<sub>2</sub>-footprint van de in navolgende paragrafen beschreven varianten zijn berekend op basis van de gegevens uit de luchtkwaliteitsrapportage welke als onderdeel van de MER is opgesteld, in combinatie met wijzigingen in hoeveelheden en/of typen grond-, hulp- en afvalstoffen.

**5.4.1 E1 – NO<sub>x</sub>-emissies**

De voornaamste NO<sub>x</sub>-emissies zijn afkomstig van de verschillende fornuizen die in bedrijf zijn. Deze fornuizen beschikken in de VA reeds over *low-NO<sub>x</sub> burners* (zie luchtkwaliteitsrapportage). Als variant op deze fornuizen wordt het toepassen van deNO<sub>x</sub>-installaties (op basis van selectieve katalytische reductie; SCR) onderzocht.

Selectieve katalytische reductie (SCR) is een proces dat wordt gebruikt om de rookgassen die ontstaan bij het verbrandingsproces te ontdoen van stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>) door het inspuiten van een mengsel van ureum en gedemineraliseerd water. Op deze manier maakt de SCR-techniek lagere NO<sub>x</sub>-emissies mogelijk dan 'low NO<sub>x</sub>'-branders. Voor alternatief E1 wordt aangenomen dat een concentratie van 30 mg/Nm<sup>3</sup> zal worden gehaald.

Echter, de lagere NO<sub>x</sub>-uitstoot door het toepassen van de SCR-techniek gaat gepaard met extra NH<sub>3</sub>-emissie. In alternatief E1 wordt aangenomen dat een concentratie van 5 mg/Nm<sup>3</sup> wordt gehaald.

Grondstoffenverbruik:

Voor de deNO<sub>x</sub>-installatie is een 40v%-ureumoplossing benodigd.

**Tabel 25: Effect van het toepassen van de deNO<sub>x</sub>-installatie (alternatief E1) op de aankoop van goederen en verwerking van afvalstoffen.**

Product	VA				E1	
	Kwantiteit	Eenheid	MKI per eenheid	MKI	Kwantiteit t.o.v. VA (kg)	MKI t.o.v. VA
40% ureum-oplossing <sup>10</sup>	0	kg	€ 0,13	€ 0,-	+ 13.000	+ € 1.000,-
<b>Totaal</b>				<b>€ 0,-</b>		<b>+ € 1.000,-</b>

<sup>10</sup>De stof Ureum was niet beschikbaar in EcoChain. Er is daarom gekozen voor vloeibare ammonia (ammonia production, steam reforming, liquid | ammonia, liquid | Europe - Ecoinvent v3.6 Cut-off). Om de 40% ureum-oplossing te modelleren, is de vloeibare ammonia opgelost in water (0289-fab&Water, drinkwater (o.b.v. Tap water {RER} | market group for | Cut-off, U) - Nationale Milieudatabase v3.3 (obv Ecoinvent 3.6).





**BILFINGER**

Product	VA				E1	
	Kwantiteit	Eenheid	kg CO <sub>2</sub> -eq per eenheid	kg CO <sub>2</sub> -eq	Kwantiteit t.o.v. VA (kg)	CO <sub>2</sub> -eq t.o.v. VA (ton)
40% ureum-oplossing <sup>5</sup>	0	kg	0,86	0	+ 13.000	+ 11
<b>Totaal</b>				<b>0</b>		<b>+ 11</b>

Emissie naar lucht:

**Tabel 26: Effect van het toepassen van de deNO<sub>x</sub>-installatie (alternatief E2) op de emissies naar lucht.**

Emissiecategorie	VA				E1	
	Kwantiteit	Eenheid	MKI per eenheid	MKI	Kwantiteit t.o.v. VA (kg)	MKI t.o.v. VA
Nitrogen oxides (011104-93-1)	11.500	kg	€ 3,28	€ 37.697,-	0	0
Ammonia	0	kg	€ 9,56	€ 0,-	+2.400	+ € 22.942,-
<b>Totaal</b>				<b>€ 37.697,-</b>		<b>+ € 22.942,-</b>

Transport:

Voor de variant E1 wordt aangenomen dat de 40v%-ureumoplossing wordt aangevoerd per vrachtwagen, met een transportafstand van 100 kilometer.

Product	VA				E1	
	Kwantiteit	Eenheid	MKI per eenheid	MKI	Kwantiteit t.o.v. VA	MKI t.o.v. VA
Transport, vrachtwagen (0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}  market for   Cut-off, U))	5.272.902	tkm	€ 0,016	€ 82.051,-	+ 1.300	+ € 20,-
<b>Totaal</b>				<b>€ 82.051,-</b>		<b>+ € 20,-</b>

Product	VA				E1	
	Kwantiteit	Eenheid	kg CO <sub>2</sub> -eq per eenheid	ton CO <sub>2</sub> -eq	Kwantiteit t.o.v. VA (tkm)	CO <sub>2</sub> -eq t.o.v. VA (ton)
Transport, vrachtwagen (0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}  market for   Cut-off, U))	5.272.902	tkm	0,13	689	+ 1.300	+ 0,17
<b>Totaal</b>				<b>689</b>		<b>+ 0,17</b>

Conclusie:

Dit alternatief resulteert in een toename van € 22.963,- in MKI ten opzichte van de VA. Concluderend kan gesteld worden dat dit alternatief een negatief effect heeft. In dit scenario is alleen gekeken naar de verandering in emissies en het gebruik van de katalysator, maar niet naar het effect van de katalysator en brandstof die wordt toegepast in de deNO<sub>x</sub>-installatie. Zowel de katalysator en brandstof zullen leiden tot een meer negatief effect dan het hier geschetste effect.

