

## Opdrachtschrijving

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, grond-

stofprijzen, productietechnologieën en routes 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 platen zijn gebaseerd op een zeer uitgebreide bureaustudie van ca. 40 relevante (beleids-)documenten, en bieden een globaal overzicht van de belangrijkste ontwikkelingen in de toepassing van biomassa in de Nederlandse mobiliteitssector tot 2050.

## Nederlands beleid



## Wat is 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)

### Annex IX B biograndstoffen (oliën en vetten)

- Gebruikt frituurvet (UCO) en dierlijk vet
- Momenteel m.n. ingezet in het wegvervoer: FAME en HVO
- Beschikbaarheid is een beperkende factor in de toekomst
- Emissiereductie in de keten is groot t.o.v. Annex IX A en V&V
- Goedkoop en op grote schaal te produceren (TRL 9)
- Deze categorie is gelimiteerd in Nederland, tot 2030, waardoor emissiereductiepotentieel voor deze categorie beperkt is (in volume)
- Maximum van 23PJ is al gerealiseerd – geen ruimte voor groei in Nederland



### Conventionele biograndstoffen (voedsel- en veevoedergrassen)

- Landbouwgrassen zoals koolzaad, tarwe, suikerriet, mais
- Zorgen om duurzaamheid: indirect landgebruiksverandering (ILUC) en ontbossing
- Deze categorie is gelimiteerd in Nederland, tot 2030, waardoor emissiereductiepotentieel voor deze categorie beperkt is (in volume)
- Momenteel m.n. ingezet in het wegvervoer: bio-ethanol en FAME (bio-diesel)
- Beperkte emissiereductie in de keten t.o.v. Annex IX B en 'Annex IX A
- In de lucht- en scheepvaart wordt over het algemeen afgezien van deze categorie



### Overig/RFNBO's (e-fuels, elektriciteit, waterstof)

- Renewable Fuels of Non-Biological Origin (RFNBO's) uit hernieuwbare elektriciteit (elektrolyse) en waterstof
- Zeer groot emissiereductiepotentieel – oplopend tot 100%
- De beschikbaarheid (en kosten) van duurzame elektriciteit zijn een groot risico
- De beschikbaarheid (en kosten) van technologie voor het rechtstreeks afvangen van CO<sub>2</sub> is een groot risico
- De prijs is sterk afhankelijk van de (groene) elektriciteitsprijs en de prijs van CO<sub>2</sub>
- De productiekosten zijn op korte termijn een veelvoud hoger dan m.n. conventionele- (V&V) en Annex IX B biobrandstoffen
- Snelle opbouw gevraagd van elektrolyse-capaciteit en beschikbaarheid van hernieuwbare elektriciteit
- Concurrentie om groene waterstof vanuit andere sectoren – m.n. de industrie, zal gaan toenemen, wat de prijs zal opdrijven
- Grootschalige marktintroductie wordt pas ná 2030 of 2035 verwacht



### Annex IX A biograndstoffen (geavanceerd)

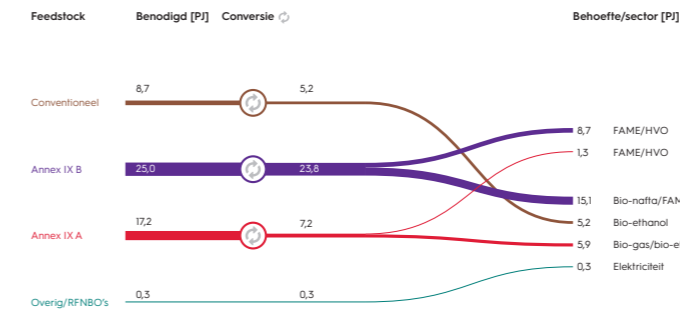
- Afvalstromen en residuen uit landbouw, bosbouw, houtverwerkings- of voedingsmiddelenindustrie, energiegassen, algen
- Grote potentiële grondstoffenbasis
- Groot emissiereductiepotentieel in de keten t.o.v. V&V, maar beperkt t.o.v. Annex IX B en RFNBO's
- Hoge productiekosten
- Groeiende concurrentie verwacht in de vraag vanuit andere sectoren
- (Nog) niet op industriële schaal beschikbaar – beperkte productiecapaciteit
- Grootschalige marktintroductie pas ná 2030 of 2035 verwacht



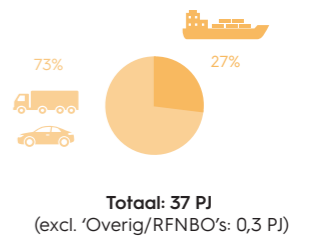
Legend for biomass requirements:

