

Circulaire koolstof in systeemperspectief

Achtergrondrapportage



Inhoudsopgave

Introductie

Slide 3

Managementsamenvatting

Slide 7



Werkpakket 1
Synthese visies

- Managementsamenvatting
- Achtergrond en doel
- Aanpak
- Analyse en resultaten
- Appendix

Slide 19



Werkpakket 2
Systeemperspectief

- Managementsamenvatting
- Achtergrond en doel
- Aanpak
- Analyse en resultaten

Slide 61



Werkpakket 3
Roadmap

- Managementsamenvatting
- Achtergrond en doel
- Aanpak
- Analyse en resultaten
- Appendix

Slide 212

Introductie



Projectinformatie

- Projectnaam: Circulaire koolstof in systeemperspectief
- Projectnummer: 060.53579
- Datum: Januari 2025
- Projectteam : Frank Berkers, Noortje Bonenkamp, Rebecca Dowling, Karin van Kranenburg, Nienke Maas, Tamara Oukes, Caroline Schipper (PL), Koen Smekens, Karina Veum, Frank Wubbolts
- Rapportnummer: TNO 2025 R10009
- TNO Classificatie: TNO Publiek
- Het onderzoek in dit project wordt gefinancierd door Smartport, TNO (SMO), VNCI, Vemobin, Gemeente Rotterdam (Energietransitiebudget, SUB.20.10.00037), Havenbedrijf Rotterdam en Deltalinqs

Alle rechten voorbehouden

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.



Over het project (1)

Het project *Circulaire koolstof in systeemperspectief* is een samenwerking tussen de volgende partners:



De onderzoeksvragen voor dit project luiden als volgt:

- *Hoe kunnen de **chemie- en brandstoffensector** gezamenlijk optrekken richting een duurzame toekomst, waarin synergiën optimaal benut worden en zij gezamenlijk toegang krijgen tot schaarse bronnen voor circulaire koolstof?*
- *En hoe kan deze transitie gefaciliteerd worden door het **havenbedrijf**, de **gemeente** en door Nederlandse uitwerking van **EU-beleid** door Rijk en provincies?*

Daarbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De studie richt zich op de periode **2030-2050**. Uitgangspunt is klimaatneutraliteit **in 2050**.
- De **grondstoftransitie** (het reduceren van **scope 3 emissies** door substitutie van fossiele koolstof door circulaire koolstof) staat centraal in deze studie. Er wordt geredeneerd vanuit een systeembeeld dat toewerkt naar net zero in 2050, waarin ook scope 1 en 2 emissies* aan bod komen.
- Het streven naar een circulaire economie in 2050 wordt meegenomen in deze studie, maar is niet als eis opgelegd in de modellering.

* Scope 1: eigen emissies; scope 2: emissies die elders ontstaan (bijvoorbeeld bij opwekking elektriciteit); scope 3: emissies bij verbranden product door gebruiker

Over het project (2)

Het project bestaat uit de volgende werkpakketten:



Het onderzoek is uitgevoerd door TNO, waarbij de projectpartners en bedrijven uit de chemie- en brandstoffensector nauw betrokken zijn:

- Bestaande visies van de chemie- en brandstoffensector zelf zijn als startpunt genomen. TNO heeft op basis daarvan, samen met VNCI en Vemobin, mogelijkheden voor synergie geïdentificeerd (WP1).
- TNO heeft desk research uitgevoerd op basis van bestaande systeemvisies, met name op basis van het OPERA-model en de scenario's ADAPT en TRANSFORM (WP2).
- TNO heeft de bestaande visies van de chemie- en brandstoffensector gecombineerd met de resultaten van desk research en op basis daarvan een integrale systeemvisie voor de chemie- en brandstoffensector ontwikkeld (WP2).
- Daarnaast heeft TNO desk research uitgevoerd naar de toekomstige beschikbaarheid van circulaire koolstof uit biomassa en plastic afval (WP2).
- Er zijn door TNO 7 workshops voorbereid en georganiseerd, waarin, samen met de partners en met bedrijven uit de chemie- en brandstoffensector is gekeken naar collaboratieve business modellen (WP2C), stappen die de chemie- en brandstoffensector gezamenlijk kunnen zetten (WP3A), de rol van de Rotterdamse haven (WP3B), de rol van gemeente Rotterdam (WP3C) en behoefte aan beleid- en regelgeving (met name WP3A en 3D). De input uit de workshops is gebruikt voor de analyse ten behoeve van de roadmap. Aan de input van de deelnemers is door TNO geen verdere interpretatie en duiding toegevoegd.
- Ten slotte zijn de inzichten uit de workshops gecombineerd met desk research en samengebracht in een roadmap tot 2050 (WP3A).

De onderzoeksresultaten van de werkpakketten worden in dit achtergrondrapport gepresenteerd.

A tall, cylindrical industrial chimney stands on the left side of the frame. The chimney is primarily reddish-brown with a white band in the middle. A thick, white plume of smoke or steam rises from the top of the chimney, spreading out across the sky. The background is a clear, vibrant blue sky. The overall image conveys a sense of industrial activity and environmental impact.

Overkoepelende Managementsamenvatting

Managementsamenvatting (1)

Inleiding en onderzoeksvragen

Inleiding

De transitie naar een klimaatneutrale en circulaire chemie- en brandstoffensector is een grote uitdaging. De **productieketens van raffinage en basischemie**, gebaseerd op fossiele grondstoffen, zijn over de afgelopen 100 jaar sterk geïntegreerd en geoptimaliseerd, maar **zullen nu in hoog tempo omgevormd moeten worden tot duurzame ketens gebaseerd op circulaire grondstoffen** (gerecyclede plastics, biograndstoffen, en CO₂), op een moment dat de internationale concurrentiepositie van de sectoren onder druk staat.

Deze studie heeft zich gericht op de gezamenlijke behoefte van de chemie- en brandstoffensector in de transitie naar circulaire koolstof als grondstof. Daarbij was het doel om op basis van bestaande, afzonderlijke visies te komen tot een meer integrale systeemvisie, waaruit de gekwantificeerde behoefte van de hele keten voor de chemie- en brandstoffensector blijkt. In deze systeemvisie komt niet alleen de grondstofbehoefte aan bod, maar ook de energiebehoefte. Daarbij is er nadrukkelijk voor gekozen om deze visie te ontwikkelen samen met de partijen uit beide ketens, vertegenwoordigd door de projectpartners VNCI, Vemobin, Havenbedrijf Rotterdam, Gemeente Rotterdam, Deltalinqs, Fieldlab Industrial Electrification (FLIE), Smartport en TNO, en bedrijven uit de chemische en brandstofindustrie, zijnde de achterbannen van VNCI en Vemobin.

