

Opdrachtgever: **Gunvor Energy Rotterdam B.V.**
Project: **HVO-project**



Milieukosten & CO₂ footprint analyse

HVO-project

Gunvor Energy Rotterdam B.V.

Bilfinger Tebodin Netherlands B.V.

Spoorstraat 7
3112 HD Schiedam
Postbus 922
3100 AX Schiedam

Auteur: M. Post

- Telefoon: +31 6 22 51 17 85
- E-mail: michelle.post@bilfinger.com

19 januari 2023

Ordernummer: T56008.02

Documentnummer: 3512001

Revisie: G



BILFINGER

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 ₂ 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

1	Inleiding	4
1.1	Aanleiding	4
1.2	MER	4
1.3	Aanpak	5
1.3.1	VA	5
1.3.2	Alternatieven en varianten	5
1.3.3	VKA	5
1.3.4	Toelichting rapportage	5
2	Methodologie	6
2.1	Levenscyclusanalyse	6
2.1.1	Milieueffecten	6
2.1.2	Milieukosten indicator (MKI)	6
2.2	Scope	8
2.3	Scope MKI en CO ₂ footprint Hydrotreated Vegetable Oil (HVO)-installatie	8
2.4	Schematische weergave inkomende- en uitgaande stromen	9
3	Invoergegevens Voorgenomen Activiteit (VA)	10
3.1	Inkomende stromen	10
3.1.1	Utiliteiten	10
3.1.2	Hulpstoffen voor productie	11
3.1.3	Grondstoffen	12
3.1.3.1	Grondstoffen voor productie diesel, Sustainable Aviation Fuel (SAF), nafta en propaan	12
3.2	Uitgaande stromen	13
3.2.1	Eindproducten	14
3.2.2	Emissie naar de lucht	14
3.2.3	Emissies naar het water	15
3.2.4	Reststromen (Afval)	15
3.2.5	Overzicht inkomende en uitgaande stromen	16
4	Resultaten Voorgenomen activiteit (VA)	17
4.1	Scope 1,2 en 3	17
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
5	Varianten ten opzichte van de VA	27
5.1	D – Duurzaamheid	27
5.1.1	D1 – Terugwinnen van olie uit gom en gebruikte bleekaarde (verwerken door derden)	27
5.1.1.1	Gebruikte bleekaarde	27
5.2	P – Alternatief in het productieproces	29
5.2.1	P1 – Combiclean methode in het bleekproces	29
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	32
5.3.1	T1 – Transport van bleekaarde en gom per binnenvaartschip	32
5.4	E – Alternatief/varianten met betrekking tot emissiereductie	32
5.4.1	E1 – VOS- en ZZS-emissies vanuit installaties	32
5.4.2	E2 – NO _x -emissies	33
5.5	Overzicht van de impact van de verschillende alternatieven/varianten	35
6	Voorkeursalternatief (VKA)	36
6.1	Veranderingen van de ingaande en uitgaande stromen ten opzichte van de VA	36
6.2	Resultaten Voorkeursalternatief	37
6.2.1	Scope 1, 2 en 3	37
6.3	Samenvatting VKA ten opzichte van de VA	40



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.

Gunvor is voornemens een nieuwe Hydrotreated Vegetable Oil (HVO)-installatie voor de deoxygenering/dewaxing en kraken met waterstof van biologische oliën en vetten te realiseren, welke gedeeltelijk afvalstoffen, (gebruikte oliën en vetten), zal bevatten. In deze installatie worden zodoende vetten en oliën 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 & CO₂-footprint analyse (verder MKI-analyse) maakt onderdeel uit van het MER en gaat in op de gevolgen ten aanzien van milieu kosten & CO₂-footprint van de VA, de alternatieven, varianten en uiteindelijk het VKA.



BILFINGER

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.

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 CO₂-footprint. De gehanteerde aanpak hiervoor is dat inzichtelijk is gemaakt welke milieukosten en wijzigingen in de CO₂-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 CO₂-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 CO₂-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 modelleringsoftware 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.

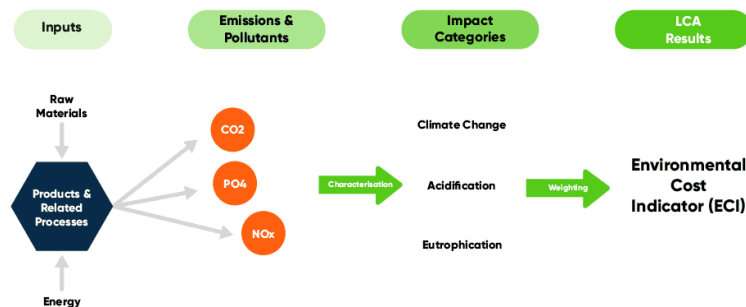
Dit milieuprofiel laat zien welke milieueffecten een belangrijke rol binnen de levenscyclus (de verschillende ketens) van een product of activiteit. Uiteindelijk kunnen, op basis van het profiel, bepaalde effecten met voorrang worden aangepakt. Daarnaast kan van tevoren worden berekend of een maatregel 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 (CO₂-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, ISO140404 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) ¹
Global warming potential	GWP	Kg CO ₂ -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 ₂ -eq	€ 4,00
Eutrophication potential	EP	Kg PO ₄ -eq	€ 9,00
Formation potential of tropospheric ozone photochemical oxidants	POCP	Kg C ₂ H ₄ -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

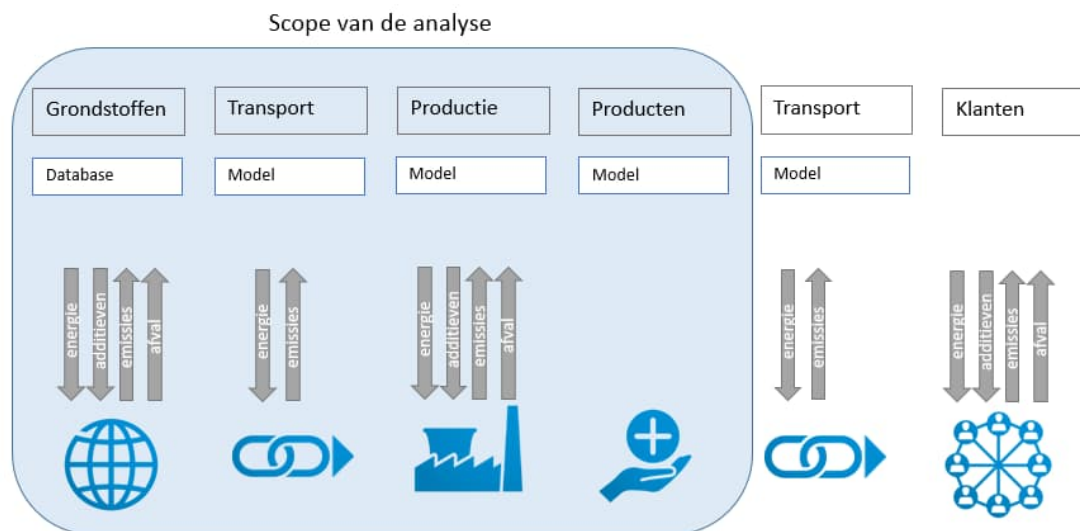
Bron: © 2022 *Ecochain Technologies B.V.*

¹De wegingsfactoren zijn gebaseerd op het rapport "Toxiciteit heeft zijn prijs: Schaduw prijzen 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).



2.2 Scope

De scope voor het project op de CO₂-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.



Figuur 2. Schematische weergave van de scope

2.3 Scope MKI en CO₂ footprint Hydrotreated Vegetable Oil (HVO)-installatie

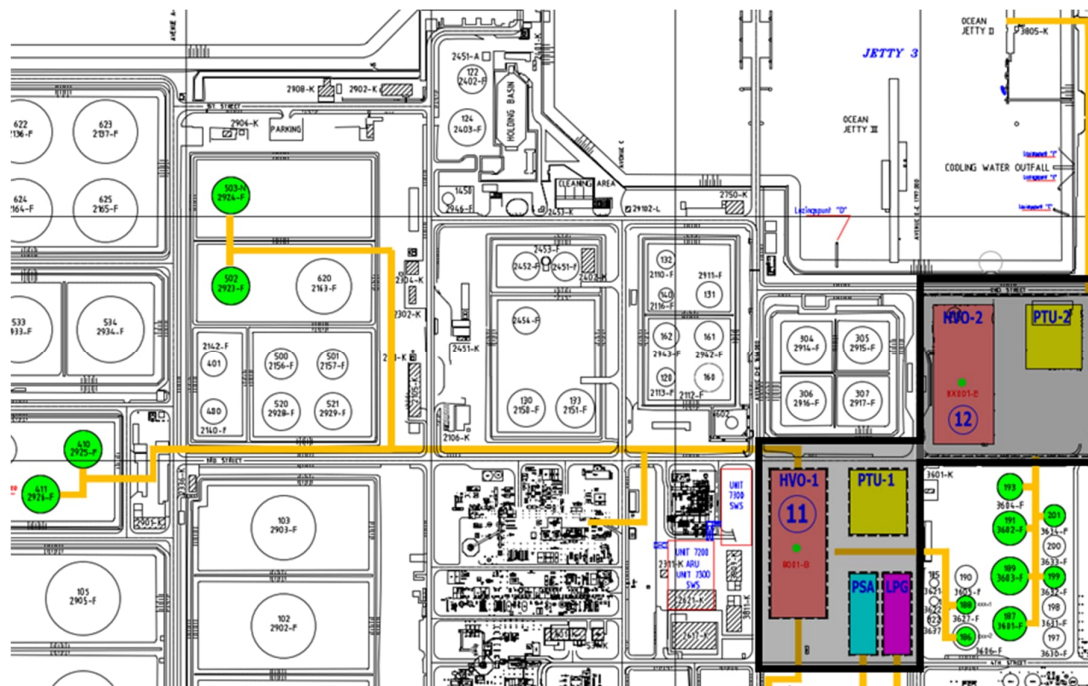
De modellering van de HVO-installatie wordt gedaan op basis van de scope van de MER-vergunning. Dit betreft de volgende installaties:

- Twee PTU-installaties, bestaande uit een ontgommings- en een bleeksectie.
- Twee HVO-installaties, bestaande uit:
 - o Een reactiesectie voor hydrogenering, isomerisatie en kraken
 - o Een destillatiesectie
 - o Een aminegaswasinstallatie
- Een Pressure Swing Adsorption installatie (PSA-unit) wordt toegepast om waterstof terug te winnen uit H₂-rijke afgasstromen afkomstig uit de benzinefabriek. De benzinefabriek maakt geen deel uit van de VA.
- Een LPG-recovery-unit voor de terugwinning van LPG uit het afgas/stookgas.