- Conventioneel
- Annex IX B
- Annex IX A
- Overig/en/of Annex IX A

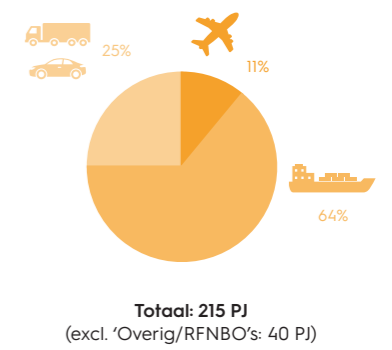
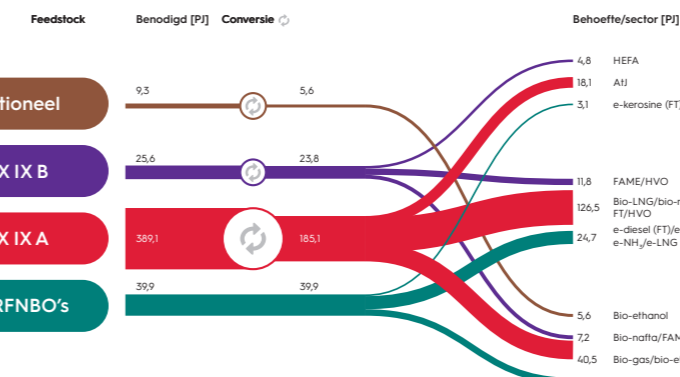
### Biomassastromen



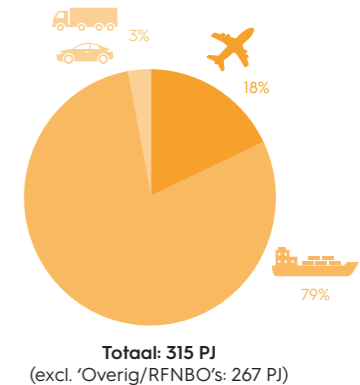
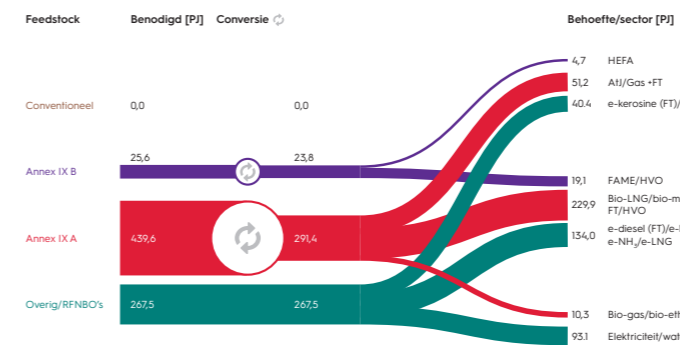
### Biobrandstof behoeftes



2020



2030



2050

'Wanneer de inzet van biobrandstoffen op basis van conventionele grondstoffen en Annex IX-B gelijk blijft tot aan 2030 (en later), zal de groei in het gebruik van biobrandstoffen volledig gevuld moeten worden met op Annex IX A gebaseerde (geavanceerde) biobrandstoffen en e-fuels – naast de groeiende inzet van elektriciteit en waterstof in vervoer'.

'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 tot 360 PJ in 2030, tot 583 PJ in 2050. Deze scenario's zijn nog onzeker'.

- 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.

- 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.

- **Conventionele biograndstoffen** zullen naar verwachting geen rol spelen in de toekomstige bio-brandstofmix van de (internationale) lucht- en scheepvaart – om onder andere concurrentie met de zeer vervuilende 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 rol spelen.

- De biobrandstof-keten is nog in opbouw en de economische (grondstofprijzen) en technologische ontwikkelingen van productieroutes 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.

- 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, waarvan de **grootschalige marktintroductie pas ná 2030** wordt verwacht.

Conclusies

# Ontwikkelingen in gebruik van biobrandstoffen per mobiliteitssector

## Wegtransport

### Wegtransport (licht)

Binnen de mobiliteitssector is wegtransport verantwoordelijk voor ca. 85% van de totale broeikasgasuitstoot, waarvan personenauto's 50% vertegenwoordigen. In 2020 reed 98% van personenauto's nog op conventionele brandstoffen. Het grootste gedeelte hiervan rijdt op benzine, gevolgd door diesel en een klein deel LPG.

