

Biomassa in Mobiliteit

Onderzoek naar de functie van biomassa
in duurzame mobiliteit

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Jan Willem de Kleuver

Mike van Moerkerk

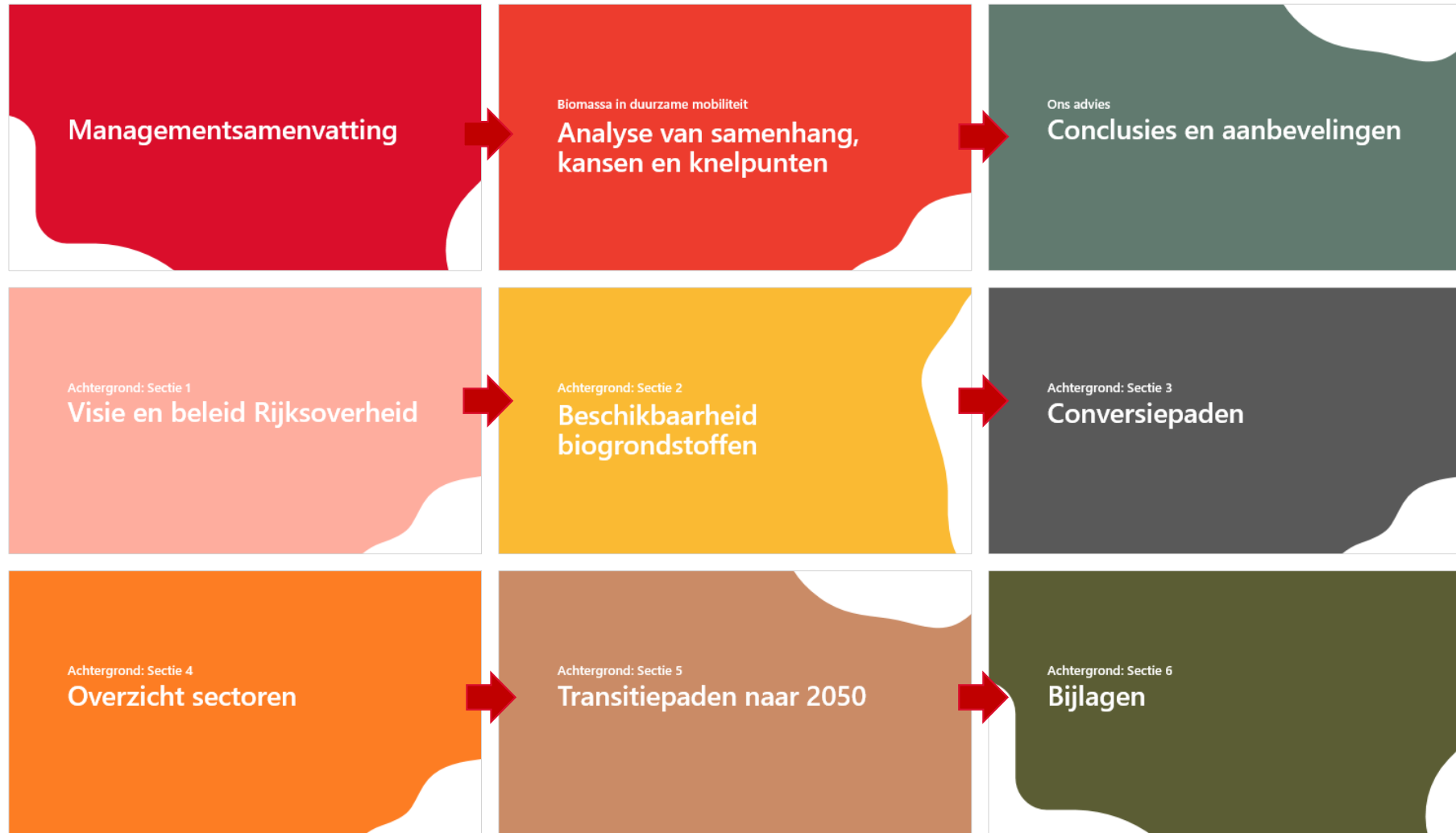
Wietse Kruijsse

30-03-2022



Impact op morgen.

Inhoud



Managementsamenvatting

Managementsamenvatting

Aanleiding

TwynstraGudde is gevraagd het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat inzicht te geven in de kansen, knelpunten en samenhang in de toepassing van biomassa in duurzame mobiliteit. Specifiek gaat het om de scheepvaartsector (zeevaart en binnenvaart), luchtvaartsector en wegtransportsector (zwaar en licht).

Biomassa in transport is een complex en controversieel onderwerp, waarbij grote onzekerheden in de data van toekomstige beschikbaarheid en behoefte worden aangehouden. Dit komt met name door de verscheidenheid aan biograndstoffen, grondstofprijzen, productietechnologieën en een diversiteit aan toepassingen in de verschillende transportsectoren. Er wordt algemeen erkend dat biobrandstoffen een belangrijke rol gaan spelen in de transitie naar een klimaatneutraal Nederland. Deze presentatie biedt een globaal overzicht van de belangrijkste ontwikkelingen in de toepassing van biomassa in de Nederlandse mobiliteitssector tot aan 2050.

Behoeftte aan inzicht

Met wettelijke verplichtingen en stimuleringsregelingen zorgt de Europese Unie voor een groei in het gebruik van biobrandstoffen. Daarnaast kan de Nederlandse overheid het gebruik van biobrandstoffen verder stimuleren met nationale wet- en regelgeving, toegespitst op specifieke technologieën of (transport)sectoren. Voor het Ministerie van IenW is het belangrijk om te zien welke ontwikkelingen er verwacht worden bij het huidige beleid (inclusief *Fit-for-55*-pakket), welke knelpunten er zijn en of potentiële kansen onbenut blijven. Het Ministerie kan beleid ontwikkelen voor deze knelpunten en kansen.

Beleid

De nieuwe jaarverplichting Energie Vervoer (periode 2022-2030) is een wijziging op de Wet Milieubeheer, en is een uitwerking/implementatie van de Richtlijn (EU) 2018/2001 (REDII) ter bevordering van het gebruik van energie uit hernieuwbare bronnen voor vervoer in Nederland, inclusief gerelateerde afspraken in het Klimaatakkoord. De jaarverplichting is het belangrijkste uitvoeringsinstrument om de Europese doelen te behalen. Tot 1 januari 2025 kunnen ook leveringen van bio- en hernieuwbare brandstoffen aan luchtvaart en zeevaart worden ingeboekt (opt-in). Het Fit-for-55-pakket van de EU is een verscherping van de REDII aangevuld met enkele sectorgerichte instrumenten voor de luchtvaart (ReFuelEU Aviation) en scheepvaart (FuelEU Maritime).

Drie schakels in de keten

De keten van biobrandstoffen bestaat uit 3 hoofd-onderdelen:

1. Beschikbare biograndstoffen (nationaal en import)
2. Verwerking tot biobrandstoffen (conversie)
3. Het gebruik ervan per sector (volumes en productenmix)

Hieronder volgen de belangrijkste conclusies per onderdeel van de keten:

Biograndstoffen

In verschillende onderzoeken wordt aangetoond dat er in de toekomst voldoende biograndstoffen beschikbaar zullen zijn (in de EU en wereldwijd), om aan de vraag naar duurzame biograndstoffen in Nederland voor de verschillende (transport)sectoren te voldoen. Er worden geen knelpunten betreffende beschikbaarheid verwacht, ook als de samenhang met andere sectoren wordt bekeken en rekening houdend met de gewenste mainport-functie van de Nederlandse (lucht-)havens.

Managementsamenvatting

Over de herkomst van biograndstoffen in 2030 en 2050 kunnen beperkt uitspraken worden gedaan. Het is op dit moment een mondiale markt, mede afhankelijk van het type biograndstof. De verwachting is dat dit in 2030 en 2050 ook zo zal zijn.

Conversie en productie

Als gevolg van beleidskeuzes om het gebruik van conventionele biograndstoffen (zorgen om duurzaamheidsaspecten) en Annex IX B grondstoffen (beperkte beschikbaarheid) te maximeren, zal de concurrentie om geavanceerde biobrandstoffen (Annex IX A) en synthetische brandstoffen sterk toenemen.

Voor een sterke toename van de inzet van geavanceerde biobrandstoffen zal de productiecapaciteit fors moeten opschalen. De investerings- en operationele kosten (en onzekerheden) zijn echter nog hoog. Dat geldt ook voor synthetische brandstoffen (e-fuels of RFNBO's), waarvan de grootschalige marktintroductie pas ná 2030 wordt verwacht.

Gebruik per sector

De verwachting is dat de concurrentie om biograndstoffen zal gaan toenemen vanwege toenemend gebruik in de internationale scheep- en luchtvaart, en andere sectoren waaronder met name de chemie en de bouw. Het nog niet vast te stellen wat de exacte toekomstige mix van hernieuwbare brandstoffen (en dus gebruik van biograndstoffen) zal zijn per sector in 2030 of in 2050. Er kan wel worden vastgesteld dat biobrandstoffen en e-fuels richting 2050 veruit het grootste aandeel van de brandstofmix voor de lucht- en scheepvaart vertegenwoordigen. Voor wegtransport zal deze rol – van biobrandstoffen, kleiner worden en nemen nul-emissie-alternatieven als elektrische- en waterstofaandrijving de markt verder over.

Aanbevelingen

- Zet in op de versnelde afbouw van de (stimulans van de) inzet van biobrandstoffen in het lichte wegtransport.
- Stimuleer innovatie in, en opschaling van, de productie van geavanceerde biobrandstoffen.
- Verken de mogelijkheid (en haalbaarheid) van een tijdelijke, lichte ophoging van de limiet op het gebruik van conventionele biograndstoffen in Nederland.
- Heroverweeg de stimuleringsfactor voor de inzet van biobrandstoffen in met name de luchtvaartsector.
- Stimuleer innovatie in, en opschaling van, de productiecapaciteit van bio-kerosine en synthetische kerosine in Nederland.
- Stimuleer innovatie in, en opschaling van, de productiecapaciteit van biobrandstoffen en synthetische brandstoffen voor de scheepvaart.
- Stimuleer de opzet van proeftuinen (fieldlabs, innovatiehubs) voor het experimenteren met alternatieve energiedragers binnen de diversiteit aan scheepstypen in deze sector. Een ketenaanpak is hierin van groot belang.
- Zet in op internationale, bindende afspraken voor de lucht- en scheepvaartsector – bij voorkeur in EU-, of mondiaal verband. Zo groeit investeringszekerheid voor de industrie.
- Stimuleer de productie van hernieuwbare elektriciteit en beschikbaarheid van elektrolysecapaciteit voor de productie van waterstof voor de transportsector.
- Verken de mogelijkheid om afspraken te maken over de toekomstige allocatie van beschikbare hernieuwbare elektriciteit en waterstof t.b.v. de productie van e-fuels voor de Nederlandse transportsector.

Definitie van Biomassa:

'De biologisch afbreekbare fractie van producten, afvalstoffen en residuen van biologische oorsprong uit de landbouw, met inbegrip van plantaardige en dierlijke stoffen, de bosbouw en aanverwante bedrijfstakken, met inbegrip van de visserij en de aquacultuur, alsmede de biologisch afbreekbare fractie van afval, met inbegrip van industrieel en huishoudelijk afval van biologische oorsprong.'

Renewable Energy Directive II (EU, 2018)

Categorisering biobrandstoffen

De Europese Richtlijn Hernieuwbare Energie maakt bij duurzame biobrandstoffen een onderscheid op basis van herkomst van de gewassen en/of rest- en afvalstromen waar de biobrandstof van is gemaakt³⁶.

Biobrandstoffen uit Voedsel- en Voedergewassen
(conventionele biobrandstoffen)

- Landbouwgewassen zoals koolzaad, suikerriet, mais
- Risico van indirecte landgebruiksverandering (ILUC)
- Inzet in NL brandstofmix: 1,7% (2020)²⁶
- Stimuleringsfactor REV (dubbeltelling): geen

Biobrandstoffen uit Afval- en Reststromen: Annex IX-A
(geavanceerde biobrandstoffen)

- Uit bijvoorbeeld landbouw, bosbouw, houtverwerkings- of voedingsmiddelenindustrie, energiegewassen, algen
- Grote potentiële grondstoffenbasis
- Inzet in NL brandstofmix: 2,6% (2020)²⁶
- Stimuleringsfactor REV (dubbeltelling): 2; 1,2 voor luchtvaart en 0,8 voor zeevaart in NL

Biobrandstoffen uit Afval- en Reststromen: Annex IX-B
(vetten en oliën)

- Gebruikt frituurvet (Used Cooking Oil – UCO)
- Dierlijk vet (Categorie 1 en 2)
- Inzet in NL brandstofmix: 10% (2020)²⁶
- Stimuleringsfactor REV (dubbeltelling): 2; 1,2 voor luchtvaart; 0,8 zeevaart in NL

Biobrandstoffen – Categorie 'Overig'
(elektriciteit, e-fuels, RCF's)

- e-Fuels of Renewable Fuels of Non-Biological Origin (RFNBO's) uit hernieuwbare elektriciteit (elektrolyse) – minimale CO₂-reductie: 70%
- Recycled Carbon Fuels (RCF's) – uit hergebruikt koolstof (niet in verplichting in Nederland opgenomen) – minimale CO₂-reductie: 70%
- Biobrandstoffen o.b.v. dek- en rotatiegewassen
- Industriële stromen – niet opgenomen in Annex IX A of Annex IX B
- Stimuleringsfactor REV (dubbeltelling): 2,5 voor RFNBO's en 4 voor elektriciteit (alleen in Nederland); 1,2 voor luchtvaart; 0,8 zeevaart in NL

Ons advies

Conclusies en aanbevelingen



Conclusies (1)

- Biomassa is een complex onderwerp, waarbij **grote onzekerheden** worden erkend in de **beschikbaarheid van, en toekomstige behoefte** aan biograndstoffen (feedstock) en biobrandstoffen. Dit komt met name door de verscheidenheid aan biograndstoffen, productietechnologieën en diversiteit aan toepassingen in de verschillende transportsectoren. Beleidskeuzes op nationaal en internationaal niveau hebben grote invloed op deze onzekerheden.
- In verschillende onderzoeken wordt aangetoond dat er in de toekomst voldoende biograndstoffen beschikbaar zullen zijn (in de EU en wereldwijd), om aan de vraag naar duurzame biograndstoffen in Nederland voor de verschillende (transport)sectoren te voldoen. Er worden **geen knelpunten betreffende beschikbaarheid** verwacht voor 2030, ook als de samenhang met andere sectoren wordt bekeken en rekening houdend met de gewenste mainport-functie van de Nederlandse (lucht-)havens.
- In het voor dit onderzoek gehanteerde rekenmodel is uitgegaan van de verwachtingen over de toekomstige brandstofmix (en biograndstof-categorie) welke door de Europese Commissie is berekend middels het PRIMES-model. **De rol van Annex IX B brandstoffen wordt hierin groter geschat dan de Nederlandse wet- en regelgeving toestaat.** De in Nederland gereguleerde inzet van conventionele- en Annex IX B grondstoffen kan leiden tot een nog grotere vraag naar Annex IX A grondstoffen en e-fuels.
- **Over de herkomst van biograndstoffen in 2030 en 2050 kunnen beperkt uitspraken worden gedaan.** Het is op dit moment een mondiale markt, mede afhankelijk van het type biograndstof. De verwachting is dat dit in 2030 en 2050 ook zo zal zijn. De EU heeft de potentie om in de eigen behoefte aan biograndstoffen kunnen voorzien.
- **De verwachting is dat de concurrentie om biograndstoffen zal gaan toenemen** vanwege toenemend gebruik in de internationale scheep- en luchtvaart, en andere sectoren waaronder met name de chemie en de bouw. Als gevolg van beleidskeuzes om het gebruik van conventionele biograndstoffen (zorgen om duurzaamheidsaspecten) en Annex IX B grondstoffen (beperkte beschikbaarheid) te maximaliseren, zal de concurrentie om geavanceerde biobrandstoffen (Annex IX A) en synthetische brandstoffen sterk toenemen.

Conclusies (2)

- **Conventionele biograndstoffen zullen naar verwachting geen rol spelen in de toekomstige biobrandstofmix** van de (internationale) lucht- en scheepvaart – om onder andere concurrentie met de wegtransportsector te voorkomen. In de transitie naar toenemend gebruik van kostbare e-fuels en geavanceerde biobrandstoffen en nul-emissie-alternatieven, kunnen conventionele biograndstoffen mogelijk wel een grotere, tijdelijke rol spelen. Zo kan er gebruik worden gemaakt van bestaande biobrandstofketens en kunnen de kosten van de transitie worden verlaagd. Dit vereist echter een beleidsaanpassing in de Jaarverplichting Energie Vervoer.
- De biobrandstof-keten is nog in opbouw en de economische ontwikkelingen (grondstofprijzen) en technologische ontwikkelingen van productieroutes zijn onzeker. Daarom is het **nog niet vast te stellen wat de exacte toekomstige mix van hernieuwbare brandstoffen** (en dus inzet van biograndstoffen) zal zijn per sector in 2030 of in 2050. Er kan wel worden vastgesteld dat biobrandstoffen en e-fuels richting 2050 veruit het grootste aandeel van de brandstofmix voor de lucht- en scheepvaart vertegenwoordigen. Voor wegtransport zal deze rol kleiner worden en nemen nul-emissie-alternatieven als elektrische- en waterstofaandrijving de markt verder over.
- De REDII-richtlijn, met een doelstelling voor het gebruik van duurzame energie in transport, wordt aangepast in de **REDIII**. Deze nieuwe richtlijn streeft naar een reductie in emissie-intensiteit voor de transportsector, wat de inzet van de **economisch én ecologisch meest gunstige productieroutes stimuleert**.
- De Europese Commissie heeft op basis van een meta-studie (PRIMES-model) geconcludeerd dat Alcohol-to-Jet, Gas+FT **de meest kansrijke routes** zijn voor de **luchtvaart**, naast de inzet van synthetische kerosine. Voor de **scheepvaart** is de toekomstige brandstofmix lastiger te voorspellen – met name door de diversiteit aan scheepstypen en toepassingen, maar lijken bio-LNG, bio-Methanol en FT een grote rol te gaan spelen, naast de inzet van e-fuels, zoals: e-Diesel (FT), e-Methanol, e-Ammoniak en e-LNG.
- Voor een sterke toename van de inzet van geavanceerde biobrandstoffen zal de **productiecapaciteit fors moeten opschalen**. De investerings- en operationele kosten (en onzekerheden) zijn echter nog hoog, wat een barrière vormt voor opschaling. Dat geldt ook voor synthetische brandstoffen, waarvan de **grootschalige marktintroductie pas ná 2030** wordt verwacht. De beschikbaarheid van hernieuwbare elektriciteit, elektrolyse-capaciteit en CO₂ (afvang-technologie), zijn **grote onzekerheden in kostprijs en beschikbaarheid** van e-fuels in de toekomst.

Aanbevelingen (1)

1. Zet in op de **versnelde afbouw van de (stimulans van de) inzet van biobrandstoffen in het lichte wegtransport**. De alternatieven zijn beschikbaar, en zo komen de schaarse biograndstoffen/brandstoffen beschikbaar voor de transportsectoren die lastiger te verduurzamen zijn – zoals het zware wegtransport, en de lucht- en scheepvaart.
2. Stimuleer **innovatie in, en opschaling van de productie van geavanceerde biobrandstoffen**. De brandstoffen op basis van deze categorie biograndstoffen gaan een dominante rol spelen in de brandstofmix, bij een limiet op het gebruik van conventionele- en Annex IX B grondstoffen.
3. Verken de mogelijkheid (en haalbaarheid) van een **tijdelijke, lichte ophoging van de limiet op het gebruik van conventionele biograndstoffen** in Nederland. Het biedt kansen om de transitie naar kostbaardere varianten – zoals geavanceerde en synthetische brandstoffen, te verlagen, zonder daarbij onverantwoorde duurzaamheidsrisico's te nemen.
4. Heroverweeg **de stimuleringsfactor voor de inzet van biobrandstoffen in met name de luchtvaartsector**. Deze wordt als laag ervaren om écht het verschil te maken en investeringen te stimuleren in de productie van dit type brandstoffen.
5. Stimuleer **innovatie** in, en opschaling van, de productiecapaciteit van bio-kerosine en synthetische kerosine in Nederland. De **luchtvaartsector** heeft een groot verduurzamingspotentieel, wat kansen biedt voor de huidige Nederlandse luchtvaart-, en brandstoffenindustrie en chemie en raffinagesector.
6. Stimuleer **innovatie** in, en opschaling van, de productiecapaciteit van biobrandstoffen (geavanceerd: zoals bio-LNG en bio-Methanol) en synthetische brandstoffen (zoals e-Diesel (FT), e-Ammoniak en e-Methanol) **voor de scheepvaart**. De vraag naar deze brandstoffen gaat naar verwachting explosief stijgen de komende decennia, wat kansen biedt voor de huidige scheepvaart- en brandstoffenindustrie en chemie en raffinagesector.



Aanbevelingen (2)

- Stimuleer de opzet van proeftuinen (fieldlabs, innovatiehubs) voor het **experimenteren met alternatieve energiedragers** binnen de diversiteit aan scheepstypen in deze sector. Zo kan de optimale brandstofmix worden benaderd voor de scheepvaartsector. Een ketenaanpak is hierin van groot belang.
- Zet in op **internationale, bindende afspraken voor de lucht- en scheepvaartsector** – bij voorkeur in EU-, of mondiaal verband. Zo wordt duidelijkheid gecreëerd richting de markt en groeit investeringszekerheid. De REDIII, FuelEU Maritime en ReFuelEU Aviation zijn initiatieven op EU-niveau die concrete invulling geven aan deze behoefte vanuit de sectoren.
- Stimuleer de productie van hernieuwbare elektriciteit en **beschikbaarheid van elektrolysecapaciteit** voor de productie van waterstof voor de Nederlandse transportsector.
- De vraag naar **hernieuwbare elektriciteit (en waterstof)** zal vanuit diverse sectoren sterk toenemen de komende decennia. Binnen de transportsector wordt verwacht dat e-fuels een grote rol binnen de brandstofmix krijgen in de toekomst. De toekomstige productie van e-fuels is sterk afhankelijk de beschikbaarheid en prijs van hernieuwbare elektriciteit voor de productie van waterstof. Ook is de prijs en beschikbaarheid van CO₂ (en evt. N₂ voor e-Ammoniak) een aspect wat veel onzekerheden kent richting 2050. **Verken de mogelijkheid om afspraken te maken over de toekomstige allocatie van beschikbare hernieuwbare elektriciteit en waterstof** t.b.v. de productie van e-fuels voor de Nederlandse transportsector.

Biomassa in duurzame mobiliteit

Analyse van samenhang, kansen en knelpunten

Algemene inzichten en conclusies

Grote onzekerheid

- Biomassa is een complex en controversieel onderwerp.
- Er zijn grote onzekerheden (ranges) in de data over de beschikbaarheid van, en behoefte aan, duurzame biomassa en -brandstoffen richting 2030 en 2050 – met name door de verscheidenheid aan biomassagrondstoffen en grondstofprijzen en de verscheidenheid aan bestaande productietechnologieën.
- Er wordt algemeen erkend dat biobrandstoffen een belangrijke rol gaan spelen in de transitie naar een zero-emissie transportsector, richting 2050.

Beschikbaarheid en behoefte sectoren

- Niet alle duurzame biograndstoffen zullen beschikbaar zijn voor de transportsector. Ook andere sectoren gaan in toenemende mate gebruik maken van biograndstoffen, zoals bijvoorbeeld de chemie en bouwsector.
- De totale behoefte aan biobrandstoffen in Nederland wordt vooral bepaald door de ontwikkelingen in de internationale scheepvaart en luchtvaart.
- Voor licht wegtransport, waar biobrandstoffen nu voornamelijk worden ingezet, wordt een afbouw van het stimuleringsbeleid ingezet. Voor deze transportsector zijn op dit moment goede alternatieven beschikbaar.
- Voor zwaar wegtransport, scheepvaart en luchtvaart wordt een beleid van ombouw (van stimulering) ingezet. Op dit moment, en de nabije toekomst, zijn er geen geschikte alternatieven op grote schaal beschikbaar. Wanneer zero-emissie varianten beschikbaar komen op grote schaal, kan daarop worden overgeschakeld.

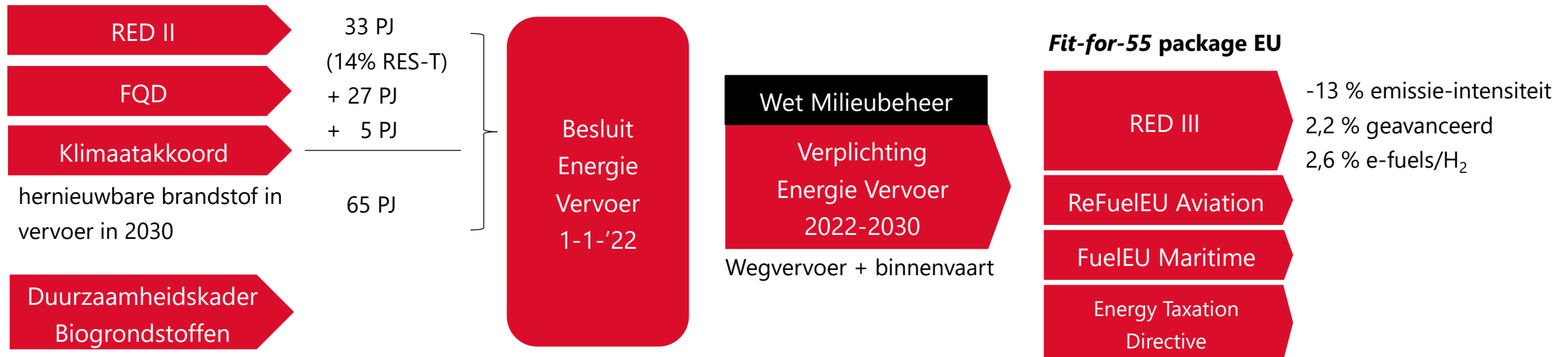
Opbouw van ketens

- De samenhang tussen biograndstoffen en biobrandstoffen hangt in grote mate af van de conversiefactor. De conversie van grondstof tot brandstof is een factor 1,5 tot 2, waarmee er dus gemiddeld bijna 2 GJ grondstof nodig is voor 1 GJ brandstof.
- Waar fossiele ketens vele decennia van optimalisatie hebben ondergaan, staan de bio-ketens buiten de voedsel- en veevoedermarkten in veel gevallen nog in de kinderschoenen.
- De keten is nog in opbouw en de economische en technologische ontwikkelingen zijn onzeker. Daarom is het nog niet vast te stellen wat de exacte mix van biobrandstoffen (en dus inzet van biograndstoffen) zal zijn per sector in 2030 of in 2050.