Deze gezamenlijke verkenning heeft plaatsgevonden aan de hand van workshops met projectpartners en partijen die betrokken zijn bij de chemie- en brandstoffensector en door het analyseren van bestaande sectorvisies, toekomstbeelden van derden, analyse met systeemmodellen en het vertalen daarvan naar consequenties voor verschillende partijen in beide ketens.

Onderzoeksvragen en uitgangspunten

De onderzoeksvragen voor dit project luiden als volgt:

*Hoe kunnen de **chemie- en brandstoffensector** gezamenlijk optrekken richting een duurzame toekomst, waarin **synergieën** optimaal benut worden en zij gezamenlijk toegang krijgen tot **schaarse bronnen voor circulaire koolstof**?*

*En hoe kan deze transitie gefaciliteerd worden door het **havenbedrijf**, de **gemeente** en door Nederlandse uitwerking van **EU-beleid** door Rijk en provincies?*

Daarbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De studie richt zich op de periode 2030-2050.
- Uitgangspunt is klimaatneutraliteit in 2050.
- De grondstoftransitie (het reduceren van scope 3 emissies) staat centraal in deze studie.
- Er wordt echter geredeneerd vanuit een systeembeeld dat toewerkt naar net zero in 2050, waarin ook scope 1 en 2 emissies aan bod komen.

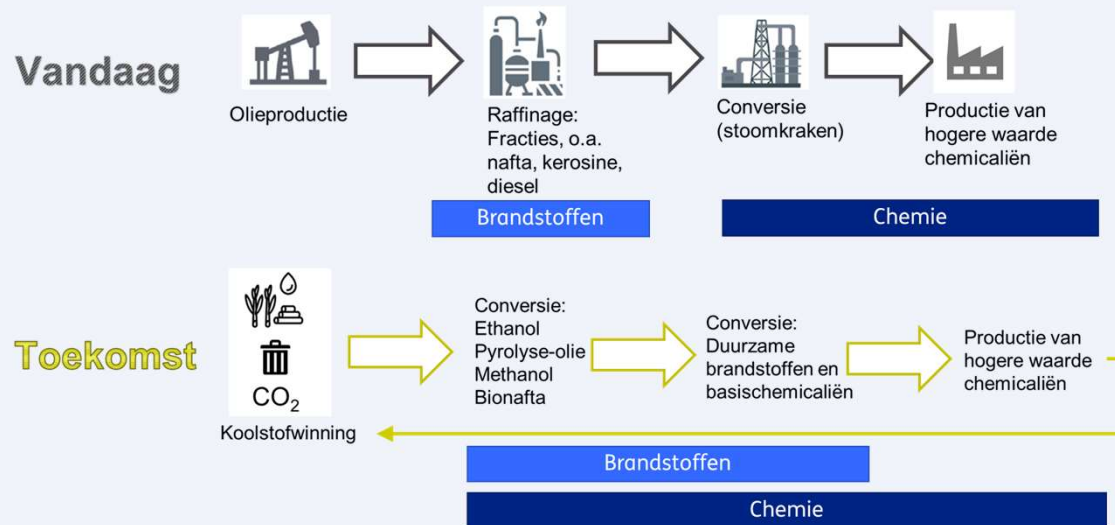
Managementsamenvatting (2)

Werkpakket 1 Synthese van visies

Synthese van bestaande visies en mogelijkheden voor synergie

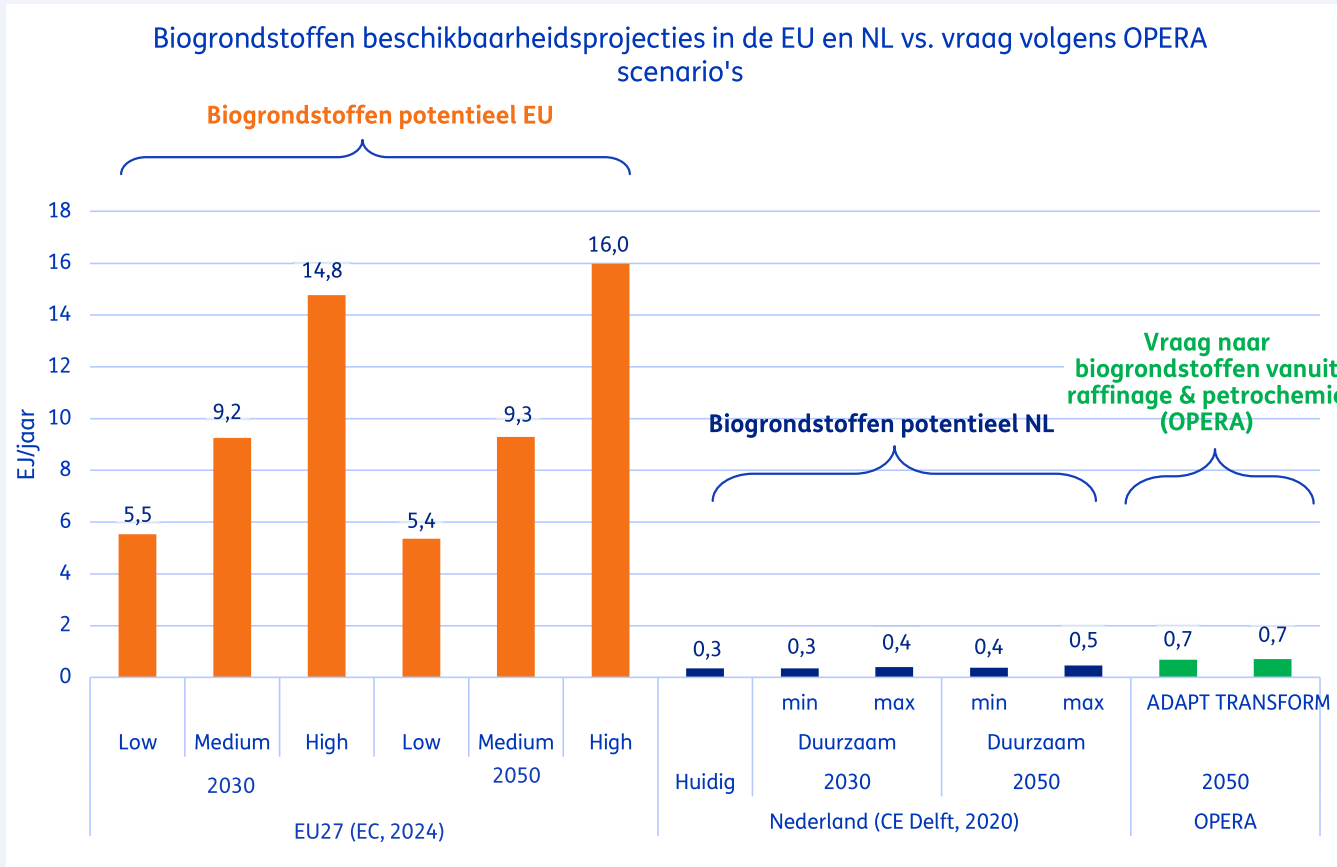
De bestaande visies van de chemie- en brandstoffensector, zoals beschreven in de rapporten “Van Routekaart naar Realiteit” (VNCI, 2021) en “Het potentieel van Low Carbon Liquid Fuels in de Nederlandse raffinage in 2050” (Vemobin, 2022) zijn als startpunt voor het onderzoek gehanteerd. Op basis van een vergelijking van de beide visies kan geconcludeerd worden, dat in de transitie naar de productie van brandstoffen en chemicaliën op basis van circulaire koolstof veel synergie benut kan worden. Beide sectoren zien de reductie van scope 3 emissies als essentieel, en willen deze reductie in de transitie gelijktijdig aanpakken met reductie van scope 1 en 2 emissies. Ook de beoogde grondstoffen en processen komen grotendeels overeen.