Daarnaast neemt de CO<sub>2</sub>-emissie toe met 11 ton CO<sub>2</sub>-eq. Dit is een Scope 3 emissie en wordt niet direct bij Gunvor uitgestoten.

### 5.5 Overzicht van de impact van de verschillende alternatieven/varianten

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de impact van de verschillende alternatieven en varianten.

**Tabel 27: Overzicht van de impact van de verschillende alternatieven en varianten.**

Variant/alternatief	Impact op MKI t.o.v. VA (€/jaar)	Impact op CO <sub>2</sub> t.o.v. VA (ton CO <sub>2</sub> -eq)
D1	+ € 36.348,-	+ 160
P1	- € 1.146.706	- 5.122
P2	- € 2.163.666,-	-3.303
T1*	+ € 79,-	-
E1	+ € 22.962,-	+11

\*Op basis van NO<sub>x</sub> en fijnstof hoeveelheden uit de luchtkwaliteitsrapportage.



**BILFINGER**

## 6 Voorkeursalternatief (VKA)

Zoals in het hoofddocument van onderhavige MER is beschreven, worden de volgende alternatieven (geheel of gedeeltelijk) welke invloed hebben op de milieukosten en CO<sub>2</sub>-footprint meegenomen in het voorkeursalternatief (VKA):

- D1: Recyclen van gom en bleekarde (afhankelijk van bedrijfseconomische situatie).
- P1: Combiclean in bleekproces.
- P2: Katalysator grading-systeem.

Deze alternatieven hebben geen significant effect op de luchtkwaliteit.

Dit hoofdstuk gaat in op de impact van het VKA. Deze is inzichtelijk gemaakt door de milieukosten indicator en de CO<sub>2</sub>-footprint te berekenen.

### 6.1 Veranderingen van de ingaande en uitgaande stromen (VKA) ten opzichte van de VA

In het voorgaande hoofdstuk is inzichtelijk gemaakt wat de veranderingen van de verschillende alternatieven zijn ten opzichte van de VA. Onderstaande tabel geeft een overzicht van de veranderingen in het VKA weer, op basis van alternatief P1 en P2, ten opzichte van de VA wat betreft het verbruik van utiliteiten, grondstofverbruik en emissies naar lucht en water.

Verbruik en Emissie	Eenheid	Kwantiteit VA	Kwantiteit VKA	Vershil
<b>Scope 3, cat. 1 - Aangekochte goederen en diensten</b>				
Bleekarde (activated bentonite/[GLO] market for activated bentonite - Ecoinvent v 3.4 Cut-off)	ton	21.250	17.000	- 20%
Katalysator totaal	ton	125	74	- 40%
<b>Scope 3, cat. 5 - Waste generated in Operations</b>				
Bleekarde (bleekarde + UCO plantaardig)	ton	28.600	23.600	- 17,5%
<b>Scope 3, cat. 4 - Upstream transport en distributie</b>				
Transport, vrachtwagen (0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}  market for   Cut-off, U))	tkm	5.272.902	4.842.739	- 8%

Voor alternatief D1 geldt dat de terugwinning van olie uit de gebruikte bleekarde niet binnen de grenzen van Gunvor plaatsvindt. Het overzicht van de veranderingen tussen het basisscenario en alternatief D1 zijn in de tabel hieronder weergegeven:



**BILFINGER**

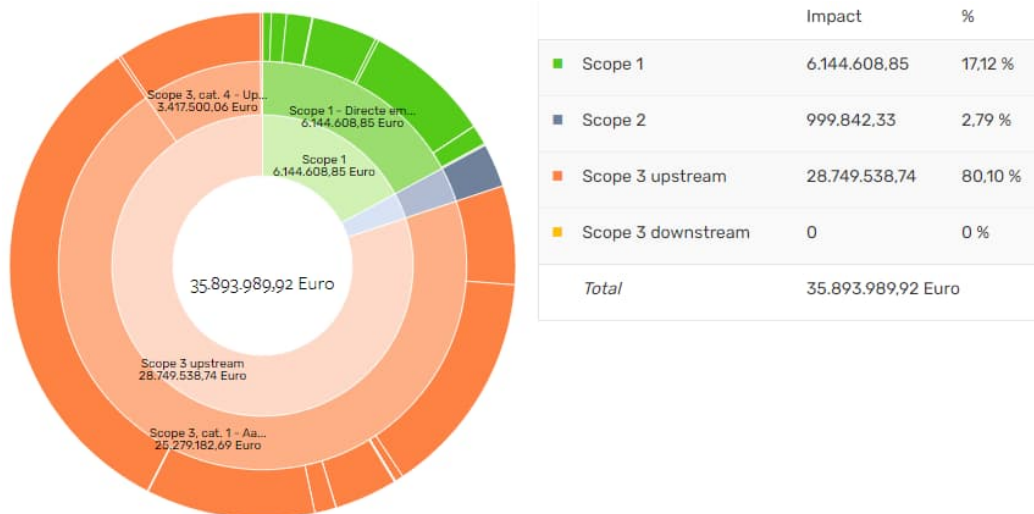
Verbruik en Emissie	Eenheid	Kwantiteit VA	Kwantiteit VKA	Vershil
<b>Scope 3, cat. 1 - Aangekochte goederen en diensten</b>				
market for hexane   hexane   Global	kg	0	286.000	+ 100%
<b>Scope 3, cat. 12 - End-of-life treatment of sold products</b>				
0297-avC&Verbranden organisch afval (4,29 MJ/kg) (o.b.v. Biowaste {GLO}) treatment of biowaste, municipal incineration   Cut-off, U)	ton	7.350	1.063	- 86%
<b>Scope 3, cat. 4 - Upstream transport en distributie</b>				
Transport, vrachtwagen (0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}) market for   Cut-off, U))	tkm	2.860.000	2.888.600	+ 1%

In de navolgende paragrafen is de impact van deze veranderingen uitgerekend en is de milieukosten indicator en CO<sub>2</sub>-footprint voor het gehele VKA inzichtelijk gemaakt.