Samenhang van wetgeving en beleid

Wetgeving en beleid hangen sterk samen in Nederland en Europa.

- De nieuwe jaarverplichting Energie Vervoer (periode 2022-2030) is een wijziging op de Wet Milieubeheer, en is een uitwerking/implementatie van de Richtlijn (EU) 2018/2001 (REDII) ter bevordering van het gebruik van energie uit hernieuwbare bronnen voor vervoer in Nederland, inclusief gerelateerde afspraken in het Klimaatakkoord.
- De jaarverplichting is het belangrijkste uitvoeringsinstrument om de Europese doelen te behalen, en geldt vooralsnog voor wegvervoer en binnenvaart. Tot 1 januari 2025 kunnen ook leveringen van bio- en hernieuwbare brandstoffen aan luchtvaart en zeevaart worden ingeboekt (opt-in).
- Het *Fit-for-55*-pakket van de EU is een verscherping van de REDII aangevuld met enkele sectorgerichte instrumenten voor de lucht- en scheepvaart.



Knelpunten overzicht

Beleid

- Trage beleidsprocessen: doorlooptijd van ontwikkeling en goedkeuring beleid op EU-niveau en de doorvertaling op nationaal niveau.
- Sectorspecifiek stimulering 'lekt' weg naar andere sectoren (voorbeeld: leveringen van FAME aan de scheepvaart in Nederland).
- Grote groei geavanceerde biobrandstoffen en e-fuels vraagt financiële stimulering voor innovatie en opschaling.

Grondstoffen

- Over de herkomst van biograndstoffen in 2030 en 2050 kunnen beperkt uitspraken worden gedaan. Het is op dit moment een mondiale markt, mede afhankelijk van het type grondstof. De verwachting is dat dit in 2030 en 2050 ook zo zal zijn³³. Nederland importeerde in 2020 haar biograndstoffen en biobrandstoffen uit 85 verschillende landen²⁶.
- Potentie van V&V binnen de kaders van Nederlandse wetgeving is nog niet volledig benut, maar kan in de transitie naar een toename van gebruik van geavanceerde brandstoffen wel een belangrijke rol spelen. Met name om de kosten van de transitie te verlagen. Zorgen om duurzaamheidsaspecten hebben ertoe geleid dat deze grondstofcategorie is gelimiteerd voor Nederland.
- De beschikbaarheid van Annex IX B grondstoffen, met name UCO, is (internationaal) beperkt.
- De verwachting is dat de concurrentie om biograndstoffen zal gaan toenemen vanwege toenemend gebruik in de internationale scheep- en luchtvaart, en andere sectoren waaronder met name de chemie en de bouw²¹.
- Concurrentie om hernieuwbare elektriciteit, CO₂ en groene waterstof vanuit andere sectoren – m.n. de industrie, zal gaan toenemen.

Conversie en productie

- Groei in biobrandstoffen moet met name worden opgevangen met geavanceerde biobrandstoffen, waarvoor de productiecapaciteit nog beperkt is, en dus zeer snel opgeschaald zal moeten worden. Deze productieroutes zijn over het algemeen kostbaarder dan op basis van Annex IX B en conventionele biograndstoffen.
- De productiecapaciteit voor de productie van biobrandstoffen vergt grote initiële investeringen, waarna de operationele kosten ook nog hoog zijn. Bij gebrek aan investeringszekerheid – als gevolg van onduidelijkheid in toekomstige wet- en regelgeving, is dit een grote barrière.
- Voor de groeiende inzet van biobrandstoffen op basis van dek- en rotatiegewassen (categorie 'Overig') zal de productieketen nog volledig opgebouwd moeten worden³⁶.
- Beperkte beschikbaarheid van hernieuwbare elektriciteit en elektrolyse capaciteit voor grootschalige productie van waterstof en e-fuels/RFNBO's. Grootschalige marktintroductie wordt verwacht pas na 2030-2035³⁷.
- De biobrandstof-keten is nog in opbouw en de economische ontwikkelingen (grondstofprijzen) en technologische ontwikkelingen van productieroutes zijn onzeker. Daarom is het nog niet vast te stellen wat de exacte toekomstige mix van hernieuwbare brandstoffen zal zijn per sector in 2030 of in 2050, en welke productieroutes dominant zullen zijn.

Knelpunten beleid (verdieping)

Sinds 2019 overstijgt de jaarverplichting de wettelijke bijmenggrenzen (FQD) die gelden voor brandstoffen in het wegvervoer. Dat betekent dat brandstofleveranciers meer moeten doen dan het bijmengen van de traditionele biobrandstoffen FAME en bio-ethanol om aan de jaarverplichting te voldoen. Opties daarvoor²⁶:

- Bijmenging HVO en bionafta – vanwege hogere blendwalls
- Levering van dubbeltellende biobrandstoffen op basis van afval- en reststromen (Annex IX A)
- Levering van biogas en elektriciteit (in 2020 slechts 6% van totale hoeveelheid hernieuwbare energie in vervoer)
- Levering aan sectoren zonder jaarverplichting: zeevaart, luchtvaart (beide tot 2025) en binnenvaart (vanaf 2023 ook een reductieverplichting)

Dit heeft geresulteerd in een sterke toename van de levering van FAME aan de zeevaart, als alternatief voor het bijmengen van het duurdere (maar technisch superieure) HVO aan wegvervoer. Dit is een onverwachte effect van het beleid gezien het feit dat leveringen aan de zeevaart niet meetellen voor de nationale verplichtingen. Echter op nationaal niveau draagt dit uiteraard bij aan de verduurzaming van de sector in het geheel en is de verduurzaming van de zeevaart heel wenselijk.

Dilemma: de stimuleringsfactoren werken ‘gaming’ in de hand maar zijn tegelijk wel nodig om de innovatie en kostenreductie te stimuleren.

Dilemma: de specifieke instrumenten geven gerichte stimulering, maar marktpartijen en economische ontwikkelingen bepalen uiteindelijk de verdeling van biograndstoffen en levering van biobrandstoffen.

Knelpunten grondstoffen (verdieping)

- De Europese Commissie concludeert in haar voorstel voor aanpassing van de RED, dat volgens alle scenario's er in 2030 voor bio-energie **voldoende aanbod** is van duurzame biomassa^{15,21,32,33}. Dit wordt ook onderschreven in diverse onderzoeken van o.a. de SER³⁵ en CE Delft¹ waarin zij concluderen dat in 2030 en 2050 voldoende biomassa beschikbaar is (EU en mondiaal), om aan de vraag naar biomassa in Nederland voor de verschillende (transport)sectoren te voldoen. Het PBL³¹ verwacht geen knelpunten betreffende beschikbaarheid, ook als de samenhang met andere sectoren wordt bekeken.
- De **potentie in Nederland** zelf is echter niet toereikend om in de eigen behoefte te voorzien, bij implementatie van de doelstellingen uit het Klimaatakkoord en de Green Deal. Dit komt vooral door de grote behoefte aan biobrandstoffen voor de internationale zee- en luchtvaart. Er kan voldoende geïmporteerd worden in Europa of op mondiaal niveau, zonder dat de mondiale voedselvoorziening hierdoor in gevaar komt.
- De verdeling van (beperkt) beschikbare biomassa – de '*fair share*' per land, is niet operationaliseerbaar als grondslag voor beleid¹. Om deze reden wordt bij voorkeur gesproken over, en uitgegaan van '*fair trade*'.
- De **totale behoefte aan biobrandstoffen** in Nederland wordt vooral bepaald door de ontwikkelingen in de internationale scheepvaart en luchtvaart. Dit zou kunnen leiden tot een verachtvoudiging van de biobrandstofvraag in Nederland. Dit scenario is onzeker, want hier is nog geen vastgesteld beleid voor³⁷.
- De verwachting is dat de biobrandstofbehoefte voor **scheepvaart** voornamelijk ingevuld gaat worden door FAME (tot de blendlimiet van 7 vol-% voor de binnenvaart) en HVO (totaal max. 37% in volume i.c.m. FAME voor de binnenvaart)³⁷, en voor **luchtvaart** HEFA (voornamelijk gebaseerd op UCO) en in mindere mate AtJ, tot 2030. De beschikbaarheid van UCO kan een beperkende factor zijn, afhankelijk van het geïmplementeerde beleid voor de internationale scheep- en luchtvaart. In dat geval, kan overgeschakeld worden naar de conventionele grondstof, plantaardige olie (PPO). Deze keuze is te overwegen als alternatieve oplossing. Echter, in relevante nationale en Europese richtlijnen worden conventionele grondstoffen op termijn uitgefaseerd, m.n. vanwege duurzaamheidsaspecten.
- **UCO** is nu de dominante grondstof welke in sterke mate van buiten Europa wordt geïmporteerd. De grondstoffen voor **PPO** komen uit Nederland of kunnen worden geïmporteerd Europa, en zijn bovendien lager in kosten. Echter, de inzet van Annex IX B en conventionele biograndstoffen wordt beperkt middels de gestelde limieten op de inzetpercentages in de Jaarverplichting/REDII.

Grondstof categorieën (verdieping)

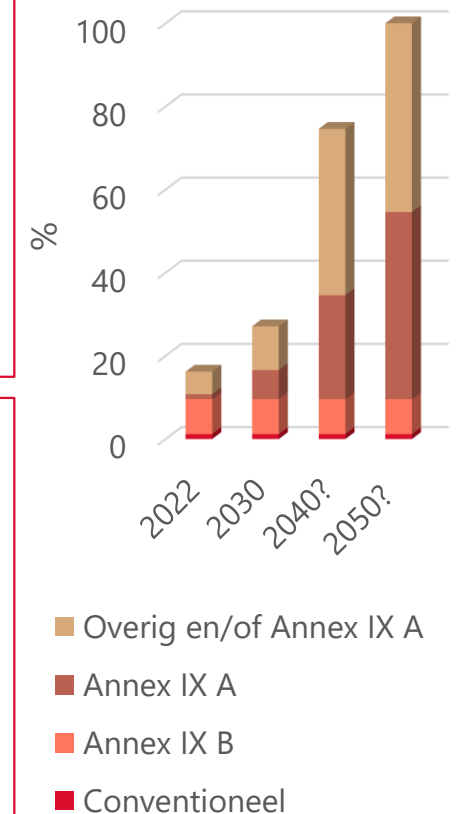
Dilemma: wanneer de inzet van biobrandstoffen op basis van V&V (conventioneel) en Annex IX B gelijk blijft tot aan 2030 (en later), zal de groei in (de verplichting van) het gebruik van biobrandstoffen gevuld moeten worden met op Annex IX A gebaseerde (geavanceerde) biobrandstoffen en 'Overig' (groeifactor 7,4 tot 2030) – naast de (groeierende) inzet van elektriciteit en waterstof in vervoer^{33,36}.

Categorie: Conventionele biobrandstoffen, Voedsel- en Voedergewassen (V&V)

- Momenteel m.n. ingezet voor verduurzaming van het wegvervoer middels bijmengen van biobrandstoffen.
- De levenscyclusmissies van biobrandstoffen op basis van gewassen verschillen per gewassoort, maar deze brandstoffen leveren over het algemeen een lagere emissiereductie op dan biobrandstoffen van Annex IX A en B, of RFNBO's.
- Aangezien biobrandstoffen op basis van gewassen gewoonlijk rechtstreeks concurreren met de levensmiddelen- en diervoederindustrie voor het gebruik van landbouwgrond, is de beschikbaarheid van duurzame grondstoffen beperkt, waardoor hun levenscyclusmissies toenemen. Ook zijn er zorgen over biobrandstoffen op basis van gewassen vanwege indirecte emissies door veranderingen in landgebruik (ILUC), toename van de kans op ontbossing en verlies aan biodiversiteit.
- In de lucht- en scheepvaart wordt over het algemeen afgezien van de mogelijkheid om biobrandstoffen op basis van gewassen te gebruiken. Deze categorie is niet opgenomen als duurzame biograndstof in de *Fit-for-55*-plannen – om concurrentie met de wegvervoer sector te voorkomen.
- Deze categorie is gelimiteerd op 1,2% van de totale brandstofmix in Nederland, tot 2030³⁶.

Categorie: Oliën en Vetten (afval en reststromen) – Annex IX B

- Het overgrote deel van de in de EU en wereldwijd geproduceerde biobrandstoffen waarbij grondstoffen van Annex IX B worden gebruikt, is bestemd voor de wegvervoersector.
- Er zijn beperkingen in de beschikbaarheid van deze grondstoffen. Dat is nu al een sterk beperkende factor en zal dat in de toekomst nog meer worden. Er is namelijk veel vraag naar deze grondstoffen voor de productie van andere transportbiobrandstoffen.
- Ketenemissies van Annex IX B zijn lager dan Annex IX A en conventionele biobrandstoffen. Echter, het emissiereductie-potentieel is beperkt, gezien het gelimiteerde volume voor deze categorie biograndstoffen.
- In de komende jaren zal de potentiële productiecapaciteit voor biobrandstoffen van Annex IX B naar verwachting licht toenemen, zij het in een zeer laag tempo. Dit komt doordat biobrandstoffen van Annex IX B commercieel het meest ontwikkeld, en het goedkoopst te produceren zijn. Beperkingen in verband met de beschikbaarheid van grondstoffen zullen echter een belemmering blijven vormen.
- Deze categorie is gelimiteerd op 1,7% - ca. 23 PJ, van de totale brandstofmix in Nederland, tot 2030^{11,36}.



Grondstof categorieën (verdieping)

Categorie: Geavanceerde biobrandstoffen – Annex IX A

- Potentiële beschikbaarheid van deze grondstoffen is zeer groot.
- (Nog) niet op industriële schaal beschikbaar – beperkte productiecapaciteit.
- Groot emissiereductie-potentieel in vergelijking met conventionele biograndstoffen.
- De productiekosten zijn nog hoog. De productie van geavanceerde biobrandstoffen bevindt zich momenteel slechts in de demonstratiefase, wat betekent dat slechts een handvol industriële projecten in de EU daadwerkelijk in staat zijn deze brandstoffen in dit stadium te produceren. Er zijn aanzienlijke investeringen nodig om ze op te schalen tot het commercialiseringsstadium².
- Grootschalige marktintroductie wordt pas ná 2030 of 2035 verwacht, i.v.m. de noodzaak voor verder onderzoek, pilots voor opschaling van productiecapaciteit en benodigde marktvoorbereiding met o.a. regelgeving^{2,38}.
- Er wordt een groeiende concurrentie verwacht in de vraag naar Annex IX A vanuit andere sectoren, wat de prijs van deze biograndstoffen zal opdrijven. De productie zou kunnen worden aangevuld door invoer, hoewel het in het algemeen alleen praktisch is om grondstoffen met een hoge energiedichtheid in te voeren. Suiker- en zetmeelgewassen, oliehoudende gewassen en afvalvetten en -oliën worden reeds op grote schaal internationaal verhandeld. Bosbouwresiduen kunnen ook worden verhandeld, maar doorgaans over kortere afstanden vanwege hun lagere energiedichtheid en het feit dat er nog geen goed gevestigde handelsmarkten voor deze producten zijn¹¹.

Categorie: Overig – RFNBO's

- Groot emissiereductie-potentieel ten opzichte van conventionele brandstoffen – oplopend tot 100%.
- De beschikbaarheid (en kosten) van duurzame elektriciteit en technologie voor het rechtstreeks afvangen van CO₂ (uit de lucht – DAC) is een groot risico. De prijs van e-fuels is sterk afhankelijk van de (groene) elektriciteitsprijs en de prijs van CO₂³⁸.
- De productiekosten van RFNBO's zijn op korte termijn een veelvoud hoger dan conventionele brandstoffen.
- Concurrentie om groene waterstof vanuit andere sectoren – m.n. de industrie, zal gaan toenemen.
- De groei in RFNBO's/e-fuels vraagt een snelle opbouw van elektrolyse-capaciteit en beschikbaarheid van hernieuwbare elektriciteit. De EU werkt aan een Hydrogen Strategy, wat zou moeten resulteren in 40GW aan elektrolyse-capaciteit in 2030¹¹.
- De kosten van groene waterstof zullen naar verwachting gaan dalen en in gebieden waar hernieuwbare elektriciteit goedkoop en beschikbaar is, al kunnen concurreren met waterstof op basis van fossiele brandstoffen¹².
- De beschikbaarheid van groene elektriciteit blijft achter bij de Europese doelstellingen volgens de REDII²³. Ook is niet vastgesteld welk aandeel van de beperkt beschikbare groene elektriciteit, gealloceerd kan worden aan de productie van synthetische brandstoffen.
- Voor de groeiende inzet van biobrandstoffen op basis van dek- en rotatiegewassen zal de productieketen nog volledig opgebouwd moeten worden³⁶.
- Grootschalige marktintroductie wordt pas ná 2030 of 2035 verwacht, i.v.m. de noodzaak voor verder onderzoek, pilots voor opschaling van productiecapaciteit en benodigde marktvoorbereiding met o.a. regelgeving³⁸.

Knelpunten luchtvaart

Ontwikkelingen in de internationale lucht- en scheepvaart gaan bepalend zijn voor de inzet van biobrandstoffen. Om die reden gaan we hier specifiek in op deze sectoren. Knelpunten voor de productie van duurzame luchtvaartbrandstoffen (SAF)¹³:

- HEFA voor de luchtvaart wordt verkregen uit HVO (voor het wegvervoer), dankzij extra processtappen. Installaties voor de productie van biobrandstoffen die biomassa als grondstof gebruiken, zijn doorgaans geoptimaliseerd voor de productie van biodiesel voor het wegvervoer. Wanneer biobrandstof voor het wegvervoer de belangrijkste gewenste output is, kan het typische aandeel van SAF resulteren in een percentage van 10-15% van de totale output. Voor AtJ en Gas+FT kan de SAF-output respectievelijk 25% en 20% bedragen. Maximalisering van de SAF-output is mogelijk, maar leidt tot een vermindering van de **raffinaderijoutput voor het wegvervoer**.
- De keuze van de producenten van biobrandstoffen om de voorkeur te geven aan biobrandstoffen voor het **wegvervoer ten nadele van SAF** wordt ingegeven door een hoger investeringsrendement en wettelijke verplichtingen. De markt voor biobrandstoffen voor het wegvervoer is goed gevestigd en wordt ondersteund door een robuust regelgevingskader op Europees en lidstaatniveau, dat een continue vraag waarborgt. Dit is nog niet het geval voor de SAF-markt, die nog in de kinderschoenen staat en waar (nog) geen regelgevende verplichtingen bestaan voor het aanbod van of de vraag naar SAF.
- De potentiële verschuiving van biobrandstoffen van het wegvervoer naar de luchtvaartsector zal naar verwachting laag zijn – ca. 2-6% in 2050¹³.
- Hoewel een redelijk aandeel van SAF op korte termijn afkomstig kan zijn van de reeds in de EU geïnstalleerde **productiecapaciteit**, zal dit bij lange na niet volstaan om SAF te laten bijdragen tot het verduurzamen van de luchtvaart overeenkomstig de klimaatdoelstellingen van de EU. In de komende jaren is een aanzienlijke schaalvergroting van de SAF-productiecapaciteit en een verschuiving naar geavanceerde biobrandstoffen en RFNBO's nodig. De investeringsbehoefte tot 2050 loopt naar verwachting op tot ca. **€10.5 miljard - ca. 105 nieuwe SAF-fabrieken in de EU in 2050**. Er is momenteel geen fabriek in de EU die structureel SAF op commerciële schaal produceert¹³. Wanneer dit zou slagen berekent de EU dat binnen de EU geproduceerde SAF een deel van 83% en 92% van het totale SAF-gebruik in respectievelijk 2030 en 2050 zal vertegenwoordigen¹³.
- De bouw en exploitatie van nieuwe SAF-productiefaciliteiten brengt echter **hoge investeringsuitgaven** met zich mee. Dit geldt met name voor SAF-productieroutes die zijn gebaseerd op innovatieve conversietechnologieën, zoals geavanceerde biobrandstoffen en RFNBO's. Deze brengen hoge initiële investeringsuitgaven (CAPEX) met zich mee, evenals hoge operationele uitgaven (OPEX).
- Schaalvoordelen, een "leercurve" en lagere prijzen voor hernieuwbare elektriciteit zullen de **productiekosten van SAF** tegen 2050 naar verwachting geleidelijk doen dalen. Anderzijds wordt verwacht dat de kosten van grondstoffen voor geavanceerde biobrandstoffen zullen stijgen gezien de concurrentie met andere energie- en vervoerssectoren.
- De **stimuleringsfactor van 1,2** voor brandstofleveranties aan de luchtvaart is zeer beperkt in vergelijking met bijvoorbeeld het gebruik van hernieuwbare elektriciteit in de wegtransportsector: 4¹⁰.

Knelpunten scheepvaart

Ontwikkelingen in de internationale lucht- en scheepvaart gaan bepalend zijn voor de inzet van biobrandstoffen. Om die reden gaan we hier specifiek in op deze sectoren. Knelpunten voor de productie van duurzame scheepvaartbrandstoffen¹²:

- Momenteel is de brandstofmix in de scheepvaart nagenoeg volledig gebaseerd op fossiele brandstoffen. Dit kan worden verklaard door **onvoldoende stimulansen** voor exploitanten om broeikasgasemissies te beperken en door het **gebrek aan rijpe, betaalbare en wereldwijd bruikbare technologische alternatieven** voor fossiele brandstoffen in de sector. Deze problemen worden deels veroorzaakt en versterkt door een aantal tekortkomingen van de markt, waaronder:
 - **Onderlinge afhankelijkheid** tussen vraag, aanbod en distributie van brandstoffen – een ‘kip-ei-situatie’ welke zonder grote investeringen moeilijk te doorbreken is.
 - Gebrek aan informatie over **toekomstige wet- en regelgeving** (beleids- en investeringszekerheid) – het FuelEU Maritime initiatief neemt hier onzekerheden weg voor de scheepvaartsector. In het baselinescenario zonder deze verordening zou er nagenoeg geen duurzame brandstof worden opgenomen in de brandstofmix voor de scheepvaart richting 2050 (ca. 1%), a.g.v. hogere kosten en andere barrières voor de inpassing van biobrandstoffen en e-fuels¹². Bij een gebrek aan voorspelbaarheid van het regelgevend kader ontstaan (nog) hogere investeringsrisico’s – zoals gestrande activa.
 - **Lange levensduur van activa** (schepen en bunkerinfrastructuur). De ‘turnover’ van activa is dus laag en de capaciteit om bestaande schepen om te bouwen is beperkt om op korte termijn grote aanpassingen te doen aan de huidige vloot. De **versnippering van de sector** en het hoge niveau van aanpassing van schepen vormen dus een belemmering om een kritische massa te bereiken voor de invoering van nieuwe technologieën¹².
- De **diversiteit van de sector** in termen van scheepstype, leeftijdsverdeling, grootte, vereist vermogen of exploitatieomstandigheden zal resulteren in verschillende beperkingen die de optimale brandstofkeuze voor een bepaalde scheepsvariant bepalen. Naar verwachting zal een verscheidenheid van **verschillende brandstoffen zonder dominante energiebron** tegen 2050 de meest waarschijnlijke samenstelling van de maritieme brandstofmix zal zijn.
- De prijs van biobrandstoffen die in de internationale scheepvaart worden gebruikt, blijft tussen 2030 en 2050 relatief stabiel. Wat de kosten betreft, zijn de productiekosten van biobrandstoffen die in de internationale scheepvaart worden gebruikt, lager dan de productiekosten van biobrandstoffen die in andere vervoerswijzen zoals de luchtvaart worden gebruikt (respectievelijk ongeveer 35% in 2030 en 25% in 2050). Een verklaring ligt in de technologieportfolio, die voor internationale maritieme biobrandstoffen breder is dan die voor bio-kerosine, die alleen ASTM-gecertificeerde technologieën omvat. Ten tweede worden biodiesel en bio-olie (bio-heavy oil) ook gebruikt door andere sectoren dan de maritieme, en worden de technologieën derhalve ingezet op basis van een bredere vraag dan die van de internationale maritieme sector.
- Op basis van ramingen van de installatiekosten voor waterstof en de vraag naar elektriciteit, zouden de totale investeringen in infrastructuur voor alternatieve brandstoffen voor de EU over de periode 2025-2050 **9,9 miljard euro** bedragen (2,5 miljard euro voor waterstofinfrastructuur en 7,4 miljard euro voor OPS)¹².