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.



Figuur 3. Situering van de HVO op het Gunvor terrein. De installaties die binnen de zwarte omlijningslijn vallen, ofwel binnen de *blackbox*, zijn beschouwd binnen de VA. Stromen 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	49.200	MWh	Elektriciteit (Nederlands gemiddeld nucleair)	De HVO-installatie (4.6 MW) zal circa 45.000 MWh per jaar verbruiken. De PTU verbruikt circa 6 kWh/ton product of wel circa 4.200 MWh per jaar.
Stoom	179.400	ton	CO ₂ 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. De middendruk stoom wordt gebruikt voor de stripper. Al het condensaat wordt hergebruikt in het proces als waswater. Het verbruik bedraagt voor middendruk ca. 4.400 ton per jaar (MP) en voor lagedruk ca. 175.000 ton per jaar (LP)
Water	228.000	m ³	Water supply (liters)	Water verbruik aan de hand van debiet. 1 m ³ = 1000L. In EcoChain gerekend met 227.760.000L



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 700.000 ton per jaar eindproduct).

Tabel 3. Hulpstoffen voor de productie VA

Stof	Verbruik per jaar	per	Referentie in Ecochain	Transport	Aantal vervoersbewegingen per jaar
Citroenzuur	4.000	ton	market for citric acid citric acid Global - Ecoinvent v3.6 Cut-off	Vrachtwagen (30 ton)	133
Natronloog	500	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)	17
Bleekaarde	8750	ton	activated bentonite/[GLO] market for activated bentonite - Ecoinvent v 3.4 Cut-off	Vrachtwagen (30 ton)	292
Sulfrzol	146	ton	<ul style="list-style-type: none"> Market for butane butane Global - Ecoinvent v3.6 Cut-off Market for hydrogen sulfide hydrogen sulfide Europe - Ecoinvent v3.6 Cut-off 	Vrachtwagen (30 ton)	5
Katalysator HDO*	119	ton	<ul style="list-style-type: none"> Aluminium oxide /[GLO] production - Ecoinvent v 3,4 Cut-off market for boric oxide boric oxide Global - Ecoinvent v3.6 Cut-off market for molybdenum trioxide molybdenum trioxide Global - Ecoinvent v3.6 Cut-off market for nickel, 99.5% nickel, 99.5% Global - Ecoinvent v3.6 Cut-off * market for quicklime, in pieces, loose quicklime, in pieces, loose Rest-of-World - Ecoinvent v3.6 Cut-off market for silica sand silica sand Global - Ecoinvent v3.6 Cut-off 	Vrachtwagen (30 ton)	4
Katalysator Guard Reactor 100/200	56	ton	<ul style="list-style-type: none"> market for molybdenum molybdenum Global - Ecoinvent v3.6 Cut-off market for nickel, 99.5% nickel, 99.5% Global - Ecoinvent v3.6 Cut-off (20 weight%) 	Vrachtwagen (30 ton)	2
Katalysator Isomeratie**	21	ton	<ul style="list-style-type: none"> Aluminium oxide /[GLO] production - Ecoinvent v 3,4 Cut-off market for molybdenum trioxide molybdenum trioxide Global - Ecoinvent v3.6 Cut-off market for nitric acid, without water, in 50% solution state nitric acid, without water, in 50% solution state Europe - Ecoinvent v3.6 Cut-off market for palladium palladium Global - Ecoinvent v3.6 Cut-off market for platinum platinum Global - Ecoinvent v3.6 Cut-off silica sand/[GLO] market for silica sand - Ecoinvent v 3.4 Cut-off market for nickel, 99.5% nickel, 99.5% Global - Ecoinvent v3.6 Cut-off * market for zeolite, powder zeolite, powder Global - Ecoinvent v3.6 Cut-off market for quicklime, in pieces, loose quicklime, in pieces, loose Rest-of-World - Ecoinvent v3.6 Cut-off 	Vrachtwagen (30 ton)	1
Katalysator Kraakreactor	20	ton	<ul style="list-style-type: none"> Aluminium oxide /[GLO] production - Ecoinvent v 3,4 Cut-off market for quicklime, in pieces, loose quicklime, in pieces, loose Rest-of-World - Ecoinvent v3.6 Cut-off silica sand/[GLO] market for silica sand - Ecoinvent v 3.4 Cut-off 	Vrachtwagen (30 ton)	1
Filtermateriaal	900	ton	Not found	Vrachtwagen (30 ton)	30

* 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 drie 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	15 maanden	119 ton/jaar	149 ton
Katalysator Guard Reactor 100/200	15 maanden	56 ton/jaar	70 ton
Katalysator isomerisatie	30 maanden	21 ton/jaar	52 ton
Katalysator kraakreactor	30 maanden	20 ton/jaar	50

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

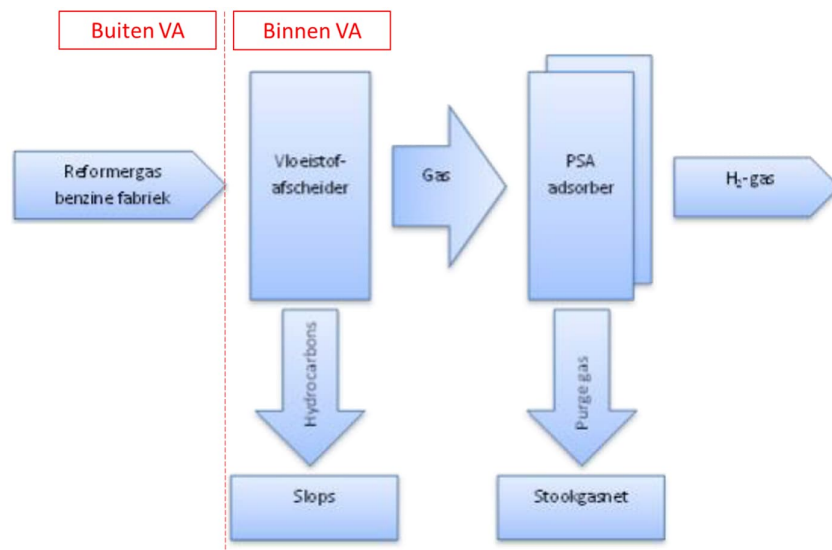
Vanuit de Pressure Swing Adsorption installatie (PSA-unit) komt waterstof binnen bij de HVO-installaties. Zoals weergegeven in Figuur 5, is de ingaande stroom van de PSA-unit de volgende:

- Reformergas uit de benzinefabriek.

Deze stroom is afkomstig uit installaties die buiten de VA vallen, en wordt in deze analyse dus beschouwd als ingekochte stof². In deze analyse wordt aangenomen dat bij de productie van de waterstofrijke afgassen 20% van de CO₂-uitstoot vrijkomt t.o.v. de ISCC benchmark voor grijze waterstof.

Er dient 26.500 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 m³/h wordt via het slopsysteem afgevoerd (8.760 ton/jaar). Daarnaast produceert de PSA-unit ook een zogenoemd purge gas. In deze studie wordt ervan uit gegaan dat er een totaal van 35.775 ton per jaar aan waterstofrijke afgassen door de PSA-unit worden omgezet.

²Deze 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 in Ecochain	Transport	Aantal vervoers-bewegingen per jaar
UCO: Plantaardige / Dierlijke oliën en vetten	723.100	ton	used vegetable cooking oil, Recycled Content cut-off used vegetable cooking oil Global - Ecoinvent v3.5 Cut-off	Binnenvaart schip / lichter (2 kton)	362
Waterstofrijke afgasstromen ³	Max 7.155 ⁴	ton	hydrogen, liquid/[RER] market for hydrogen, liquid - Ecoinvent v 3.4 Cut-off ⁵	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.

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

⁴ In deze analyse wordt aangenomen dat de CO₂-impact van de productie van de waterstofrijke afgassen gelijkwaardig is t.o.v. de CO₂-uitstoot van blauwe waterstof. Bij de productie van blauwe waterstof binnen de inrichting van Gunvor komt 20% van CO₂-uitstoot vrij t.o.v. de ISCC benchmark voor grijze waterstof. Blauwe waterstof staat niet in de Eco-invent database. Hierdoor moet er een modellering gekozen worden die representatief is voor de impact van de gebruikte waterstof. Om deze reden is 20% van het totale verbruik aan waterstofrijke afgassen van 35.775 ton meegenomen in deze studie.

⁵ Deze referentie is conform de ISCC-benchmark van waterstof.