In de transitie naar klimaatneutraliteit en circulariteit zullen de ketens voor de productie van brandstoffen en chemicaliën dan ook meer geïntegreerd raken (zie figuur). Beide sectoren geven aan gebruik te willen maken van dezelfde circulaire koolstofbronnen: biomassa, afval en afgevangen CO₂. Daaruit worden platformmoleculen als ethanol, pyrolyse-olie en methanol geproduceerd. Deze platformmoleculen kunnen geconverteerd worden naar brandstoffen als kerosine, of naar basischemicaliën als ethyleen, die vervolgens dienen als grondstof voor de productie van bijvoorbeeld plastics. Sommige van deze platformmoleculen kunnen ook direct als brandstof ingezet worden (ethanol en methanol). Er ontstaat dus overlap in (de mogelijkheden voor aanwending van platformmoleculen voor) brandstoffen en chemicaliën. Voor de chemie is daarnaast ook mechanische en chemische recycling belangrijk voor de productie van plastics.



Managementsamenvatting (3)

Werkpakket 2AB Plaatsen van de toekomstige behoefte aan duurzame koolstofbronnen in systeem perspectief



Beschikbaarheid van biograndstoffen

- De toekomstige beschikbaarheid van biomassa kent een hoge onzekerheid en hangt af van een groot aantal factoren, zoals overheidsbeleid van mondiale tot lokale schaal, maatschappelijk draagvlak, investeringsbereidheid en de efficiëntie van het verbouwen en winnen van biomassa.
- Het totale Nederlandse biomassapotentieel zal naar verwachting niet aan de toekomstige vraag van de chemie- en brandstoffensector kunnen voldoen. Het opzetten van biomassa importketens zal daarom van strategisch belang zijn voor de chemie- en brandstoffensector in Nederland. Op Europese schaal zal er voor de periode 2030-2050 naar verwachting wel voldoende biomassa beschikbaar kunnen komen om aan de vraag vanuit de Nederlandse chemie en brandstoffen voor lucht- en zeevaart te voldoen.
- Er zal echter ook vraag zijn vanuit andere landen en sectoren, zowel in de EU als mondiaal. Wanneer het gaat over de verdeling van schaarse biograndstoffen, wordt vaak gesproken over het "fair share" principe. Beleid zal ook bij de verdeling van biomassa een belangrijke rol spelen. Daarnaast betreft het een mondiale markt, waarin economische principes als marktdynamiek en kosten van substituten als e-moleculen een rol spelen.

Bronnen: Leguijt, C. (2020). Bio-Scope-Toepassingen en beschikbaarheid van duurzame biomassa. CE Delft.
 European Commission (2024) Development of outlook for the necessary means to build industrial capacity for drop-in advanced biofuels Annex 2 Report on Task 2.
 TNO (2024) OPERA model.

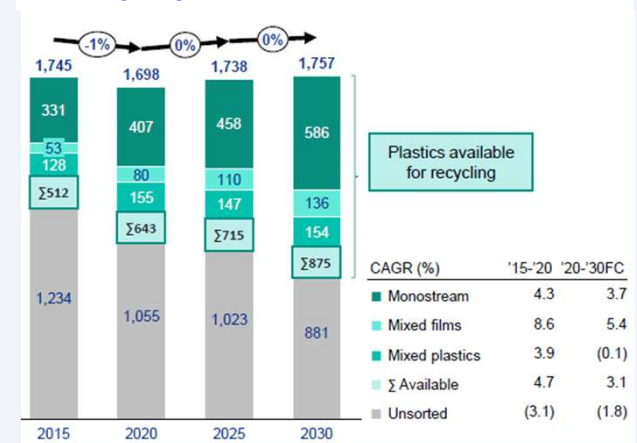
Managementsamenvatting (4)

Werkpakket 2AB Plaatsen van de toekomstige behoefte aan duurzame koolstofbronnen in systeem perspectief

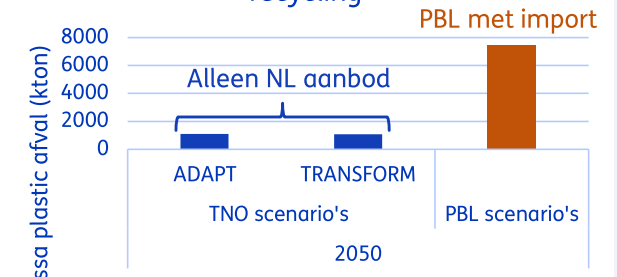
Beschikbaarheid van plastic afval

- Plastic afval wordt volgens de geanalyseerde toekomstbeelden voornamelijk ingezet in de chemie voor de productie van nieuwe plastics. De bijproducten en residuen van de kunststofrecycling kunnen ingezet worden in brandstoffen, worden gekraakt of omgezet worden in syngas.
- De toekomstige beschikbaarheid van plastic afval in Nederland dat weer gebruikt kan worden als grondstof, is afhankelijk van verschillende factoren zoals de totale hoeveelheid kunststof die in het afvalstadium komt (wat weer samenhangt met consumptie van plastic producten), de mate waarin kunststof uit het afval gescheiden wordt aan de bron, het rendement van scheidingsinstallaties en import-/exportdynamieken.
- Volgens KPMG zal het aanbod van plastic afval dat in Nederland beschikbaar komt voor recycling toenemen naar 875 kton in 2030. Volgens de aannames in het OPERA model, zal het totale aanbod van plastic afval in Nederland stijgen naar 1100-1400 kton in 2050, waarvan ~1000 kton beschikbaar is voor recycling. In de trajectverkenning van PBL wordt uitgegaan van **een significante import** van plastic afval in 2050 om in de grondstofbehoefte van de industrie te voorzien.
- Om aan de verwachte vraag naar gerecycled plastic te voldoen, kan de beschikbaarheid vergroot worden door een aantal maatregelen, zoals het reduceren van export van plastic uit Nederland en uit de EU, het sorteren van afvalstromen die momenteel grotendeels ongesorteerd zijn (zoals huishoudelijk en industrieel restafval), het verhogen van het rendement van sorteersystemen, design-for-recycling en het verbeteren van scheidingstechnieken (KPMG, 2023). Daarnaast zou plastic ook geïmporteerd kunnen worden, als afval of als intermediaire (bijvoorbeeld pyrolyse-olie).