Kansen overzicht

Limiet conventioneel verruimen (zie volgende slide voor details)

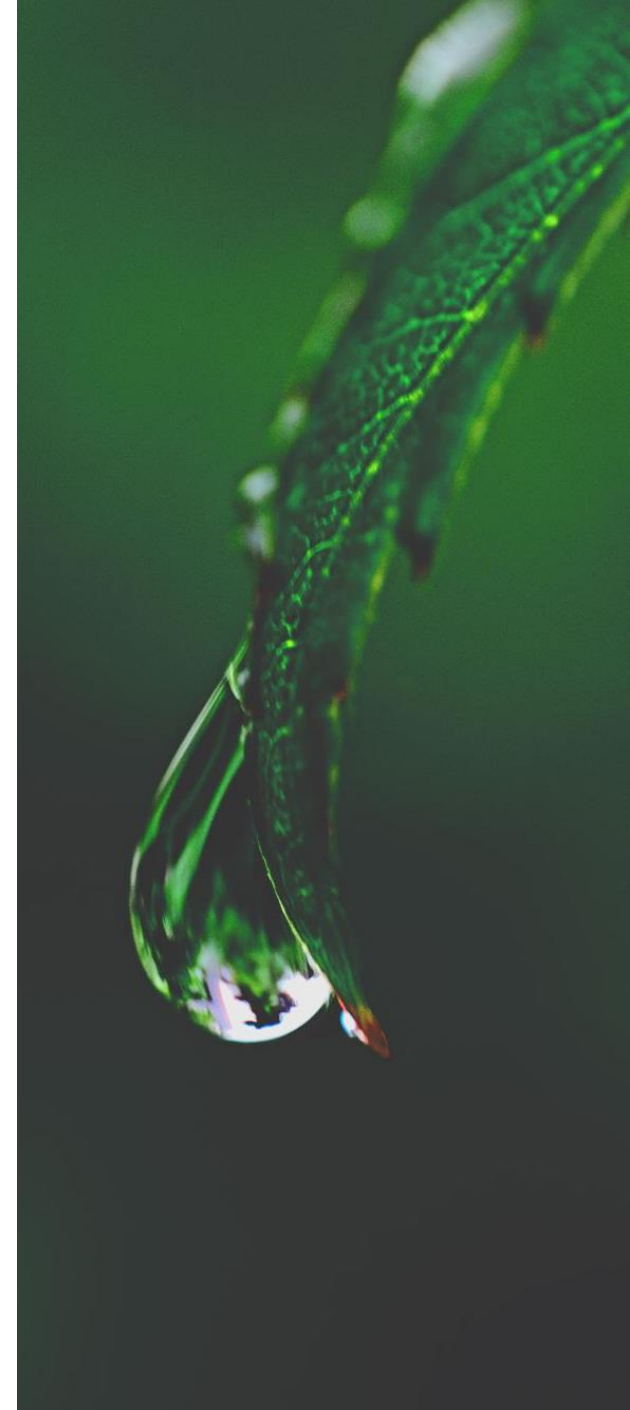
- Limiet op conventionele biograndstoffen tijdelijk licht verruimen: de productie van biobrandstoffen uit V&V levert kansen op voor investeringen in duurzaam landgebruik voor voedsel- en brandstof en kan de transitie naar duurzamere en duurdere alternatieven goedkoper maken.
- Opbouw van ethanol-productie (uit V&V) is ook belangrijk in de opbouw van Alcohol-to-Jet (AtJ) brandstoffen ter vervanging van kerosine.

Koppelkansen buiten mobiliteitssector

- Vergroting van het aanbod van biograndstoffen levert behalve CO₂-reductie ook andere voordelen op, zoals kansen voor vergroening van de industrie, een beter leefklimaat en betere waterberging.
- De huidige groeiende markt voor biobrandstoffen kan een impuls geven aan de ontwikkeling van een markt voor bio-based chemicaliën, omdat hierbij grotere volumes (neven-) stromen van voldoende kwaliteit beschikbaar komen³⁵.

Kansen voor scheep- en luchtvaart

- Het sterke commitment van de Nederlandse maritieme- en luchtvaartsector om gezamenlijk te werken aan verduurzaming, in combinatie met de aanwezige kennis en innovatiekracht in deze clusters, biedt kansen om zich te positioneren als voorloper in verduurzaming van deze sectoren.
- Daarnaast biedt het kansen voor de brandstoffenindustrie, chemie- en raffinagesector.
- Als grootste leverancier van brandstoffen aan scheepvaart in Europa kan ons land koploper worden in de productie en levering van duurzame scheepsbrandstoffen.



Kans - verruimen limiet V&V (verdieping)

- De limiet voor biobrandstoffen uit voedsel- en voedergewassen (V&V; eerste generatie, conventioneel) is nu gesteld op **1,4%** (tot 2030), wat een CO₂-emissiereductie van ca. 0,4Mton per jaar vertegenwoordigt. Deze limiet is ingesteld vanwege de zorgen om duurzaamheidsaspecten bij de productie van deze brandstoffen.
- Bij afbouw van deze limiet is niet meer te voldoen aan de ingestelde E10-verplichting voor de wegvervoersector, gezien het gebrek aan productiecapaciteit voor ethanol op een andere grondstofbasis. Ook zijn alternatieven voor Annex IX A biobrandstoffen of RFNBO's op korte termijn nog duurder (en niet beschikbaar in deze volumes) dan V&V³⁶.
- **Nederland heeft een relatief laag percentage** inzet van conventionele biobrandstoffen (1,7% in 2020; Europese limiet van 7%²⁶) ten opzichte van het Europese gemiddelde van 4% en de limiet van 2,7% (+/- 1% t.o.v. niveau 2020) in de REDII.
- Uit onderzoek is gebleken dat zorgen die zijn geuit – zoals ILUC-effecten en ontbossing, bij het gebruik van biobrandstoffen o.b.v. V&V zeer beperkt zijn voor de Nederlandse markt. De gewassen komen m.n. uit Europa en Noord-Amerika waar dit risico zeer beperkt is. Cascadering (meervoudige valorisatie) is de standaard binnen de agri-industrie³⁶. Biobrandstoffen zijn niet de grote drijfveer achter grond- en voedseltekorten en stijgende voedselprijzen. De risico's die op kunnen treden bij inzet van V&V zijn onderkend en indien nodig geadresseerd (voorbeeld: inzet van duurzaamheidscriteria en ban op palmolie). Het zijn **geen argumenten om het aandeel biobrandstoffen uit V&V te beperken**³⁶.

Kans:

- De productie van biobrandstoffen uit V&V levert kansen op voor **investeringen in duurzaam landgebruik** voor voedsel- en brandstof.
- In Europa is voldoende areaal beschikbaar voor productie van biomassa o.b.v. voedsel- en veevoedergewassen³⁶.
- Opbouw van geavanceerde ethanol-productie is ook belangrijk in de opbouw van **Alcohol-to-Jet (AtJ) brandstoffen** ter vervanging van kerosine.
- De (tijdelijke) verruiming van de limiet biedt de mogelijkheid om **de kosten van de transitie** naar Annex IX A en RFNBO's te verlagen, gezien de kosten voor biobrandstoffen o.b.v. V&V-grondstoffen goedkoper zijn a.g.v. onder andere grotere beschikbare productiecapaciteit.

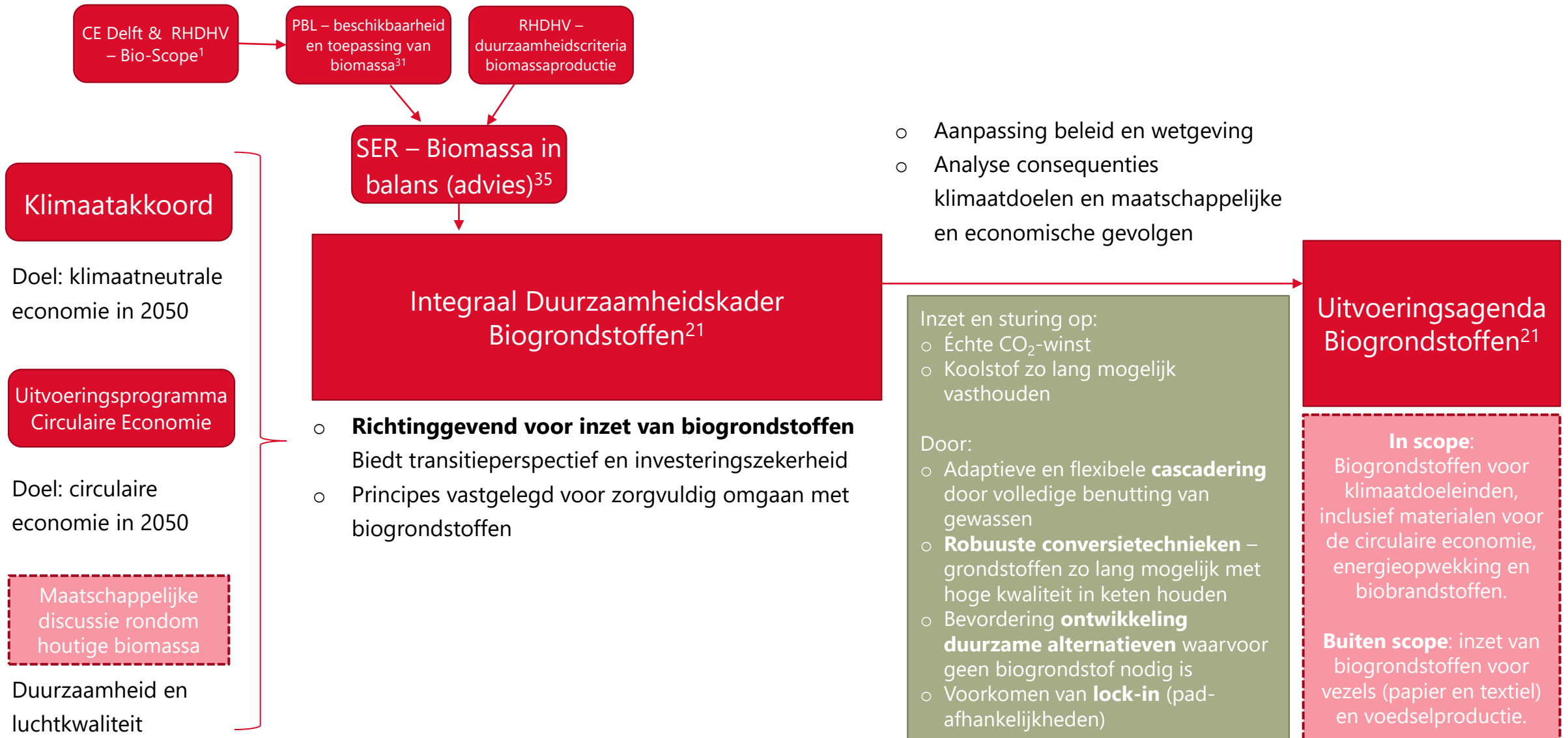
Achtergrond op kansen, knelpunten en samenhang

Verdieping

Achtergrond: Sectie 1

Visie en beleid Rijksoverheid

Achtergrond



Visie Rijksoverheid

Het kabinet is ervan overtuigd dat de inzet van biomassa noodzakelijk is in de transitie naar een klimaatneutrale en circulaire economie in 2050²¹.

Uitgangspunten:

- Alleen duurzame biomassa kan een bijdrage leveren aan die transitie;
- Duurzame grondstoffen moeten uiteindelijk zo hoogwaardig mogelijk worden ingezet;
- Er moet recht worden gedaan aan de maatschappelijke zorgen die leven rondom met name de inzet van houtige biograndstoffen (luchtkwaliteit en duurzaamheid).

Van Biomassa naar Biograndstoffen

Biomassa kent een breed palet aan bestaande en nieuwe toepassingen voor de maatschappij, en in verschillende transitities.

Om beter de diversiteit en de waarde van biomassa weer te geven, wordt momenteel het begrip *biograndstoffen* gehanteerd²¹.

Randvoorwaarden: duurzaamheidscriteria

- **Gewenst eindbeeld:** inzet van biograndstoffen voor duurzame toepassingen²¹:
 - CO₂-reductie t.o.v. fossiele grondstoffen (nu minimaal 50% - gehele keten, oplopend tot 70% naar mate de productie-installaties nieuwer zijn)
 - Transitie naar een circulaire economie
 - Positief effect op werkgelegenheid en economie
- Duurzame toepassing wanneer biograndstof duurzaam is geproduceerd²¹:
 - Zonder nadelige gevolgen voor het milieu (waterbeschikbaarheid, biodiversiteit, emissies, bodemkwaliteit en koolstofvoorraad)
 - Zonder nadelige gevolgen voor sociale omstandigheden van de lokale bevolking
 - Met respect voor de rechten van de werknemers
- De hernieuwbare energierichtlijn REDII van de Europese Unie biedt een breed toegepaste basis van strikte criteria voor duurzame productie van biograndstoffen. **Duurzaamheidscriteria** van de REDII worden aangevuld met²¹:
 - Sociaaleconomische criteria (Rijksinkoopbeleid duurzaam hout – TPAS)
 - Criteria uit de Regeling conformiteitsbeoordeling vaste biomassa voor energietoepassingen
 - Toezicht op naleving wordt o.a. uitgevoerd door de NEa
 - Certificeringschema's vanuit de Europese Commissie, aangevuld met toetsingscommissie¹⁸



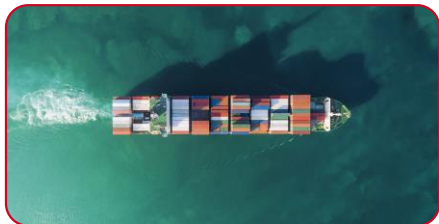
Beleidskeuzes o.b.v. het duurzaamheidskader

De hantering van het Duurzaamheidskader Biograndstoffen resulteert in een indeling van toepassingen²¹:



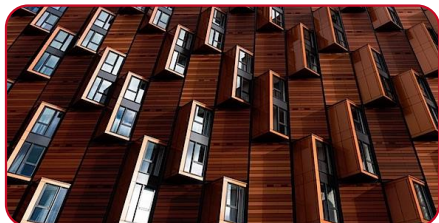
Afbouw van stimulering van laagwaardige toepassingen

- op korte termijn, of momenteel al alternatieven beschikbaar
- bijv. elektriciteit, licht wegtransport en lage temperatuurwarmte



Ombouw van stimulering van transitiegerichte toepassingen

- op korte termijn geen alternatieven beschikbaar
- overbruggingsfunctie naar hernieuwbare alternatieven
- bijv. lucht- en scheepvaart, zwaar wegtransport en hoge temperatuurwarmte



Opbouw van stimulering van hoogwaardige toepassingen

- toepassingen die passen in het gewenste eindbeeld
- bijv. chemie en bouw - grondstoffen en materialen

Renewable Energy Directive (REDII)

Doel: gebruik van hernieuwbare energie in de EU verhogen ²⁵.

Doelstelling voor de EU: 32% in 2030 van het (bruto-)eindverbruik van energie.

Voor transport (RES-T): 14% in 2030^{26,11}

- Limiet op inzet van biobrandstoffen afkomstig uit voedsel-/veevoedergewassen en gebruikt frituurvet en dierlijke vetten tot niveau 2020.
- Doel: uitbreiden aandeel geavanceerde biobrandstoffen gemaakt van afval- en reststromen tot 3,5% (inclusief dubbeltelling)
- Sturen op innovaties van hernieuwbare brandstoffen van niet-biologische oorsprong (RFNBO)

Fit for 55* – uitwerking Green Deal¹¹

- REDIII¹¹
 - Afname van 13% van broeikasgasemissie-intensiteit van transportbrandstoffen in 2030
 - Verplicht minimum aandeel van 2,2% geavanceerde biobrandstoffen (lager dan Klimaatakkoord)
 - Verplicht minimum aandeel van 2,6% groene waterstof of e-fuels (RFNBO) in transportbrandstoffen
- ReFuelEU Aviation¹³
 - Bijmengverplichting SAF (oplopend)
 - In 2030 is 5% van de brandstof voor de luchtvaart binnen de EU duurzaam, oplopend tot 63% in 2050.
- FuelEU Maritime¹²
 - Verplichte reductiepercentages voor de broeikasgasintensiteit van de energie gebruikt aan boord van elk schip voor de periode 2025 tot 2050
 - 6% in 2030
 - 75% in 2050.
 - Reductie emissie-intensiteit brandstof -6 gCO₂-eq/MJ
- Energy Taxation Directive (ETD)¹¹
 - Bio-energiedragers lager belasten dan fossiele energie

**De voorstellen bevinden zich op moment van schrijven van dit rapport in de onderhandelfase en zijn nog niet vastgesteld.*

Beleid biobrandstoffen in Nederland

Het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat heeft een omzetting geïmplementeerd van het mobiliteitsgedeelte van de EU herziene Richtlijn hernieuwbare energie (RED II). Hierbij worden ook afspraken uit het Klimaatakkoord en het Duurzaamheidskader Biograndstoffen uitgewerkt en verankerd.

De belangrijkste aanpassingen in het Besluit Energie Vervoer voor de periode 2022-2030:

- De jaarverplichting klimt van 17,9% in 2022 naar 28,0% in 2030 (rekening houdend met stimuleringsfactoren).
- Brandstofleveranciers voor de binnenvaart komen onder de reductieverplichting te vallen (vanaf 2023).
- Zowel de limiet op voedsel- en voedergewassen (conventioneel – 1,4%) als de limiet op Annex IX B grondstoffen (oliën en vetten – 10,0% incl. dubbeltelling) wordt vastgezet.
- De sub-limiet voor geavanceerde biobrandstoffen neemt toe van 1,8% in 2022 naar 7,0% (incl. dubbeltelling) in 2030.
- De inboekmogelijkheden voor hernieuwbare elektriciteit worden verbreed.
- Het gebruik van stimuleringsfactoren wordt voortgezet.
 - Voedsel- en voedergewassen: geen
 - Annex IX B: 2; 1,2 voor luchtvaart (in NL) en 0,8 voor zeevaart
 - Annex IX A: 2; 1,2 voor luchtvaart (in NL) en 0,8 voor zeevaart
 - Overig: 2,5; 4 voor elektriciteit; 1,2 voor luchtvaart (in NL) en 0,8 voor zeevaart
- De vrijwillige inboekmogelijkheden voor luchtvaart en zeevaart (de opt-in) stopt in principe per 1 januari 2025.
- Een vermenigvuldigingsfactor (nieuw RED II) wordt nationaal benut om inzet richting zeevaart en/of luchtvaart te beheersen of te stimuleren.

Beleid biobrandstoffen in Nederland (2)

- Klimaatakkoord: gewenste transitie naar 0% fossiele brandstoffen in vervoer^{17,22}
 - Belangrijke rol voor hernieuwbare (bio)brandstoffen
 - Aandeel van ca. **65 PJ aan hernieuwbare energie uit hernieuwbare brandstoffen** in vervoer in 2030 (dubbel zo ambitieus als de REDII); bestaande uit:

- Nationale Energie Verkenning (2017): inzet van maximaal 33 PJ op grond van REDII
- +27 PJ (maximaal) aan hernieuwbare brandstoffen in wegverkeer
- +5 PJ (minimum) aan hernieuwbare brandstoffen voor binnenvaart (conform Green Deal Zeevaart, Binnenvaart en Havens)

Nationaal
toerekenbare (TTW)
CO₂-reductie in
2030 – **5Mton**

Achtergrond: Sectie 2

Beschikbaarheid biograndstoffen

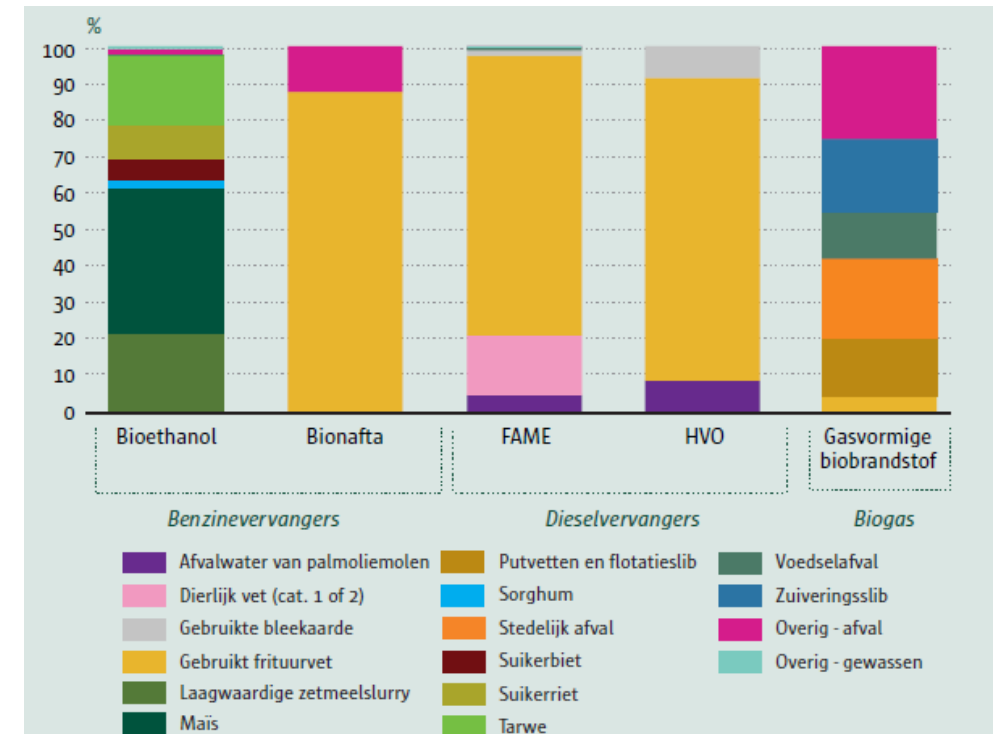
Beschikbaarheid van biograndstoffen

- Diverse onderzoeken van o.a. de SER³⁵ en CE Delft¹ concluderen dat in 2030 en 2050 voldoende biomassa beschikbaar is (EU en mondiaal), om aan de vraag naar biomassa in Nederland voor de verschillende (transport)sectoren te voldoen³⁹.
- Daarbij dient opgemerkt te worden dat die beschikbaarheid geen vaststaand feit is, maar mede afhankelijk is van marktontwikkelingen en beleidsinzet (bijv. duurzaamheidscriteria).
- Het PBL³¹ verwacht geen knelpunten betreffende beschikbaarheid, ook als de samenhang met andere sectoren wordt bekeken.
- Nederland heeft import van biomassa nodig om aan de behoeften te voldoen. De verdeling van (beperkt) beschikbare biomassa – de *'fair share'* per land, is niet operationaliseerbaar als grondslag voor beleid¹. Om deze reden wordt bij voorkeur gesproken over, en uitgegaan van *'fair trade'*.
- Over de herkomst van biograndstoffen in 2030 en 2050 kunnen beperkt uitspraken worden gedaan. Nederland importeerde in 2020 haar biograndstoffen en biobrandstoffen uit 85 verschillende landen²⁶. Het is op dit moment een mondiale markt, mede afhankelijk van het type biograndstof. De verwachting is dat dit in 2030 en 2050 ook zo zal zijn³³.



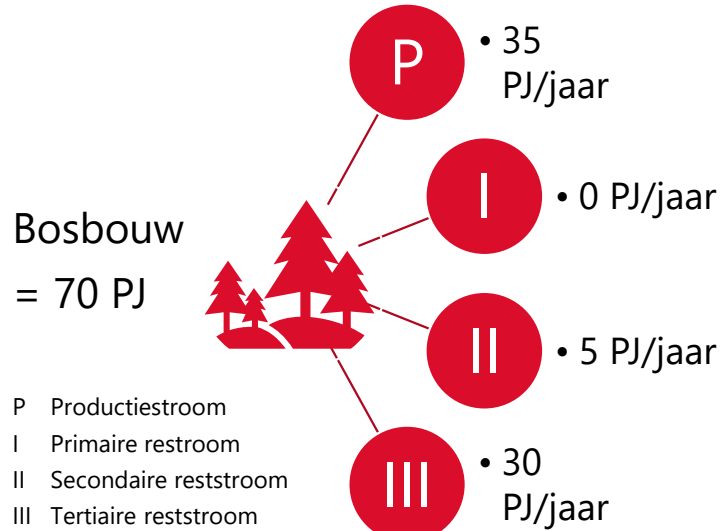
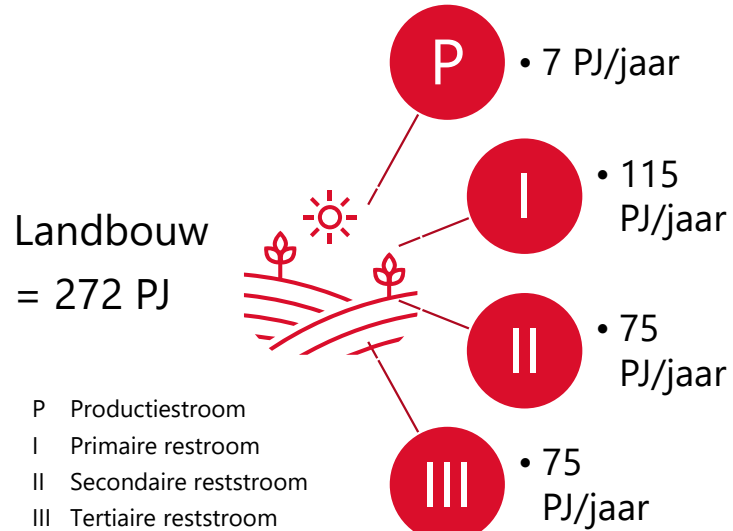
Grondstoffenbasis

- Het verbreden van de grondstoffenbasis blijft van belang. Voor Nederland is de groeipotentie van het aanbod aan biograndstoffen beschreven in de Routekaart Nationale Biograndstoffen³.
- Het vergroten van de duurzame grondstoffenbasis is onderdeel van de Uitvoeringsagenda Biograndstoffen²¹.
- In 2020 was het totale potentieel 29 Mton aan biograndstoffen in Nederland. Tot 2030 zou dit kunnen toenemen met ca. 10 Mton – met name door grotere inzet van bioraffinage²¹.
- De inzet voor biograndstoffen voor biobrandstoffen is met name gericht op het gebruik van suikers (koolhydraten) en vetten (m.n. frituurvet). Vetten zijn echter qua potentieel al volledig benut en bieden geen groter potentieel tot 2030¹³.
- Routes naar een grotere grondstoffenbasis voor biobrandstoffen¹:
 - vergroten van de bietenteelt, maar rekening houdend met limiet op aandeel voedselgewassen in biobrandstoffen;
 - beter gebruik van half-fabrikaten, tussenproducten en restproducten van suikerproductie, door betere samenwerking teler-producent;
 - decentrale verwerking van suiker op basis van fermentatie, biedt ook meerwaarde voor gebruik van mais en aardappelschillen;
 - beter gebruik van bietenblad door dit te vergisten;
 - bioraffinage van suiker in combinatie met eiwit winnen.



Figuur 1: Afbeelding uit Rapportage Energie voor Vervoer in Nederland 2020 van de Nederlandse Emissieautoriteit - Grondstoffen per type biobrandstof 2020 (op basis van fysieke energie-inhoud. Bron: NEa (2021), *Rapportage energie voor vervoer in Nederland 2020*²⁶

Biomassa-stromen potentieel Nederland (2030)^{1,32}



	Landbouw	Bosbouw
Productie	Snijmais, suikerriet, suikerbieten, soja, koolzaad, gras	Zaaghout
Primair	Bietenloof, stro, mest	Dunningshout, tak- en tophout, bladeren, schors
Secondair	Bietenpulp, slachtafval, doppen van peulvruchten	Zaagsel
Tertair	GFT, AWZI/RWZIslib, afgedankt textiel, organische fractie huisafval, gebruikte vetten en oliën, landfill gas	Afvalhout van consumenten, afvalhout van industrie, oud papier en karton

- Cijfers zijn op basis van de minimale duurzame beschikbaarheid³²
- Potentieel uit 'reststromen' is hoog, doordat primaire stromen uitgefaseerd worden door financiële prikkels.
- Landbouw biedt veel meer potentieel vergeleken met bosbouw, dit vergt wel investeringen in nieuwe technologieën.