3.2.1 Eindproducten

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

Tabel 6. Productie van eindproducten VA

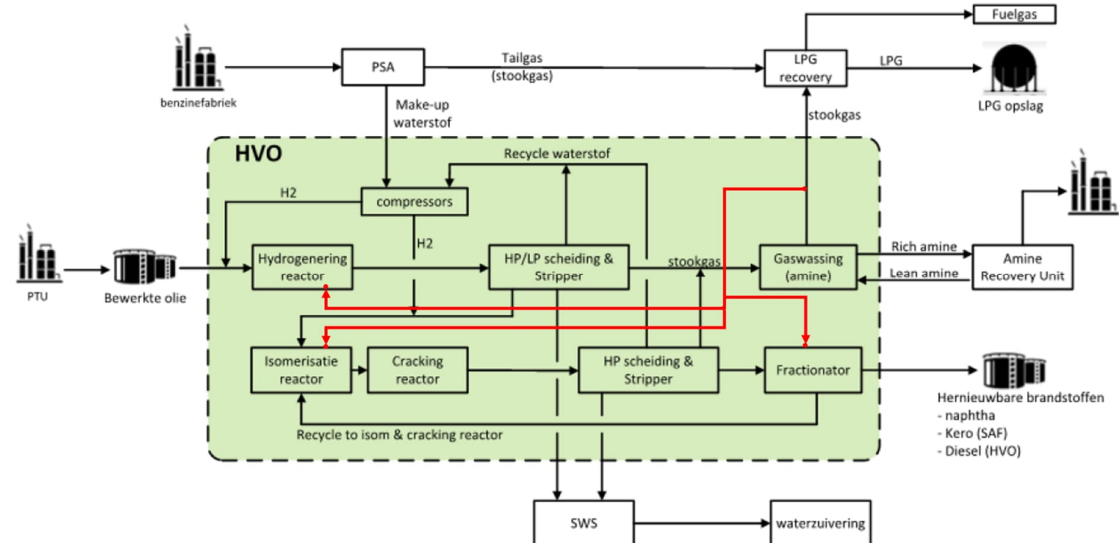
Stof	Productie per jaar	
Hernieuwbare diesel	0 – 607	kton
Bionafta	13 – 80	kton
Biogas (C3 / C4)	0 – 69	kton
Kerosine (RFJ)	0 – 512	kton
Totaal*	700	kton

* In totaal wordt er de waarde van 700 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 CO₂ uitgestoten. De fossiele CO₂ is gekoppeld aan het bestaande stoomsysteem, waarbij fossiel stookgas wordt ingezet om stoom te produceren.

De biogene CO₂ is gekoppeld aan het stookgas dat in de HVO-installatie wordt geproduceerd. Een deel van dit geproduceerde stookgas wordt na de amine gaswassing gebruikt door de HVO fornuizen (8000-01-B/8000-02-B/8000-03-B). De CO₂ die hierbij vrijkomt is biogene CO₂. Het deel van het stookgas wat niet gebruikt wordt door de HVO-installaties gaat naar de LPG-recovery.



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

De rode lijnen geven aan in welke secties van de HVO-installatie het in de HVO-installatie geproduceerde stookgas na de gaswassing wordt gebruikt: 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 CO₂ vrij. Het deel wat niet wordt gebruikt door de HVO-installatie gaat naar de LPG-recovery.



Tabel 7. Emissies naar de lucht VA

Stof	Emissie per jaar		Referentie in Ecochain	Toelichting
CO ₂	82.300	ton	Carbon dioxide, biogenic (000124-38-9)	Berekening o.b.v. stookgas verbruik in het luchtkwaliteitsonderzoek.
CO ₂	35.500	ton	Carbon dioxide, fossil (000124-38-9)	CO ₂ -emissie t.g.v. 174.400 ton stoomproductie middels stookgas van de raffinaderij. LHV stookgas = 38,7 MJ/Nm ³ Gebaseerd op stoom met 2,9 GJ/ton.
CO	43	ton	Carbon monoxide, biogenic (000630-08-0)	Zie luchtkwaliteitsonderzoek excl. vaaremissies en wegverkeer
NO _x	43	ton	Nitrogen dioxide (010101-44-0)	Zie luchtkwaliteitsonderzoek excl. vaaremissies en wegverkeer
SO ₂	15	ton	Sulfur dioxide (007446-09-5)	Zie luchtkwaliteitsonderzoek
VOS	32	ton	NM VOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin	Zie luchtkwaliteitsonderzoek
Benzeen / ZZS ¹	1	kg	Benzene (000071-43-2)	Zie luchtkwaliteitsonderzoek
Fine dust / PM10	2.100	kg	Particulates, <10um (stationary)	Zie luchtkwaliteitsonderzoek

¹ 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	228.000	m ³	Wastewater treatment (liters), zie "Toetsing waterkwaliteits aanpak".
CZV (COD)	146.730	kg	COD, Chemical Oxygen Demand (SBK CML only), zie "Toetsing waterkwaliteits aanpak".
BZV (BOD)	87.600	kg	BOD ₅ , Biological Oxygen Demand (SBK CML only), zie "Toetsing waterkwaliteits aanpak".
Gehalte aan vetten	52.560	kg	Oils, unspecified
Gehalte aan zeepachtige stoffen	26.280	kg	-
Gehalte aan geneutraliseerde oliën	26.280	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	
Gebruikte bleekarde	20	kton
Gom*	18	kton

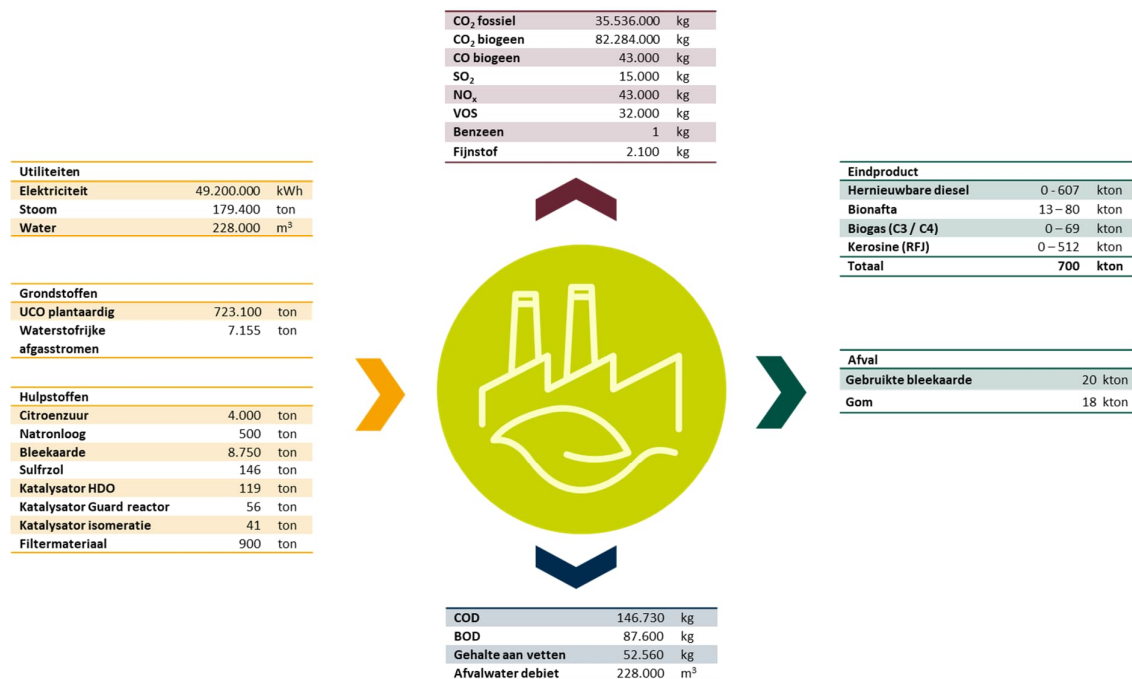
*De gom betreft een waardeval voedings supplement in o.a. de veevoederindustrie



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 CO₂-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.



4 Resultaten Voorgenomen activiteit (VA)

De impact van de voorgenomen activiteit (VA) is inzichtelijk gemaakt door de milieukosten indicator en de CO₂-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.

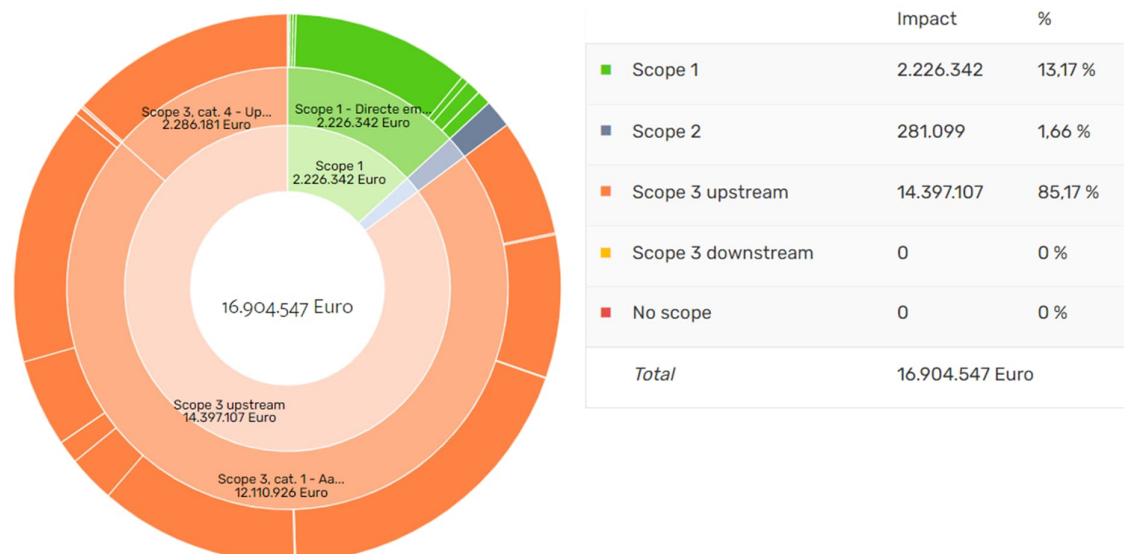
4.1 Scope 1,2 en 3

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.