## 6.2 Resultaten Voorkeursalternatief

### 6.2.1 Scope 1, 2 en 3

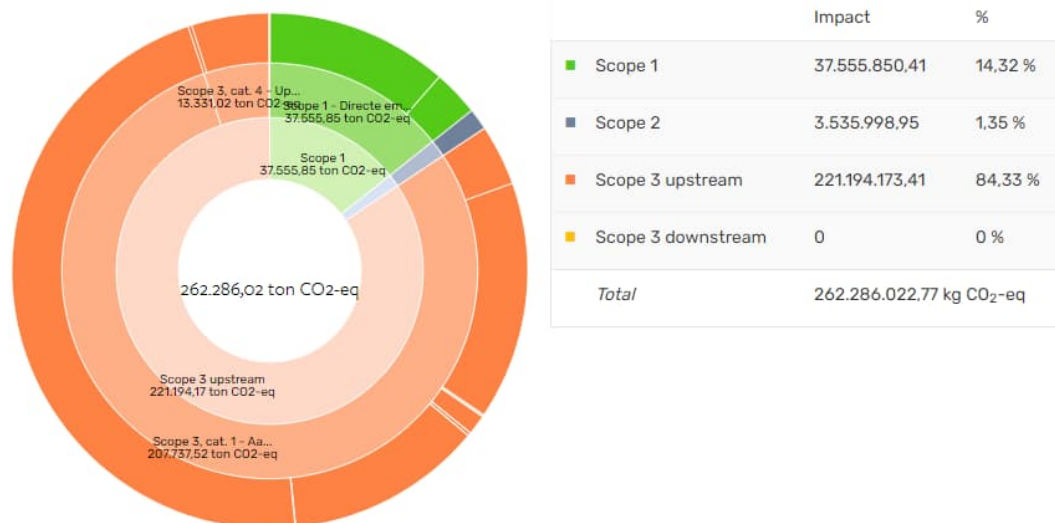
In overeenstemming met de resultaten van de impactberekeningen van de VA (zie hoofdstuk 4) is eerst op hoog niveau de impact per scope beschouwd. Wanneer de totale milieu-impact (MKI) wordt beschouwd wordt duidelijk dat ook in het VKA het overgrote deel van de impact zit in de scope 3 (80%). Daarnaast wordt ook het grootste deel van de CO<sub>2</sub>-emissies veroorzaakt door de productie en het transport van de grondstoffen (84%).



Figuur 9. MKI per scope VKA (bron: © Ecochain Technologies (B.V.))



**BILFINGER**



Figuur 10. CO<sub>2</sub> per scope VKA (bron: © 2022 Ecochain Technologies (B.V.))

De hierboven weergegeven figuren geven een duidelijk beeld van de verdeling van de impact per scope. Wanneer de totale milieukosten (MKI) wordt beschouwd dan wordt duidelijk dat het overgrote deel van de impact in scope 3 zit. In de onderstaande tabel zijn de MKI en CO<sub>2</sub>-footprint per scope weergegeven.

Tabel 28. MKI en CO<sub>2</sub> footprint per scope VKA

Scope	MKI (€/jaar)	CO <sub>2</sub> -footprint (kg CO <sub>2</sub> -eq/jaar)
Scope 1	6.144.609	37.555.850
Scope 2	999.842	3.535.999
Scope 3	28.749.539	221.194.173
<b>Totaal</b>	<b>€ 35.893.990</b>	<b>262.286.023 kg CO<sub>2</sub>-eq</b>

### 6.2.2. Hernieuwbare diesel/SAF

De totale milieukosten voor het produceren van 1 ton hernieuwbare diesel/SAF worden berekend door de totale MKI van € 33.918.036 (€ 35.893.990,- minus MKI "Tussenproduct Voorbehandelde olie export" € 1.975.954,-) te delen door de totaal geproduceerde hoeveelheid diesel/SAF van 650 kiloton. De MKI van 1 ton hernieuwbare diesel/SAF is € 52,18,-.

De totale CO<sub>2</sub>-footprint voor het produceren van 1 ton hernieuwbare diesel/SAF wordt berekend door de totale CO<sub>2</sub>-footprint van 247.586 ton CO<sub>2</sub>-eq (262.286 ton CO<sub>2</sub>-eq minus de CO<sub>2</sub>-footprint voor "Tussenproduct Voorbehandelde olie export" van 14.700 ton CO<sub>2</sub>-eq) te delen door de totaal geproduceerde hoeveelheid diesel/SAF van 650 kiloton. De CO<sub>2</sub>-footprint van 1 ton hernieuwbare diesel/SAF betreft 0,381 ton CO<sub>2</sub>-eq.

### 6.3 Samenvatting VKA ten opzichte van de VA

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de totale MKI en de totale CO<sub>2</sub>-emissies in zowel de VA als het VKA (op basis van alternatief P1 en P2). Tevens wordt het verschil aangegeven.