Potentiële beschikbaarheid van duurzame biomassa

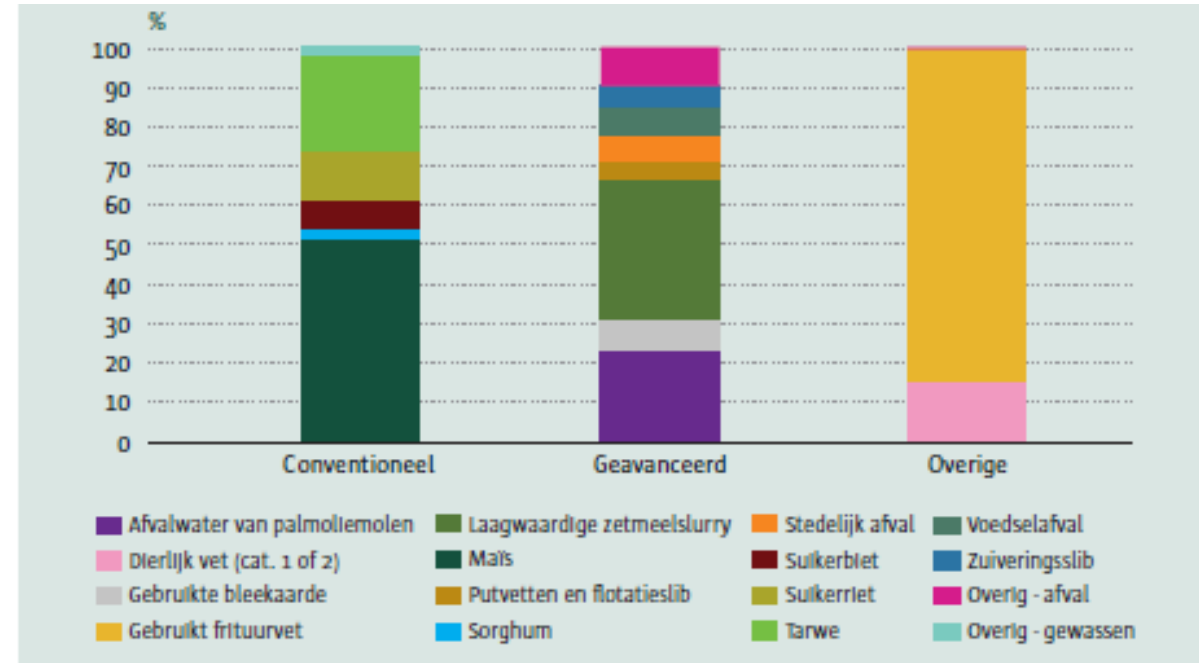
- De beschikbaarheid van biomassa neemt nauwelijks toe tussen nu en 2050 in Nederland.
- Aandeel van Nederland in het totale potentieel van de EU, is ca. 2,5%¹.
- Op EU-niveau valt op dat bosbouw een relatief groot aandeel in het totale potentieel heeft, ten opzichte van bosbouw in Nederland.
- In de EU en wereldwijd ligt een groot potentieel om grote verlaten, of in onbruik geraakte grond, in te zetten voor biomassa of natuurontwikkeling. Hiermee wordt de EU minder afhankelijk van import van voedsel, veevoer en biomassa, alsook andere energiedragers³⁵.

		Huidig	2030	2050
Mondiaal [EJ/jaar]	Landbouw	30	70	82
	Bosbouw	65,4	43,2	38
	Totaal	95,4	113,2	120
EU28 [EJ/jaar]	Landbouw	2,3	6,4	5,5
	Bosbouw	7,6	8,5	11,8
	Totaal	9,9	14,9	17,3
Nederland [PJ/jaar]	Landbouw	272	272	302
	Bosbouw	70	70	70
	Totaal	342	342	372

Figuur 2: Minimale potentiële beschikbaarheid van duurzame biomassa – mede op basis van duurzaamheidskaders uit Nederlands en Europees beleid. Bron: CE Delft (2020), *Bio-Scope*¹, eigen nabewerking.

Grondstoffen inzet per brandstof

- In het algemeen geldt dat oliehoudende en vetrijke grondstoffen worden verwerkt tot biobrandstoffen die dienen als dieselvervanger en dat suiker- en zetmeelrijke grondstoffen worden verwerkt tot biobrandstoffen die dienen als benzinevervangers.
- Conventionele grondstoffen (mais, tarwe, suiker) worden met name ingezet voor bio-ethanol.
- De overige grondstoffen zoals oliën en vetten worden voornamelijk ingezet voor de productie van biodiesel (FAME en HVO). Het bijproduct van FAME wordt ingezet in de productie van bio-nafta.
- Geavanceerde biobrandstoffen kennen een breed palet aan biograndstoffen. Het afvalwater van palmoliemolens en zetmeelslurry zijn op dit moment de voornaamste in Nederland.



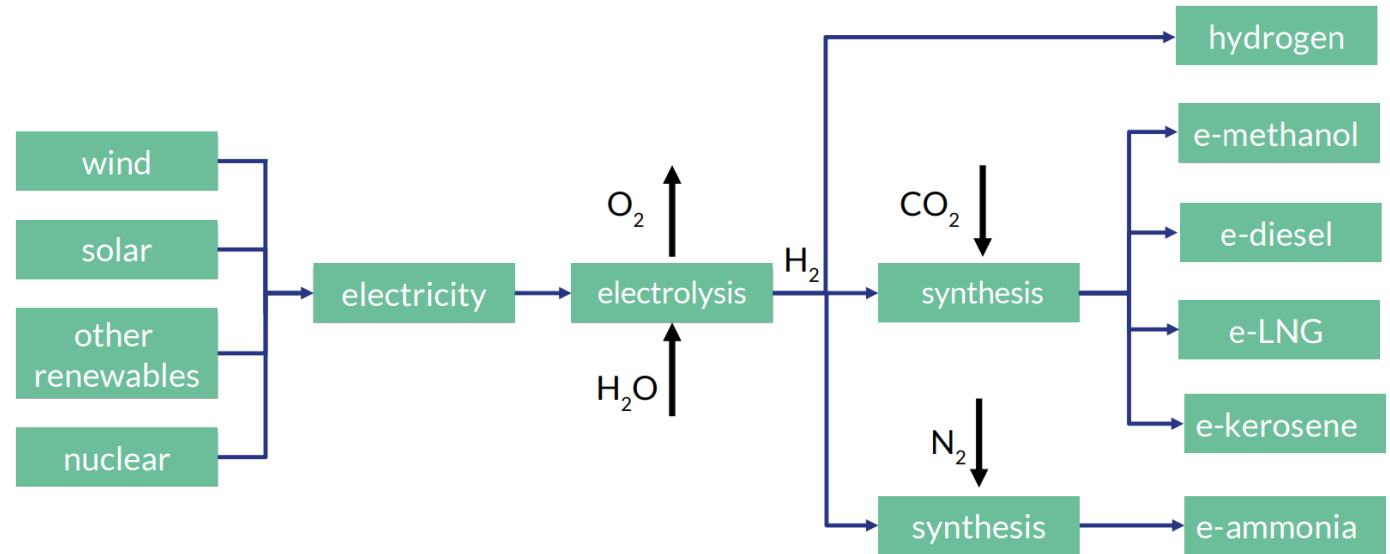
Figuur 3: Afbeelding uit Rapportage Energie voor Vervoer in Nederland 2020 van de Nederlandse Emissieautoriteit - Grondstoffen voor conventionele, geavanceerde en overige brandstoffen 2020 (op basis van de fysieke energie-inhoud). Bron: NEa (2021), *Rapportage energie voor vervoer in Nederland 2020*²⁶

Achtergrond: Sectie 3

Conversiepaden

De 'Waterstofroute' – e-fuels/RFNBO's

- De productie van RFNBO's is zeer energie-intensief en leidt tot een toename van de vraag naar hernieuwbare elektriciteit in de EU.
- RFNBO's hebben elektriciteit nodig die 100% hernieuwbaar is om waterstof te produceren als tussenproduct, voor de productie van synthetische brandstoffen¹³.
- Middels synthese van waterstof met CO₂ (uit bijvoorbeeld Direct Air Capture), kunnen e-methanol, e-diesel, e-LNG en e-kerosene worden geproduceerd.
- Middels synthese met stikstof kan e-ammoniak worden geproduceerd – via een Haber-Bosch reactie.
- De conversie efficiëntie van de productie van waterstof (ca. 70%), e-gassen (ca. 55%) en e-fuels (ca. 30%) verschillen¹¹.



Figuur 4 Schematische weergave van de productieroutes van waterstof en de meest relevante e-fuels. Bron: TNO & VoltaChem (2020), *E-Fuels: Towards a more sustainable future for truck transport, shipping and aviation*³⁸

Conversie en kosten

- Voor dieselvangers worden FAME en HVO op dit moment op industriële schaal geproduceerd. De productiekosten zijn nagenoeg geminimaliseerd en beslaan nog slechts ca. 20% van de kostprijs.
- De route voor benzinevangers wordt nu gedomineerd door bio-ethanol op basis van suikerhoudende biomassa. De verwachting is dat de productiemethode via fermentatie van cellulose en syngas in 2030 competitief wordt.
- Voor gas zijn er drie veelgebruikte conversiemethoden via groengas vergisting, afvalvergisting en houtvergassing. De kosten lopen uiteen tussen 11-34 €/GJ. De verwachting is dat deze kosten niet erg zullen dalen tot 2030 omdat de techniek reeds volwassen is.
- De productie van kerosinevangers heeft nog hoge kosten vergeleken met de prijs van fossiele kerosine. HEFA is op dit moment de meest concurrerende brandstof, de ontwikkeling van Fischer-Tropsch en HDCJ brandstoffen is nog niet toepasbaar op commerciële schaal.

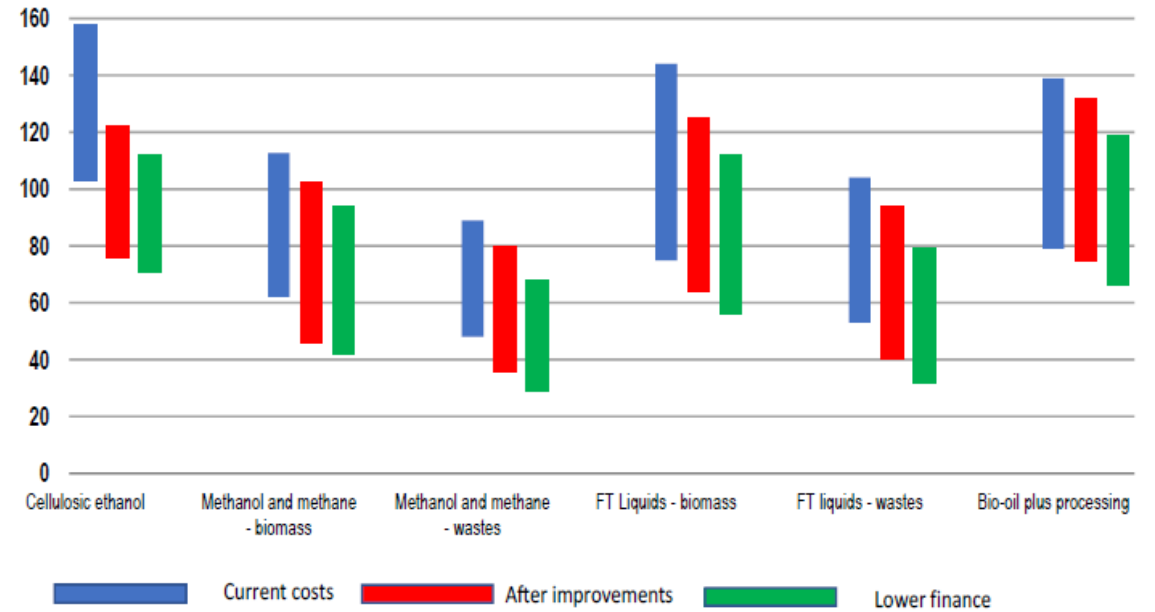
Vervanger	Type	Huidig €/GJ	2030 €/GJ
Diesel	FAME	19-29	Idem
	HVO	14-25	Idem
	FT-synthese	50	30-40
	Pyrolyse/HTL	14-33	
Benzine	Bio-ethanol suiker	20-30	Idem
	Bio-ethanol cellulose	30-55	25-45
	Bio-ethanol syngas	nb	25-35
Gas	Groengas vergisting	11-34	nb
	Afval vergisting	19-24	nb
	Hout vergassing	20-25	nb
Kerosine	Fossiel	9-17	nb
	HEFA	25	nb
	Fischer-Tropsch	50	nb
	HDCJ	30-50	nb

Figuur 5: Kostprijs biobrandstoffen (€/GJ). NB: data niet beschikbaar. Bron: CE Delft (2020), Bio-Scope¹, eigen nabewerking.

Productiekosten ontwikkeling

De ontwikkeling van de productiekosten kun je verdelen in drie fasen¹⁶:

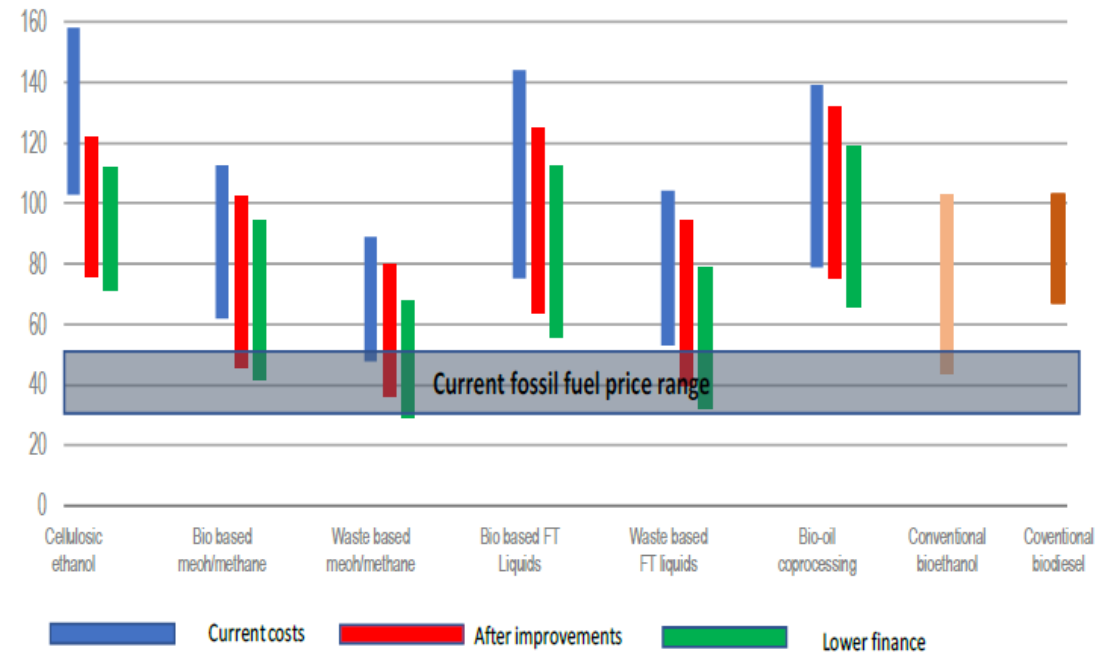
- Vroege fase van ontwikkeling: enkele pilots en commerciële installaties.
- Medium-kostenbesparing: opschalen van pilots, R&D-inzichten, projectoptimalisatie en beter gebruik van reststromen en meer procesintegratie.
- Langetermijn kostenbesparing: grootschalige inzet van verschillende technieken en leereffecten en 'leercurve' uit projecten. Financiering aantrekkelijker door lager risico.



Figuur 6: Impact van veranderende financieringsmogelijkheden op productiekosten biobrandstoffen (EUR/MWh). Bron: IEA Bioenergy (2020), *Advanced biofuels – potential for cost reduction*¹⁶.

Productiekosten biobrandstoffen

- De huidige kostenniveaus zijn nog hoog, alleen synthetisch methanol o.b.v. afvalstromen is al concurrerend met huidige fossiele prijzen (2020).
- De brandstoffen met afvalstromen als grondstoffen zijn het goedkoopst door de lage grondstof-kosten.
- De kostenreductie laat zien dat op termijn drie brandstoffen concurrerend zijn: bio-methanol (synthetisch), Fischer-Tropsch (afvalstromen) en conventionele bio-ethanol met kosten variërend tussen 40-50 €/MWh.
- De brandstoffen ethanol (cellulose), Fischer-Tropsch (synthetisch), bio-olie en biodiesel zijn nog erg duur (>70€/MWh) en vragen investeringen in productiecapaciteit – t.b.v. schaalvoordelen en leereffecten.



Figuur 7: Vergelijking van productiekosten van geavanceerde biobrandstoffen met huidige conventionele biobrandstoffen en fossiele brandstoffen (EUR/MWh). Bron: IEA Bioenergy (2020), *Advanced biofuels – potential for cost reduction*¹⁶.

Productiekosten SAF

- De bouw en exploitatie van nieuwe SAF-productiefaciliteiten brengt hoge risico's en hoge initiële investeringsuitgaven met zich mee. Dit is met name het geval voor SAF-productieroutes die gebaseerd zijn op innovatieve conversietechnologieën zoals geavanceerde biobrandstoffen en RFNBO's. Deze brengen hoge initiële investeringsuitgaven (CAPEX) en hoge operationele uitgaven (OPEX) met zich mee.
- Schaalvoordelen, een "leercurve" en lagere prijzen voor hernieuwbare elektriciteit zullen de productiekosten van SAF tegen 2050 naar verwachting geleidelijk doen dalen.
- Anderzijds wordt verwacht dat de kosten van grondstoffen voor geavanceerde biobrandstoffen zullen stijgen gezien de concurrentie met andere energie- en vervoerssectoren¹³.
- In het algemeen worden de prijzen van SAF naar verwachting in de loop van de tijd concurrerender met die van fossiele vliegtuigbrandstof, hoewel de gemiddelde vliegtuigbrandstofblend duurder blijft dan conventionele vliegtuigbrandstof.
- De verwachte prijs van HEFA blijft relatief stabiel in de tijd en wordt lager dan de geraamde prijzen voor conventionele brandstoffen tegen 2030.

Productieroute	Fossiel	HEFA	Gas+FT	AtJ	RFNBO's
Geschatte productiekosten in 2020 (k€/ton)	0,6	0,95-1,14	1,7-2,5	1,9-3,9	1,8-3,5

Figuur 8: Huidige ranges van productiekosten voor SAF. Bron: European Commission (2021), *ReFuelEU Aviation*¹³.

Achtergrond: Sectie 4

Overzicht sectoren

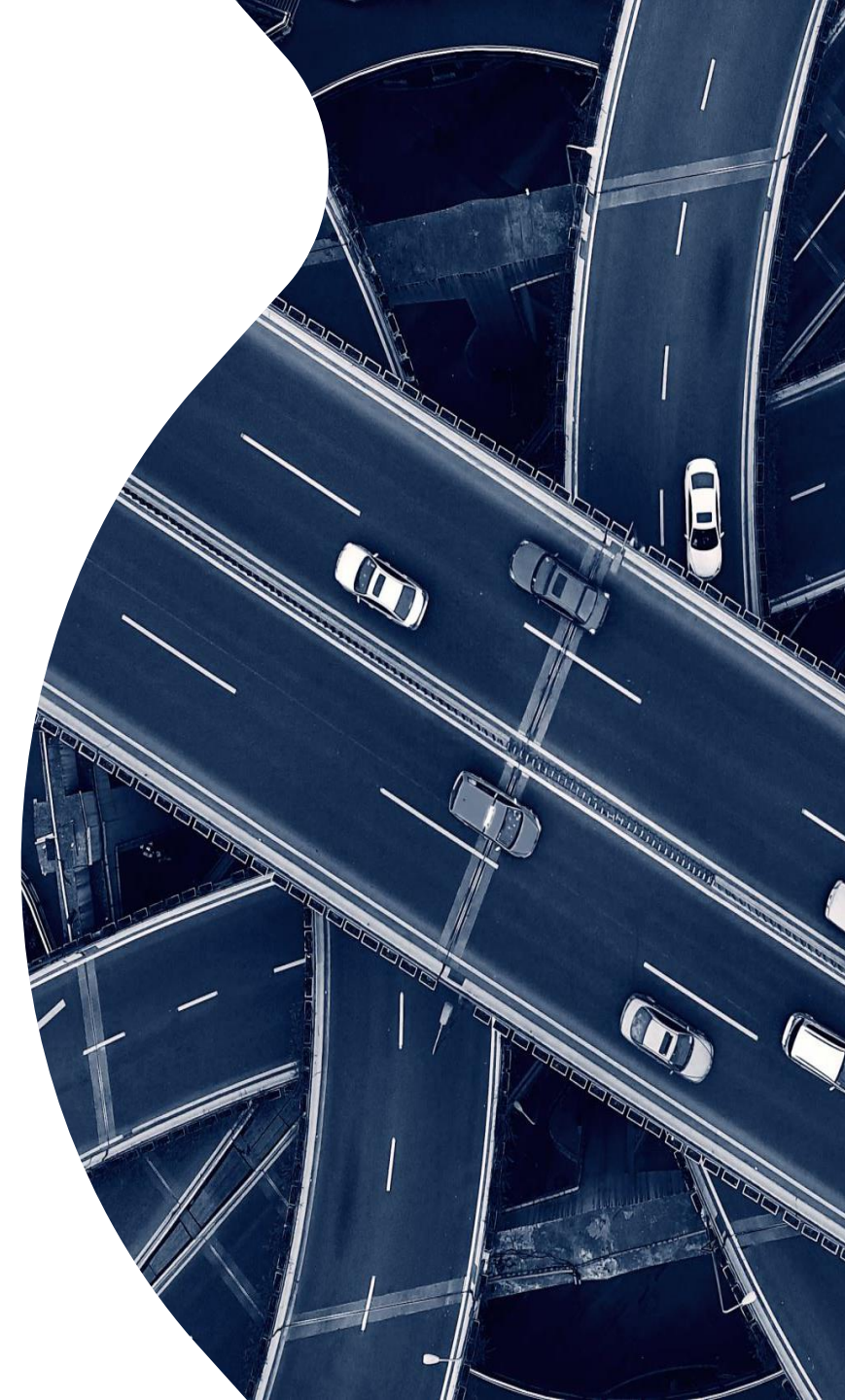


De Transportsector

- Transport is de enige sector waar de **broeikasuitstoot de voorbije decennia is toegenomen**, met een toenemende mobiliteitsbehoefte en een grote afhankelijkheid van fossiele brandstoffen (94%) als belangrijkste drijfveer. Dit gebeurt ondanks de technologische ontwikkelingen in de sector, waar vervoermiddelen veel energie-efficiënter zijn dan enkele jaren geleden.
- Transport is de sector waar **hernieuwbare energie het traagst wordt ontwikkeld** (t.o.v. bijvoorbeeld de industrie en gebouwde omgeving), met een aandeel van 8,9% hernieuwbare energie in de EU in 2019¹¹.
- Er zijn twee belangrijke technologische opties om deze afhankelijkheid van fossiele brandstoffen te verminderen en de broeikasgasemissies van de sector terug te dringen, aanvullend op energie-efficiëntieverbeteringen en gedragsverandering/modal shift:
 - **Elektrificatie** van het vervoer en de diepgaande, slimme integratie ervan met het energiesysteem voor een grotere systeemflexibiliteit en een groter gebruik van hernieuwbare elektriciteit;
 - Inzet van **biobrandstoffen**, met name in sectoren die moeilijker te elektrificeren zijn, zoals de lucht- en scheepvaart en langeafstandsvervoer.
- De belangrijkste marktbelemmeringen voor de inzet van hernieuwbare en koolstofarme biobrandstoffen¹¹:
 - Hoge productiekosten in vergelijking met fossiele, conventionele brandstoffen;
 - Lage TRL's voor productiemethodieken, met beperkte productiecapaciteit.

Licht wegtransport

- Binnen de mobiliteitssector is wegtransport verantwoordelijk voor ca. **85%** van de totale broeikasgasuitstoot, waarvan personenauto's 50% vertegenwoordigen²³.
- In 2020 reed **98%** van personenauto's nog op conventionele brandstoffen (inclusief bijmenging van bijvoorbeeld E10 en B7). Het grootste gedeelte hiervan rijdt op benzine, gevolgd door diesel en een klein deel LPG²².
- Vanuit een **transitieperspectief** verdwijnt de noodzaak om biobrandstoffen in te zetten voor lichter wegtransport. Er wordt een geleidelijke afbouw van de rol voor biobrandstoffen voorzien, aangezien verbrandingsmotoren vooralsnog de vloot domineren.
- Waar bij de **transitie naar nul-emissie** veel nadruk ligt op vlootvernieuwing, wordt de huidige en toekomstige inzet van biomassa in transport vooral bepaald door beleid gericht op de transitie van fossiele brandstoffen met een hoge CO₂-intensiteit naar hernieuwbare brandstoffen met een lage CO₂-intensiteit of volledig klimaatneutraal over de gehele keten (WTW)¹¹.
- Het huidige beleid is gericht op **afbouw van stimulering**, waarbij wordt ingezet op beschikbare alternatieven zoals elektrisch rijden en waterstof-aangedreven voertuigen^{21,35}. Streven: 100% nul-emissie nieuwverkopen vanaf 2030.