Overzicht output kunststoffen dat beschikbaar komt voor recycling in Nederland, kton. (KPMG, 2023)



Plastic afval beschikbaar voor recycling



Managementsamenvatting (5)

Werkpakket 2AB Plaatsen van de toekomstige behoefte aan duurzame koolstofbronnen in systeemperspectief

Systeemvisie en toekomstbeelden

De gezamenlijke behoefte van de chemie- en brandstoffensector in de transitie van fossiele naar circulaire koolstof als grondstof is in systeemperspectief geplaatst, aan de hand van de toekomstbeelden ADAPT (gedeeltelijk circulair) en TRANSFORM (bijna volledig circulair), die zijn uitgewerkt en doorgerekend met behulp van het energiesysteemmodel OPERA. Daarnaast is deze behoefte vergeleken met een aantal bestaande toekomstbeelden, zoals beschreven in diverse rapporten.

De belangrijkste scenarioparameters voor ADAPT en TRANSFORM zijn samengevat in onderstaande tabel. De genoemde percentages zijn minimumeisen, die als input dienen voor de scenario's. Voor een uitgebreider overzicht van de scenario parameters wordt verwezen naar Appendix C van werkpakket 2AB.

Belangrijkste doelstellingen voor raffinage en chemie	ADAPT			TRANSFORM		
	2030	2040	2050	2030	2040	2050
Nationale emissiereductiedoel	55%	80%	100%	55%	80%	100%
Emissiereductiedoel internationale luchtvaart	-	30%	50%	-	53%	100%
Emissiereductiedoel internationale zeevaart	-	45%	50%	-	70%	100%
Aandeel circulaire koolstof voor productie van chemicaliën	0%	0%	0%	0%	40%	80%

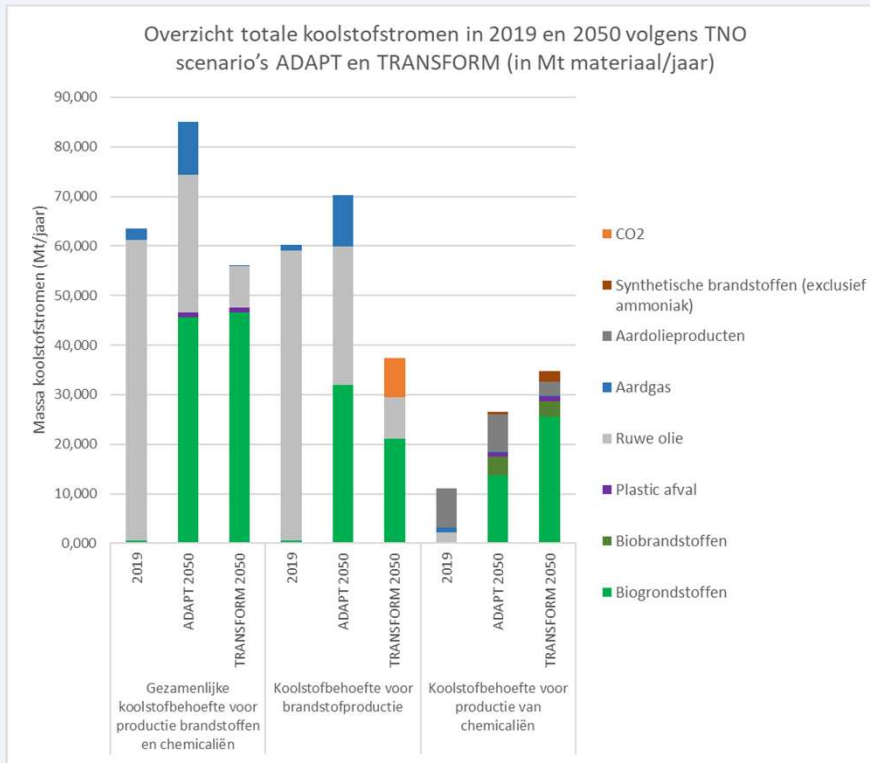
De systeemanalyses en toekomstbeelden laten zien dat de Nederlandse koolstofindustrie moet inzetten op de recycling van plastic, CO2-opslag, biograndstoffen en hernieuwbare elektriciteit om bij te dragen aan de Nederlandse klimaatambities.

De verschillende systeemanalyses laten zien dat in alle sectoren de vraag naar biograndstoffen, gerecyclede plastics en naar hernieuwbare elektriciteit sterk zal stijgen van nu tot 2050, om zo in de energievraag en de vraag naar producten te voorzien onder de randvoorwaarden van emissiereductie- en circulariteitsdoelstellingen. Deze bronnen zijn echter beperkt beschikbaar, zowel binnen Nederland als daarbuiten. Daarom is het belangrijk om in te zetten op zowel het verminderen van de vraag naar koolstofhoudende producten, als op het vergroten van de beschikbaarheid van circulaire koolstofbronnen voor Nederland. Als het aanbod niet op tijd toeneemt, zullen de kosten voor het behalen van de klimaat- en circulariteitsdoelstellingen verder stijgen door toenemende schaarste van circulaire koolstof, of zullen de doelen zelfs buiten bereik raken. Het opzetten van importketens voor biograndstoffen en gerecyclede plastics zal van strategisch belang zijn voor de chemie- en brandstoffensector in Nederland. Vooral biograndstoffen hebben een groot aandeel in de koolstofstromen in 2050.

(vervolg op de volgende slide)

Managementsamenvatting (6)

Werkpakket 2AB Plaatsen van de toekomstige behoefte aan duurzame koolstofbronnen in systeem perspectief



De figuur toont de koolstofbehoefte voor de productie van brandstoffen en chemicaliën in Nederland, gebaseerd op CBS data (2109), en ADAPT en TRANSFORM (2050). De gezamenlijke behoefte voor brandstoffen en chemicaliën (links) is niet gelijk aan een optelling van de afzonderlijke behoeften van de sectoren (midden en rechts), omdat de sectoren onderling met elkaar verweven zijn. Zo worden de aardolieproducten die geproduceerd worden bij raffinage verbruikt door de chemie.