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 vervoer. Vanuit een transitieperspectief verdwijnt de noodzaak om biobrandstoffen in te zetten voor lichter wegtransport. Er zijn op dit moment al nul-emissie-alternatieven beschikbaar, zoals elektrisch- en waterstof-aangedreven voertuigen.

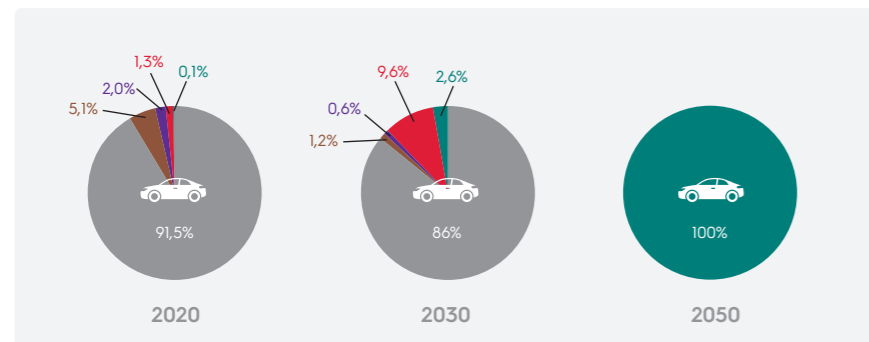
De Nederlandse Jaarverplichting Energie Vervoer is het leidend uitvoeringsmechanisme voor het bepalen van de landelijke klimaatdoelstellingen voor het lichte wegtransport.

Tot 2030 zal het volume biobrandstoffen in wegtransport groeien tot maximaal 60PJ, conform de afspraken in het Klimaatakkoord.

Biobrandstoffen in wegtransport worden op dit moment voornamelijk gebruikt als drop-in fuel voor benzine (E-10/ bio-ethanol) en diesel (FAME/bio-diesel).

De ontwikkelingen op het gebied van elektrische personenauto's en laadinfrastructuur gaan echter 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. In 2020 reden ca. 215 personenauto's op waterstof. In het Klimaatakkoord wordt uitgegaan van 15.000 waterstof-elektrische personenauto's in 2025, doorgroeien naar 300.000 voertuigen in 2030.

Richting 2050 zal personenmobiliteit (bijna) geheel elektrisch aangedreven worden. Andere brandstoffen, zoals fossiel, bio-fuels, en e-fuels spelen dan geen rol van betekenis meer.



### Wegtransport (zwaar)

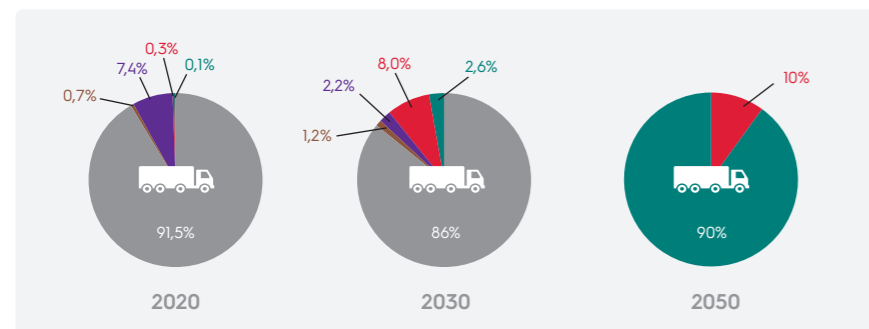
Op dit moment is diesel nog de dominante energiedrager in de logistieke sector, gevolgd door benzine en LPG. 97% van de vrachtwagens in de EU rijden momenteel op diesel. In 2019 reden er 173 elektrische vrachtauto's en trekkers in Nederland. Het merendeel (99%) was volledig elektrisch. De verwachting is echter dat die aantallen de komende jaren snel groter worden, mede onder invloed van de afspraken die hierover in het Klimaatakkoord zijn gemaakt.

Zwaar wegtransport zal echter voor langere tijd de inzet van biobrandstoffen nodig hebben als vervanger van fossiele brandstof, i.v.m. de beperkte beschikbaarheid van duurzame alternatieven, t.o.v. personenvervoer.

Elektrische vrachtwagens zijn momenteel duurder dan vrachtwagens die op diesel rijden, maar de verwachting is dat de TCO van elektrische 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.

Voor het zware en langafstandstransport wordt vooral gekeken naar waterstof-elektrische aandrijving. Nederland heeft de ambitie van 3000 zware voertuigen op waterstof in 2025 ondertekend. Het aanbod daarin vanuit de vrachtwagenfabrikanten is momenteel echter nog minimaal. Ook bij waterstof-elektrisch aangedreven trucks is de verwachting dat de prijs richting 2030 zal gaan dalen door innovatie en opschaling van de productieaantallen. De verwachting is dan ook dat het marktaandeel van nul-emissie-vrachtauto's snel groter wordt. De snelheid van die groei is echter onzeker.