Verduurzaming licht wegtransport

- Naast een **gedragsverandering** in onze personenmobiliteit die moet leiden tot minder kilometers, meer deelauto's, meer fietsen en OV, is het nodig dat er zo snel mogelijk een transitie plaatsvindt naar 0% fossiele brandstoffen in het vervoer¹⁷.
- De Nederlandse **Jaarverplichting Energie Vervoer** is het leidend uitvoeringsmechanisme voor het bepalen van de landelijke klimaatdoelstellingen voor het lichte wegtransport. Tot 2030 zal het volume biobrandstoffen in wegtransport groeien tot maximaal **60PJ**, conform de afspraken in het Klimaatakkoord.
- 76% van de inzet van biobrandstoffen wordt gerealiseerd in **dieselvervanging** – m.n. voor zwaar wegtransport en zakelijk verkeer. 83% van de biobrandstoffen wordt geproduceerd middels duurzame geavanceerde biograndstoffen^{21,26}.
- Biobrandstoffen in wegtransport worden op dit moment voornamelijk gebruikt als **drop-in fuel** voor benzine en diesel. De benodigde grondstoffen komen voornamelijk uit Europa en Noord-Amerika – laag ILUC-risico en kans op ontbossing¹.
- Blendwalls verschillen per biobrandstof²⁶:
 - **B7-diesel** bevat 7% FAME (biodiesel). Nagenoeg het volledige aanbod van dieselbrandstof in de EU bestaat uit B7¹¹. Dit kan evt. worden verhoogd naar B10, afhankelijk van de toepassing van een beschermingsgraad B7.
 - **E-10** benzine bevat 10% bio-ethanol – in de praktijk 8,5 vol-%. Het bijmengen van biobrandstoffen in personenvervoer wordt grootschalig toegepast, en gestimuleerd middels de **E10-verplichting**.
- De ontwikkelingen op het gebied van **elektrische personenauto's** en laadinfrastructuur gaan snel. Momenteel is ongeveer 14% van de nieuw verkochte personenauto's batterij-elektrisch. In het Klimaatakkoord wordt uitgegaan van 1,8 miljoen laadpunten in 2030^b.
- In 2020 reden ca. 215 **personenauto's op waterstof**. In het Klimaatakkoord wordt uitgegaan van 15.000 waterstof elektrische personenauto's in 2025, doorgroeiend naar 300.000 voertuigen in 2030^{22,23}.
- In alle marktsegmenten van het wegverkeer (met uitzondering van bussen) zijn brandstoffen gebaseerd op **aardgas** – zoals CNG en LNG – voorzichtig in opmars. Ten opzichte van de hele vloot blijft het aantal CNG- en LNG-voertuigen klein²³.

Zwaar wegtransport



- Op dit moment is **diesel** nog de dominante energiedrager in de logistieke sector, gevolgd door benzine en LPG. 97% van de vrachtwagens in de EU rijden momenteel op diesel³⁰.
- Broeikasgasemissies van vrachtwagens en bussen zijn vanaf 2000 wereldwijd, jaarlijks met **2.6% toegenomen**. Beleidsinterventies voor zwaar wegtransport lijkt achter te lopen op dit vlak t.o.v. licht wegtransport³⁰.
- In 2019 reden er 173 **elektrische vrachtauto's** en trekkers in Nederland. Het merendeel (99%) was volledig elektrisch. De verwachting is echter dat die aantallen de komende jaren snel groter worden, mede onder invloed van de afspraken die hierover in het Klimaatakkoord zijn gemaakt. Zo is afgesproken dat er in 2030 in 30 tot 40 binnensteden een zogeheten **nul-emissiezone** moet zijn ingericht voor stadslogistiek. In die zones mogen alleen nul-emissie-bestelauto's en -vrachtauto's komen³².
- Het aantal **nul-emissie-vrachtauto's** in 2030 is in de KEV 2021³² geraamd op circa 13.000. De raming is echter onzeker. In de bandbreedte wordt rekening gehouden met 7.000 tot 29.000 nul-emissie-vrachtauto's. Op de COP26 is afgesproken dat er vanaf 2040 alleen nieuwe zero-emissie vrachtwagens en bussen de weg op mogen.
- 76% van de inzet van biobrandstoffen wordt gerealiseerd in **dieselveervanging** – m.n. voor zwaar wegtransport en zakelijk verkeer. 83% van de biobrandstoffen wordt geproduceerd middels biograndstoffen o.b.v. afval en residuen^{21,26}.

Beleid zwaar wegtransport

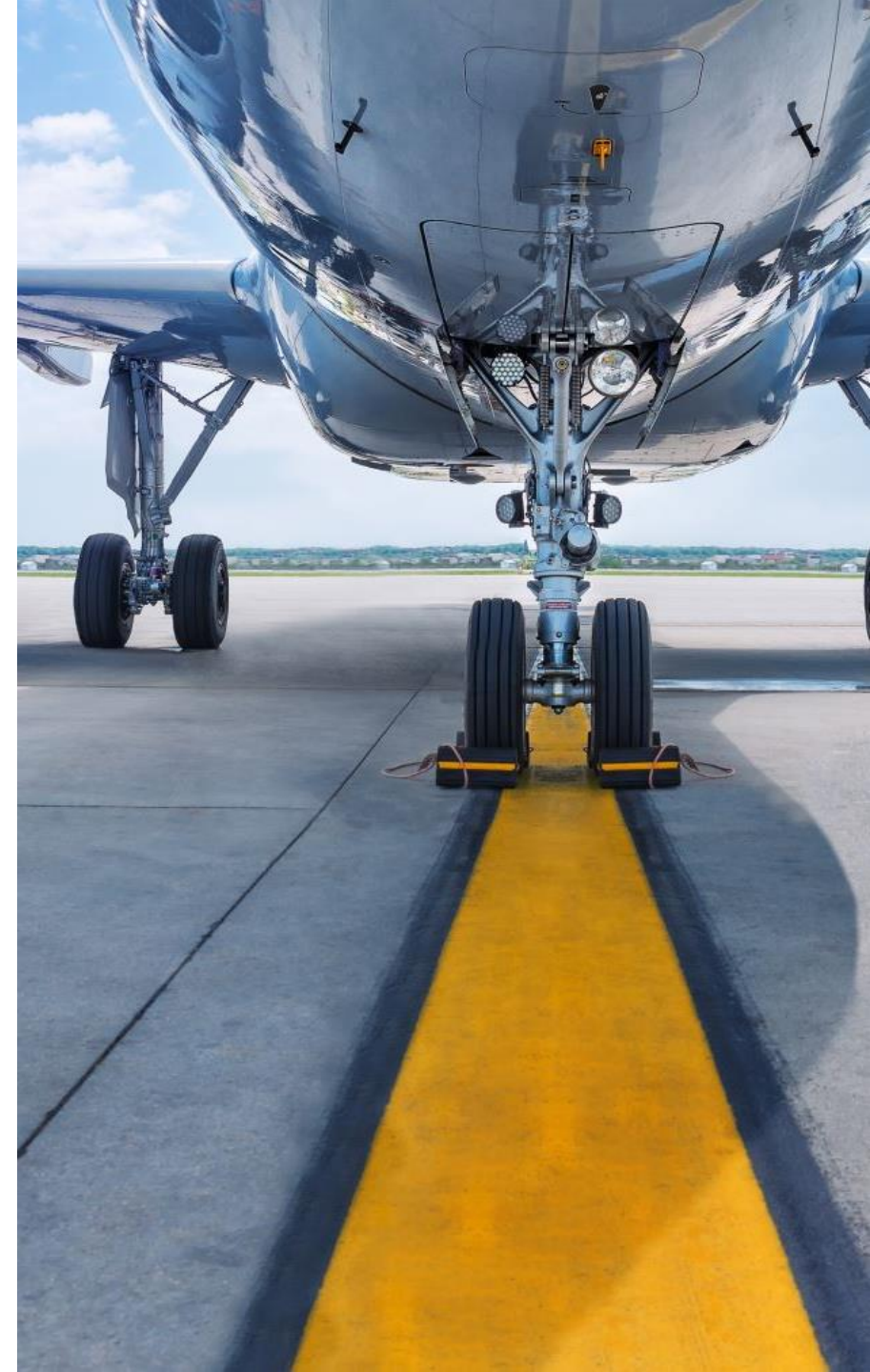
- Voor zwaar wegtransport zullen biobrandstoffen voor langere tijd een **overbruggingsfunctie** gaan vervullen om bij te dragen aan de klimaatopgave, omdat technologische alternatieven van o.a. synthetische brandstoffen nog niet voldoende ontwikkeld zijn^{21,35}. Dit beleid, gericht op **ombouw**, is voorzien in de REDII en het Duurzaamheidskader Biograndstoffen. Het bijmengen van biobrandstoffen binnen de transportsector is een kosteneffectieve wijze om aan de richtlijnen te voldoen.
- Er wordt aandacht gevraagd voor de versnelde ontwikkeling van brandstof besparende maatregelen en alternatieve technologische opties, zoals elektrificatie en synthetische brandstoffen.
- De Nederlandse **Jaarverplichting Energie Vervoer** is het leidend uitvoeringsmechanisme voor het bepalen van de landelijke klimaatdoelstellingen voor het zware wegtransport. Tot 2030 zal het volume biobrandstoffen in wegtransport groeien tot maximaal **60PJ**, conform de afspraken in het Klimaatakkoord¹⁷.
- Er is een **Verordening CO₂-emissienormen** voor nieuwe zware bedrijfsvoertuigen overeengekomen. Deze herziene verordening bevat strengere CO₂ -emissienormen voor nieuwe zware bedrijfsvoertuigen (vrachtwagens, bussen en touringcars). Volgens de nieuwe regels dienen deze de CO₂-uitstoot vanaf 2025 met gemiddeld 15% terug te dringen en vanaf 2030 met 30%, in vergelijking met de uitstoot in 2019²².
- In het Klimaatakkoord is ook afgesproken dat er een **Vrachtwagenheffing** wordt ingevoerd. De opbrengsten van die heffing worden teruggestuurd naar de transportsector en zijn bedoeld om verduurzaming te stimuleren. Verwacht wordt dat de vrachtautoheffing in 2026 kan worden ingevoerd, waarmee **jaarlijks 200 miljoen euro** beschikbaar komt voor het stimuleren van nul-emissie-vrachtauto's en van de laad- en tankinfrastructuur die daarvoor nodig is. Het resterende deel van de opbrengsten is bedoeld om de inzet van **geavanceerde biobrandstoffen** te stimuleren en het optimaliseren van de logistieke keten²².

Verduurzaming zwaar wegtransport

- Gezamenlijk hebben IenW en vervoerspartijen de volgende **verduurzamings- en innovatieopgave** geformuleerd: de versnelde transitie naar emissieloos vrachtvervoer, in de vorm van²²:
 - (1) batterij-elektrisch en waterstof-elektrisch aangedreven vrachtwagens;
 - (2) (tijdelijk) gebruikmaken van hernieuwbare brandstoffen en;
 - (3) optimalisatie van de logistieke keten, die bijdraagt aan een vermindering van het aantal gereden voertuigkilometers.
- Het vrachtwagenpark kent een **iets langere aanloopfase naar zero-emissie** dan personenvervoer. Ook hier zijn de eerste zero-emissie voertuigen reeds beschikbaar en zal het aanbod de komende jaren verder toenemen (zowel batterij-elektrisch als waterstof-elektrisch).
- **Elektrische vrachtwagens** zijn momenteel duurder dan vrachtwagens die op diesel rijden, maar de verwachting is dat de TCO van dergelijke vrachtwagens tussen 2025 en 2030 steeds verder gelijk zal komen te liggen met die van een dieselveertuig. Daarnaast zal de doorontwikkeling van batterij-elektrische vrachtwagens (actieradius, laadvermogen, prijsontwikkeling) ervoor zorgen dat deze voertuigen voor steeds meer transportactiviteiten gebruikt kunnen gaan worden. De verwachting is dan ook dat het marktaandeel van nul-emissie-vrachtauto's snel groter wordt. De snelheid van die groei is echter onzeker.
- Voor het zware en langeafstandstransport wordt vooral gekeken naar **waterstof-elektrische aandrijving**. In het Convenant Stimulering Waterstofmobiliteit, dat de sector, vertegenwoordigd in het H₂-Platform, en de Rijksoverheid heeft ondertekend, is een ambitie van 3000 zware voertuigen op waterstof in 2025 opgenomen. Het aanbod daarin vanuit de vrachtwagenfabrikanten is momenteel echter nog minimaal²².
- Ook bij waterstof-elektrisch aangedreven trucks is de verwachting dat de prijs richting 2030 zal gaan dalen **door innovatie en opschaling** van de productieaantallen. In de aanloop naar volledig zero-emissie transport kan het gebruik van hernieuwbare brandstoffen, zoals biobrandstoffen en synthetische brandstoffen (voor de langere afstanden) een oplossing vormen²².

Luchtvaart

- De luchtvaart is verantwoordelijk voor 3,6% van de uitstoot van broeikasgassen in de EU, en **13,2% van de transport-gerelateerde emissies** in de EU (2018)¹³.
- De huidige inzet van biobrandstoffen in de wereldwijd getankte kerosine heeft, volgens IATA, een aandeel van minder dan 0,1%^{28,30}. In 2020 bestond **minder dan 0,05%** van de getankte brandstof in de EU uit SAF¹¹. De belangrijkste reden hiervoor is dat de productiecapaciteit beperkt is en productiekosten nog te hoog¹³.
- Vanwege het gebrek aan geschikte alternatieven die in voldoende mate kunnen worden ingezet zal nog voor langere tijd de inzet van biobrandstoffen nodig zijn om de behoefte aan fossiele kerosine te vervangen. Beleidskeuze: **ombouw** van stimulering van de inzet van biobrandstoffen, welke een overbruggingsfunctie gaan vervullen in de bijdrage aan de klimaatopgave³⁵.
- Er wordt door Nederland ingezet op verdergaande energie-efficiency en het versneld ontwikkelen en beschikbaar krijgen van alternatieve energiedragers – **elektrisch vliegen en vliegen op waterstof**³⁵. De verwachting is dat elektrisch- en waterstof aandrijving tot 2050 een zeer marginale rol spelen in de luchtvaart, startend bij korte-afstandsvluchten voor kleine vliegtuigen¹³.



Nederlands beleid

In de Nederlandse **Luchtvaartnota**²¹ is het volgende afgesproken:

- In 2030 is 14% van de brandstof voor de luchtvaart in Nederland duurzaam – behoefte van ca. 30,1 PJ in NL⁷.
- In 2050 is de volledige fossiele kerosine behoefte van de luchtvaart door duurzame alternatieven vervangen – resulterend in een CO₂-emissiereductie in 2050 van 50% t.o.v. 2005.
- In 2070 is de luchtvaart emissievrij.

Tot 1 januari 2025 kunnen brandstofleveranciers ook leveringen van biobrandstoffen en hernieuwbare brandstoffen aan de luchtvaart inboeken in het **Register Energie Vervoer** (opt-in). Er kan een multiplier van 1.2 gerekend worden voor SAF. Dit als kickstart voor verduurzaming van deze sector. Vanaf 2025 zal de sector via eigen beleid opschalen⁷.

EU: Fit-for-55

De Europese Commissie introduceert een sector gericht instrument voor de luchtvaart vanaf 2025: **ReFuelEU**

Aviation^{4,7,13}

- Oplopende bijmengverplichting van SAF voor brandstofleveranciers (aanbeveling Destination 2050⁶).
- In 2030 is 5% (10 PJ in NL) van de brandstof voor de luchtvaart binnen de EU duurzaam, oplopend tot 63% in 2050.
 - Destination 2050 stelt het haalbare target voor een bijmengverplichting in 2050 op 83%⁶.
- Het gaat om drop-in luchtvaartbrandstoffen zoals⁶:
 - RFNBO's /e-fuels (minimaal aandeel van 0,7%, oplopend tot 28% in 2050)
 - Geavanceerde biobrandstoffen (Annex IX A)
 - Biobrandstoffen o.b.v. Annex IX B grondstoffen

Verduurzaming luchtvaart

Sustainable Aviation Fuels (SAF; duurzame biobrandstoffen) zijn op korte en middellange termijn de enige mogelijkheid om de uitstoot van de luchtvaart significant te reduceren^{13,14,28}. SAF is een drop-in brandstof wat gemengd kan worden met conventionele kerosine, zonder dat er aanpassingen aan vliegtuigmotoren en infrastructuur benodigd zijn. De EC stimuleert SAF vanuit Annex IX B en Annex IX A, evenals RFNBO's¹³. De belangrijkste varianten:

Biokerosine: verkregen uit raffinage van biomassa

- Nu voornamelijk geproduceerd middels HEFA-technologie (TRL 9, 50% blend), o.b.v. Annex IX B grondstof²⁷.
- 2 tot 4 keer duurder dan fossiele kerosine, afhankelijk van gekozen productieroute en biograndstoffen¹³.
- Emissiereductie-potentieel afhankelijk van gekozen productieroute en biograndstoffen¹³:
 - 76-85% o.b.v. Annex IX B (m.n. vetten); nu voornamelijk HEFA
 - 91-94% o.b.v. Annex IX A (geavanceerd); nu voornamelijk Gas+FT (TRL 6-8, 50% blend) en Alcohol-to-Jet (AtJ – TRL 7-9, 50% blend)

Synthetische kerosine: wordt met (groene) elektriciteit gesynthetiseerd uit waterstof en CO₂

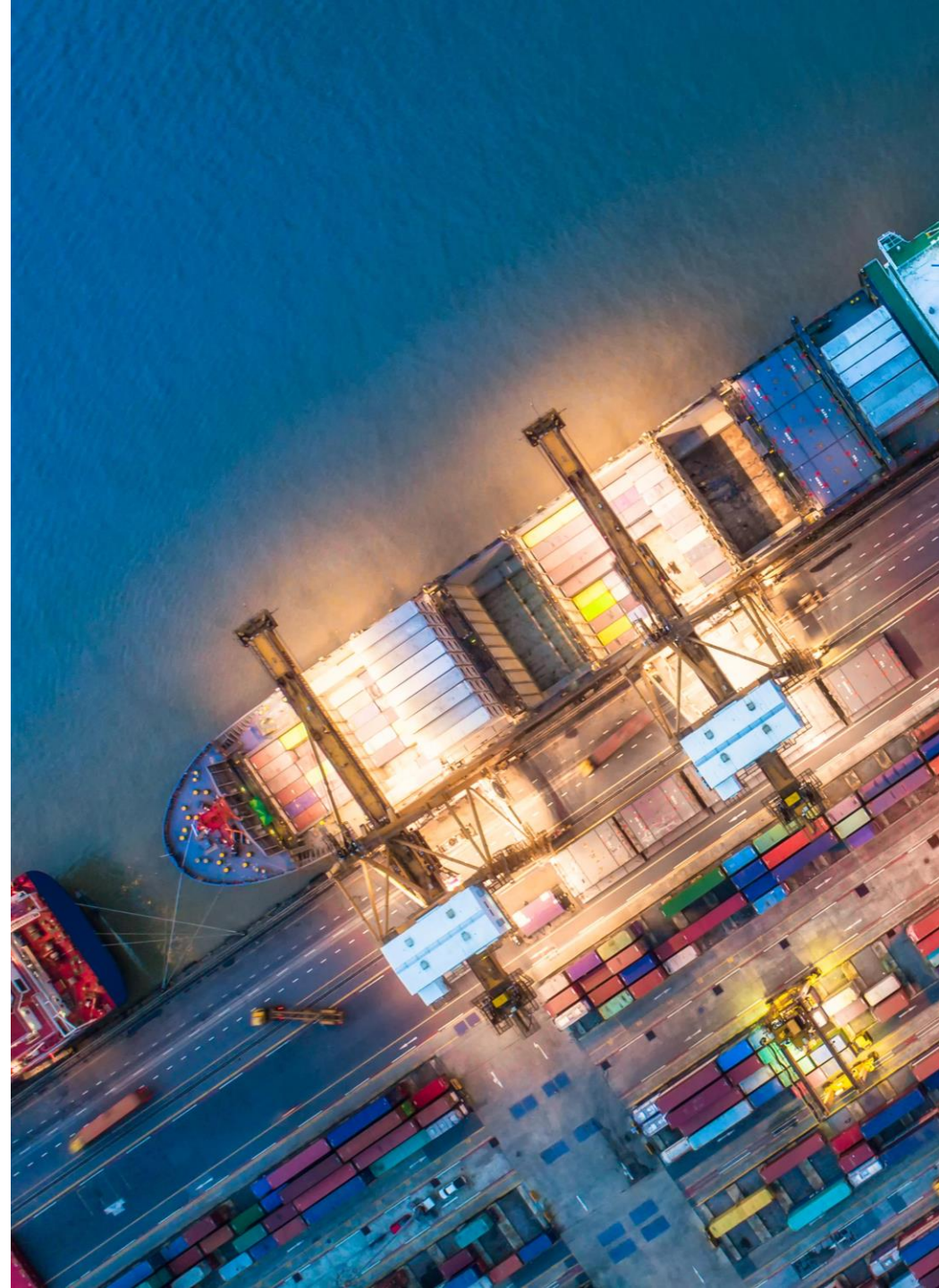
- Ook wel *e-kerosine* (*RFNBO*) genoemd.
- De overheid wil de ontwikkeling, productie en gebruik van synthetische kerosine actief stimuleren met innovatiegelden, waarbij de chemie en raffinagesector een belangrijk rol spelen²¹.
- 3 tot 6 keer duurder dan fossiele kerosine.
- Veelbelovende technologie met groot emissiereductie-potentieel: 85-100% (bij DAC)¹³
- Momenteel nog in de demonstratiefase.
- Inzet op synthetische kerosine vereist een noodzakelijke diversificatie van de grondstoffenbasis.
- Aandachtspunt is de beschikbaarheid en betaalbaarheid van hernieuwbare elektriciteit.

Verduurzaming luchtvaart

- Huidige vliegtuigen kunnen zonder aanpassingen en binnen de huidige regelgeving (ASTM) gebruik maken van SAF in een mengverhouding van 10-50% met conventionele kerosine (zgn. blend wall), afhankelijk van de productiemethode en gebruikte biograndstof. De verwachting is dat de **bijmenglimiet zal worden verhoogd** tot 100% richting 2050²⁹.
- **SAF-technologieën** bevinden zich momenteel in verschillende stadia van commerciële ontwikkeling en worden met verschillende uitdagingen geconfronteerd¹³.
 - HEFA is op dit moment de enige commercieel beschikbare methode (TRL 9)
 - Gas+FT, Power-to-Liquid FT (RFNBO) en Alcohol-to-Jet-catalyse volgen binnen 10 jaar
- Hoewel biobrandstoffen van Annex IX B vóór 2025 in significante volumes beschikbaar zouden kunnen zijn, is hun bijdrage in de toekomst beperkt, met name vanwege de beperkte beschikbaarheid van grondstoffen.
- Geavanceerde biobrandstoffen en RFNBO's hebben een **aanzienlijk potentieel** om de duurzaamheid van de luchtvaartsector te vergroten. Zij bestaan momenteel echter alleen op demonstratieniveau en worden nog steeds geconfronteerd met industriële uitdagingen, wat betekent dat hun opkomst op commerciële schaal op de markt pas tegen 2030 kan worden verwacht. Er is een groot en groeiend divers palet aan biograndstoffen beschikbaar voor de productie van geavanceerde biobrandstoffen voor de luchtvaart (**Gas+FT en AtJ**). De EU stelt dat beschikbare voorraden toereikend zouden moeten zijn tot 2050. Naar verwachting zal voor de productie van SAF in de EU tegen 2050, minder dan 10% van alle biomassagrondstoffen nodig zijn om te voldoen aan de vraag¹³.
- Schaalvoordelen, een "leercurve" en lagere prijzen voor hernieuwbare elektriciteit zullen de **productiekosten van SAF** tegen 2050 naar verwachting geleidelijk doen dalen. Anderzijds wordt verwacht dat de kosten van grondstoffen voor geavanceerde biobrandstoffen zullen stijgen gezien de concurrentie met andere energie- en vervoerssectoren¹³.
- Biobrandstoffen op basis van **gewassen** zullen waarschijnlijk geen rol spelen bij het verduurzamen van de luchtvaart¹³.

Scheepvaart

- De internationale scheepvaart draagt voor ca. **3%** bij aan de mondiale CO₂-uitstoot^{24,12}.
- De bunkerbrandstoffen die in Nederland worden geleverd voor de internationale scheepvaart worden geraamd op **427 PJ**³³. Dat is ongeveer een kwart van de totale hoeveelheid brandstoffen geleverd aan de internationale zeevaart in de EU.
- Slechts **1%** van het huidige verbruik aan bunkerbrandstoffen in de zeevaart is gebaseerd op duurzame biograndstoffen, voornamelijk nog voor *short-sea shipping* en binnenvaart³⁰.
- Vanwege gebrek aan alternatieven die in voldoende mate kunnen worden ingezet voor de scheepvaart zal nog voor langere tijd de inzet van biobrandstoffen nodig zijn – beleid gericht op **opbouw** van stimulering van de inzet van biograndstoffen en inzet op verdergaande energie-efficiency en het versneld ontwikkelen en beschikbaar krijgen van alternatieve energiedragers³⁵.
- Vanwege het **internationale karakter** van de scheepvaart zet het kabinet in op ambitieuze afspraken op Europees en mondiaal niveau – om zo meer impact te maken en ook '*weglekeffecten*' (behoud van internationaal gelijk speelveld) te verkleinen²⁴.



Nederlands beleid

In Nederland is de **Green Deal Zeevaart, Binnenvaart en Havens** (2019) overeengekomen^{19,24}:

- In 2030 ten minste 1 zero-emissie zeeschip in de vaart
- In 2050 een CO₂-reductie van 70% t.o.v. 2015 in de zeevaart. Mondiaal is de doelstelling 50%.
- In 2030 een CO₂-reductie van 40-50% t.o.v. 2015 in de binnenvaart en minstens 150 zero-emissie binnenvaartschepen
- In 2050 is de binnenvaart klimaatneutraal

Verwachting Green Deal:

- Korte termijn: m.n. bijmenging van FAME en HVO (biodiesel)
- Lange termijn (richting 2050): overstap op emissievrije voorstuwing, zoals: elektrisch, waterstof of andere synthetische brandstoffen.

Nederland is in EU-verband voorloper in het stimuleren van de inzet van duurzame brandstoffen door het opnemen van een vrijwillige inboekbevoegdheid (zogenaamde '**opt-in**') voor de zeevaart in de **Jaarverplichting Energie Vervoer**, tot 2025. Dit als kickstart voor verduurzaming van deze sector. Vanaf 2025 zal de sector via eigen beleid moeten opschalen^{24,33}.

- De binnenvaart valt per 2023 onder de reductieverplichting.

EU: Fit-for-55

- Voorstel om de internationale scheepvaart (geleidelijk) op te nemen in het ETS.
- **FuelEU Maritime**¹² – doel: de vraag naar hernieuwbare en koolstofarme brandstoffen in de zeescheepvaart stimuleren en daarmee de uitstoot van broeikasgassen verminderen.
 - Verplichte reductiepercentages voor de broeikasgasintensiteit van de energie gebruikt aan boord van elk schip voor de periode 2025 tot 2050. Het percentage wordt elke 5 jaar aangescherpt, starten met 6% in 2030 – oplopend tot 75% in 2050¹².
 - Aandeel hernieuwbare/koolstofarme brandstoffen in de mix van zeevaartbrandstoffen in 2030 tussen 6-9%. De inzet van biograndstoffen zal voornamelijk uit Annex IX A en Annex IX B en 'overig', zoals e-fuels komen. De verwachting is dat tot 2030 m.n. Annex IX B dominant zal zijn¹.