Impact	Resultaat
--------	-----------



**BILFINGER**

<b>Totale MKI VA van de fabriek</b>	€ 38.630.839,-
<b>Totale MKI VKA van de fabriek</b>	€ 35.593.990,-
<b>Vershil VKA t.o.v. VA</b>	- € 3.036.849,-
<b>Totale CO<sub>2</sub>-eq VA (ton)</b>	268.149
<b>Totale CO<sub>2</sub>-eq VKA (ton)</b>	262.286
<b>Vershil VKA t.o.v. VA (ton)</b>	- 5.864
<b>MKI per ton hernieuwbare diesel in VA</b>	€ 56,39
<b>MKI per ton hernieuwbare diesel in VKA</b>	€ 52,18
<b>Vershil VKA t.o.v. VA</b>	- € 4,21
<b>kg CO<sub>2</sub>-eq per ton hernieuwbare diesel in VA</b>	418
<b>kg CO<sub>2</sub>-eq per ton hernieuwbare diesel in VKA</b>	380
<b>Vershil VKA t.o.v. VA</b>	-38

Het VKA heeft zowel een gunstiger MKI (- 8%) als CO<sub>2</sub>-footprint (-2%) per ton hernieuwbare diesel. De afname van de CO<sub>2</sub>-footprint in het VKA resulteert in een gunstiger verhouding van de CO<sub>2</sub>-footprint van 1 ton hernieuwbare diesel/SAF (0,381 ton CO<sub>2</sub>-eq). Uitgaande van 44<sup>11</sup> MJ/kg HVO, komt er bij de productie van 1 MJ HVO 8,66 g CO<sub>2</sub> vrij.

De berekening van de verhouding van de CO<sub>2</sub>-uitstoot van diesel (fossiel) versus hernieuwbare diesel/SAF laat zien tot welke broeikasreductie de geproduceerde biobrandstoffen (hernieuwbare diesel/SAF) leiden in vergelijking met het fossiele (diesel) alternatief.

Bij de productie van 1 ton diesel komt er 0,525<sup>12</sup> ton CO<sub>2</sub> vrij. Ervan uitgaande dat er 43,1<sup>13</sup> MJ/kg diesel zit, komt er bij de productie van 1 MJ diesel 12,18 g CO<sub>2</sub> vrij.

De reductie is dan:

$$CO_2 - \text{reductie} = \frac{CO_{2,diesel} - CO_{2,HVO}}{CO_{2,diesel}} \times 100\% = \frac{(12,18 - 8,66)}{12,18} \times 100\% = 29\%$$

<sup>11</sup> "20 LCA's van brandstof-machine combinaties", TNO 2018 R10658, TNO-rapport, L. Kootstra MSc (2018).

<sup>12</sup> © 2022 Ecochain technologies B.V. (diesel/[RER] market group for diesel)

<sup>13</sup> "20 LCA's van brandstof-machine combinaties", TNO 2018 R10658, TNO-rapport, L. Kootstra MSc (2018).



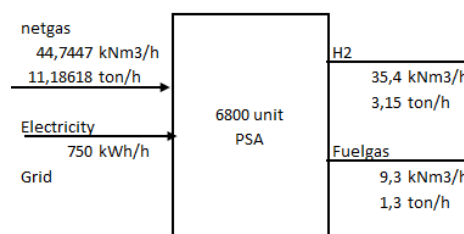
## 7 Bijlage 1 Berekening CO<sub>2</sub> factor van de waterstof uit de waterstofrijke afgassen

De benodigde hoeveelheid waterstof is vastgesteld op 34.700 ton. De CO<sub>2</sub>-factor is van deze waterstof is berekend conform de RED II methode voor Blauwe waterstof op basis van het GHG-protocol door MEO Carbon Solutions. Deze berekeningen zijn terug te vinden in figuur 11.

De berekening is uitgevoerd door MEO. MEO is een zusterfirma van de ISCC-organisatie die binnen de ISCC-certificering systeem een belangrijke rol vervult in de GHG-emissies berekeningen. MEO is geselecteerd om de berekeningen te doen om een objectieve berekening en correcte bepaling (met de ISCC-regels) te krijgen van de GHG-emissies. Deze berekeningen zijn mede nodig om de Ep waarde voor de HVO/SAF unit te bepalen. Voor deze bepalingen zullen ook audits plaatsvinden om te bepalen of dit overeenkomstig is met de ISCC-regels. Alle berekeningen zijn zonder issues akkoord bevonden door onafhankelijke audits gerelateerd aan de ISCC certificering.

De totale H<sub>2</sub>-emissie factor wordt bepaald in de PSA\_6800 Unit. De PSA wordt gevoed met Platformer netgas (vanuit de 6300 unit) en elektriciteit van het grid. De PSA gebruikt alleen elektriciteit en geen fuel gas. De producten die gemaakt worden zijn H<sub>2</sub> en Fuelgas (FG).

De yields zijn gebaseerd op historische actuele waarden op basis van een massabalans. Deze worden omgerekend naar MJ/jaar. Het elektriciteitsverbruik van PSA 6800 is gesteld op 750 kWh/uur. Dit is gebaseerd op vendor aanbiedingen. Alle stappen hebben een CO<sub>2</sub>-uitstoot tot gevolg.



Figuur 11 Overzicht ingaande en uitgaande stromen relevant voor de CO<sub>2</sub> berekening

Om het netgas te maken is er ook CO<sub>2</sub>-uitstoot. Dit is bepaald in de berekening Platformer\_6300 Unit. De Platformer is een overall FG producer. Dus er wordt meer FG gemaakt dan geconsumeerd. De allocatie van de FG-productie is meegenomen in de netgas (allocatie factor van 0.10. Dit is ongeveer 0.03 H<sub>2</sub> (typische H<sub>2</sub> yield van een Reformer) en 0.07 FG). Dit FG wordt gebruikt in de unit zelf. Dit wordt door MEO in de berekening als een circulair proces gezien. Dit is de reden dat FG-emissie op 0 is gezet. Hierdoor wordt mogelijke dubbeltelling voorkomen.