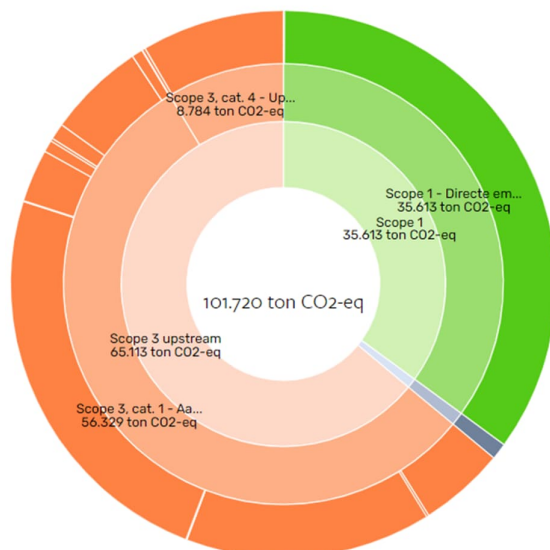
Scope 3: indirecte uitstoot van CO₂, veroorzaakt door bedrijfsactiviteiten van een andere organisatie. Het betreft dan uitstoot door bronnen die niet in het bezit zijn van de eigen organisatie en waar de organisatie ook geen directe invloed op kan uitoefenen. Bijvoorbeeld de uitstoot veroorzaakt door 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



	Impact	%
Scope 1	35.612.763	35,01 %
Scope 2	994.121	0,98 %
Scope 3 upstream	65.113.217	64,01 %
Scope 3 downstream	0	0 %
No scope	0	0 %
<i>Total</i>	101.720.101 kg CO ₂ -eq	

Figuur 9. CO₂ 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 CO₂-footprint per scope weergegeven.

Tabel 10. MKI en CO₂ footprint per scope VA

Scope	MKI (€/jaar)	CO ₂ -footprint (kg CO ₂ -eq/jaar)
Scope 1	2.226.000	35.613.000
Scope 2	281.000	994.000
Scope 3	14.397.000	65.113.000
Totaal	16.905.000	101.720.000



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 CO₂-footprint van de blackbox te berekenen. In onderstaande tabellen is dit weergegeven.

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

Gunvor HVO -project: impact van de processen				
Verbruik en Hulpstoffen voor productie	Kwantiteit	Eenheid	MKI per eenheid	MKI
Electricity (Netherlands average)	49.200.000	kWh	€ 0,006	€ 281.100,-
Water supply (liters)	228.000	m ³	€ 0,00	€ 9.000,-
Emissie naar de lucht				
Carbon dioxide, biogenic (000124-38-9)	82.300	ton	€ 0,00	€ 0,-
Carbon dioxide, fossil (000124-38-9)	35.500	ton	€ 0,05	€ 1.777.000,-
Carbon monoxide, biogenic (000630-08-0)	43.000	kg	€ 0,05	€ 2.000,-
Nitrogen oxides (011104-93-1)	43.000	kg	€ 3,28	€ 141.000,-
Sulfur dioxide (007446-09-5)	15.000	kg	€ 4,90	€ 74.000,-
VOS (NMVOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin)	32.000	kg	€ 0,94	€ 30.000,-
Benzene (000071-43-2)	0,7	kg	€ 1.332,00	€ 900,-
Fine dust (Particulates, < 10 um (stationary))	2.100	kg	€ 0,07	€ 150,-
Afvalwater naar de AWZI				
COD (COD, Chemical Oxygen Demand (SBK CML only))	146.730	kg	€ 0,20	€ 29.000,-
BOD5 (BOD5, Biological Oxygen Demand (SBK CML only))	87.600	kg	€ 0,20	€ 17.000,-
Oils, unspecified	52.560	kg	€ 2,78	€ 146.000,-
Wastewater treatment (liters)	228.000	m ³	€ 0,00	€ 53.000,-
Totale MKI				€ 2.507.000



Tabel 12. CO₂ footprint van de fabriek (scope 1&2)

Gunvor HVO-project: impact van de processen				
Utilities voor productie	Kwantiteit	Eenheid	kg CO ₂ -eq per eenheid	ton CO ₂ -eq
Electricity (Netherlands average nucleair)	49.200.000	kWh	0,02	994
Water supply (liters)	228.000	m ³	0,00	77
Emissie naar de lucht				
Carbon dioxide, fossil (000124-38-9)	35.500	ton	1	35.500
Carbon dioxide, biogenic (000124-38-9)	82.300	ton	0	0
Afvalwater naar de AWZI				
Wastewater treatment (liters)	228.000	m ³	0,00	126
Totale CO₂-eq				36.200

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 CO₂-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 16% een kleine bijdrage. De impact van de afvalverwerking (cat 5) is marginaal.

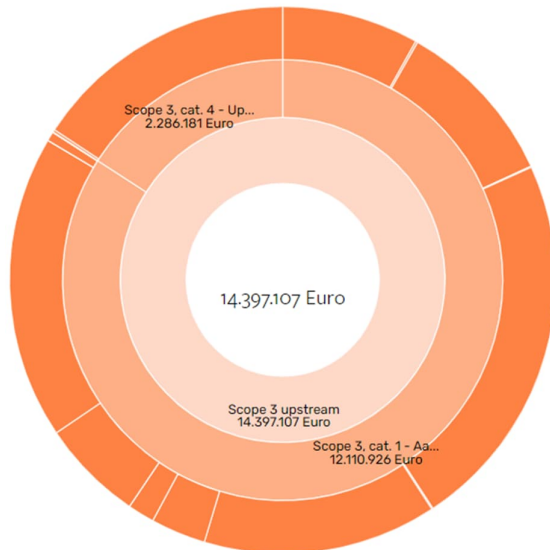
In onderstaande tabel is per grondstof aangegeven wat de impact per ton is. Wat opvalt is de substantiële impact van de grondstoffen⁶, en dan met name de impact van de katalysatoren, en de impact van het transport.

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.

⁶ Dit zijn de grondstoffen die geen rest- of afvalstromen zijn.

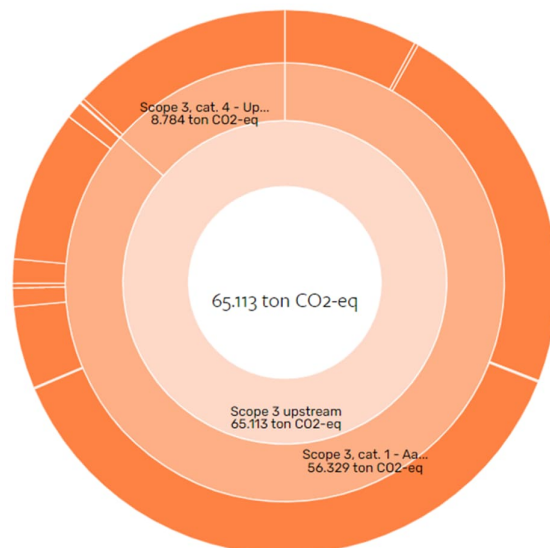


BILFINGER



	Impact	%
Scope 3 upstream	14.397.107	100,00 %
Scope 3 downstream	0	0 %
<i>Total</i>	14.397.107 Euro	

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



	Impact	%
Scope 3 upstream	65.113.217	100,00 %
Scope 3 downstream	0	0 %
<i>Total</i>	65.113.217 kg CO ₂ -eq	

Figuur 11. CO₂ van Scope 3 VA (bron: © 2022 Ecochain Technologies (B.V.))