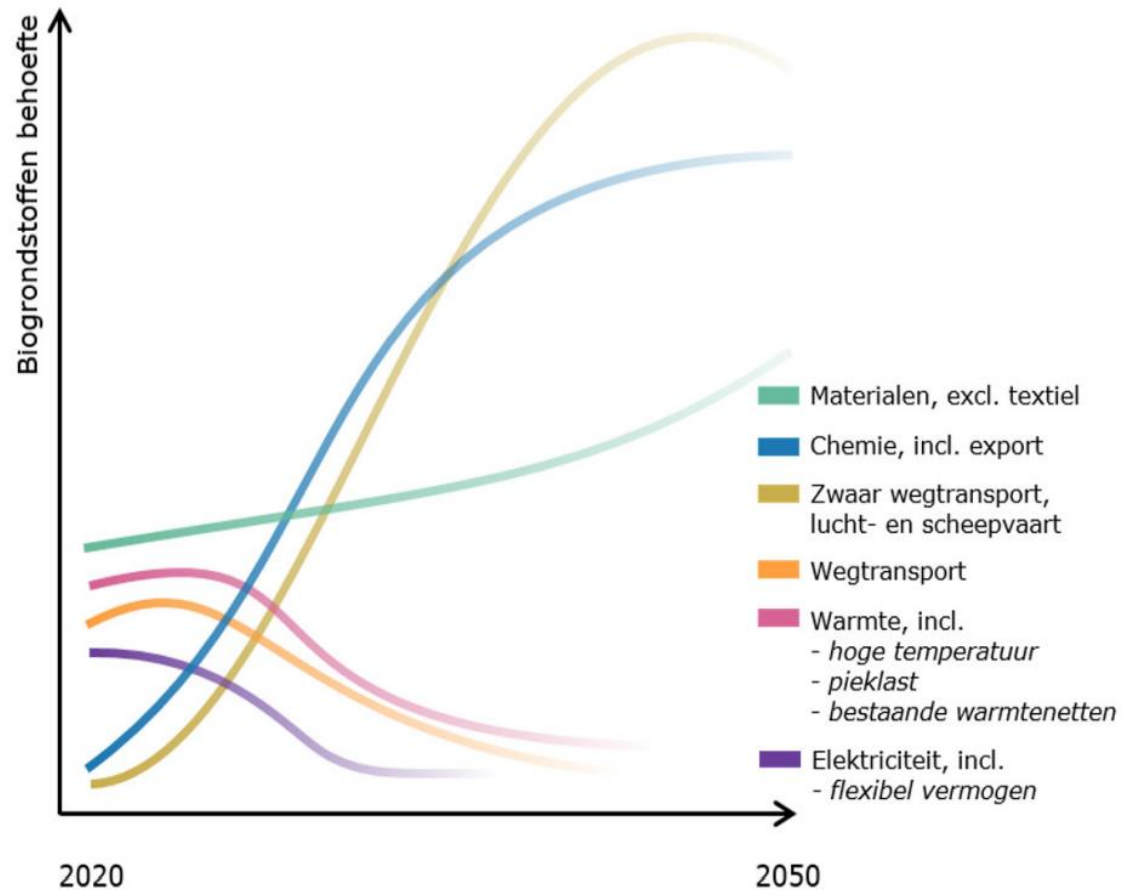
Verduurzaming Scheepvaart

- Het Klimaatakkoord beschrijft de toepassing van **5 PJ aan duurzame brandstof in de binnenvaart** in 2030, op een totaal van ca. 39 PJ (ca. 13%, inclusief in NL gebunkerde brandstof voor het buitenland)¹⁷.
- Naar verwachting wordt deze verplichting zoveel mogelijk ingevuld met FAME (7%) en HVO. De verwachting is dat bio-LNG, bio-CNG of andere biobrandstoffen zoals bio-methanol, tot slechts 0,8 PJ kunnen bijdragen tot 2030³⁹.
- Het binnenvaartaandeel in de biobrandstofbehoefte is met 3-5 PJ in alle gevallen zeer klein, maximaal 5-10% ten opzichte van het aandeel van de binnenlandse mobiliteit, dalend tot maximaal enkele procenten bij ontwikkeling van de vraag van de internationale sloop- en luchtvaart³⁹.
- De beschikbaarheid van de grondstof **UCO** voor FAME en HVO kan een beperkende factor worden, afhankelijk van het geïmplementeerde beleid voor de internationale sloop- en luchtvaart. In dat geval, kan overgeschakeld worden naar de conventionele grondstof, plantaardige olie³⁶. Hier is echter ook een limiet op gesteld in de Jaarverplichting.
- De bulkprijzen van biodiesel op basis van UCO liggen een factor 3 hoger dan die van standaard dieselbrandstof.
- **Accu-elektrische en waterstof** aangedreven schepen kunnen naar verwachting voorzien in een aandeel van 1,9 PJ (totaal 150 zero-emissie schepen) in 2030 – ook vastgelegd in de Green Deal^{19,39}.
- Het verbruik van biobrandstoffen en bio-LNG tezamen zal tussen 2030 en 2050 naar verwachting met bijna een factor 10 toenemen. Het overgrote deel van de geavanceerde biobrandstoffen en bio-LNG zou worden geleverd aan de maritieme sector. Biobrandstoffen van bijlage IX B, zouden de rest van de vraag naar biobrandstoffen dekken¹².
- De diversiteit van de sector in termen van sloopstijpe, leeftijdsverdeling, grootte, vereist vermogen of exploitatieomstandigheden zal resulteren in verschillende beperkingen die de optimale brandstofkeuze voor een bepaalde sloopvariant bepalen. Naar verwachting zal een **verscheidenheid van verschillende brandstoffen** zonder dominante energiebron tegen 2050 de meest waarschijnlijke samenstelling van de maritieme brandstofmix zal zijn¹².

Achtergrond: Sectie 5

Transitiepaden naar 2050

Inzet van biogrondstoffen in transitie naar 2050

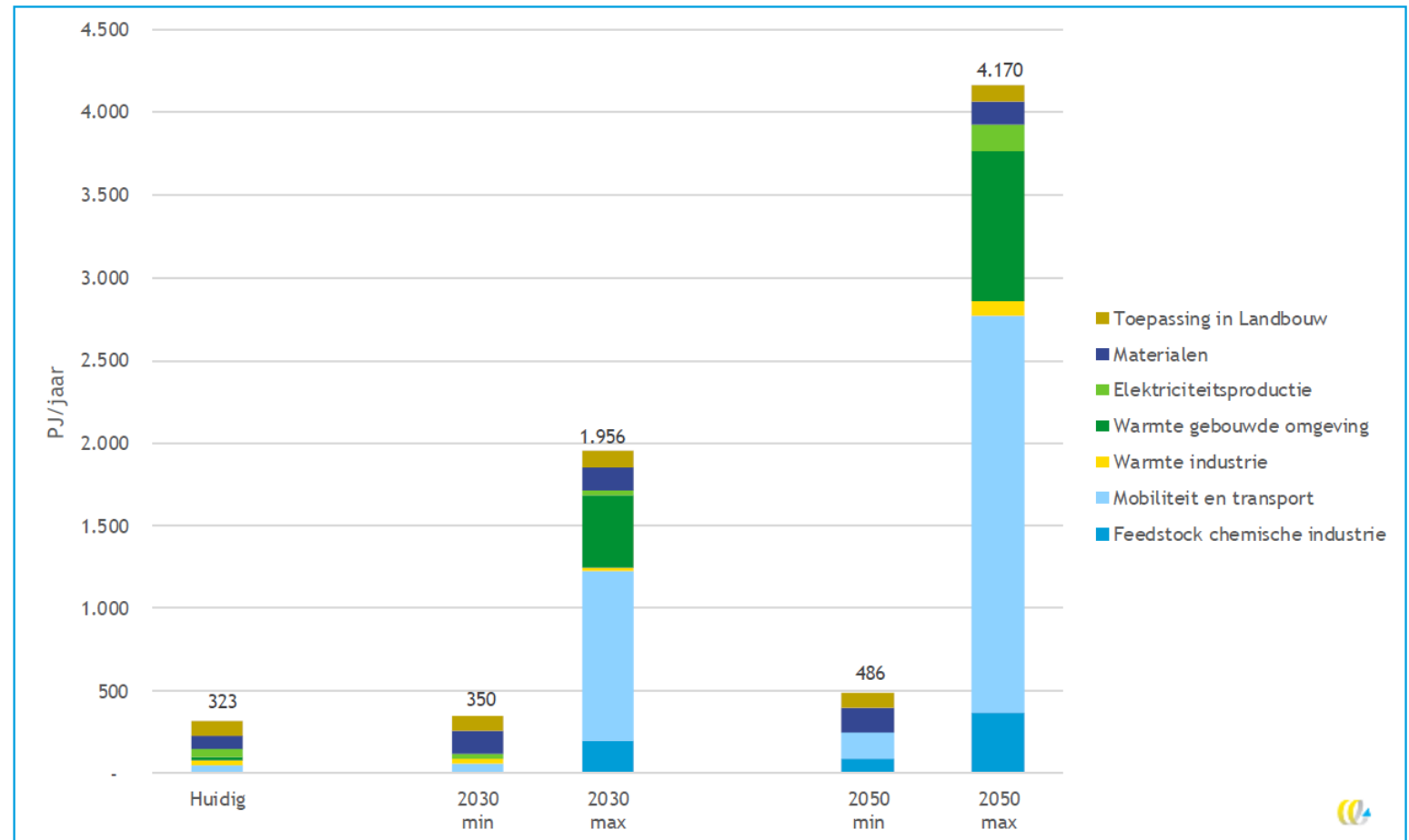


Figuur 9: Tentatieve ontwikkeling per toepassingsgebied van biogrondstoffen – Indicatief en niet op schaal en zonder rekening te houden met vastgestelde subsidies. Bron: SER (2021), *Biomassa in Balans*³⁵

- De SER³⁵ voorziet een forse toename in de vraag naar duurzame biobrandstoffen richting 2050. Dat gegeven onderschrijft het belang om op een verantwoorde en hoogwaardige wijze om te gaan met de beperkt beschikbare biogrondstoffen voorraad.
- In de figuur links staat een prognose van de biogrondstof behoefte per toepassingsgebied/sector weergegeven, waarbij het duurzaamheidskader biogrondstoffen²¹ als uitgangspunt is gehanteerd.
- Voor de inzet van biogrondstoffen in wegtransport is een afbouwscenario weergegeven. Er zijn nu goede alternatieven beschikbaar, zoals elektrische auto's.
- Voor de inzet van biogrondstoffen in zwaar wegtransport, lucht- en scheepvaart, is een ombouwscenario weergegeven, waarin wordt voorzien dat biogrondstoffen een overbruggingsfunctie gaan vervullen richting 2050 – waarna alternatieven die beter passen in het gewenste eindbeeld op grote schaal beschikbaar komen, zoals RFNBO's.

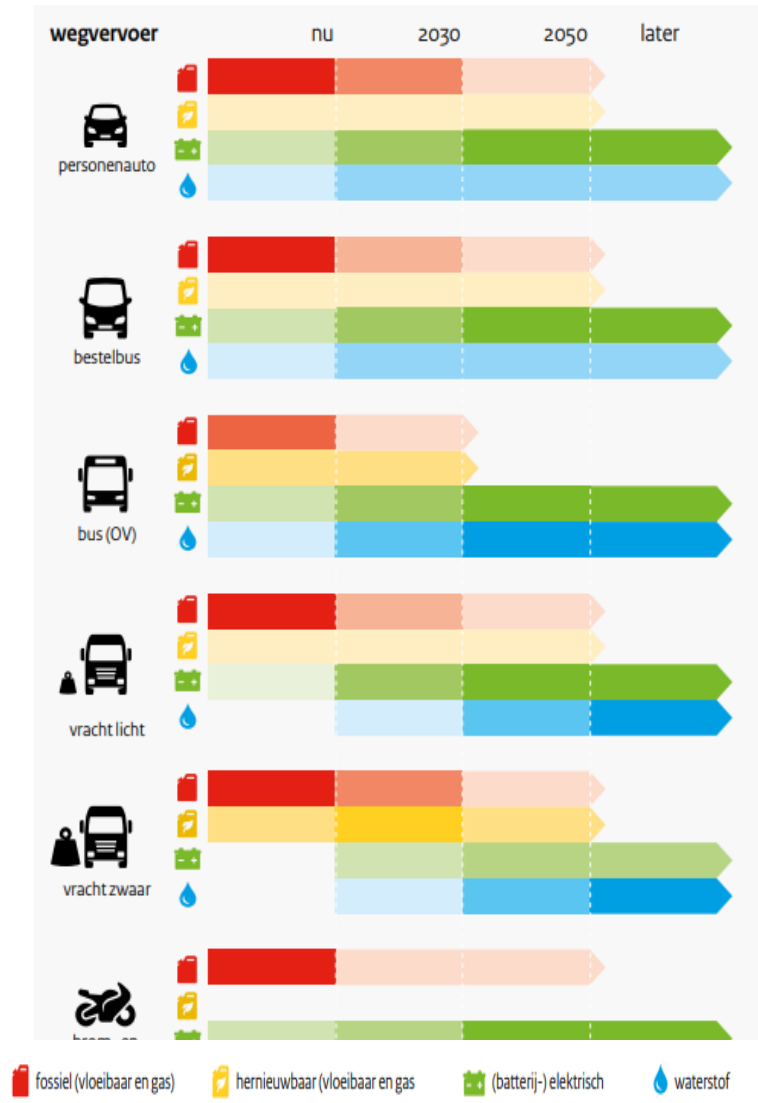
Ontwikkeling behoefte duurzame biomassa in de transitie

- De vraag naar biobrandstoffen zal richting 2050 fors gaan groeien¹.
- Er worden grote ranges in deze groeiende vraag afgegeven, zie figuur rechts.
- De toepassing 'Mobiliteit en transport' vormt het grootste aandeel in de maximale biomassabehoefte in 2030 en 2050.
- In absolute waarden zijn de ranges bij die toepassing ook het grootst.
- Het grootste deel is voor bunkers van (zee)scheepvaart en luchtvaart volgens het hoogste scenario in 2050:
 - Scheepvaart ca. 70%
 - Luchtvaart ca. 10%



Figuur 10: Totaalcijfers behoefte aan duurzame biomassa in Nederland, per toepassing (PJ/jaar). Bron: CE Delft (2020), Bio-Scope¹

Transitiepad Wegtransport



- Richting 2050 zal personenmobiliteit (bijna) geheel elektrisch aangedreven worden. Andere brandstoffen, zoals fossiel, biobrandstoffen en e-fuels spelen dan geen rol van betekenis meer³⁴.
- De RVO verwacht dat waterstof slechts een kleine rol zal spelen in wegtransport voor lichte voertuigen, met een aandeel van 0,24 PJ in 2030³³.
- Zwaar wegtransport zal voor langere tijd de inzet van biobrandstoffen nodig hebben als vervanger van fossiele brandstof, i.v.m. de beperktere beschikbaarheid van duurzame alternatieven.
- Het kabinet ziet in de toekomst een belangrijke rol weggelegd voor waterstof als energiedrager, vooral voor zwaar transport, bijvoorbeeld vrachtwagens, OV-bussen²².
- Na 2025 is de verwachting dat de markt voor batterij-elektrische bussen volwassen is. Voor waterstofbussen is de verwachting dat in 2025 ook flinke sprongen gemaakt zullen zijn.

Figuur 11: Schematische weergave transitiepaden in brandstofgebruik wegvervoer richting 2050. Bron: MinIenW (2020), *Visie duurzame energiedragers in mobiliteit*²²

Transitiepad Luchtvaart

De Europese Commissie¹³ voorspelt de inzet van (een mix aan) biobrandstoffen voor de luchtvaart in verschillende Policy Options (middels PRIMES-model), voor de periode tot aan 2050, waarin opvalt:

- Richting 2050 neemt SAF een groot deel van de luchtvaartbrandstofmix over en wordt de SAF-mix meer gediversifieerd;
- RFNBO's en geavanceerde biobrandstoffen leveren tegen 2050 de grootste bijdrage aan de luchtvaartbrandstofmix;
- Het groeiende gebruik van geavanceerde biobrandstoffen (AtJ-route) en biobrandstoffen van Annex IX B tegen 2030 wordt verklaard door het feit dat geavanceerde biobrandstoffen (Gas+FT route) na 2035 opschalen, 10 jaar later dan de AtJ-route;
- HEFA-route biobrandstoffen en ingevoerde biobrandstoffen (import) zouden beperkt zijn. Op korte termijn lijkt HEFA o.b.v. Annex IX B de enige optie om op korte termijn de luchtvaart te verduurzamen;
- Elektrisch vliegen speelt een zeer marginale rol in de brandstofmix van de luchtvaart tot aan 2050.

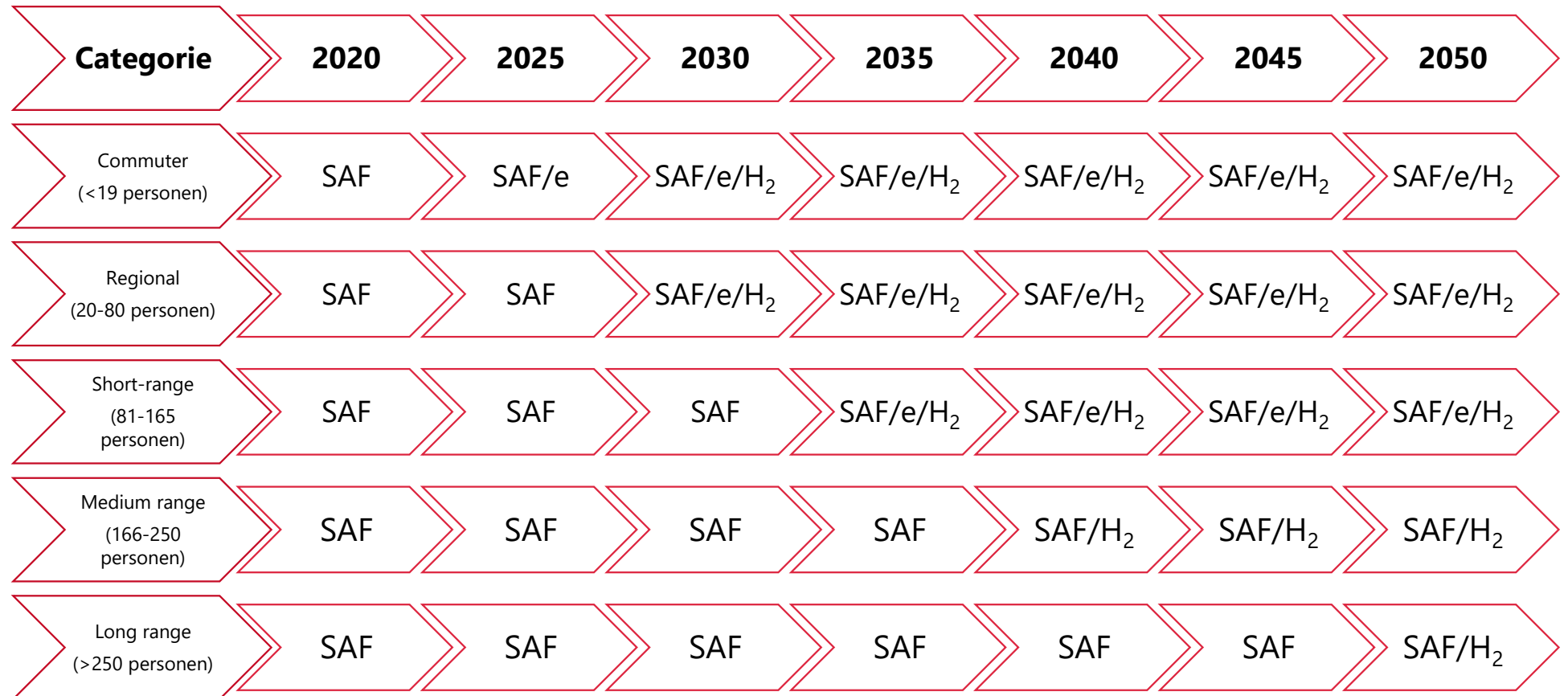
Luchtvaart brandstofmix (%)	2020	2030	2050
Biokerosine, waarvan:	0,0	4,4	36,7
HEFA	0,0	1,6	4,1
GAS+FT	0,0	0,0	13,7
AtJ	0,0	1,9	13,6
Import	0,0	0,9	5,3
RFNBO's	0,0	0,6	26,0
Elektriciteit	0,0	0,0	0,5
Fossiele kerosine	0,0	95,0	36,8

Figuur 12: Luchtvaart brandstofmix in Nederland over de tijd. Bron: European Commission (2021), *ReFuelEU Aviation*¹³. Uitgaande van het gemiddelde van PO C1 en PO C2, welke worden beschouwd als de meest efficiënte en doeltreffende beleidsopties om de CO₂-reductie in de luchtvaartsector te bewerkstelligen, in overeenstemming met de klimaatdoelstellingen van de EU.

Transitiepad Luchtvaart

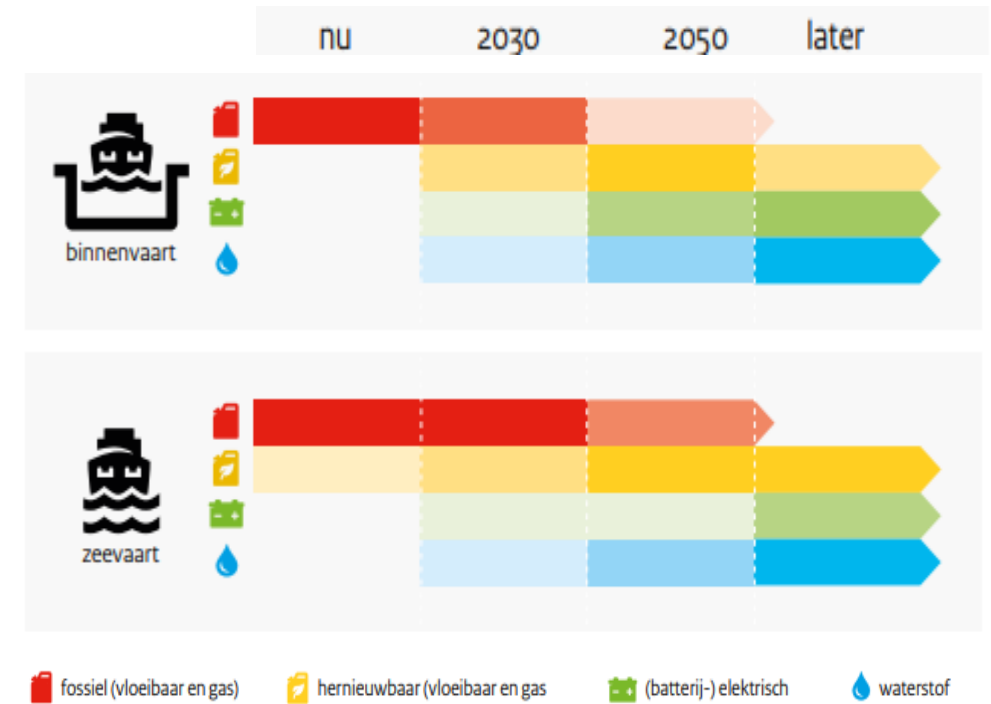
De brandstoftransitie binnen de luchtvaart is afhankelijk van vliegtuigcategorie³¹. In onderstaand overzicht wordt een transitiepad geschetst afkomstig uit Destination 2050. De exacte rol van elektriciteit en waterstof in medium-range types blijft onderwerp van discussie en is onzeker voor de toekomst.

- SAF = drop-in Sustainable Aviation Fuel
- e = hybride elektrisch of full-elektrisch
- H₂ = waterstof



Transitiepad Scheepvaart

- Voor de scheepvaart zullen biobrandstoffen de komende decennia de belangrijkste vervanger van fossiele energiedragers zijn. Er is al wel sprake van walstroom oplossingen in havens³⁴.
- Voor het grootste deel van de dieselmotoren kan volgens de regelgeving tot ca. 37% van de dieselbrandstof bestaan uit bio-componenten, uitgaande van een mix van maximaal 7% FAME, in combinatie met ca. 30% HVO en conventionele diesel voor het resterende deel³⁹.
- Het transitiepad voor de binnenvaart is nog onduidelijk. Elektrische aandrijving heeft een beperkte actieradius voor de binnenvaart. De inzet van biobrandstoffen stijgt op korte termijn vanwege de reductieverplichting (FQD).
- De energiedrager voor de zeevaart is op de korte termijn drop-in biobrandstoffen zoals FAME (biodiesel), HVO, synthetische biobrandstoffen en biobrandstof op basis van pyrolyse olie. Bio-methanol en bio-ethanol zouden ook een rol kunnen spelen, evenals bio-LNG.
- Voor short-sea shipping zijn waterstof en elektrische oplossingen mogelijk³⁴.