Figuur 11. Berekening CO<sub>2</sub> factor van waterstof H<sub>2</sub>

### GHG calculation for Blue Hydrogen production under RED II methodology






■ = Feedstock      ■ = Process inputs      ■ = Main output product  
■ = Process waste      ■ = System boundaries for GHG calculation plus transport  
■ = Co-Products      ■ = Transport of feedstocks and outputs

Please enter actual data in white cells. Please refer to the attached units when entering your data. Data should be representative for the actual operation of the plant in one year of operation (if possible).

---

General Data

Address			Source		Comment
Name			Company Data		Simulation for year 2027
Street, Number			Company Data		Simulation for year 2027
Postal Code, City					
Country					
Contact person					
Time period of data input			Source		Comment
Initial date	2027-01-01	YYYYMMDD	Company Data		Simulation for year 2027
Ending date	2027-12-31	YYYYMMDD	Company Data		Simulation for year 2027
Production capacity			Source		Comment
Production capacity of the processing unit		1/year	Missing		Outputs of all products?
Plant utilisation	8.760	hours/year	Missing		Could you tell the plant utilisation hours?

---

Output products at 6100 & 6200 Units

Outputs			Source		Comment
<b>LPG</b>					
Total production of LPG	61.320	t/year	Company Data		
	2.820.720.000	MJ/year	Calculated		
Lower heating value of LPG	46,0	MJ/kg	Massima Massa. Experimental analysis on a spark ignition petrol engine fuelled with LPG (liquefied petroleum gas), Energy, Volume 41, Issue 1, 2012, Pages 252-260. ISSN 0960-5442. <a href="https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.05.029">https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.05.029</a> . <a href="https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.05.029">https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.05.029</a>		
<b>LTN</b>					
Total production of LTN	438.000	t/year	Company Data		Assuming LHV of Naphtaha
	19.140.800.000	MJ/year	Company Data		
Lower heating value of LTN	44	MJ/kg	Company Data		
	44	MJ/kg	IRC Scientific and Policy Reports. Review of input database to calculate "Default GHG emissions", following expert consultation 22-23 November 2011, Ispra (Italy)		
<b>C7+*</b>					
Total production of C7+*	1.076.604	t/year	Company Data		Assuming LHV of Naphtaha
	47.047.594.800	MJ/year	Company Data		
Lower heating value of C7+*	44	MJ/kg	Company Data		
	44	MJ/kg	IRC Scientific and Policy Reports. Review of input database to calculate "Default GHG emissions", following expert consultation 22-23 November 2011, Ispra (Italy)		
<b>Total Production of outputs</b>	<b>69.008.914.800</b>	<b>MJ/year</b>			
	1.575.924	t/year			

---

Elastic and rigid inputs

Elastic inputs			Source		Comment
<b>Naphtaha</b>					
Consumption of Naphtaha at Oxystripper&NHT and Fractionation Units	1.576.800	t/year	Company Data, Calculated		
	68.906.160.000	MJ/year	Company Data, Calculated		
Lower heating value	44	MJ/kg	Company Data		
	44	MJ/kg	IRC Scientific and Policy Reports. Review of input database to calculate "Default GHG emissions", following expert consultation 22-23 November 2011, Ispra (Italy)		
<b>Electricity</b>					
Electricity consumption	17.625.120	kWh/year	Company Data		
Origin of the electricity		Grid			
<b>Fuel Gas</b>					
Fuel Gas Consumption	524.724	GJ/h			
<b>H2</b>					
Hydrogen Consumption	395.952	kg/year			
Emission factors of elastic inputs			Source		Comment
Naphtaha	0,74	kg CO <sub>2</sub> eq/kg	Ecoinvent, version 3.9.1 (2022), market for naphtaha, RER, (Author: Hees Jungho/In)   IPCC 2021, GWP 100		
Electricity from Grid	99,90	g CO <sub>2</sub> eq/MJ	Calculation: MCS		
Fuel gas	0	kg CO <sub>2</sub> eq/kWh	Annex to the Commission Delegated Regulation supplementing Directive EU 2018/2001. (GHG DA RFNBOs)_Netherlands		Circular Process
H2	0,00	kg CO <sub>2</sub> eq/kg	Company Data		Circular Process
	0,00	kg CO <sub>2</sub> eq/kg	Company Data		
Emissions of elastic inputs			Share in %		Comment
Emissions from Naphtaha	1.166.390.496	kg CO <sub>2</sub> eq/year	99.3%		
Emissions from Electricity	6.338.191	kg CO <sub>2</sub> eq/year	0.5%		
Emissions from Fuel Gas	0	kg CO <sub>2</sub> eq/year	0.0%		
Emissions from H2	1.389.552	kg CO <sub>2</sub> eq/year	0.1%		
<b>Total emissions from elastic inputs per year</b>	<b>1.174.118.239.52</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>eq/year</b>	<b>99.9%</b>		
Rigid inputs			Source		Comment
<b>No rigid inputs identified. Please specify if applicable.</b>					
<b>Inputs existing use or fate (based on best carbon content)</b>					
<b>No inputs existing use or fate identified. Please specify if applicable.</b>					
Total emissions from rigid and elastic inputs			Source		Comment
Emissions from elastic inputs	1.174.118.239.52	kg CO <sub>2</sub> eq/year			
Emissions from rigid inputs	0,00	kg CO <sub>2</sub> eq/year			
Emissions from inputs' existing use or fate	0,00	kg CO <sub>2</sub> eq/year			