- REDIII (EU)
- Jaarverplichting Energie Vervoer (NL)
- Klimaatakkoord (NL)

## Scheepvaart

De bunkerbrandstoffen die in Nederland worden geleverd voor de internationale scheepvaart worden geraamd op 427PJ. 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 internationale scheepvaart

is gebaseerd op duurzame biograndstoffen, voornamelijk nog voor short-sea shipping en binnenvaart. 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.

**'Het binnenvaartaandeel in de biobrandstofbehoefte is 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 scheep- en luchtvaart'.**

Momenteel is de brandstofmix in de scheepvaart nagenoeg volledig gebaseerd op fossiele brandstoffen. Dit kan worden verklaard door onvoldoende stimulansen voor exploitanten om emissies te beperken en door het gebrek aan volwassen, betaalbare en wereldwijd bruikbare technologische alternatieven voor fossiele brandstoffen in de sector. Er zijn voldoende biovarianten op diesel beschikbaar. Maar, drop-in biobrandstoffen van Annex IX A en RF-NBO's - welke de groei in inzet van biobrandstoffen mede als gevolg van limitering van Annex IX B gaan opvangen, vragen nog verdere doorontwikkeling en opschaling. Deze problemen worden deels veroorzaakt en versterkt door een aantal tekortkomingen van de markt, waaronder:

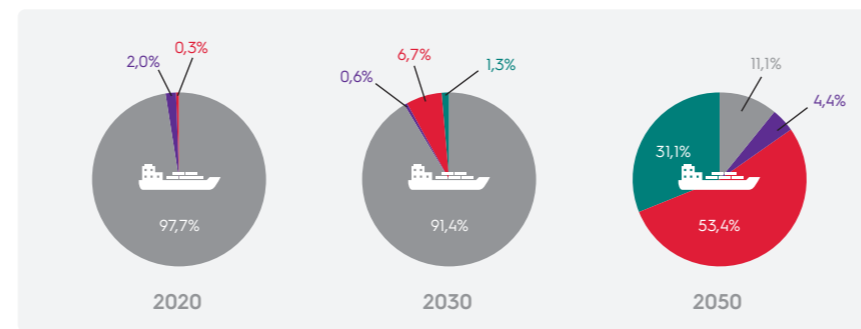
- Onderlinge afhankelijkheid tussen vraag, aanbod en distributie van brandstoffen
- Toekomstige wet- en regelgeving is nog in ontwikkeling
- Lange levensduur van activa (schepen en bunkerinfrastructuur). De 'turnover' van activa is dus laag en de capaciteit om bestaande schepen om te bouwen is beperkt 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 technologieën.

**'De diversiteit van de sector in termen van scheepstype, leeftijdsverdeling, grootte, vereist vermogen of exploitatieomstandigheden resulteert 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'.**

Op basis van ramingen van de installatiekosten voor waterstof en de vraag naar elektriciteit, worden de totale investeringen in infrastructuur voor alternatieve brandstoffen voor de Europese scheepvaart over de periode 2025-2050, €9,9 miljard geschat.

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 - m.n. FAME en HVO, bieden op korte termijn

de grootste kansen, aangezien dit de commercieel meest (en enige) volwassen route is. Beschikbaarheid van grondstoffen lijkt echter beperkt. E-fuels gaan een belangrijke rol spelen in de toekomstige brandstofmix. Vooral e-diesel (FT), e-methanol, e-ammoniak en e-LNG zijn kansrijke routes voor de scheepvaartsector. Accu-elektrische en waterstof aangedreven schepen kunnen naar verwachting voorzien in een klein aandeel van 1,9PJ (totaal 150 zero-emissie schepen) in 2030.



- FuelEU Maritime (EU)
- Green Deal Zeevaart, Binnenvaart en Havens (NL)
- Klimaatakkoord (NL)

## Luchtvaart

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. De huidige inzet van biobrandstoffen in de wereldwijde

getankte kerosine heeft een aandeel van minder dan 0,1%. In 2020 bestond minder dan 0,05% van de getankte brandstof in de EU uit duurzame brandstof. De belangrijkste redenen hiervoor zijn dat de productiecapaciteit beperkt is en productiekosten nog te hoog.