Figuur 13: Schematische weergave transitiepaden in brandstofgebruik voor zeevaart en binnenvaart richting 2050. Bron: MinlenW (2020), *Visie duurzame energiedragers in mobiliteit*²²

Transitiepad Scheepvaart

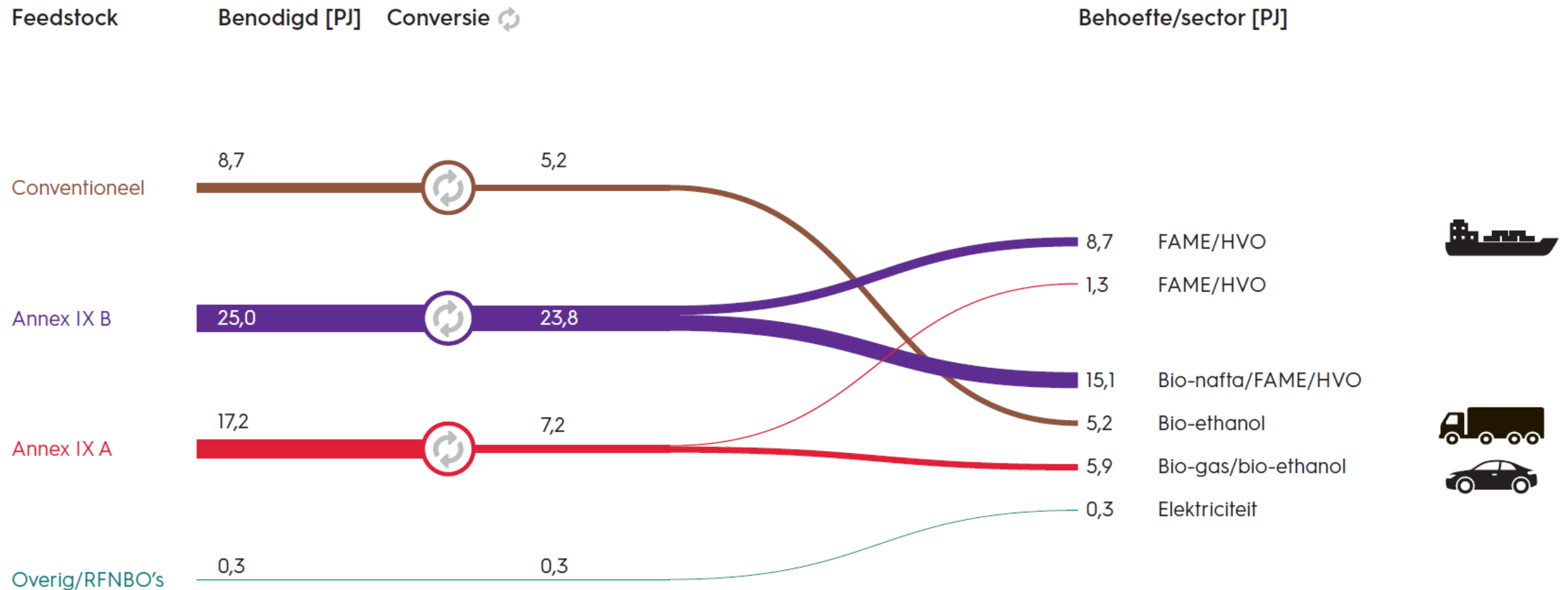
De Europese Commissie¹² voorspelt de inzet van (een mix aan) biobrandstoffen voor de scheepvaart in verschillende Policy Options (middels PRIMES-model), voor de periode tot aan 2050, waarin opvalt:

- Het verbruik van biobrandstoffen en bio-LNG tezamen zal tussen 2030 en 2050 naar verwachting met bijna een factor 10 toenemen.
- Duurzame maritieme brandstoffen uit Annex IX B bieden op korte termijn de grootste kansen, aangezien dit de commercieel meest (en enige) volwassen route is. Beschikbaarheid van grondstoffen lijkt echter beperkt.
- Het huidige Nederlandse beleid gaat uit van de inzet van Annex IX A brandstoffen (ter voorkoming van 'weglekeffecten' vanuit de wegtransportsector) – waar een groeiende inzet van waar te nemen is.

Scheepvaart brandstofmix (%)	2020	2030	2050
Biobrandstof, waarvan:	0,1	7,3	57,8
Annex IX B	0,1	1,7	5,8
Annex IX A, waarvan:	0,0	5,6	52,0
bio-LNG	0,0	1,2	15,4
RFNBO's	0,0	0,1	29,2
Elektriciteit	0,0	1,2	1,9
Fossiele brandstof	99,9	91,4	11,1

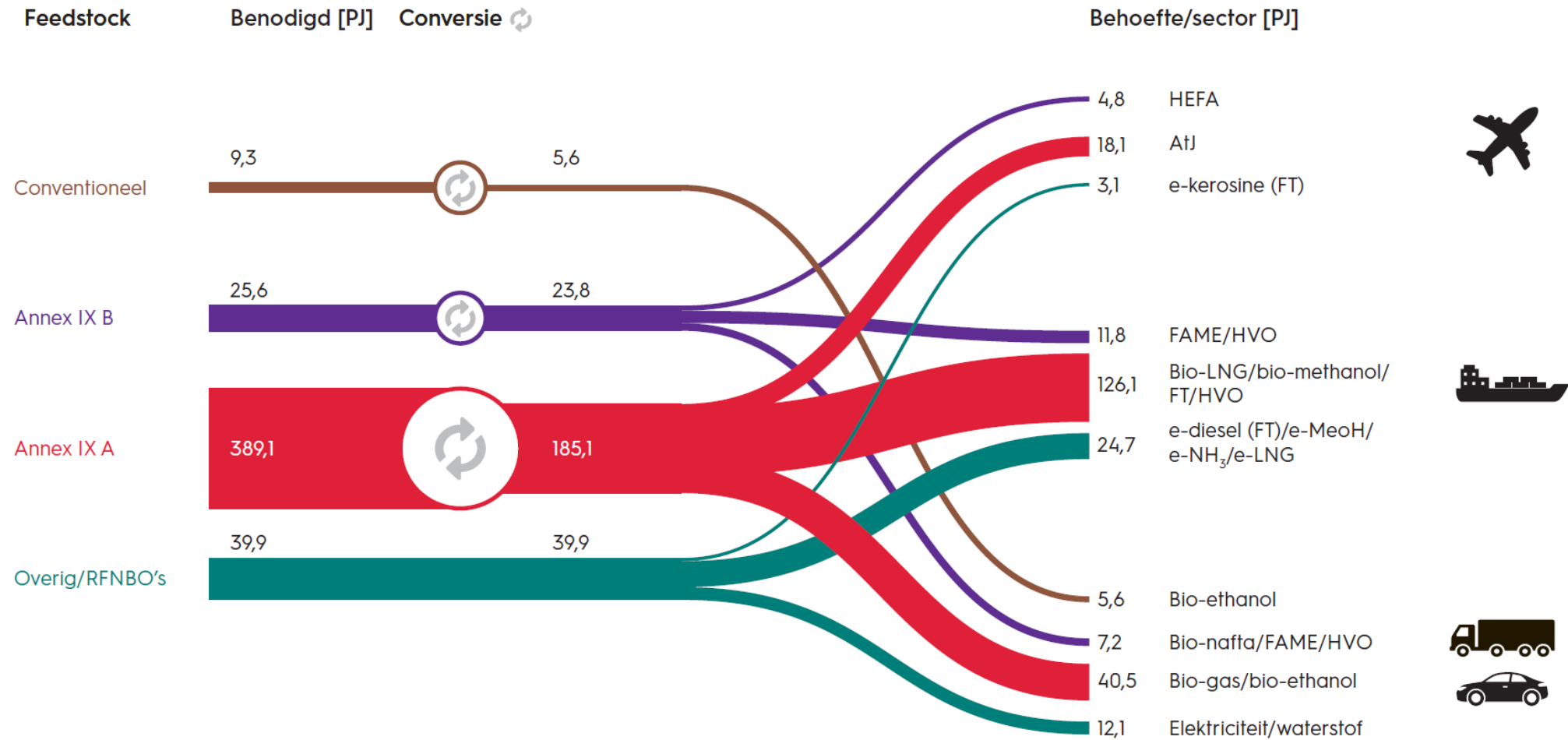
Figuur 14: Scheepvaart brandstofmix in Nederland over de tijd. Bron: European Commission (2021), *FuelEU Maritime*¹². Uitgaande van PO 3, welke wordt beschouwd als de meest efficiënte en doeltreffende beleids optie om de CO₂-reductie in de scheepvaartsector te bewerkstelligen, in overeenstemming met de klimaatdoelstellingen van de EU.

Afbeelding Biomassa-flowdiagram - 2020



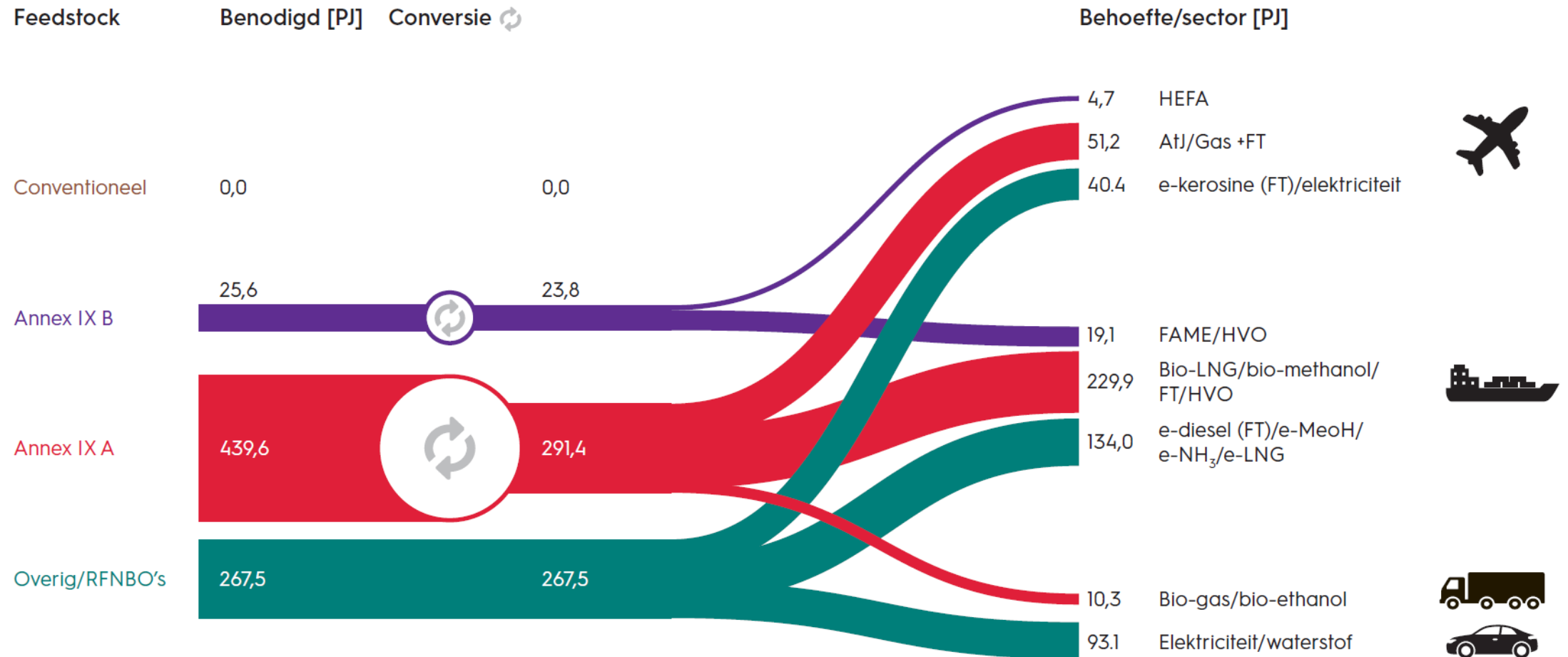
Figuur 15: Biomassa-flowdiagram voor 2020, gebaseerd op rekenmodel pagina 72 – biedt een overzicht van de biograndstofbehoefte per grondstofcategorie (uit de RED) en biobrandstofbehoefte per grondstofcategorie, per transportsector.

Afbeelding Biomassa-flowdiagram - 2030



Figuur 16: Biomassa-flowdiagram voor 2030, gebaseerd op rekenmodel pagina 72 – biedt een overzicht van de verwachte biograndstofbehoefte per grondstofcategorie (uit de RED) en verwachte biobrandstofbehoefte per grondstofcategorie, per transportsector.

Afbeelding Biomassa-flowdiagram - 2050



Figuur 17: Biomassa-flowdiagram voor 2050, gebaseerd op rekenmodel pagina 72 – biedt een overzicht van de verwachte biograndstofbehoefte per grondstofcategorie (uit de RED) en verwachte biobrandstofbehoefte per grondstofcategorie, per transportsector.

Rekenmodel Sankey-diagrammen - afbeelding

Luchtvaart	2020						2030						2050					
	NEa, 2021						ReFuelEU Aviation						ReFuelEU Aviation					
Bron	Brandstofmix [%]	Behoeftes [PJ]	Biobr. [%]	Productieroute	Conversiefactor	Benodigd [PJ]	Brandstofmix [%]	Behoeftes [PJ]	Biobr. [%]	Productieroute	Conversiefactor	Benodigd [PJ]	Brandstofmix [%]	Behoeftes [PJ]	Biobr. [%]	Productieroute	Conversiefactor	Benodigd [PJ]
Fossiel	100,0	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	95,0	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	36,8	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
Vervanger, waarvan:	0,0	0,0	0,0	nvt	nvt	0,0	5,0	26,0	100,0	nvt	nvt	nvt	63,2	96,3	100,0	nvt	nvt	nvt
Conventioneel	0,0	0,0	0,0	nvt	nvt	0,0	0,0	0,0	0,0	nvt	nvt	0,0	0,0	0,0	0,0	nvt	nvt	0,0
Annex IX A - geavanceerd	0,0	0,0	0,0	nvt	nvt	0,0	3,5	18,1	69,6	AtJ	0,52	34,8	33,6	51,2	53,2	AtJ/Gas+FT	0,67	76,4
Annex IX B - oliën en vetten	0,0	0,0	0,0	nvt	nvt	0,0	0,9	4,8	18,5	HEFA	0,85	5,6	3,1	4,7	4,9	HEFA	0,85	5,5
Overig / RFNBO's	0,0	0,0	0,0	nvt	nvt	0,0	0,6	3,1	11,9	e-Kerosine (FT)	nvt	3,1	26,5	40,4	42,0	e-Kerosine (FT)/Elektriciteit	nvt	40,4
Totaal biobrandstofbehoefte	0,0	0,0	0,0			0,0	26,0	100,0				40,5	96,3	100,0				81,9
Scheepvaart	2020						2030						2050					
Bron	NEa, 2021						FuelEU Maritime						FuelEU Maritime					
Bron	Brandstofmix [%]	Behoeftes [PJ]	Biobr. [%]	Productieroute	Conversiefactor	Benodigd [PJ]	Brandstofmix [%]	Behoeftes [PJ]	Biobr. [%]	Productieroute	Conversiefactor	Benodigd [PJ]	Brandstofmix [%]	Behoeftes [PJ]	Biobr. [%]	Productieroute	Conversiefactor	Benodigd [PJ]
Fossiel	97,7	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	91,4	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	11,1	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
Vervanger, waarvan:	2,3	10,0	100,0	nvt	nvt	nvt	8,6	163,0	100,0	nvt	nvt	nvt	88,9	383,0	100,0	nvt	nvt	nvt
Conventioneel	0,0	0,0	0,0	nvt	nvt	0,0	0,0	0,0	0,0	nvt	nvt	0,0	0,0	0,0	0,0	nvt	nvt	0,0
Annex IX A - geavanceerd	0,3	1,3	13,0	Fame/HVO	0,50	2,6	6,7	126,5	77,6	bio-LNG/bio-Methanol/FT/HVO	0,50	253,0	53,4	229,9	60,0	bio-LNG/bio-Methanol/FT/HVO	0,67	343,1
Annex IX B - oliën en vetten	2,0	8,7	87,0	FAME/HVO	0,95	9,2	0,6	11,8	7,2	FAME/HVO	0,95	12,4	4,4	19,1	5,0	FAME/HVO	0,95	20,1
Overig / RFNBO's	0,0	0,0	0,0	nvt	nvt	0,0	1,3	24,7	15,2	e-Diesel (FT)/e-MeOH/e-NH3/e-LNC	nvt	24,7	31,1	134,0	35,0	e-Diesel (FT)/e-MeOH/e-NH3/e-LNC	nvt	134,0
Totaal biobrandstofbehoefte	10,0	100,0				11,8	163,0	100,0				265,4	383,0	100,0				363,2
Wegtransport	2020						2030						2050					
Bron	NEa, 2021						Klimaatpakket NL, REDIII						Schattingen o.b.v. diverse bronnen, waaronder: RVO, 2021; EC, 2021; Milieu.nl, 2020					
Bron	Brandstofmix [%]	Behoeftes [PJ]	Biobr. [%]	Productieroute	Conversiefactor	Benodigd [PJ]	Brandstofmix [%]	Behoeftes [PJ]	Biobr. [%]	Productieroute	Conversiefactor	Benodigd [PJ]	Brandstofmix [%]	Behoeftes [PJ]	Biobr. [%]	Productieroute	Conversiefactor	Benodigd [PJ]
Fossiel	91,4	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	86,0	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	0,0	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
Vervanger, waarvan:	8,6	26,5	100,0	nvt	nvt	nvt	14,0	65,4	100,0	nvt	nvt	nvt	100,0	103,4	100,0	nvt	nvt	nvt
Conventioneel	1,7	5,2	19,8	bio-Ethanol	0,60	8,7	1,2	5,6	8,6	bio-Ethanol	0,60	9,3	0,0	0,0	0,0	nvt	nvt	0,0
Annex IX A - geavanceerd	1,9	5,9	22,1	bio-Gas/bio-Ethanol	0,40	14,6	8,7	40,5	61,9	bio-Gas/bio-Ethanol	0,40	101,3	10,0	10,3	10,0	bio-Gas/bio-Ethanol	0,50	20,0
Annex IX B - oliën en vetten	4,9	15,1	57,0	bio-Nafta/FAME/HVO	0,95	15,9	1,5	7,2	11,0	bio-Nafta/FAME/HVO	0,95	7,6	0,0	0,0	0,0	nvt	nvt	0,0
Overig / RFNBO's	0,1	0,3	1,2	Elektriciteit	nvt	0,3	2,6	12,1	18,5	Elektriciteit/Waterstof	nvt	12,1	90,0	93,1	90,0	Elektriciteit/Waterstof	nvt	93,1
Totaal biobrandstofbehoefte	26,5	100,0				39,3	65,4	100,0				118,2	103,4	100,0				20,0
Totale	36,5	[%]			51,0		254,4	[%]			424,0		582,7	[%]				465,2
Conventioneel	5,2	14			17	8,7	5,6	2			9,3		0,0	0				0,0
Annex IX A - geavanceerd	7,2	20			34	17,2	185,1	73			92		231,4	50				439,6
Annex IX B - oliën en vetten	23,8	65			49	25,0	23,8	9			6		23,8	4				25,6
Overig / RFNBO's	0,3	1					39,9	16					267,5	46				

Figuur 18: Rekenmodel biomassa-flowdiagrammen.

Aannames rekenmodel Sankey-diagrammen

Algemeen

- De *Fit-for-55* impact assessments (FuelEU Maritime en ReFuelEU Aviation) voor de luchtvaart en scheepvaart zijn het meest betrouwbaar voor berekening van de toekomstige brandstofmix. Daarin wordt gebruik gemaakt van het PRIMES-model: een grootschalig toegepast energiesysteemmodel dat gedetailleerde projecties geeft van energievraag, -aanbod, -prijzen en -investeringen voor de toekomst, waarbij het gehele energiesysteem inclusief emissies wordt bestreken. Het onderscheidende kenmerk van PRIMES is de combinatie van gedragsmodellering (met een micro-economische grondslag) met technische aspecten, waarbij alle energiesectoren en -markten worden bestreken. Het model heeft een gedetailleerde weergave van beleidsinstrumenten met betrekking tot energiemarkten en klimaat, met inbegrip van marktstimulerende factoren, normen en doelstellingen per sector of globaal.
- Het is nog moeilijk in te schatten welke bijdrage de recente Europese klimaatvoorstellen uit *Fit-for-55* zullen leveren aan de toekomstige emissiereducties. Ten eerste gaat het om voorstellen die nog aanzienlijk kunnen wijzigen. Ten tweede moeten de lidstaten de voorstellen in veel gevallen vertalen naar de nationale wetgeving of (aanvullend) beleid opstellen voor de beoogde doelstellingen. Hoe dat er uiteindelijk uit komt te zien, is vooralsnog niet bekend.
- Biobr. [%] = % in duurzame deel brandstofmix; Benodigd [PJ] in categorie 'Overig/RFNBO's' wordt niet meegerekend in biograndstofbehoefte.
- De benodigde biobrandstof is het product van de voorspelde brandstofmix (in %) en de biobrandstofbehoefte (in PJ). Voor de categorie Annex IX B komt de totale hoeveelheid dan boven de 23,8 PJ in sommige gevallen. De maximale waarde voor Annex IX B is echter vastgesteld 23,8 te zijn en blijven (NL beleid). Het verschil in berekende waarde en de maximale waarde voor Annex IX B wordt toegekend aan Annex IX A, en naar rato verdeeld over de sectoren.

Luchtvaartsector

- Import in 2030 wordt toegekend aan HEFA - Annex IX B (0,9%); Import in 2050 wordt toegekend aan Annex IX A (5,3%) (bron: EC, 2021¹³)
- Conversiefactor 2030: HEFA, 0,85; Annex IX A: gemiddelde hoog/laag = 0,52 (bron: CE Delft, 2020¹)
- Conversiefactor 2050: hoogste waarde aangehouden a.g.v. technologische ontwikkelingen voor Annex IX A = 0,67 (bron: CE Delft, 2020¹)
- in 2050 is 0,5% van de brandstofmix elektriciteit; Brandstofmix NL 2030 en 2050 gebaseerd op brandstofmix ReFuelEU Aviation - EU Scenario¹³
- Biobrandstofbehoeften 2030 en 2050 o.b.v. midden-scenario biobrandstofgebruik in mobiliteit en transport - ook o.b.v. Luchtvaarnota = 14% duurzame brandstof in 2030 (bron: CE Delft, 2020¹)

Scheepvaartsector

- Overig/RFNBO's is incl. elektriciteit; Geavanceerd is incl. bio-LNG (bron: EC, 2021¹²)
- Conversiefactor FAME: 0,92; HVO: 0,98 - gemiddelde waarde genomen = 0,95 (bron: CE Delft, 2020¹)
- Conversiefactor 2030 Annex IX A: 0,5 - gemiddelde uit diverse routes (bron: TNO, 2021³⁹); voor 2050 gelijkgesteld aan luchtvaart a.g.v. technologische ontwikkelingen (schatting)
- Biobrandstofbehoeften 2030 en 2050 o.b.v. midden-scenario biobrandstofgebruik in mobiliteit en transport (= incl. binnenvaart - 2030: 5PJ van 163PJ) – ook o.b.v. Klimaatakkoord en Green Deal (bron: CE Delft, 2020¹)

Wegtransportsector

- Conventioneel: max. 1,2% in 2030 en 0% in 2050; Annex IX B max. 4,2% (=ca. 20PJ tot 2030; = ca. 1,7% van 1200PJ - totale brandstofplas NL in 2020) in 2030 en 0% in 2050
- Elektriciteit 4,18PJ en waterstof 0,24PJ in 2030 (bron: RVO, 2020³³)
- Groei van toepassing biobrandstoffen is m.n. in Annex IX A - daar waar minimum aandeel RFNBO's al hoog wordt ingeschat met 2,6%
- Conversiefactor 2030 en 2050 Annex IX A: 0,50 - gemiddelde uit diverse routes (bron: CE Delft, 2020¹)
- Biobrandstofbehoeften 2030 en 2050 o.b.v. midden-scenario biobrandstofgebruik in mobiliteit en transport – ook o.b.v. Klimaatakkoord NL en KEV (bron: CE Delft, 2020¹)

Achtergrond: Sectie 6

Bijlagen

Bijlage 1: Afkortingenlijst

APR	Aqueous phase reforming	LNG	Liquified natural gas
ASTM	American Society for Testing and Materials	LPG	Liquified petroleum gas
AtJ	Alcohol-to-jet	MSW	Municipal solid waste
CNG	Compressed natural gas	NEa	Nederlandse Emissieautoriteit
CO₂	Koolstofdioxide	NEV	Nationale Energieverkenning
DAC	Direct air capture	PJ	Petajoule
DSHC	Direct sugars to hydrocarbons	PtL	Power-to-liquid
ETS	Emission trading scheme	R&D	Research & Development
ETD	Energy Taxation Directive (EU)	RED	Renewable Energy Directive (Richtlijn Hernieuwbare Energie – EU)
FAME	Fatty acid methyl esters	RES-T	Renewable energy sources in transport
FT	Fischer-Tropsch	REV	Register Energie Vervoer
FQD	Fuel Quality Directive (Richtlijn Brandstofkwaliteit – EU)	RFNBO's	Renewable fuels of non-biological origin
H₂	Waterstof	SAF	Sustainable aviation fuels (duurzame luchtvaart brandstoffen)
HDCJ	Hydrotreated depolymerised cellulosic jet	TRL	Technology readiness level
HEFA	Hydro-processed esters and fatty acids	SER	Sociaal Economische Raad
HBE	Hernieuwbare brandstofeenheid	TTW	Tank-to-wheel
HTL	Hydrothermal liquefaction	UCO	Used cooking oil
HVO	Hydrotreated vegetable oil	V&V	Voedsel- en voedergewassen
IATA	International Air Transport Association	WTW	Well-to-wheel
ILUC	Indirect Land-use Change (indirecte landsgebruikverandering)		