Tabel 13. MKI van scope 3 VA

Scope 3				
	Kwantiteit	Eenheid	MKI/eenheid	MKI (€)
Scope 3, cat. 1 - Aangekochte goederen en diensten				
UCO gebruikt (used vegetable cooking oil, Recycled Content cut-off used vegetable cooking oil Global)	723.100.000	kg	€ 0,00	€ 0,-
Bleekaarde (activated bentonite/[GLO] market for activated bentonite - Ecoinvent v 3.4 Cut-off)	8.750.000	kg	€ 0,13	€ 1.166.000,-
Citroenzuur (market for citric acid citric acid Global - Ecoinvent v3.6 Cut-off)	4.000.000	kg	€ 0,81	€ 3.241.000,-
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)	500.000	kg	€ 0,16	€ 78.000,-
Waterstofrijke afgassen (hydrogen, liquid/[RER] market for hydrogen, liquid)	7.155.000	kg	€ 0,20	€ 1.432.000,-
Sulfrzol ¹ :				€ 18.000,-
▪ Market for butane butane Global – Ecoinvent v3.6 Cut-off	67.000	kg	€ 0,10	
▪ Market for hydrogen sulfide hydrogen sulfide Europe – Ecoinvent v3.6 Cut-off	79.000	kg	€ 0,14	
Katalysator guard reactor + HDO reactor + isomerisatie + kraakreactor ² :				€ 6.250.000,-
▪ Aluminium oxide [[GLO] production	114.100	kg	€ 26,73	
▪ market for molybdenum trioxide molybdenum trioxide Global	17.500	kg	€ 17,67	
▪ market for nickel, 99.5% nickel, 99.5% Global ³	13.000	kg	€ 0,08	
▪ market for quicklime, in pieces, loose quicklime, in pieces, loose Rest-of-World	110	kg	€ 0,01	
▪ market for silica sand silica sand Global	11.500	kg	€ 0,41	
▪ market for boric oxide boric oxide Global	900	kg	€ 0,67	
▪ market for zeolite, powder zeolite, powder Global	8.200	kg	€ 44,09	
▪ market for molybdenum molybdenum Global	45.100	kg	€ 0,28	
▪ market for nitric acid, without water, in 50% solution state nitric acid, without water, in 50% solution state Europe	400	kg	€ 10.243,83	
▪ market for palladium palladium Global ⁴	85	kg	€ 30.724,42	
▪ market for platinum platinum Global ⁵	84	kg		
Scope 3, cat. 4 - Upstream transport en distributie				
Transport, vrachtwagen (0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market for Cut-off, U))	1.370.953	tkm	€ 0,016	€ 21.000,-
Transport, vrachtschip, zee (XXXX Transport, vrachtschip, tanker, zee (o.b.v. Transport, freight, sea, transoceanic tanker {GLO} market for Cut-off, U))	1.446.200.000	tkm	€ 0,002	€ 2.265.000,-
Totale MKI inkoop				€ 14.450.000,-
Scope 3, cat. 5 - Waste generated in Operations				
Afvalwater (Wastewater treatment (liters)) (citroenzuur + sodium hydroxide / natronloog)	228.000.000	liter	€ 0,02	€ 3.809.000,-



BILFINGER

Bleekaarde (bleekaarde + UCO plantaardig)	20.000.000	kg	€ 0,06	€ 1.258.000,-
Grond & Zand (Filtermateriaal)	900.000	kg	€ 0,00	€ 2.000,-
Katalysator waste (katalysator HDO + guard + Isomeratie)	216.000	kg	€ 30,71	€ 6.634.000,-
Gom (UCO plantaardig)	18.000.000	kg	€ 0,01	€ 94.000,-
Totale MKI afval				€ 11.800.000,-
Totale MKI				€ 26.247.000,-

¹ Sulfrzol komt niet voor in Ecochain. Sulfrzol 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%).

² 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).

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

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

⁵ Platinium: Platinium dioxide was niet beschikbaar in EcoChain, daarom is het percentage platinium (op basis van molecuulgewicht) in de stof genomen.

Tabel 14. CO₂ footprint scope 3 VA

Scope 3				
	Kwantiteit	Eenheid	kg CO ₂ -eq per eenheid	ton CO ₂ -eq
Scope 3, cat. 1 - Aangekochte goederen en diensten				
UCO gebruikt (used vegetable cooking oil, Recycled Content cut-off used vegetable cooking oil Global)	723.100.000	kg	0,00	0,00
Bleekaarde (activated bentonite/[GLO] market for activated bentonite - Ecoinvent v 3.4 Cut-off)	8.750.000	kg	0,59	5.200
Sulfrzol ¹ :				103
▪ Market for butane butane Global – Ecoinvent v3.6 Cut-off	67.000	kg	0,82	
▪ Market for hydrogen sulfide hydrogen sulfide Europe – Ecoinvent v3.6 Cut-off	79.000	kg	0,61	
Citroenzuur (market for citric acid citric acid Global - Ecoinvent v3.6 Cut-off)	4.000.000	kg	6,12	24.500
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)	500.000	kg	1,31	650
Waterstofrijke (hydrogen, liquid/[RER] market for hydrogen, liquid)	7.155.000	kg	2,01	15.000
Katalysator guard reactor + HDO reactor + isomerisatie ² :				11.100
▪ aluminium oxide/[GLO] production	114.100	kg	1,30	
▪ market for molybdenum trioxide molybdenum trioxide Global	17.600	kg	40,61	
▪ market for nickel, 99.5% nickel, 99.5% Global ³	13.000	kg	13,47	
▪ market for quicklime, in pieces, loose quicklime, in pieces, loose Rest-of-World	110	kg	1,16	
▪ market for silica sand silica sand Global	11.500	kg	0,05	
▪ market for boric oxide boric oxide Global	900	kg	2,21	
▪ market for zeolite, powder zeolite, powder Global	8.200	kg	5,11	
▪ market for molybdenum molybdenum Global	45.100	kg	70,64	
	400	kg	2,92	



▪ market for nitric acid, without water, in 50% solution state nitric acid, without water, in 50% solution state Europe	85	kg	11370,50	
▪ market for palladium palladium Global ⁴	84	kg	69718,94	
▪ market for platinum platinum Global ⁵				
Scope 3, cat. 4 - Upstream transport en distributie				
Transport, vrachtwagen (0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market for Cut-off, U))	1.370.953	tkm	0,13	180
Transport, vrachtschip, zee (XXXX Transport, vrachtschip, tanker, zee (o.b.v. Transport, freight, sea, transoceanic tanker {GLO} market for Cut-off, U))	1.446.200.000	tkm	0,01	8.600
Totale inkoop CO₂-eq (ton)				65.113
Scope 3, cat. 5 - Waste generated in Operations				
Afvalwater (Wastewater treatment (liters)) (citroenzuur + sodium hydroxide / natronloog)	228.000.000	liter	0,14	32.250
Bleekaarde (bleekaarde + UCO plantaardig)	20.000.000	kg	0,30	6.050
Grond & Zand (Filtermateriaal)	900.000	kg	0,03	28
Katalysator waste (katalysator HDO + guard + Isomeratie)	216.000	kg	0,08	17.800
Gom (UCO plantaardig)	18.000.000	kg	0,04	800
Totale afval CO₂-eq (ton)				56.928
Totale CO₂-eq (ton)				122.041

¹ Sulfrzol komt niet voor in Ecochain. Sulfrzol bestaat voornamelijk uit Di-tert-Butyl Polysulfide (DTBS) met een gemiddelde molecuulformule van C₁₀H₁₈S₄. 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%).

² Katalysator samenstelling is incompleet, de reden hiervoor is dat de stoffen Spinel (Mg(AlO₂)₂) niet in EcoChain voorkwamen (ca. 10% van het totaalgewicht van de katalysator).

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

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

⁵ 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 €16.905.000,- te delen door de totaal geproduceerde hoeveelheid diesel/SAF van 700 kiloton. De totale milieukosten voor het produceren van 1 ton hernieuwbare diesel/SAF betreft € 24,15.

De totale CO₂-footprint voor het produceren van 1 ton hernieuwbare diesel/SAF wordt berekend door de totale CO₂-footprint van 101.720 ton CO₂-eq te delen door de totaal geproduceerde hoeveelheid diesel/SAF van 700



BILFINGER

kiloton. De CO₂-footprint van 1 ton hernieuwbare diesel/SAF is 0,145 ton CO₂-eq. Uitgaande van 44⁷ MJ/kg HVO, komt er bij de productie van 1 MJ HVO 3,30 g CO₂ vrij.

De berekening van de verhouding van de CO₂-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 0,525⁸ ton CO₂ vrij. Ervan uitgaande dat er 43,1⁹ MJ/kg diesel zit, komt er bij de productie van 1 MJ diesel 12,18 g CO₂ vrij.

De reductie is dan:

$$CO_2 - reductie = \frac{CO_{2,diesel} - CO_{2,HVO}}{CO_{2,diesel}} \times 100\% = \frac{(12,18 - 3,30)}{12,18} \times 100\% = 73\%$$

Onderstaande figuur geeft een schematische weergave van de ingrediënten en processen om 1 ton hernieuwbare diesel/RJF te maken. Van de grondstoffen die naar de inrichting (Blackbox) worden getransporteerd tot de input van de utiliteiten en hulpstoffen die worden gebruikt bij de productie.

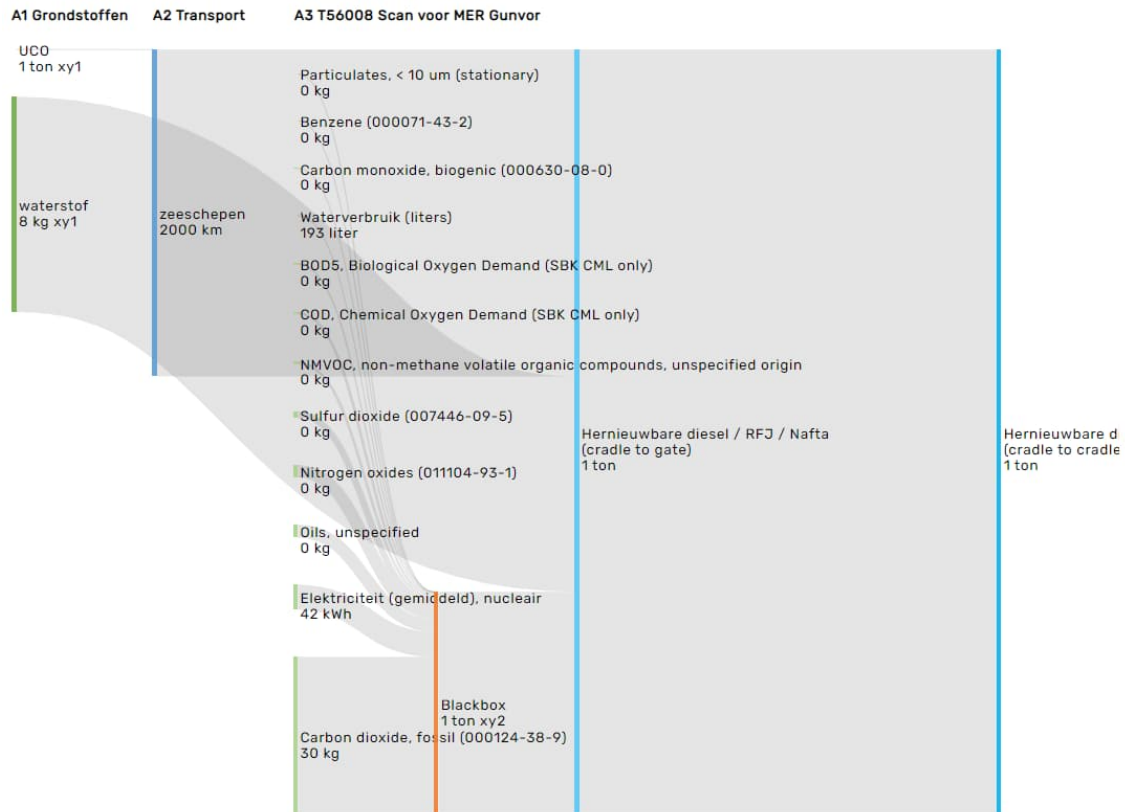
⁷ "20 LCA's van brandstof-machine combinaties", TNO 2018 R10658, TNO-rapport, L. Kootstra MSc (2018).