**'Sustainable aviation fuels zijn op korte en middellange termijn de enige mogelijkheid om de uitstoot van de luchtvaart significant te reduceren'.**

SAF is een drop-in brandstof wat gemengd kan worden met conventionele kerosine, zonder dat er aanpassingen aan vliegtuigmotoren en infrastructuur benodigd zijn. SAF-technologieën bevinden zich momenteel in verschillende stadia van commerciële ontwikkeling en worden met verschillende uitdagingen geconfronteerd. HEFA is op dit moment de enige commercieel beschikbare methode (TRL 9). Gas+FT, Power-to-Liquid FT (RFNBO - e-kerosine) en Alcohol-to-Jet-catalyse volgen binnen afzienbare tijd. Op dit moment zijn bio-kerosine en synthetische kerosine

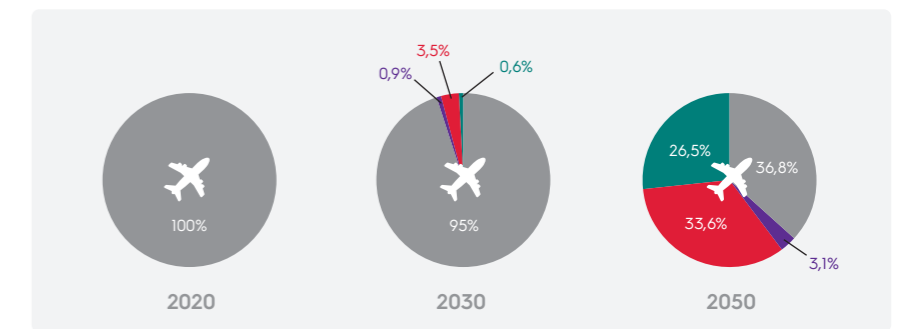
respectievelijk 2-4 en 3-6 keer duurder dan fossiele kerosine. Schaalvoordelen, een "leercurve" en lagere prijzen voor hernieuwbare elektriciteit zullen de productiekosten van SAF tegen 2050 naar verwachting geleidelijk doen dalen. Anderzijds wordt verwacht dat de kosten van grondstoffen voor geavanceerde biobrandstoffen zullen stijgen gezien de concurrentie met andere energie- en vervoerssectoren.

**'De investeringsbehoefte tot 2050 loopt op tot €10.5 miljard. Dat zijn ca. 105 nieuwe SAF-fabrieken in de EU in 2050. Er is op dit moment geen enkele fabriek in de EU die structureel SAF op commerciële schaal produceert'.**

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. De verwachting is dat de Alcohol-to-Jet-route en Gas+FT-route de belangrijkste bijdrage gaan leveren binnen deze categorie grondstoffen. Biobrandstoffen op basis van voedsel- en veevoederwassen (conventioneel, V&V) zullen waarschijnlijk geen rol spelen bij het verduurzamen van de luchtvaart. De verwachting is dat elektrisch- en waterstofaandrijving tot 2050 een zeer marginale rol spelen in de luchtvaart, startend bij korte-afstandsvluchten voor kleine vliegtuigen.