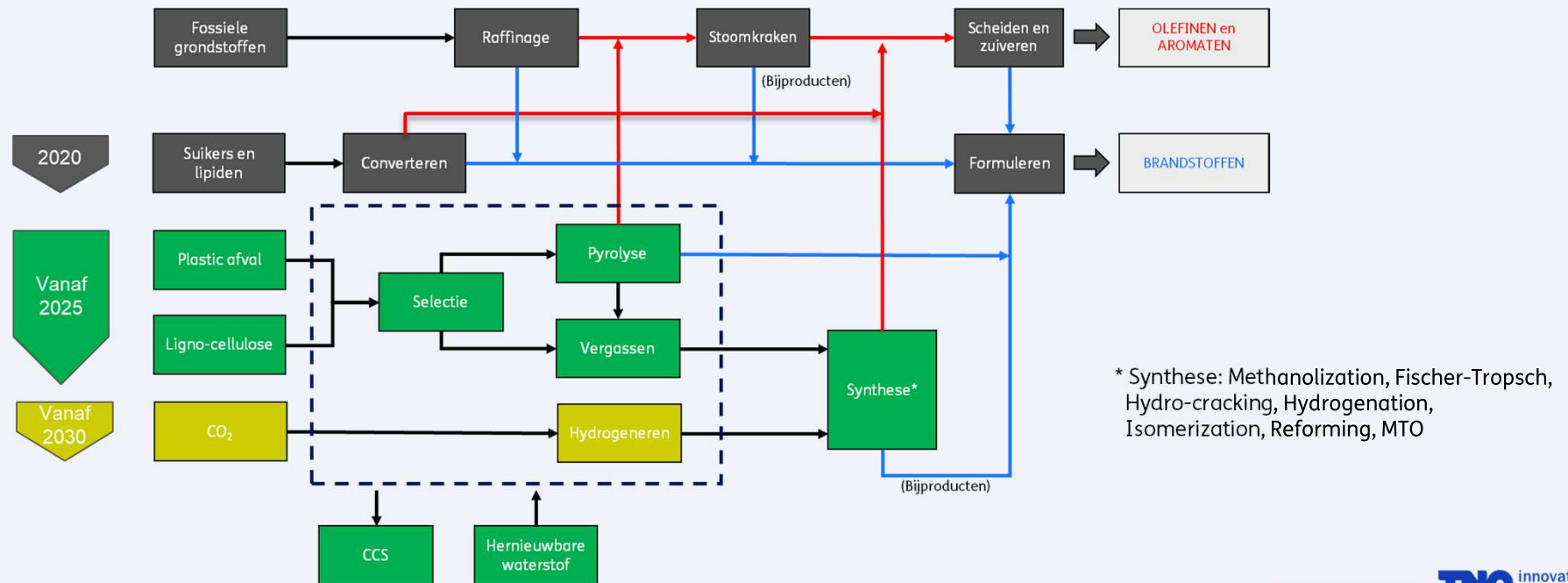
- In de TNO scenario's ADAPT en TRANSFORM zijn **fossiele grondstoffen** nog steeds onderdeel van het Nederlandse energiesysteem in 2050. Uit de modellering blijkt dat het kosteneffectiever is om in beperkte mate fossiele brandstoffen te blijven gebruiken en de daarbij vrijkomende CO₂-emissies af te vangen (CCS) en op te slaan in lege gasvelden onder de Noordzee, of door deze te compenseren met opslag van biogene CO₂ die vrijkomt bij omzetting van biograndstoffen naar brandstoffen en chemicaliën (BECCS). Verder reduceren van het aandeel fossiel in 2050 zal hoge kosten meebrengen en kent grote complexiteit rondom realiseerbaarheid.
- Het totale gebruik van **biograndstoffen** in Nederland stijgt in beide TNO scenario's met een factor vier ten opzichte van 2019 naar bijna 50 Mton (860-890 PJ, waarvan ~700 PJ voor de chemie- en brandstoffensector) in 2050. Hierbij is aangenomen dat maximaal 10% van het geschatte biomassapotentieel in Europa beschikbaar is voor import naar NL (551 PJ in 2050) en dat daarnaast nog ~150 PJ geïmporteerd kan worden van buiten de EU in 2050.
- Gerecyclede plasticstromen** spelen naar verhouding een kleinere rol dan biogene koolstofbronnen in de TNO scenario's. Dit is het resultaat van aanname dat alleen het binnenlandse potentieel aan plastic afval beschikbaar is (~1 Mt). Wanneer uit wordt gegaan van significante import van plastic afval (zoals in de trajectverkenning klimaatneutraal van het PBL), wordt recycleaat een relatief belangrijkere grondstof voor de plasticproductie, waarmee het beslag op schaarse biograndstoffen en waterstof kan worden beperkt.
- De opschaling van **waterstofproductie** uit elektrolyse is in zowel ADAPT als TRANSFORM essentieel voor de productie van duurzame brandstoffen en chemicaliën. De vraag naar hernieuwbare elektriciteit voor waterstofproductie zal een significant beslag leggen op de totale beschikbare capaciteit in Nederland. In 2050 zal waterstofproductie in beide scenario's ongeveer 30% van het totale elektriciteitsverbruik vertegenwoordigen. In de TNO scenario's wordt er een significante importstroom van waterstof verwacht, waarbij een groot deel weer wordt doorgevoerd.
- De **processen** die de industrie zal moeten inzetten om de alternatieve

Managementsamenvatting (7)

Werkpakket 2C Collaboratieve business modellen

De sectoren zien in toekomstige business modellen meer **mogelijkheden voor synergie** dan er vandaag bestaat tussen de chemie- en brandstoffensector, bijvoorbeeld bij het opzetten van importketens en het creëren van een hub voor duurzame koolstof in het HIC Rotterdam, gezamenlijke installaties voor verwerking van feedstocks (pyrolyse, vergassing, sortering van plastics), waardoor schaalvoordelen gerealiseerd kunnen worden, en clusterintegratie met uitwisseling van reststromen (energie en moleculen).

De figuur laat de **verwachte ontwikkeling in de tijd** zien voor de **productieprocessen van duurzame brandstoffen en chemicaliën**, waarin zich een logische volgorde aftekent voor de inzet van circulaire koolstof: suikers en lipiden (vetten), plastic afval, lignocellulose en daarna afgevangen CO₂. De grondstoffen waarvoor de omzetting tot producten relatief eenvoudig is komen eerst aan bod. Combinaties van grondstoffen en omzettingen die meer energie vragen en lastiger uitvoerbaar zijn volgen daarna.



Managementsamenvatting (8)

In werkpakket 3B (Consequenties voor de haven) is gekeken naar de rol die de Rotterdamse haven speelt in de transitie naar duurzame brandstoffen en chemie. Waar de haven op dit moment een belangrijke koolstofhub is voor fossiele koolstofstromen, heeft de haven een goede uitgangspositie om zich om te vormen tot een **duurzame koolstofhub voor chemie- en brandstofbedrijven in het haven-industriële cluster**, richting andere clusters binnen **ARRRA** en richting clusters in **Europa**.