⁸ © 2022 Ecochain technologies B.V. (diesel/[RER] market group for diesel)

⁹ "20 LCA's van brandstof-machine combinaties", TNO 2018 R10658, TNO-rapport, L. Kootstra MSc (2018).



BILFINGER



Figuur 12. Impactstromen t.b.v. 1 ton hernieuwbare diesel/SAF (bron: © 2022 Ecochain Technologies B.V.)



BILFINGER

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 CO₂-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. 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 CO₂-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)	6.000 ton
Bleekarde (activated bentonite/[GLO] market for activated bentonite - Ecoinvent v 3.4 Cut-off)	14.000 ton
Totaal	20.000 ton



In het basisscenario wordt aangenomen dat alle 20.000 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 CO₂-footprint van het transport en de verbranding van het organisch materiaal weergegeven.

Tabel 16: MKI en CO₂-footprint voor het basisscenario voor verwerking van gebruikte bleekarde.

Materiaal	Hoeveelheid	MKI (€/jaar)	CO ₂ -footprint (ton CO ₂ -eq/jaar)
Transport, vrachtwagen (0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market for Cut-off, U))	2.000.000 tkm	€ 31.000,-	261
0297-avC&Verbranden organisch afval (4,29 MJ/kg) (o.b.v. Biowaste {GLO} treatment of biowaste, municipal incineration Cut-off, U)	6.000.000 kg	€ 35,-	0,22
Carbon dioxide, biogenic (000124-38-9)	16,8 ton	€0,-	0
Totaal		€ 31.000,-	261

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 28.750.000 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 700.000 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 CO₂-footprint van alternatief D1 weergegeven.

Tabel 17: MKI en CO₂-footprint voor het alternatieve scenario D1 voor verwerking van gebruikte bleekarde.

Materiaal	Hoeveelheid	MKI (€/jaar)	CO ₂ -footprint (ton CO ₂ -eq/jaar)
Transport, vrachtwagen (0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market for Cut-off, U))	2.028.750 tkm	€ 32.000,-	265
0297-avC&Verbranden organisch afval (4,29 MJ/kg) (o.b.v. Biowaste {GLO} treatment of biowaste, municipal incineration Cut-off, U)	700.000 kg	€ 4,-	0,26
market for hexane hexane Global	287.500 kg	€ 36.000,-	157
Carbon dioxide, biogenic (000124-38-9)	1.956.000 kg	€0,-	0
Totaal		€ 68.000	422

Tabel 18: MKI en CO₂-footprint voor het basis- en alternatieve scenario D1 voor verwerking van gebruikte bleekarde.

Materiaal	MKI (€/jaar)	CO ₂ -footprint (ton CO ₂ -eq/jaar)
Basisscenario	€ 31.000,-	261
Alternatief D1	€ 68.000,-	422



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.

5.2 P – Alternatief in het productieproces

In de navolgende paragrafen is de MKI- en CO₂-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^e 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 bleiking 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 (circa 25 %) 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.

Bleekarde verbruik:

Tabel 19: 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
Bleekarde (activated bentonite//[GLO] market for activated bentonite - Ecoinvent v 3.4 Cut-off)	8.750.000	kg	€ 0,13	€ 1.167.000,-	-1.750.000	- € 233.000,-
Gebruikte bleekarde (bleekarde + UCO plantaardig)	20.000.000	kg	€ 0,06	€ 1.282.000,-	-3.500.000	- € 254.000,-
Totaal				€ 2.449.000,-		- € 487.000,-

Product	VA				P1	
	Kwantiteit	Eenheid	kg CO ₂ -eq per eenheid	ton CO ₂ -eq	Kwantiteit t.o.v. VA (ton)	ton CO ₂ -eq t.o.v. VA
Bleekarde (activated bentonite//[GLO] market for activated bentonite - Ecoinvent v 3.4 Cut-off)	8.750.000	kg	€ 0,59	5.160	-1.750	- 1.030
Gebruikte bleekarde (bleekarde + UCO plantaardig)	20.000.000	kg	€ 0,31	6.200	-3.500	- 1.210
Totaal				11.400		- 2.240



Effect op transportbewegingen per as:

Tabel 20: 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))	1.370.953	tkm	€ 0,016	€ 21.000,-	- 175.000	- € 2.700,-
Totaal				€ 21.000,-		- € 2.700,-

Product	VA				P1	
	Kwantiteit	Eenheid	kg CO ₂ -eq per eenheid	ton CO ₂ -eq	Kwantiteit t.o.v. VA (tkm)	ton CO ₂ -eq t.o.v. VA
Transport, vrachtwagen (0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market for Cut-off, U))	1.370.953	tkm	0,13	179	- 175.000	- 23
Totaal				179		- 23

Conclusie

Dit alternatief resulteert in een afname van € 490.000,- in MKI en een afname van de CO₂-footprint (een reductie van 2.300 ton CO₂-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^e 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 (15 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^e reactor upstream van de HDO-reactor, en daarmee ook de bijbehorende katalysator. Aan de 'katalysator HDO' worden drie extra lagen toegevoegd.



Tabel 21: Effect van katalysator-grading (alternatief P2) op aangekochte goederen.

Product	VA (Guard-katalysator + HDO-katalysator + isomerisatie)				P2 (Aangepaste HDO-katalysator + isomerisatie)		
	Kwantiteit	Eenheid	MKI per eenheid	MKI	Kwantiteit t.o.v. VA (ton)	MKI per eenheid	MKI t.o.v. VA
Katalysator totaal	216	ton	€ 28,99	€ 6.250.000	- 44	€ 23,32	- € 2.250.000,-
Totaal				€ 6.250.000			- € 2.250.000,-

Product	VA (Guard-katalysator + HDO-katalysator + isomerisatie)				P2 (Aangepaste HDO-katalysator + isomerisatie)		
	Kwantiteit	Eenheid	kg CO ₂ -eq per eenheid	ton CO ₂ -eq	Kwantiteit t.o.v. VA (ton)	kg CO ₂ -eq per eenheid	ton CO ₂ -eq
Katalysator totaal	216	ton	51,56	11.117	- 44	45,49	- 3.310
Totaal				11.117			- 3.310

Effect op transportbewegingen per as:

Tabel 22: 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	MKI t.o.v. VA
Transport, vrachtwagen (0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market for Cut-off, U))	1.370.953	tkm	€ 0,016	€ 21.000,-	- 5.500	- € 86,-
Totaal				€ 21.000,-		- € 86,-

Product	VA				P2	
	Kwantiteit	Eenheid	kg CO ₂ -eq per eenheid	ton CO ₂ -eq	Kwantiteit t.o.v. VA	CO ₂ -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))	1.370.953	tkm	0,13	179	- 5502	- 0,718
Totaal				179		- 0,718

Conclusie:

Dit alternatief resulteert in een afname van € 2.250.000,- in MKI en een afname van de CO₂-footprint (een reductie van 3.310 ton CO₂-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 CO₂-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 CO₂-eq, NO_x en fijnstof ten gevolge van de benodigde vrachtwagens geëlimineerd. Deze reductie in uitstoot bedraagt 11,2 kg NO_x/jaar en 0,26 kg PM10/jaar, zie luchtkwaliteitsrapportage.

Daarentegen vindt er wel emissie plaats ten gevolge van de scheepsbewegingen. De bijbehorende emissies bedragen 24 kg NO_x/jaar en 4,9 kg PM10/jaar (zie luchtkwaliteitsrapportage).

Tabel 23: Effect van transport van bleekarde en gom per binnenvaartschip (alternatief T1).

	VA				T1	
	Kwantiteit	Eenheid	MKI per eenheid	MKI	Kwantiteit t.o.v. VA	MKI t.o.v. VA
Nitrogen dioxide (010102-44-0)	11,2	kg	€ 3,28	€ 37	+ 13,1	€ 79
PM10 (Fine dust (Particulates, < 10 um (stationary)))	0,26	kg	€ 0,07	€ 0,02	+ 4,7	€ 0,1

Het laden en lossen van de bleekarde en gom via een binnenvaartschip heeft ook een impact op de CO₂-uitstoot. Deze CO₂-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.