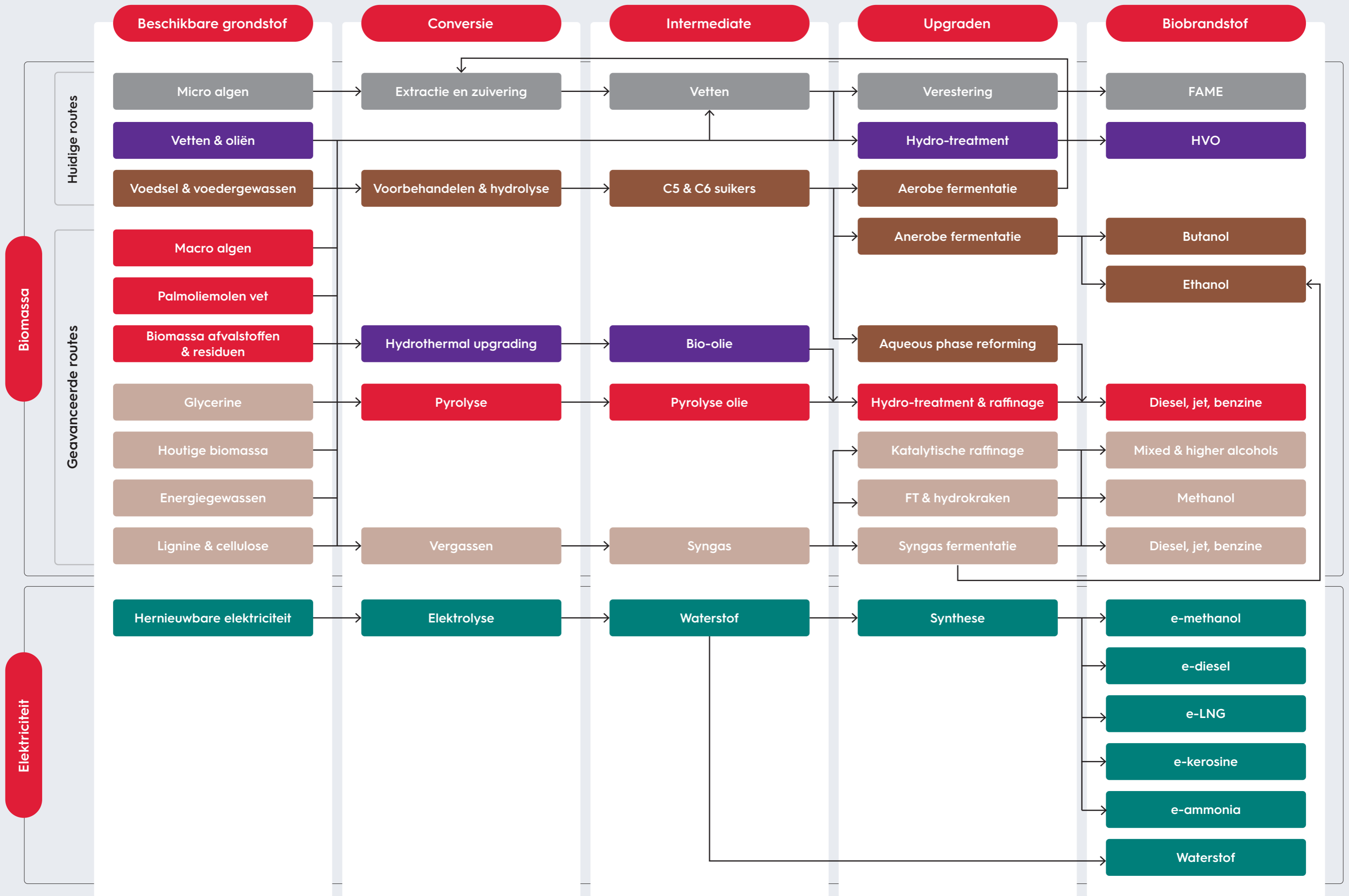
**Definitie SAF: Sustainable Aviation Fuels**  
Duurzame vliegtuigbrandstof (SAF) is een schoon alternatief voor fossiele vliegtuigbrandstoffen. In plaats van te worden geraffineerd uit aardolie, wordt SAF geproduceerd uit duurzame bronnen zoals afvaloliën en -vetten van biologische oorsprong, agri-residuen, of niet-fossiele CO<sub>2</sub>. SAF omvat dus zowel bio-kerosine, als synthetische kerosine (e-kerosine).