Importstromen: Omdat Nederland zelf onvoldoende biograndstoffen en hernieuwbare elektriciteit heeft om in de toekomstige vraag naar duurzame brandstoffen en chemicaliën te voorzien, zal **import noodzakelijk** zijn, in de vorm van grondstoffen, intermediates en/of producten (brandstoffen en chemicaliën). In de tabel op de volgende slide worden voor elke categorie de belangrijkste opties voor import weergegeven. Bij de keuze tussen import van grondstoffen, intermediates of producten spelen verschillende **afwegingen** een rol: 1) **Praktische haalbaarheid** van import; 2) Behouden van **economische bedrijvigheid**; 3) **Leveringszekerheid** en **strategische autonomie**.

Gezien de huidige onzekerheden, onder andere in regelgeving en beleid, marktvaart, diversiteit in koolstofstromen en productietechnologieën is het van belang om **flexibiliteit** te behouden in de mogelijke commoditystromen waar de haven zich op richt. Dit kan door te **diversificeren in grondstoffen, importketens, toepassing en technologie**. Havenbedrijf, producenten en overheden hebben een belangrijke rol bij deze diversificatie (zie ook WP3A). Gelijktijdig moet gewerkt worden aan het **wegnemen van onzekerheden** (belangrijke rol voor overheden, zie ook WP3C en WP3D), zodat op termijn geconvergeerd kan worden. Dat kan door met ketenpartners te werken aan het opzetten van ketens op basis van het brede palet aan opties. Dan zullen de “winnende” opties komen bovendrijven.

Doorvoer naar Duitsland en België: Systeemmodellen voor **Duitsland** en **België** schetsen mogelijke ontwikkelingen van de **vraag naar en productie van duurzame chemicaliën en brandstoffen** in deze landen en mogelijke bandbreedtes voor **exportstromen vanuit het HIC**. Alhoewel deze modellen een wisselend beeld geven, is duidelijk dat zowel bio- als e-moleculen (inclusief H₂) een belangrijke rol zullen gaan spelen om te voorzien in de grondstoffenbehoefte van de industrie en voor de energiebehoefte van luchtvaart en scheepvaart, en met name voor Duitsland ook voor het zwaar wegtransport. Er wordt zowel voor België als Duitsland een **rol voor import van e-moleculen voorzien**. De behoefte aan **doorvoer van biograndstoffen** naar Duitsland en België lijkt **bepert** te zijn.

Infrastructuur: In de tabel op de volgende slide worden voor de verschillende stromen de **consequenties voor infrastructuur** weergegeven. Voor koolstofhoudende producten is **hergebruik van bestaande infrastructuur meestal mogelijk**. De eerder genoemde onzekerheden hebben grote invloed op de behoefte aan faciliterende infrastructuur. Op basis van de diverse systeemanalyses en scenario's, beschreven in de rapportage van WP2, kan geconcludeerd worden dat in elk geval aandacht nodig is voor: aanlanding van elektriciteit uit wind op zee; elektriciteitsgrid; waterstoftransport (Delta Rhine Corridor) en –opslag; opslag en verwerking biomassa; CCS.

Ruimtegebruik: Ruimte in de haven is schaars. Daarom moeten keuzes gemaakt worden in welke activiteiten binnen en welke buiten het HIC een plaats krijgen. Nieuwe **conversieketens** en **opslag** krijgen bij voorkeur een plaats **binnen het HIC**. DAC zal geen plaats krijgen in het HIC; CO₂ uit DAC kan geïmporteerd worden.

Bij het stellen van **prioriteiten** zou in elk geval voor de volgende functies gekozen moeten worden: activiteiten waar de haven de **meeste toegevoegde waarde** creëert; first of a kind initiatieven die zich bezighouden met grondstoffentransitie en andere (bewezen) oplossingen die **bijdragen aan de transitie** (zie ook WP3C); activiteiten die **niet elders kunnen plaatsvinden**.

Managementsamenvatting (9)

Werkpakket 3 Vertaling naar mogelijke implicaties voor partijen in de ketens en behoefte aan regelgeving

Eerste verwerking van biomassa (pelletisering) gebeurt bij voorkeur vóór transport naar het HIC, zodat volumes beperkt worden. Wanneer biomassa wordt geïmporteerd, vindt vergassing bij voorkeur plaats in het HIC, zodat voor CO₂-opslag Porthos/Aramis infrastructuur gebruikt kan worden en syngas ter plaatse verwerkt kan worden. De behoefte aan doorvoer voor biomassa lijkt beperkt.

Import van intermediates beperkt enerzijds volumes t.o.v. grondstoffen (hogere energiedichtheid dan bijvoorbeeld biomassa), en geeft anderzijds de mogelijkheid om waarde toe te voegen in het HIC, meer dan bij import van producten. Hergebruiken en waar nodig aanpassen bestaande infrastructuur. Voor biogas zal bestaande (L)NG infrastructuur gebruikt kunnen worden.

Scheiden, sorteren, reinigen, en granuleren gebeurt bij voorkeur vóór transport naar het HIC, om transport te vereenvoudigen (zowel voor NL afvalstromen als import) en om ruimtegebruik in het HIC te beperken. Aangevoerd granulaat kan worden verwerkt in het HIC

	Grondstoffen	Intermediates	Producten
Bio-based	Suikers Vetten Ruwe en bewerkte biomassa Biomassa-fracties	Bio-pyrolyseolie Bio-char Bio-nafta Bio-ethanol Bio-gas / Groen gas FAME	HVO/HEFA Bio-diesel Bio-kerosine Bio-ethanol Bio-methanol Bio-LNG
Plastics (zowel fossiel als biobased)	Ongesorteerde afvalstromen Gesorteerde afvalstromen	Plastics pyrolyseolie Plastics char Functionele chemicaliën uit afvalplastics	Polyolefinen Polyesters
E-based	CO ₂ uit puntbronnen CO ₂ uit DAC	E-methanol E-FT liquids	E-diesel E-kerosine E-methanol E-DME
Non-carbon		H ₂ NH ₃	H ₂ NH ₃

Import uit regio's met lage kosten voor hernieuwbare energie is economische aantrekkelijker dan productie in NL. Hergebruiken en waar nodig aanpassen bestaande infrastructuur (pijpleiding, opslag, overslag, bunkerinfra, doorvoer naar ARRRRA).

NH₃: vereist aanleg van nieuwe infrastructuur (opslag, pijpleidingen). Omdat ammoniak giftig is, en gasvormig, is handling complex, waardoor extra aandacht nodig is voor veiligheid/vergunningverlening, en voor de technische eisen aan de infrastructuur. Naast direct gebruik kan NH₃ als carrier worden ingezet voor H₂ import. In dat geval zal de ammoniak gekraakt moeten worden in het HIC, vóór verder transport naar het achterland als waterstof.

Transport en opslag via Porthos en Aramis infrastructuur; op langere termijn eventuele import van CO₂ uit DAC per zeeschip; Voor CO₂ transport binnen het HIC (in eerste instantie uit puntbronnen; later wellicht uit import) kunnen bestaande pijpleidingen worden gebruikt en waar nodig uitgebreid.