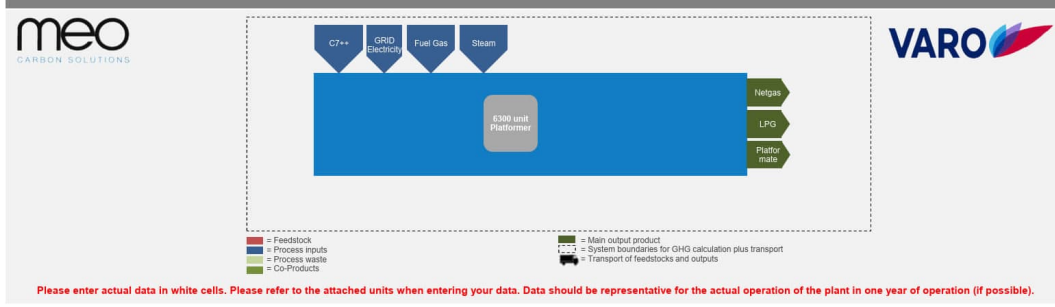
# BILFINGER

<b>Total emissions from inputs</b>		1,174,118,239.52	kg CO2eq/year
<b>Upstream Transport Emissions (eu)</b>			
<b>Upstream transport</b>			
Upstream transport are considered negligible due to short distance between processing units. No outputs are sold externally.			
<b>Processing emissions</b>			
<b>Processing emissions (ep)</b>		No wastes or leakages identified in this process hence the process emissions are considered to be zero	
		Comment	
		MCS: Any emissions from combustion?	
<b>Elastic and rigid inputs emissions per year before allocation</b>			
<b>Elastic and rigid inputs emissions total</b>		1,174,118,239.52	kg CO2eq/year
<b>Calculation of energetic value of outputs</b>			
LPG	2,820,720,000	MJ/year	
LTN	19,140,800,000	MJ/year	
C7++	47,047,594,800	MJ/year	
<b>Total energy content of all outputs</b>	<b>69,008,914,800</b>	<b>MJ/year</b>	
<b>Allocation factors</b>			
LPG	0.04		
LTN	0.28		
C7++	0.68		
<b>Elastic and rigid inputs emissions per Output after allocation</b>			
LPG	0.78	kg CO2eq/kg LPG	
LTN	0.74	kg CO2eq/kg LTN	
C7++	0.74	kg CO2eq/kg C7++	
<b>Downstream Transport Emissions (eu)</b>			
<b>Downstream transport</b>			
Downstream transport are considered negligible due to short distance between processing units. No outputs are sold externally.			
<b>Total emissions LPG</b>			
Emissions from elastic inputs (E)	0.78	kg CO2eq/kg LPG	
<b>Total emissions LPG</b>	<b>0.78</b>	<b>kg CO2eq/kg LPG</b>	
<b>Total emissions LTN</b>			
Emissions from elastic inputs (E)	0.74	kg CO2eq/kg LTN	
<b>Total emissions LTN</b>	<b>0.74</b>	<b>kg CO2eq/kg LTN</b>	
<b>Total emissions C7++</b>			
Emissions from elastic inputs (E)	0.74	kg CO2eq/kg C7++	
<b>Total emissions C7++</b>	<b>0.74</b>	<b>kg CO2eq/kg C7++</b>	



**BILFINGER**

GHG calculation for Blue Hydrogen production under RED II methodology



Please enter actual data in white cells. Please refer to the attached units when entering your data. Data should be representative for the actual operation of the plant in one year of operation (if possible).

General Data			Address		Time period of data input		Production capacity		Plant utilisation		Source		Comment	
			Name		Initial date		Production capacity of the processing unit		Plant utilisation		Company Data		Simulation for year 2027	
			Street, Number		Ending date						Company Data		Simulation for year 2027	
			Postal Code, City								Missing		Could you tell the plant utilisation hours?	
			Country											
			Contact person											

Output products at Platformer			Outputs		Source		Comment	
			Netgas		Company Data, Calculated		Considering 6760 h plant running time per year	
			Total production of Netgas					
			Lower heating value of Netgas				Assuming Netgas as Natural gas	
			LPG		Company Data, Calculated			
			Total production of LPG					
			Lower heating value of LPG				Massimo Mei, Experimental analysis on a spark ignition petrol engine fuelled with LPG (liquefied petroleum gas), Energy, Volume 41, Issue 1, 2012, Pages 353-360	
			Platformate		Company Data, Calculated			
			Total production of Platformate				IRC Scientific and Policy Reports: Review of input database to calculate "Default GHG emissions", following expert consultation 22-23 November 2011. <a href="#">Issue 03a.xlsx</a>	
			Lower heating value of Platformate				Assuming the LHV of naphtha	
			Total Production of outputs					

Elastic and rigid inputs			Elastic inputs		Source		Comment	
			C7++		Company Data, Calculated			
			Consumption of C7++ at Platformer Unit					
			Electricity		Company Data, Calculated			
			Electricity consumption					
			Origin of the electricity		Grid			
			Fuel Gas		Company Data, Calculated			
			Fuel Gas Consumption					
			Steam		Company Data, Calculated			
			Steam Consumption					
			Emission factors for elastic inputs		Intensity from 6100 & 6200 Units_Calculator			
			C7++		Calculation, MCS			
			Electricity from Grid		Annex to the Commission Delegated Regulation supplementing Directive EU 2018/2001. (GHG DA RP/HBOA)_Netherlands			
			Fuel gas		Company Data		Circular Process	