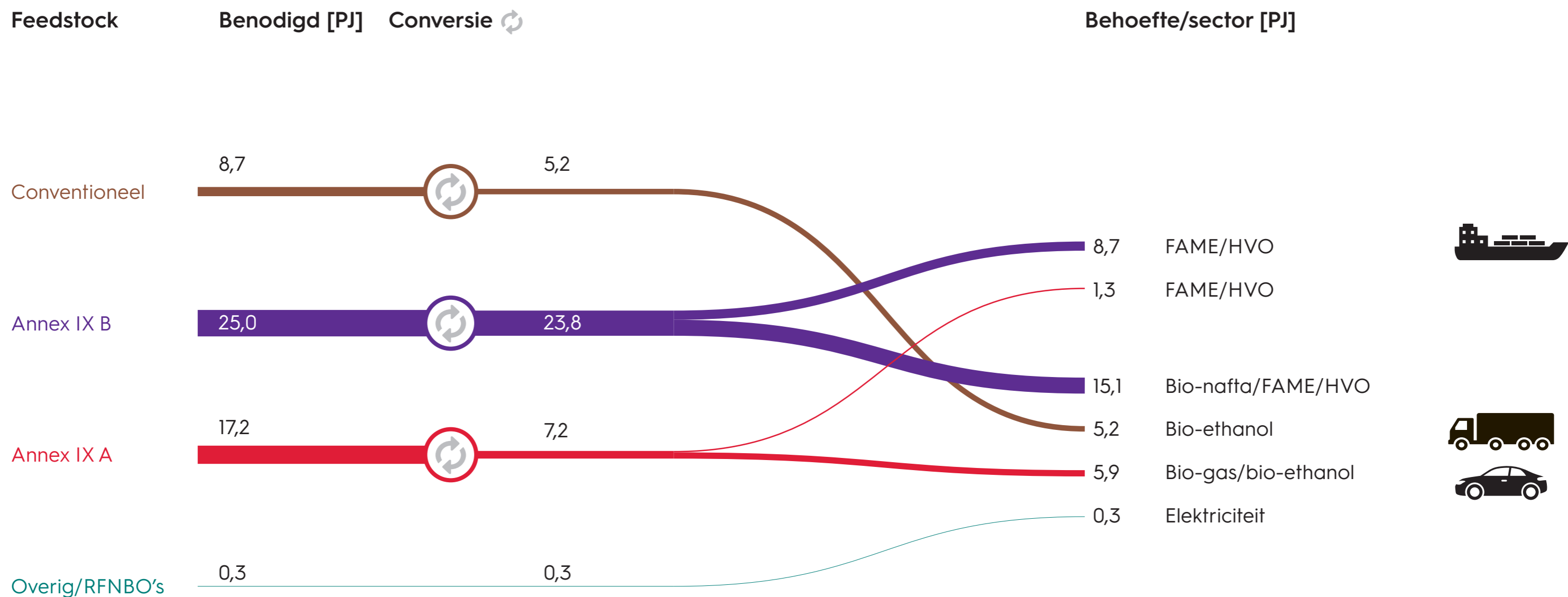
SAF is een zogenaamde "drop-in"-brandstof, wat betekent dat zij kan worden gemengd met fossiele vliegtuigbrandstof en dat voor het mengen geen speciale infrastructuur of uitrusting hoeft te worden aangepast.



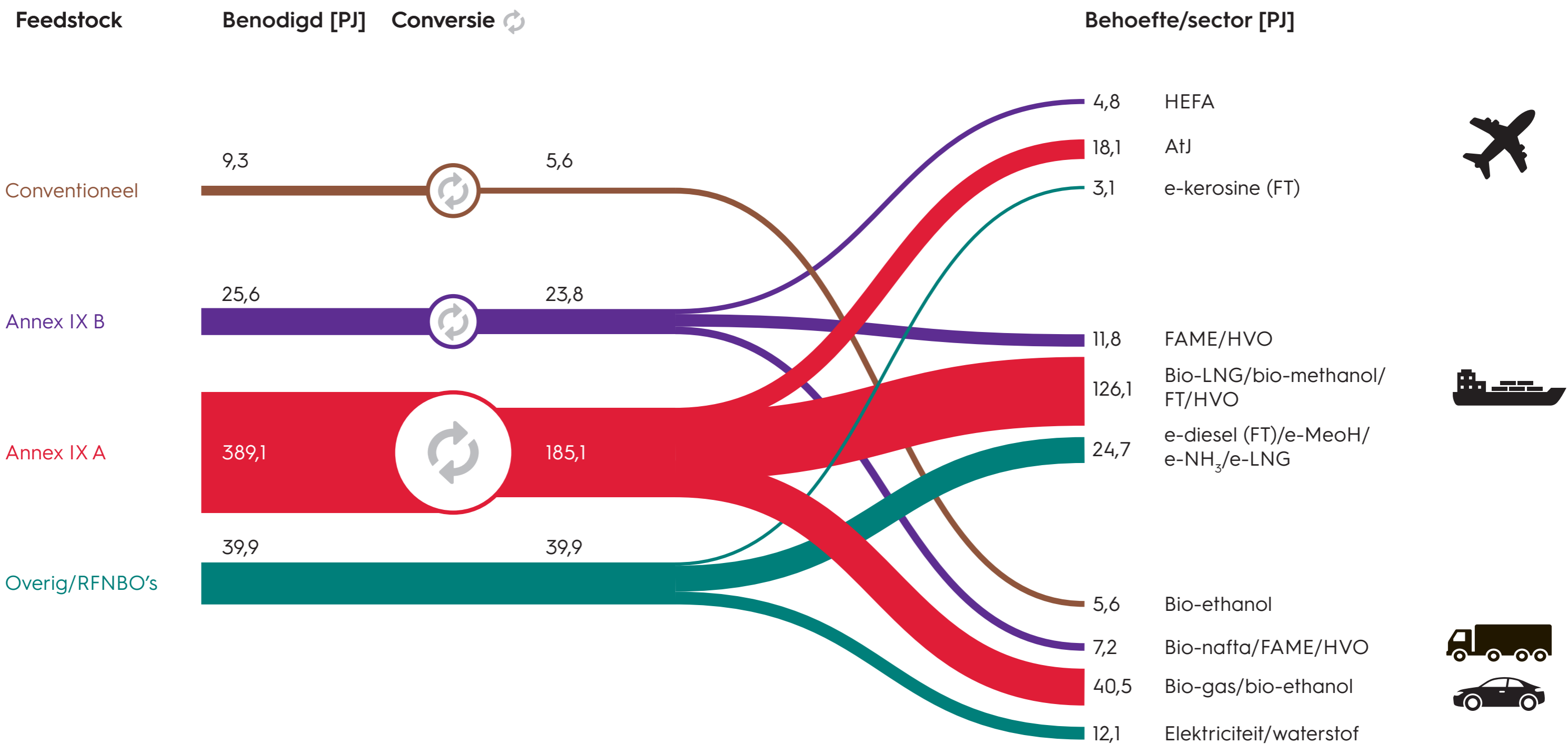
- ReFuelEU Aviation (EU)
- Luchtvaartnota (NL)