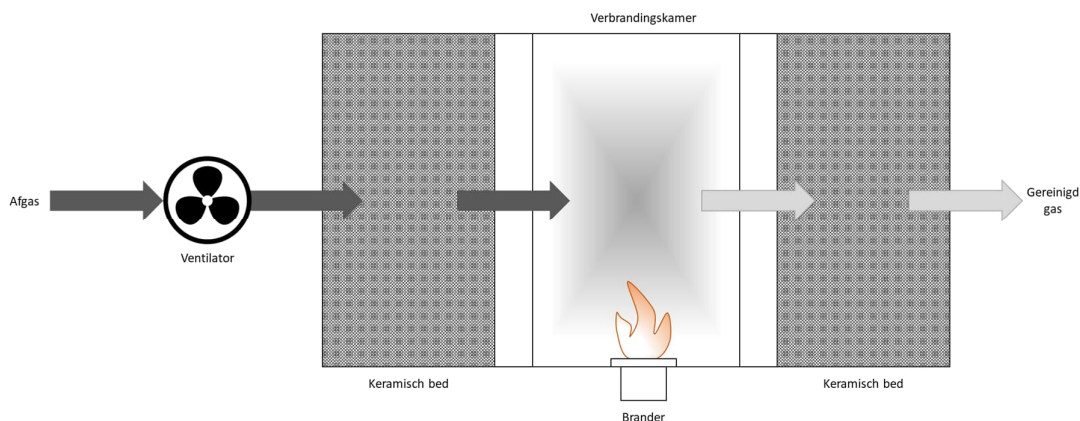
5.4 E – Alternatief/varianten met betrekking tot emissiereductie

De MKI en CO₂-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 – VOS- en ZZS-emissies vanuit installaties

Voor de VA zijn er twee relevante emissiepunten naar de lucht, waaruit gerichte VOS en ZZS mogelijk zijn. Dit betreft de afblaas van de hotwell in de twee PTU-installaties. Als variant op de VA wordt het toepassen van een nageschakelde techniek beschouwd, om zodoende de emissie van VOS en ZZS te reduceren. De gekozen nageschakelde techniek betreft een regeneratieve thermische oxidatie (RTO) conform BBT.

Schematisch kan de regeneratieve thermische oxidatie als volgt worden weergegeven:



Figuur 12. Schematische weergave van de regeneratieve thermische oxidatie.

Grondstoffenverbruik:

De twee keramische bedden die nodig zijn voor de regeneratieve thermische oxidatie (figuur 12) hebben beide een zeer lange levensduur en de impact is derhalve niet meegenomen in deze studie.

Emissie naar lucht:

Tabel 24: Effect van nageschakelde techniek (alternatief E1) op de VOS- en ZZS emissies.

	VA				E1	
	Kwantiteit	Eenheid	MKI per eenheid	MKI	Kwantiteit t.o.v. VA	MKI t.o.v. VA
VOS (NMVOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin)	32.000	kg	€ 0,94	€ 30.000,-	-1.443	- € 1.300,-
Benzene (000071-43-2)	0,7	kg	€ 1.332,00	€ 930,-	-0,69	- € 920,-
Totaal						- € 2.400,-

Conclusie:

De MKI van zowel de ZZS als de VOS zijn in deze variant significant afgenomen.

5.4.2 E2 – NO_x-emissies

De voornaamste NO_x-emissies zijn afkomstig van de verschillende fornuizen die in bedrijf zijn. Deze fornuizen beschikken in de VA reeds over *low-NO_x burners* (zie luchtkwaliteitsrapportage). Als variant op deze fornuizen wordt het toepassen van deNO_x-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_x) door het inspuiten van een mengsel van ureum en gedemineraliseerd water. Op deze manier maakt de SCR-techniek lagere NO_x-emissies mogelijk dan 'low NO_x'-branders. Voor alternatief E2 wordt aangenomen dat een concentratie van 30 mg/Nm³ zal worden gehaald.

Echter, de lagere NO_x-uitstoot door het toepassen van de SCR-techniek gaat gepaard met extra NH₃-emissie. In alternatief E2 wordt aangenomen dat een concentratie van 5 mg/Nm³ wordt gehaald.



Grondstoffenverbruik:

Voor de deNO_x-installatie is een 40v%-ureumoplossing benodigd.

Tabel 25: Effect van het toepassen van de deNO_x-installatie (alternatief E2) op de aankoop van goederen en verwerking van afvalstoffen.

Product	VA				E2	
	Kwantiteit	Eenheid	MKI per eenheid	MKI	Kwantiteit t.o.v. VA (ton)	MKI t.o.v. VA
40% ureum-oplossing ¹⁰	0	kg	€ 0,13	€ 0,-	+ 13	+ €1.000,-
Totaal				€ 0,-		+ €1.000,-

Product	VA				E2	
	Kwantiteit	Eenheid	kg CO ₂ -eq per eenheid	kg CO ₂ -eq	Kwantiteit t.o.v. VA (ton)	CO ₂ -eq t.o.v. VA (ton)
40% ureum-oplossing ⁵	0	kg	0,86	0	+ 13	+ 11
Totaal				0		+ 11

Emissie naar lucht:

Tabel 26: Effect van het toepassen van de deNO_x-installatie (alternatief E2) op de emissies naar lucht.

Emissie categorie	VA				E2	
	Kwantiteit	Eenheid	MKI per eenheid	MKI	Kwantiteit t.o.v. VA (kg)	MKI t.o.v. VA
Nitrogen oxides (011104-93-1)	43.000	kg	€ 3,28	€ 141.000,-	-30.000	- € 99.000,-
Ammonia	0	kg	€ 9,56	€ 0,-	+2.000	+ € 20.000,-
Totaal				€ 141.000,-		- € 79.000

Transport:

Voor de variant E2 wordt aangenomen dat de 40v%-ureumoplossing wordt aangevoerd per vrachtwagen, met een transportafstand van 100 kilometer.

Product	VA				P2	
	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))	1.370.953	tkm	€ 0,016	€ 21.000,-	+ 1.300	+ €21,-
Totaal				€ 21.000,-		+ €21,-

¹⁰De stof Uream 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				P2	
	Kwantiteit	Eenheid	kg CO ₂ -eq per eenheid	ton CO ₂ -eq	Kwantiteit t.o.v. VA (tkm)	CO ₂ -eq t.o.v. VA
Transport, vrachtwagen (0001- tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market for Cut-off, U))	1.370.953	tkm	0,13	179	+ 1.300	+ 172
Totaal				179		+ 172

Conclusie:

Dit alternatief resulteert in een afname van € 77.500,- in MKI ten opzichte van de VA. Concluderend kan gesteld worden dat dit alternatief een positief effect heeft. In dit scenario is echter 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_x-installatie. Zowel de katalysator en brandstof zullen leiden tot een minder positief effect dan het hier geschetste effect.

Daarnaast neemt de CO₂-emissie toe met 11 ton CO₂-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 ₂ t.o.v. VA (ton CO ₂ -eq)
D1	+ € 37.000,-	+ 161
P1	- € 487.000,-	- 2.300
P2	- € 2.250.000,-	-3.310
T1*	+ € 79,-	-
E1	- € 2.400,-	-
E2	- € 75.000,-	+11

*Op basis van NO_x 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 CO₂-footprint meegenomen in het voorkeursalternatief (VKA):

- D1: Recyclen van gom en bleekarde (afhankelijk van bedrijfseconomische situatie).
- P1: Combiclean in bleekproces.
- P2: Katalysator grading-systeem.
- E1: VOS- & ZS-emissies vanuit installaties (gedeeltelijk: reductie van bedrijfstijden).

Van deze alternatieven heeft enkel E1 een significant effect op de luchtkwaliteit. Dit alternatief wordt echter alleen gedeeltelijk geïmplementeerd: enkel de reductie in bedrijfstijd is kosteneffectief gebleken.

Dit hoofdstuk gaat in op de impact van het VKA. Deze is inzichtelijk gemaakt door de milieukosten indicator en de CO₂-footprint te berekenen.

6.1 Veranderingen van de ingaande en uitgaande stromen 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, P2 en E1, 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
Scope 3, cat. 1 - Aangekochte goederen en diensten				
Bleekarde (activated bentonite/[GLO] market for activated bentonite - Ecoinvent v 3.4 Cut-off)	ton	8.750	7.000	- 20%
Katalysator totaal	ton	216	172	- 20%
Emissie naar de lucht				
Benzene (000071-43-2)	kg	0,7	0,1	- 86%
Scope 3, cat. 5 - Waste generated in Operations				
Bleekarde (bleekarde + UCO plantaardig)	ton	20.000	16.500	- 17,5%
Scope 3, cat. 4 - Upstream transport en distributie				
Transport, vrachtwagen (0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market for Cut-off, U))	tkm	1.370.953	1.190.451	- 13%

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
Scope 3, cat. 1 - Aangekochte goederen en diensten				
market for hexane hexane Global	kg	0	287.500	+ 100%
Emissie naar de lucht				
Carbon monoxide, biogenic (000630-08-0)	ton	2.200	1.956	- 88%
Scope 3, cat. 12 - End-of-life treatment of sold products				
0297-avC&Verbranden organisch afval (4,29 MJ/kg) (o.b.v. Biowaste {GLO} treatment of biowaste, municipal incineration Cut-off, U)	ton	6.000	700	- 88%
Scope 3, cat. 4 - Upstream transport en distributie				
Transport, vrachtwagen (0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market for Cut-off, U))	tkm	2.000.000	2.028.750	+ 1%

In de navolgende paragrafen is de impact van deze veranderingen uitgerekend en is de milieukosten indicator en CO₂-footprint voor het gehele VKA inzichtelijk gemaakt.