Voor e-methanol kan bestaande infrastructuur hergebruikt worden. Import van ruwe FT liquids (waxes/syncrude) kan technisch uitdagend zijn.

H₂: bestaande LNG terminal kan worden uitgebreid en geschikt gemaakt voor H₂. Aansluiting op bestaande H₂ pijpleidingen in het HIC, en op Delta Rhine Corridor (na 2032). Import van H₂ zal noodzakelijk zijn, omdat de productiecapaciteit in NL niet aan de marktvraag zal kunnen voldoen. Import van H₂ kan in vloeibare vorm of in de vorm van een carrier (bv e-NH₃, e-MeOH).

Managementsamenvatting (10)

Werkpakket 3 Vertaling naar mogelijke implicaties voor partijen in de ketens en behoefte aan regelgeving

In werkpakket 3C (Potentiële rol Gemeente Rotterdam) is gekeken naar wat de rol van de gemeente kan zijn in het gezamenlijk optrekken richting een duurzame toekomst. Voor ervaren **belemmeringen rondom ruimte en vergunningen** doen de deelnemende partijen een beroep op de **gemeente als aanjager van de circulaire transitie**. De **gemeente opereert** voor de economie van de haven niet solitair, maar **in een groot ecosysteem** van lokale, regionale en nationale spelers. Ze heeft bij het maken van keuzes rondom de inzet van publieke middelen ook andere **publieke belangen te dienen**, zoals leefbaarheid, gezondheid en veiligheid. De gemeente zal de wensen van de bedrijven over de rol van de gemeente dus moeten afwegen en deze vervolgens samen met Havenbedrijf Rotterdam, DCMR, Deltalinqs en andere overheden invullen.

Deelnemende partijen doen voor **vergunningverlening** een beroep op de gemeente voor het versnellen van het vergunningetraject, het creëren van een gelijk speelveld en duidelijke en doelmatige wetgeving en governance. Voor **ruimtegebruik** doen de partijen een beroep op zowel de aandeelhoudersrol in de haven, het bevoegd gezag en de regionale samenwerking om ruimte voor circulariteit te creëren. Als **anjager** zou de gemeente volgens de partijen meer in moeten zetten op lobby bij het Rijk voor normering; op draagvlak onder bewoners en bedrijven voor circulariteit; het aantrekken van passende bedrijven in de keten; en het creëren van een markt voor de inkoop van duurzame producten door de gemeente.

In WP3D (Regulering en beleid) hebben de deelnemers aan de workshops uit de chemie- en brandstoffensector aangegeven adequate regelgeving en beleid te zien als een noodzakelijke motor voor de overgang naar duurzame chemicaliën en brandstoffen. Het **creëren van marktvrage naar duurzame chemicaliën en brandstoffen** is nodig om haalbare business cases te ondersteunen. Terwijl er regelgeving en beleid is die vrage creëert naar duurzame brandstoffen (bijv. REDII/III), is dit nauwelijks het geval voor duurzame chemicaliën. De sectoren zien hier graag verandering in komen.

Geharmoniseerde duurzaamheidscriteria voor circulaire grondstoffen (biomassa, afval, CO₂) zijn gewenst door de industrie, ongeacht de toepassing in duurzame brandstoffen of chemicaliën. Deze moeten technologieneutraal zijn.

De deelnemers aan de workshop uit de chemie- en brandstoffensector geven aan dat de **Nederlandse overheid** vooral aandacht moet besteden aan: **versnelling van vergunningen**; afvalregelgeving (“**Einde afvalstatus**”), afval moet worden beschouwd als grondstof; **massabalans** (duurzaamheid van output moet worden beschouwd op basis van (gemengde) inputs); **chemische recycling** (moet even belangrijk worden geacht als mechanische recycling).

Gezamenlijke inspanningen van belanghebbenden uit de **industrie**, de **Europese Commissie** en **nationale overheden** moeten resulteren in beleid en regelgeving die de overgang naar duurzame chemicaliën en brandstoffen in de juiste richting sturen.

Managementsamenvatting (11)

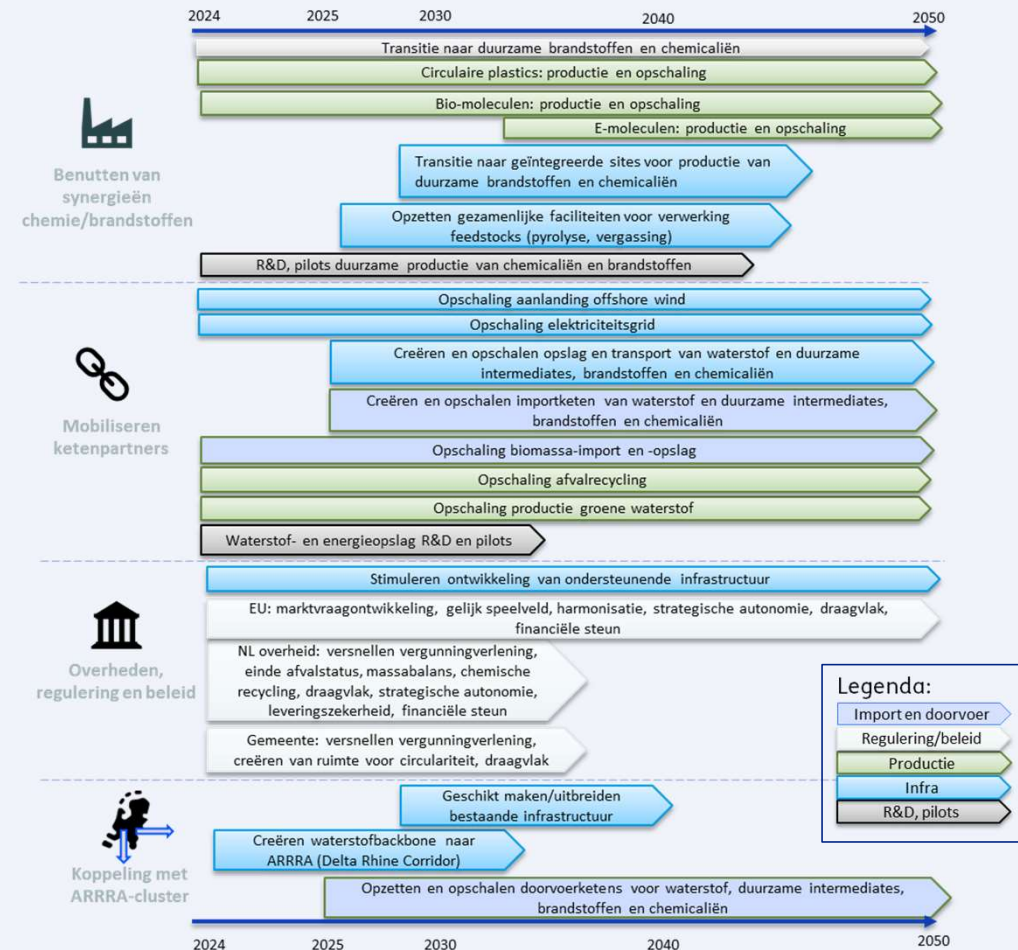
In werkpakket 3A is samen met projectpartners en bedrijven uit de achterbannen van VNCI en VEMOBIN nagedacht over de **benodigde stappen die gezet moeten worden richting 2050**. Uit de workshop bleek dat deelnemende partijen uit beide sectoren elkaars behoeftes en belemmeringen in de transitie herkenden. Daarom zijn er veel mogelijkheden voor synergie door stappen in gezamenlijkheid te zetten.