# BILFINGER

Elast	Steam	0,06	kg CO2MJ	Company Data - cad EF blueH2_Sheet	
	<b>Emissions of elastic inputs</b>			<b>Share in <math>E_p</math></b>	
	Emissions from C7++	0 468.161,83	kg CO <sub>2</sub> e/year	91,9%	
	Emissions from Electricity consumption for the Unit	3.221.365,83	kg CO <sub>2</sub> e/year	1,5%	
	Emissions from Flue Gas	0,00	kg CO <sub>2</sub> e/year	0,0%	
	Emissions from Steam	57.687.263,48	kg CO <sub>2</sub> e/year	6,6%	
	<b>Total emissions from elastic inputs per year</b>	<b>4 1.376.791,14</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>e/year</b>		
	<b>Rigid inputs</b>			<b>Source</b>	<b>Comment</b>
	No rigid inputs identified. Please specify if applicable.				Not applicable
	<b>Inputs' existing use or fate (E<sub>inputs</sub>) (only carbon content)</b>			<b>Source</b>	<b>Comment</b>
No inputs existing use or fate identified. Please specify if applicable.				Not applicable	
<b>Total emissions from rigid and elastic inputs</b>					
Emissions from elastic inputs	4 1.376.791,14	kg CO <sub>2</sub> e/year			
Emissions from rigid inputs	0,00	kg CO <sub>2</sub> e/year			
Emissions from Inputs' existing use or fate	0,00	kg CO <sub>2</sub> e/year			
<b>Total emissions from inputs</b>	<b>4 1.376.791,14</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>e/year</b>			
<b>Upstream Transport Emissions (e<sub>u</sub>)</b>					
Upstream transport					
Upstream transport are considered negligible due to short distance between processing units. No outputs are sold externally.					
<b>Processing emissions (e<sub>p</sub>)</b>					
Processing emissions (ep)					
No wastes or leakages identified in this process hence the process emissions are considered to be zero					
Comment: Are there any emissions from Combustion?					
Allocation	<b>Elastic and rigid inputs emissions per year before allocation</b>				
	Elastic and rigid inputs emissions total	4 1.376.791,14	kg CO <sub>2</sub> e/year		
	<b>Calculation of energetic value of outputs</b>				
	Netgas	4.703.489.280	MJ/year		
	LPG	926.808.000	MJ/year		
	Platformate	41.879.632.800	MJ/year		
	<b>Total energy content of all outputs</b>	<b>47.509.930.080</b>	<b>MJ/year</b>		
	<b>Allocation factors</b>				
	Netgas	0,10			
	LPG	0,02			
Platformate	0,88				
<b>Elastic and rigid inputs emissions per Output after allocation</b>					
Netgas	0,88	kg CO <sub>2</sub> e/kg Netgas			
LPG	0,04	kg CO <sub>2</sub> e/kg LPG			
Platformate	0,80	kg CO <sub>2</sub> e/kg Platformate			
<b>Downstream Transport Emissions (e<sub>d</sub>)</b>					
Downstream transport					
Downstream transport are considered negligible due to short distance between processing units. No outputs are sold externally.					
Total Emissions	<b>Total emissions Netgas</b>				
	Emissions from elastic inputs (E <sub>i</sub> )	0,88	kg CO <sub>2</sub> e/kg Netgas		
	<b>Total emissions Netgas</b>	<b>0,88</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>e/MJ Netgas</b>		
	<b>Total emissions LPG</b>				
	Emissions from elastic inputs (E <sub>i</sub> )	0,04	kg CO <sub>2</sub> e/kg LPG		
	<b>Total emissions LPG</b>	<b>0,04</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>e/MJ LPG</b>		
	<b>Total emissions Platformate</b>				
	Emissions from elastic inputs (E <sub>i</sub> )	0,80	kg CO <sub>2</sub> e/kg Platformate		
	<b>Total emissions Platformate</b>	<b>0,80</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>e/kg Platformate</b>		



# BILFINGER

### GHG calculation for Blue Hydrogen production under RED II methodology

■ = Feedstock    ■ = Process inputs    ■ = Main output product  
■ = Process waste    ■ = Co-Products       = System boundaries for GHG calculation plus transport  
→ = Transport of feedstocks and outputs

Please enter actual data in white cells. Please refer to the attached units when entering your data. Data should be representative for the actual operation of the plant in one year of operation (if possible).

General Data					
Address	Name				
	Street, Number				
	Postal Code, City				
	Country				
	Contact person				
Time period of data input				Source	
Initial date		2027-01-01	YYYYMMDD	Company Data	
Ending date		2027-12-31	YYYYMMDD	Company Data	
Production capacity				Source	
Production capacity of the processing unit			1 H <sub>2</sub> /year		
Plant utilisation		8.760	hours/year	Could you tell the plant utilisation hours?	
Outputs					
Product				Source	
H <sub>2</sub>				Company Data	
Total production of H <sub>2</sub>		27.594	t/year	Calculated, Company Data	
Lower heating value of H <sub>2</sub>		3.311.280.000	MJ/year	Considering 8760 h plant running time per year	
Co-product				RED II page 63	
Fuel gas				Source	
Total production of Fuel gas		11.213	ton/year	Company Data	
Lower heating value of Fuel gas		538.214.400	MJ/year	Fuel gas used as an input for internal process, no emissions allocated to fuel gas Customer rule: Q35 yearly value 99 follows: Have to be calculated more accurately depends on the supplier data Assuming Natural gas as Fuel Gas	
Elastic and rigid inputs				Source	
Elastic inputs				Source	
Netgas				Source	
Consumption of Netgas at PSA unit		97.989	t/year	Company Data, Calculated	
Electricity				Source	
Electricity consumption		6.570.000	kWh/year	Company Data	
Origin of the electricity		Grid			
Emissions from elastic inputs				Source	
Netgas		0,88	kg CO <sub>2</sub> e/kg Netgas	Calculation, MCS	
Electricity from Grid		0,36	kg CO <sub>2</sub> e/kWh	Annex to the Commission Delegated Regulation supplementing Directive EU 2018/2001. (GHG DA RFI/BOs), Netherlands	
Electricity from Grid		99,80	g CO <sub>2</sub> e/MJ		
Emissions of elastic inputs				Share as %	
Emissions from Netgas		86.206.416,08	kg CO <sub>2</sub> e/year	97,3%	
Emissions from Electricity		2.362.845,76	kg CO <sub>2</sub> e/year	2,7%	
Total emissions from elastic inputs per year		88.569.261,86	kg CO <sub>2</sub> e/year		
		26,77	g CO <sub>2</sub> e/MJ H <sub>2</sub>		
		3,21	kg CO <sub>2</sub> e/kg H <sub>2</sub>		
Rigid inputs				Source	
No rigid inputs identified. Please specify if applicable.				Not applicable	
Inputs: existing use or fate (ie. already carbon content)				Source	
No inputs existing use or fate identified. Please specify if applicable.				Not applicable	
Total emissions from rigid and elastic inputs				Source	
Emissions from elastic inputs		88.629.081,86	kg CO <sub>2</sub> e/year		
Emissions from rigid inputs		0,00	kg CO <sub>2</sub> e/year		
Emissions from inputs' existing use or fate		0,00	kg CO <sub>2</sub> e/year		
Total emissions from inputs		88.629.081,86	kg CO <sub>2</sub> e/year		
		26,77	g CO <sub>2</sub> e/MJ H <sub>2</sub>		
		3,21	kg CO <sub>2</sub> e/kg H <sub>2</sub>		
Upstream Transport Emissions (t <sub>u</sub> )				Source	
Upstream transport				Upstream transport are considered negligible due to short distance between processing units. No outputs are sold externally.	
Processing emissions (t <sub>p</sub> )				Source	
Processing emissions (ep)					