Bijlage 2: Lijst met figuren en tabellen

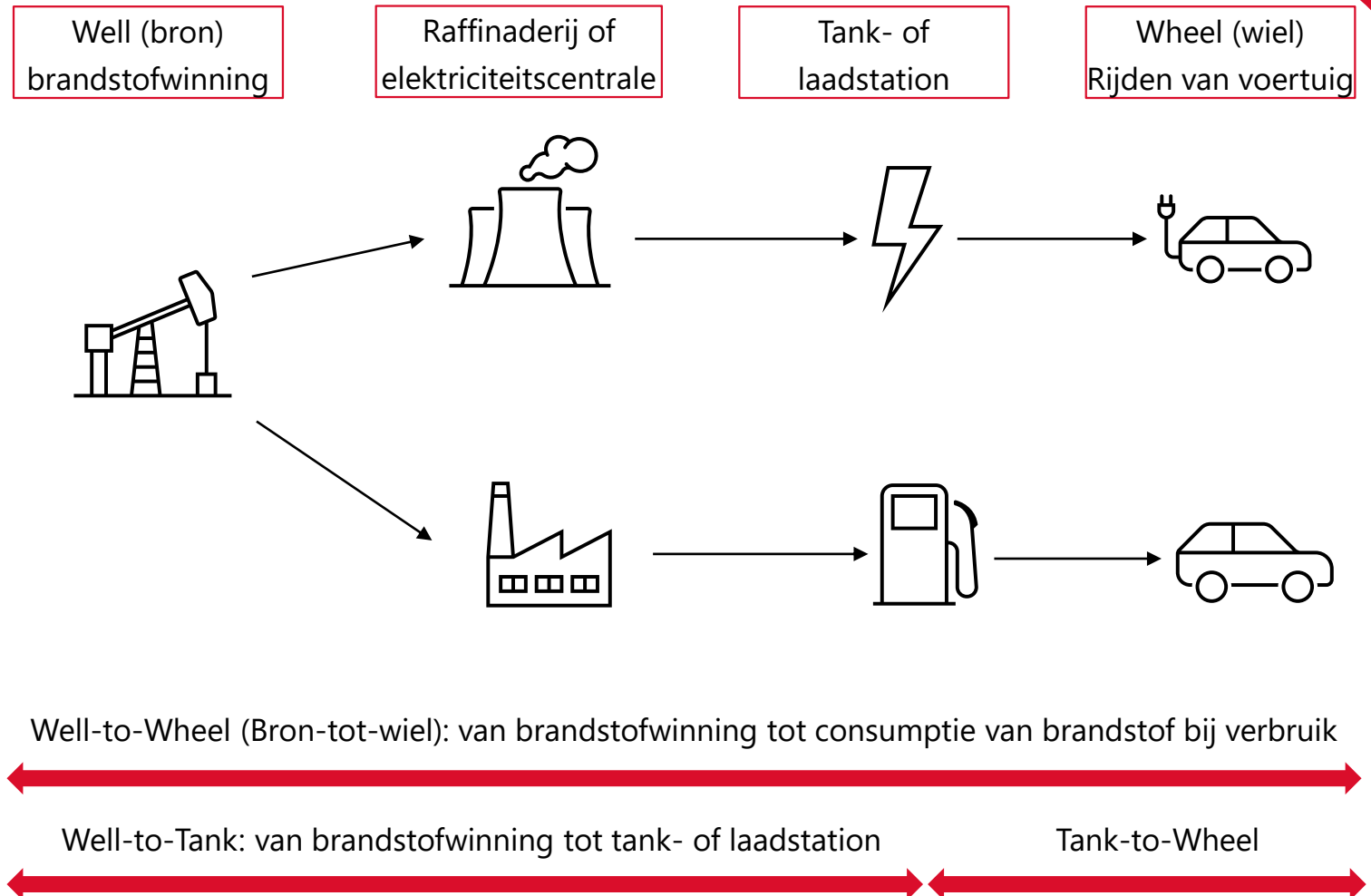
- Figuur 1: Afbeelding uit Rapportage Energie voor Vervoer in Nederland 2020 van de Nederlandse Emissieautoriteit - Grondstoffen per type biobrandstof 2020 (op basis van fysieke energie-inhoud. Bron: NEa (2021), *Rapportage energie voor vervoer in Nederland 2020*²⁸
- Figuur 2: Minimale potentiële beschikbaarheid van duurzame biomassa – mede op basis van duurzaamheidskaders uit Nederlands en Europees beleid (PJ/jaar). Bron: CE Delft (2020), *Bio-Scope*¹, *eigen nabewerking*.
- Figuur 3: Afbeelding uit Rapportage Energie voor Vervoer in Nederland 2020 van de Nederlandse Emissieautoriteit - Grondstoffen voor conventionele, geavanceerde en overige brandstoffen 2020 (op basis van de fysieke energie-inhoud). Bron: NEa (2021), *Rapportage energie voor vervoer in Nederland 2020*²⁸
- Figuur 4: Schematische weergave van de productieroutes van waterstof en de meest relevante e-fuels. Bron: TNO & VoltaChem (2020), *E-Fuels: Towards a more sustainable future for truck transport, shipping and aviation*⁴⁰
- Figuur 5: Kostprijs biobrandstoffen (€/GJ). NB: data niet beschikbaar. Bron: CE Delft (2020), *Bio-Scope*¹, *eigen nabewerking*.
- Figuur 6: Impact van veranderende financieringsmogelijkheden op productiekosten biobrandstoffen (EUR/MWh). Bron: IEA Bioenergy (2020), *Advanced biofuels – potential for cost reduction*¹³.
- Figuur 7: Vergelijking van productiekosten van geavanceerde biobrandstoffen met huidige conventionele biobrandstoffen en fossiele brandstoffen (EUR/MWh). Bron: IEA Bioenergy (2020), *Advanced biofuels – potential for cost reduction*¹³.
- Figuur 8: Huidige ranges van productiekosten voor SAF. Bron: European Commission (2021), *ReFuelEU Aviation*⁵².
- Figuur 9: Tentatieve ontwikkeling per toepassingsgebied van biograndstoffen – Indicatief en niet op schaal en zonder rekening te houden met vastgestelde subsidies. Bron: SER (2021), *Biomassa in Balans*³⁶
- Figuur 10: Totaalcijfers behoefte aan duurzame biomassa in Nederland, per toepassing (PJ/jaar). Bron: CE Delft (2020), *Bio-Scope*¹
- Figuur 11: Schematische weergave transitiepaden in brandstofgebruik wegvervoer richting 2050. Bron: MinlenW (2020), *Visie duurzame energiedragers in mobiliteit*²³
- Figuur 12: Luchtvaart brandstofmix in Nederland over de tijd. Bron: European Commission (2021), *ReFuelEU Aviation*⁵². Uitgaande van het gemiddelde van PO C1 en PO C2, welke worden beschouwd als de meest efficiënte en doeltreffende beleidsopties om de CO₂-reductie in de luchtvaartsector te bewerkstelligen, in overeenstemming met de klimaatdoelstellingen van de EU.
- Figuur 13: Schematische weergave transitiepaden in brandstofgebruik voor zeevaart en binnenvaart richting 2050. Bron: MinlenW (2020), *Visie duurzame energiedragers in mobiliteit*²³.
- Figuur 14: Scheepvaart brandstofmix in Nederland over de tijd. Bron: European Commission (2021), *FuelEU Maritime*⁵¹. Uitgaande van PO 3, welke wordt beschouwd als de meest efficiënte en doeltreffende beleidsoptie om de CO₂-reductie in de scheepvaartsector te bewerkstelligen, in overeenstemming met de klimaatdoelstellingen van de EU.
- Figuur 15: Biomassa-flowdiagram voor 2020, gebaseerd op rekenmodel pagina 72 – biedt een overzicht van de biograndstofbehoefte per grondstofcategorie (uit de RED) en biobrandstofbehoefte per grondstofcategorie, per transportsector.
- Figuur 16: Biomassa-flowdiagram voor 2030, gebaseerd op rekenmodel pagina 72 – biedt een overzicht van de verwachte biograndstofbehoefte per grondstofcategorie (uit de RED) en verwachte biobrandstofbehoefte per grondstofcategorie, per transportsector.
- Figuur 17: Biomassa-flowdiagram voor 2050, gebaseerd op rekenmodel pagina 72 – biedt een overzicht van de verwachte biograndstofbehoefte per grondstofcategorie (uit de RED) en verwachte biobrandstofbehoefte per grondstofcategorie, per transportsector.
- Figuur 18: Rekenmodel biomassa-flowdiagrammen.

Bijlage 3: Bronnenlijst

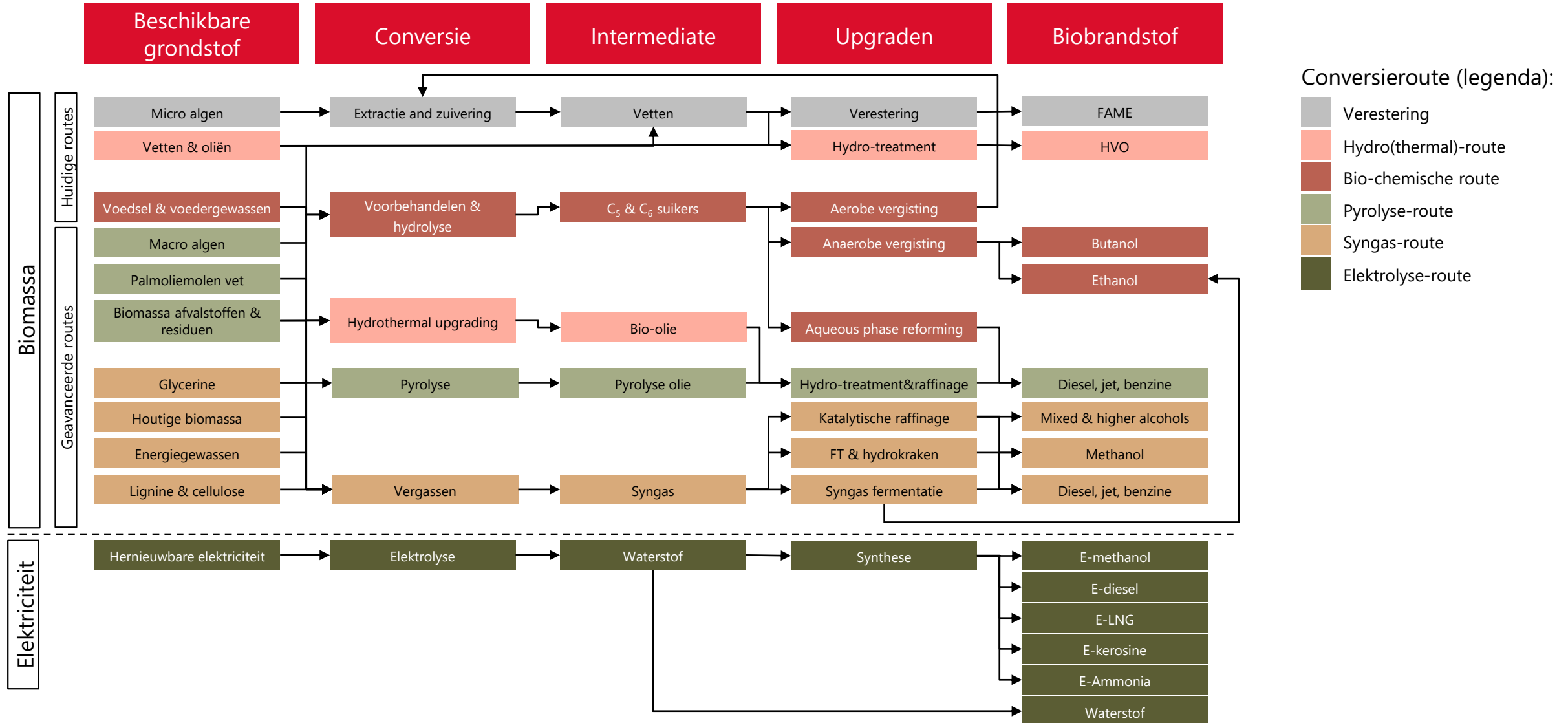
1. **CE Delft & RoyalHaskoningDHV (2020)**, Bio-Scope – Toepassingen en beschikbaarheid van duurzame biomassa, voor het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), publicatienummer: 20.190186.017
2. **CIT Industriell Energie AB (2019)**, Production of liquid advanced biofuels – global status
3. **Corbey en Van Asselt (2020)**, Routekaart Nationale Biograndstoffen – Naar een groter aanbod en betere benutting – Klimaatakkoord.nl
4. **De Gemeynst & MSG Sustainable Strategies (2020)**, Biomassa in perspectief, Joint fact-finding biomassa – een zoektocht naar feiten in een verhitte discussie – Eindrapport zaaknummer 31149915
5. **Duurzame Luchtvaart Tafel (2021)**, Actieprogramma duurzame brandstoffen
6. **E4tech Ltd & Studio Gear Up (2019)**, Study on the potential effectiveness of a renewable energy obligation for aviation in the Netherlands – Final Report for Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
7. **Energieonderzoek Centrum Nederland (2017)**, Nationale energieverkenning 2017, in samenwerking met PBL, CBS en RVO, ECN-O--17-018. Petten
8. **European Commission (2018a)**, A Clean Planet for all, A European strategic long-term vision for a prosperous modern, competitive and climate neutral economy (COM2018) 773 final, Brussels: European Commission.
9. **European Commission (2018b)**, In-depth analysis in support of the Commission Communication (COM(2018) 773 Clean Planet for all A European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy, Brussels: European Commission.
10. **European Commission (2020)**, Inception impact assessment, ReFuelEU Aviation – Sustainable aviation fuels, DG MOVE – aviation policy unit (E1), Ref. Ares(2020)1725215 - 24/03/2020
11. **European Commission (2021)**, REDIII – amendment: Proposal for a directive of the European parliament and of the council amending Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council, Regulation (EU) 2018/1999 of the European Parliament and of the Council and Directive 98/70/EC of the European Parliament and of the Council as regards the promotion of energy from renewable sources, and repealing Council Directive (EU) 2015/652, Brussels, 14.7.2021 COM(2021) 557 final 2021/0218 (COD)
12. **European Commission (2021)**, FuelEU Maritime - Proposal for a regulation of the European parliament and of the council on the use of renewable and low-carbon fuels in maritime transport and amending Directive 2009/16/EC, Brussels, 14.7.2021 COM(2021) 557 final 2021/0218 (COD)
13. **European Commission (2021)**, ReFuelEU Aviation - Proposal for a regulation of the European parliament and of the council on ensuring a level playing field for sustainable air transport, Brussels, 14.7.2021 COM(2021) 561 final 2021/0205 (COD)
14. **International Air Transport Organisation (2021)**, Fly net zero - Airline commitment to net zero 2050, Sebastian Mikosz, IATAs SVP Environment & Sustainability, <http://www.iata.org/flynetzero>
15. **Imperial College London Consultants (2021)**, Sustainable biomass availability in the EU, to 2050, Ref: RED II Annes IX A/B, contracted by Concawe
16. **International Energy Agency (IEA) Bioenergy (2020)**, Advanced biofuels – Potential for Cost Reduction – Technology Collaboration Programme, Task 41: 2020:01
17. **Klimaatberaad (2019)**, Aanbieding Klimaatakkoord, kenmerk: 19.47452, door Ed Nijpels – voorzitter Klimaatberaad aan Deelnemende partijen
18. **KWINK Groep (2020)**, Adviezen voor de borging van de duurzaamheid van biomassa via certificering en verificatie - Eindrapport
19. **Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (2019)**, C-230 Green Deal Zeevaart, Binnenvaart en Havens – Deal Tekst
20. **Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (2019)**, Kamerbrief – Mobiliteitsbeleid, Schets mobiliteit naar 2040, Tweede Kamer, vergaderjaar 2018–2019, 31 305, nr. 290
21. **Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (2020)**, Kamerbrief - Duurzaamheidskader biograndstoffen, Tweede Kamer, vergaderjaar 2020–2021, 32 813, nr. 617
22. **Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (2020)**, Visie duurzame energiedragers in mobiliteit
23. **Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (2020)**, Routeradar 2019 – Straatbeeldmonitor: status quo en ontwikkeling van hernieuwbare energiedragers in mobiliteit in Nederland – Modaliteit: Wegvervoer, Rijkswaterstaat
24. **Minister van Infrastructuur en Waterstaat (2021)**, Klimaatbeleid voor de zeevaart, minister van Infrastructuur en Waterstaat B. Visser, I E NW/BSK-2021/288020
25. **Minister van Infrastructuur en Waterstaat (2021)**, Besluit tot wijziging van het Besluit Energie Vervoer in verband met de implementatie van de Richtlijn (EU) 2018/2001 van het Europees Parlement en de Raad van 11 december 2018 ter bevordering van het gebruik van energie uit hernieuwbare bronnen en ter uitvoering van het Klimaatakkoord, staatssecretaris van Infrastructuur en Waterstaat S. van Weyenberg,
26. **Nederlandse Emissieautoriteit (2021)**, Rapportage energie voor vervoer in Nederland 2020, naleving verplichtingen wet- en regelgeving Energie voor Vervoer
27. **NLR (2021)**, Feedstocks for sustainable aviation fuels in the Netherlands – a review of feedstock sustainability and availability and identification of knowledge gaps for policy making, Kennis voor Beleid Programma, NLR-TR-2020-210
28. **NLR & TU Delft (2021)**, Factsheet Duurzame alternatieven voor kerosine
29. **NLR & SEO Amsterdam Economics (2021)**, Destination 2050 – A route to net zero European aviation, Customer: A4E, ACI-EUROPE, ASD, CANSO, ERA, NLR-CR-2020-510
30. **Panoutsou et al. (2021)**, Advanced biofuels to decarbonise European transport by 2030: Markets, challenges, and policies that impact their successful market uptake, Energy Strategy Reviews 34 (2021) 100633, Elsevier
31. **Planbureau voor de Leefomgeving (2020)**, Beschikbaarheid en toepassingsmogelijkheden van duurzame biomassa - Verslag van een zoektocht naar gedeelde feiten en opvattingen, Beleidsstudie - PBL-publicatienummer: 4188
32. **Planbureau voor de Leefomgeving (2021)**, Klimaat- en Energieverkenning 2021
33. **Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (2021)**, Impact assessment naar de verwachte toename in de vraag naar biobrandstoffen voor mobiliteit in 2030 door het (voorgenomen) kabinetsbeleid, n.a.v. motie 35626-30 lid De Hoop (PvdA) en lid Bouchallikh (GL) – voor het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
34. **Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (2021)**, Transitiekaart duurzame mobiliteit 2030 & 2050, versie 2 april 2021, in samenwerking met kernteam integrale duurzame mobiliteit RVO en TwynstraGudde
35. **Sociaal Economische Raad (2020)**, Biomassa in balans – Een duurzaamheidskader voor hoogwaardige inzet van biograndstoffen – advies 20/07, aan de staatssecretaris van Infrastructuur en Waterstaat en de minister van Economische Zaken en Klimaat
36. **Studio Gear Up (2021)**, Inzet van biobrandstoffen uit voedsel- en voedergewassen in de transportsector – Onderzoek naar aanleiding van aangehouden Motie De Hoop – Eindrapport voor Directie Duurzame Mobiliteit – Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
37. **TNO & EICB (2020)**, Impact assessment biobrandstoffen voor de binnenvaart, in opdracht van Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Rapportnummer: TNO 2020 R11455
38. **TNO & VoltaChem (2020)**, E-Fuels: Towards a more sustainable future for truck transport, shipping and aviation
39. **TNO (2021)**, Verkenning brandstoftransitie zeevaart, in opdracht van Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Rapportnummer: TNO 2021 P10979

Bijlage 4: TWW en WTW

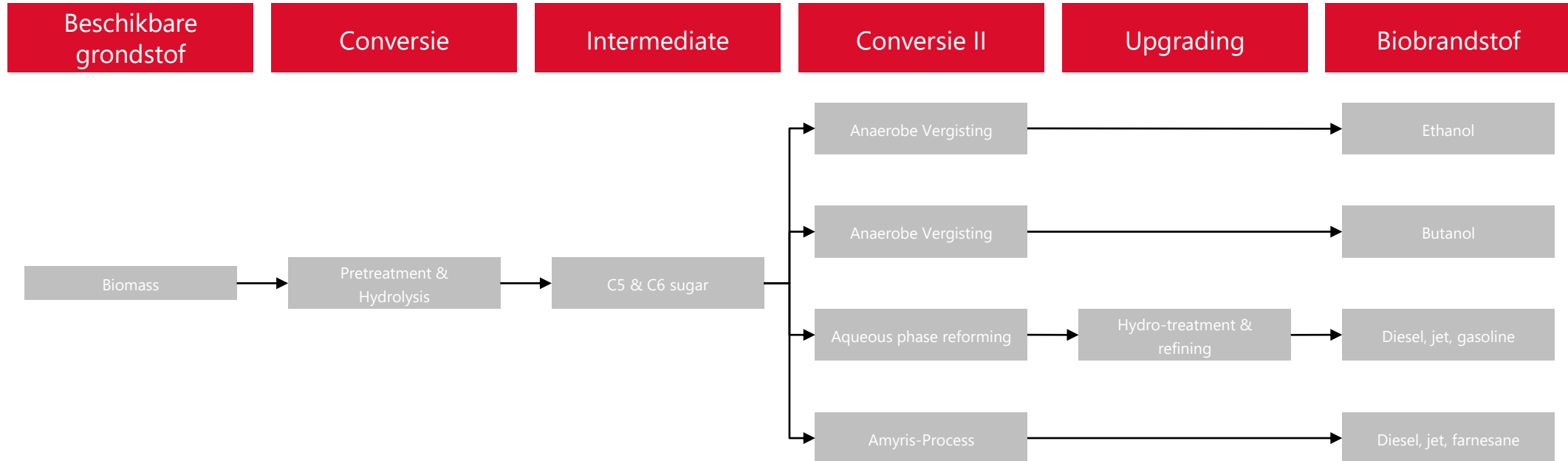
- **Tank-to-wheel**/tailpipe (TTW)
 - Emissies uit de uitlaat
- **Well-to-wheel** (WTW)
 - Emissies in de gehele keten, inclusief productie



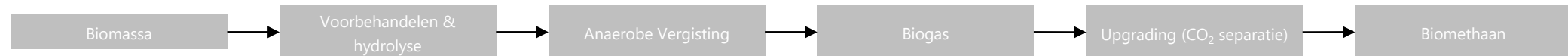
Bijlage 5: Routes voor productie biobrandstoffen



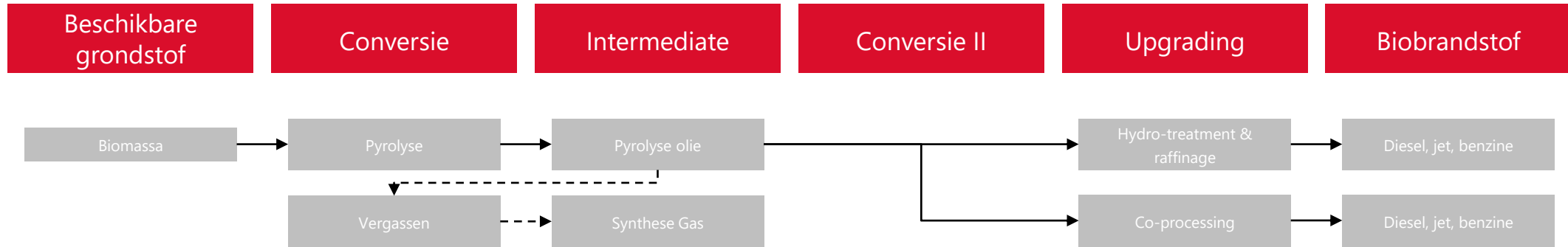
Bijlage 5A: Biochemische route



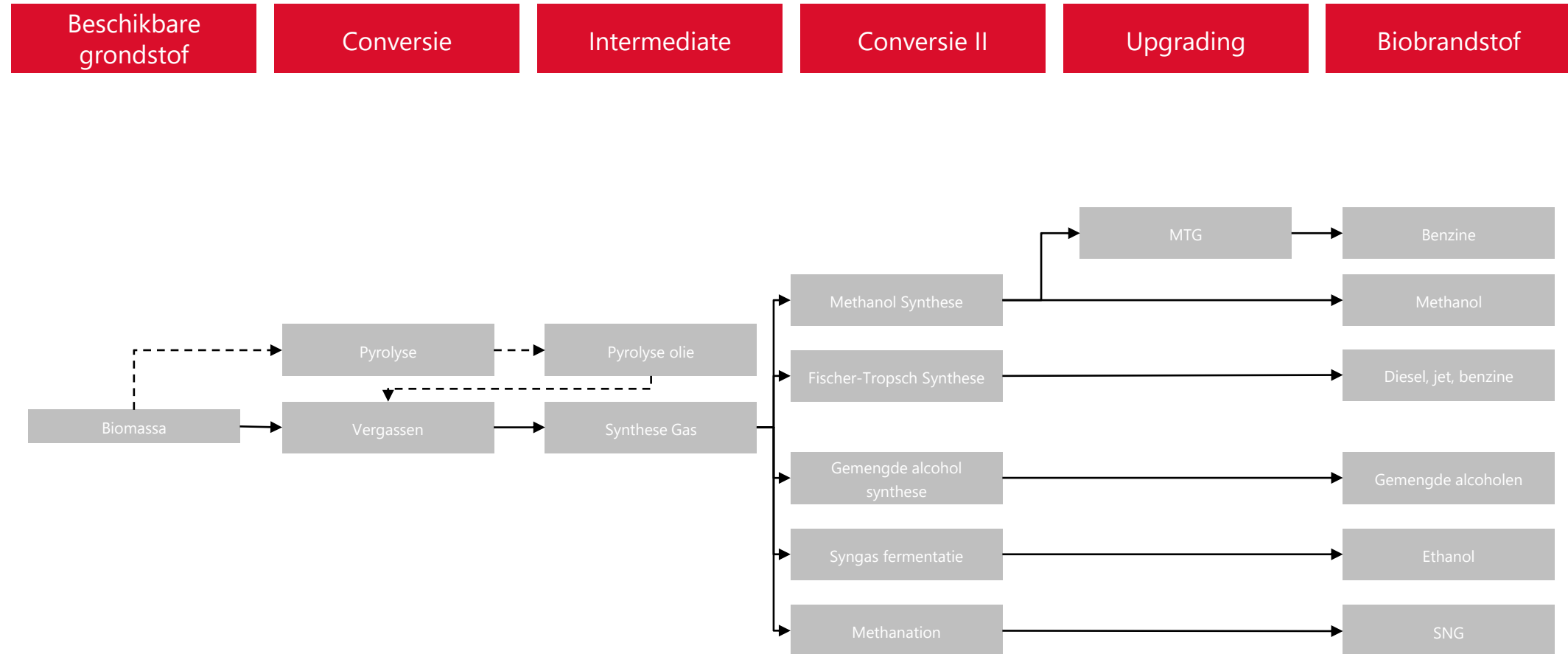
Bijlage 5B: Anaerobe vergisting route



Bijlage 5C: Pyrolyse route



Bijlage 5D: Syngas route



TwynstraGudde adviseert overheid en bedrijfsleven op veel van de grote en urgente thema's van deze tijd. Denk aan veiligheid, diversiteit, digitale transformatie, mobiliteit, duurzaamheid, energie, financiën en gezondheid. We bieden onze opdrachtgevers unieke, werkbare oplossingen en brengen complexe projecten en programma's tot een goed einde. Iets creëren van blijvende waarde, daar gaan we voor. Daardoor hebben we een directe impact op (toekomstige) maatschappelijke en economische ontwikkelingen. En dus een grote impact op morgen.

Mike van Moerkerk
06 58 92 65 63 – mvm@tg.nl

Wietse Kruijsse
06 82 52 92 89 – wke@tg.nl

Alle intellectuele eigendomsrechten met betrekking tot deze presentatie berusten bij TwynstraGudde. Niets uit deze presentatie mag worden veelevoudigd of openbaar gemaakt zonder schriftelijke toestemming van TwynstraGudde.



Impact op morgen.