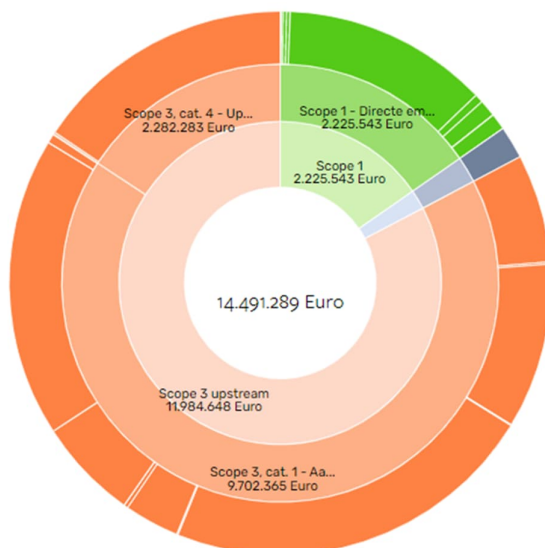
6.2 Resultaten Voorkeursalternatief

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 (82%). Daarnaast wordt ook het grootste deel van de CO₂-emissies veroorzaakt door de productie en het transport van de grondstoffen (62%).

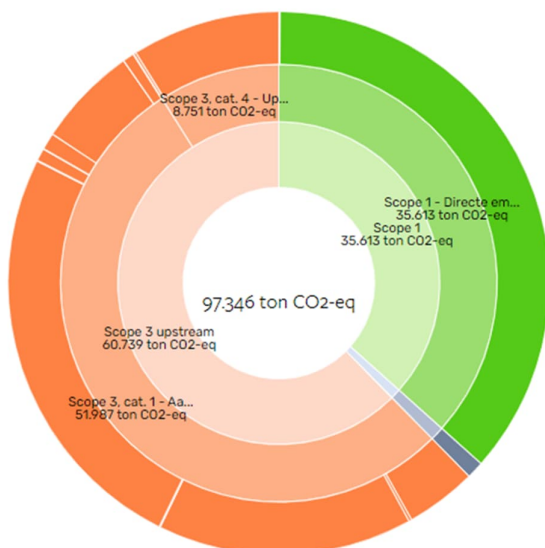


BILFINGER



	Impact	%
Scope 1	2.225.543	15,36 %
Scope 2	281.099	1,94 %
Scope 3 upstream	11.984.648	82,70 %
Scope 3 downstream	0	0 %
No scope	0	0 %
Total	14.491.289 Euro	

Figuur 13. MKI per scope VKA (bron: © Ecochain Technologies (B.V.))



	Impact	%
Scope 1	35.612.763	36,58 %
Scope 2	994.121	1,02 %
Scope 3 upstream	60.738.715	62,39 %
Scope 3 downstream	0	0 %
No scope	0	0 %
Total	97.345.599 kg CO₂-eq	

Figuur 14. CO₂ 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 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 CO₂-footprint per scope weergegeven.

Tabel 28. MKI en CO₂ footprint per scope VKA

Scope	MKI (€/jaar)	CO ₂ -footprint (kg CO ₂ -eq/jaar)
Scope 1	2.226.000	35.613.000
Scope 2	281.000	994.000
Scope 3	11.985.000	60.739.000
Totaal	14.491.000	97.346.000

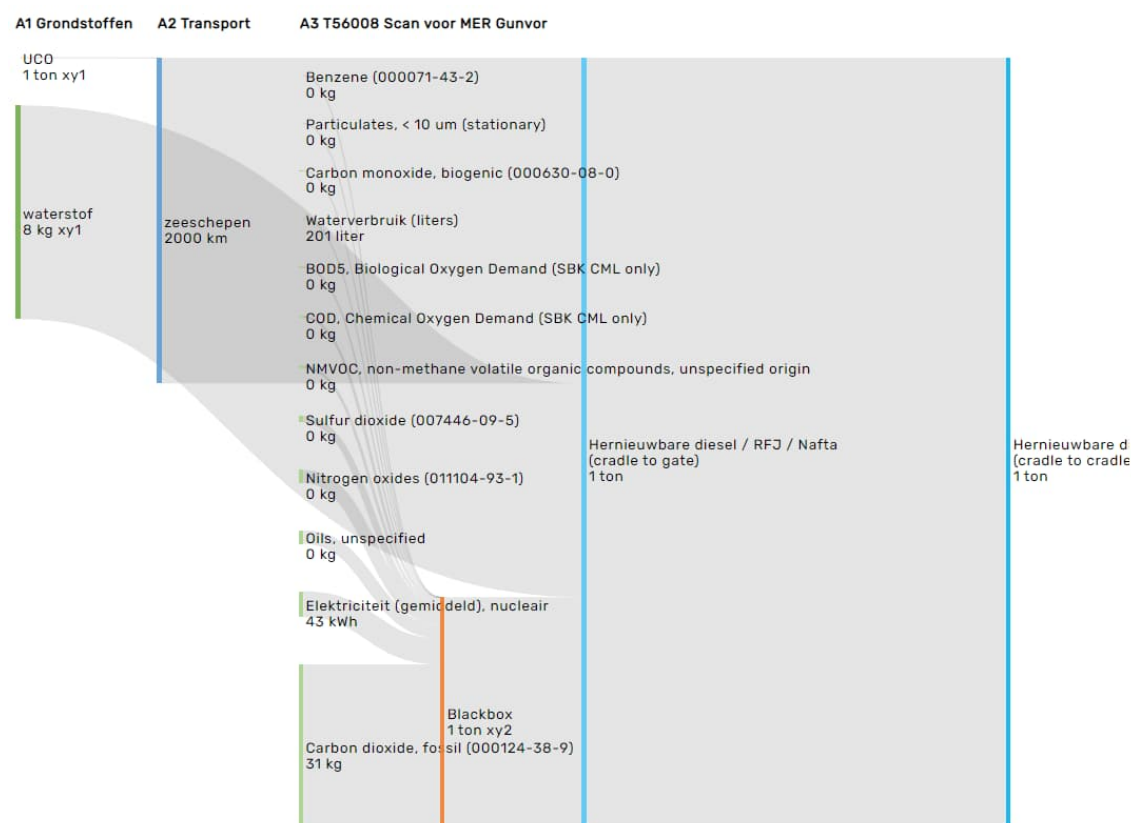


6.2.2. Hernieuwbare diesel/SAF

De totale milieukosten voor het produceren van 1 ton hernieuwbare diesel/SAF worden berekend door de totale MKI van €14.491.000,- te delen door de totaal geproduceerde hoeveelheid diesel/SAF van 700 kiloton. De MKI van 1 ton hernieuwbare diesel/SAF is €20,70.

De totale CO₂-footprint voor het produceren van 1 ton hernieuwbare diesel/SAF wordt berekend door de totale CO₂-footprint van 97.346 ton CO₂-eq te delen door de totaal geproduceerde hoeveelheid diesel/SAF van 700 kiloton. De CO₂-footprint van 1 ton hernieuwbare diesel/SAF betreft 0,139 ton CO₂-eq.

Onderstaande figuur geeft een schematische weergave van de ingrediënten en processen om 1 ton hernieuwbare diesel/RJF te maken. Van de grondstoffen die naar de inrichting worden getransporteerd tot de input van de utiliteiten en hulpstoffen die worden gebruikt bij de productie.



Figuur 15. Impactstromen t.b.v. 1 ton hernieuwbare diesel/SAF in het VKA (bron: © 2022 Ecochain Technologies B.V.)



BILFINGER

6.3 Samenvatting VKA ten opzichte van de VA

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de totale MKI en de totale CO₂-emissies in zowel de VA als het VKA (op basis van alternatief P1, P2 en E1). Tevens wordt het verschil aangegeven.

Impact	Resultaat
Totale MKI VA van de fabriek	€ 16.905.000
Totale MKI VKA van de fabriek	€ 14.491.000
Verschil VKA t.o.v. VA	- € 2.414.000
Totale CO ₂ -eq VA (ton)	101.720
Totale CO ₂ -eq VKA (ton)	97.346
Verschil VKA t.o.v. VA (ton)	- 4.374
MKI per ton hernieuwbare diesel in VA	€ 24,15
MKI per ton hernieuwbare diesel in VKA	€ 20,70
Verschil VKA t.o.v. VA	- € 3,45
kg CO ₂ -eq per ton hernieuwbare diesel in VA	145
kg CO ₂ -eq per ton hernieuwbare diesel in VKA	139
Verschil VKA t.o.v. VA	-6

Het VKA heeft zowel een gunstiger MKI (-14%) als CO₂-footprint (-4%) per ton hernieuwbare diesel.

De afname van de CO₂-footprint in het VKA resulteert in een gunstiger verhouding van de CO₂-footprint van 1 ton hernieuwbare diesel/SAF (0,139 ton CO₂-eq). Uitgaande van 44¹¹ MJ/kg HVO, komt er bij de productie van 1 MJ HVO 3,16 g CO₂ vrij.

De berekening van de verhouding van de CO₂-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 0,525¹² ton CO₂ vrij. Ervan uitgaande dat er 43,1¹³ MJ/kg diesel zit, komt er bij de productie van 1 MJ diesel 12,18 g CO₂ vrij.

De reductie is dan:

$$CO_2 - reductie = \frac{CO_{2,diesel} - CO_{2,HVO}}{CO_{2,diesel}} \times 100\% = \frac{(12,18 - 3,16)}{12,18} \times 100\% = 74\%$$

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

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

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