**BILFINGER**

No wastes or leakages identified in this process hence the process emissions are considered to be zero												
Allocation	<b>Elastic and rigid inputs emissions per year before allocation</b>											
	Elastic and rigid inputs emissions total	68.620.061,86	kg CO <sub>2</sub> e/year									
	<b>Calculation of energetic value of outputs</b>											
	H <sub>2</sub>	3.311.280.000	MJ/year									
	Fuel gas	538.214.400	MJ/year									
	<b>Total energy content of all outputs</b>	<b>3.311.280.000</b>	<b>MJ/year</b>									
	<b>Allocation factors</b>											
	H <sub>2</sub>	1,00										
	<b>Elastic and rigid inputs emissions per kg Output after allocation</b>											
	Elastic and rigid inputs emissions	3,2	kg CO <sub>2</sub> e/kg H <sub>2</sub>									
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Source</th> <th>Comment</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Company Data</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Company Data</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Source		Comment	Company Data			Company Data		
Source		Comment										
Company Data												
Company Data												
Downstream Transport Emissions (e <sub>2</sub> )	<b>Downstream Transport of H<sub>2</sub></b>											
	H <sub>2</sub>											
	Type of transport	Pipeline										
	Quantity transported	27.594	t/year									
	Total distance	500	km									
	<b>Emission factors downstream transport</b>											
	Emission factor Pipeline transport	0,585	kg CO <sub>2</sub> e/kg H <sub>2</sub>									
	<b>Emissions downstream transport</b>											
	Total emission for H <sub>2</sub>	8.209,215	kg CO <sub>2</sub> e/year									
		2,5	g CO <sub>2</sub> e/MJ H <sub>2</sub>									
	0,3	kg CO <sub>2</sub> e/kg H <sub>2</sub>										
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Source</th> <th>Comment</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">G. Di Lullo, T. Gwaa, A. Okunobu, M. Davis, T. Mehed, A.O. Oni, A. Kumar, Large-scale long-distance land-based hydrogen transportation systems: A comparative techno-economic and greenhouse gas emission assessment, International Journal of Hydrogen Energy, Volume 47, Issue 83, 2022, Pages 35293-35319, ISSN 0360-3199, https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.08.131 (https://www.scienceirect.com/science/article/pii/S0360319922345284)</td> <td>Gaseous H<sub>2</sub> pipeline 1000km; Share of emissions calculated based on km</td> </tr> </tbody> </table>				Source		Comment	G. Di Lullo, T. Gwaa, A. Okunobu, M. Davis, T. Mehed, A.O. Oni, A. Kumar, Large-scale long-distance land-based hydrogen transportation systems: A comparative techno-economic and greenhouse gas emission assessment, International Journal of Hydrogen Energy, Volume 47, Issue 83, 2022, Pages 35293-35319, ISSN 0360-3199, https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.08.131 (https://www.scienceirect.com/science/article/pii/S0360319922345284)		Gaseous H <sub>2</sub> pipeline 1000km; Share of emissions calculated based on km			
Source		Comment										
G. Di Lullo, T. Gwaa, A. Okunobu, M. Davis, T. Mehed, A.O. Oni, A. Kumar, Large-scale long-distance land-based hydrogen transportation systems: A comparative techno-economic and greenhouse gas emission assessment, International Journal of Hydrogen Energy, Volume 47, Issue 83, 2022, Pages 35293-35319, ISSN 0360-3199, https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.08.131 (https://www.scienceirect.com/science/article/pii/S0360319922345284)		Gaseous H <sub>2</sub> pipeline 1000km; Share of emissions calculated based on km										
Total Emissions	<b>Total emissions H<sub>2</sub></b>											
	Emissions from elastic inputs (E <sub>1</sub> )	3,21	kg CO <sub>2</sub> e/kg H <sub>2</sub>									
	Emissions from fuel in use (E <sub>u</sub> )	0,00	kg CO <sub>2</sub> e/kg H <sub>2</sub>									
	Emissions from upstream and downstream transport and distribution	0,30	kg CO <sub>2</sub> e/kg H <sub>2</sub>									
	<b>Total emissions H<sub>2</sub></b>	<b>3,51</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>e/kg H<sub>2</sub></b>									