# Productieroutes voor biobrandstoffen en e-fuels

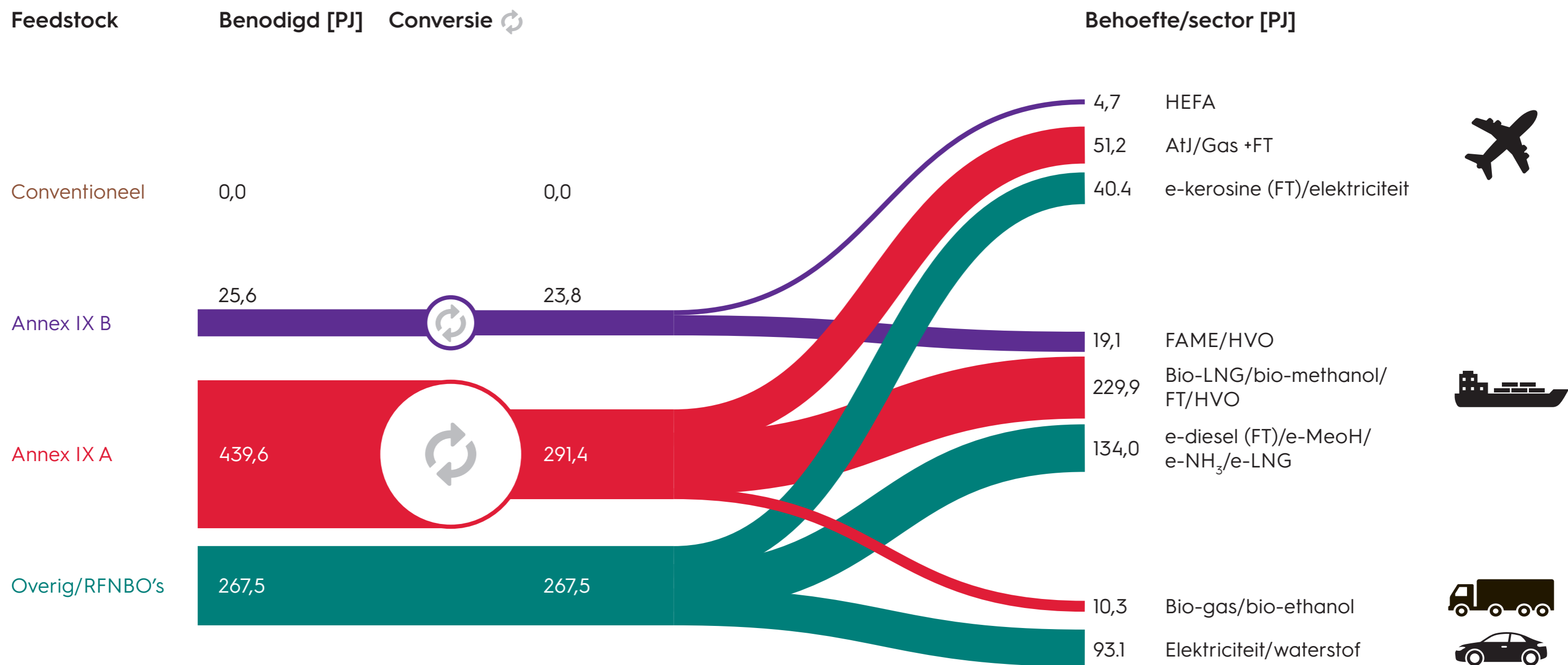




2020



2030



2050