De belangrijkste prioriteiten die deelnemende partijen uit de chemie- en brandstoffensector in de workshop aangeven zijn:

- De **creatie van marktvraag** en betalingsbereidheid voor duurzame brandstoffen en chemicaliën wordt door deelnemende partijen gezien als belangrijkste prioriteit om de transitie vooruit te helpen.
- Hier is opschaling van het aanbod van duurzame brandstoffen en chemicaliën voor nodig, waarvoor het van belang is om huidige **belemmeringen in vergunningsverlening** voor nieuwe projecten voor de verwerking van circulaire grondstoffen weg te nemen om de investeringsbereidheid van bedrijven in Nederland te verhogen. Chemie- en brandstofbedrijven zouden gezamenlijk het gesprek aan kunnen gaan met overheden om het ‘verhaal van de bedrijven’ kenbaar te maken en te zoeken naar mogelijke oplossingen om vergunningsprocedures te versnellen.
- Ook is het **aantrekken van biograndstofstromen** naar Nederland van strategisch belang voor beide sectoren (zie ook rapportage WP2). De deelnemende partijen verwachten dat deze schaarste verder zal toenemen, vooral als de vraag naar biograndstoffen in de chemie toeneemt en er steeds meer eisen gesteld worden aan wat de ‘juiste’ biomassa is.

Vervolgens zijn deze inzichten gecombineerd met de resultaten uit de andere deelwerkpakketten om te komen tot een roadmap met de **belangrijkste stappen die op hoofdlijnen gezet moeten worden om de transitie naar duurzame brandstoffen en chemicaliën te realiseren** (zie afbeelding).

Werkpakket 3 Vertaling naar mogelijke implicaties voor partijen in de ketens en behoefte aan regelgeving



Werkpakket 1

Synthese van bevindingen en visie VEMOBIN en VNCI in een koolstofvisie voor Nederland

Projectteam:
Rebecca Dowling, Karin van Kranenburg, Koen Smekens, Frank Wubbolts



Inhoudsopgave

Introductie

Slide 21



Werkpakket 1A

Synthese van visies VNCI en Vemobin

- Managementsamenvatting
- Achtergrond en doel
- Aanpak
- Analyse en resultaten
- Appendix

Slide 23



Werkpakket 1B

Kwantificeren aanspraak op koolstofbronnen in SANKEY diagrammen

- Managementsamenvatting
- Achtergrond en doel
- Aanpak
- Analyse en resultaten

Slide 38



Werkpakket 1C

Kwalitatieve analyse van gezamenlijke en strijdige behoeften

- Managementsamenvatting
- Achtergrond en doel
- Aanpak
- Analyse en resultaten
- Conclusies en aanbevelingen
- Appendix

Slide 52

Introductie Werkpakket 1



WP 1: Synthese van de bevindingen en visie van VEMOBIN en VNCI in een koolstofvisie voor Nederland

Werkpakket 1 bestaat uit de volgende onderdelen:

WP 1A Samenvoegen visies

- Marktvraagontwikkeling
- Visie op toekomstige koolstofbronnen
- Behoeftte aan koolstofbeleid



WP 1B Kwantificeren aanspraak op koolstofbronnen in SANKEY-diagrammen

- circulaire koolstof
- H2
- RES

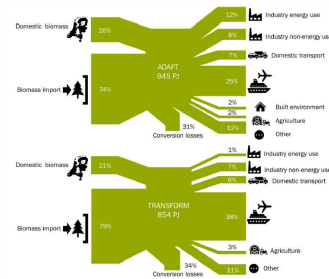


Figure 4.9 Biomass origin and destination in the ADAPT and TRANSFORM scenarios in 2050

WP 1C Kwalitatieve analyse van gezamenlijke en strijdige behoeften

- Huidige synergieën
- Synergieën in de transitie
- Gemeenschappelijke randvoorwaarden voor succesvolle transitie
- Gemeenschappelijke facilitering door partners
- Gemeenschappelijke behoefte richting overheid, ondersteunend beleid en regelgeving
- Mogelijkheden koppeling ARRA/EU

Werkpakket 1A

Synthese van visies Vemobin en VNCI

Projectteam:
Rebecca Dowling, Karin van Kranenburg, Frank Wubbolts



Introductie Werkpakket 1A



WP1A: Synthese van visies VEMOBIN en VNCI

WP 1A Samenvoegen visies

- Marktvraagontwikkeling
- Visie op toekomstige koolstofbronnen
- Behoeftte aan koolstofbeleid



WP 1B Kwantificeren aanspraak op koolstofbronnen in SANKEY-diagrammen

- Circulaire koolstof
- H₂
- RES

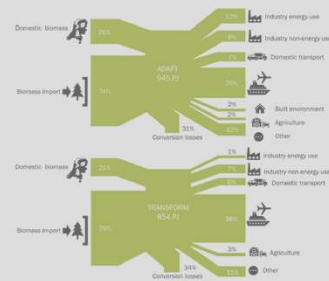


Figure 4.9 Biomass origin and destination in the ADAPT and TRANSFORM scenarios in 2050

WP 1C Kwalitatieve analyse van gezamenlijke en strijdige behoeften

- Huidige synergieën
- Synergieën in de transitie
- Gemeenschappelijke randvoorwaarden voor succesvolle transitie
- Gemeenschappelijke facilitering door partners
- Gemeenschappelijke behoefte richting overheid, ondersteunend beleid en regelgeving
- Mogelijkheden koppeling ARRA/EU

WP1A: Synthese van visies VEMOBIN en VNCI

Het inventariseren en samenvoegen van de beide visies op gemeenschappelijke domeinen en raakvlakken (meest kwalitatief). De volgende onderwerpen worden daarbij geïntegreerd op nationaal niveau:

Marktvraagontwikkeling voor brandstoffen en basischemicaliën

Visie op toekomstige koolstofbronnen voor een circulaire en klimaat-neutrale toekomst

Behoefte van beide sectoren aan helder koolstofbeleid (wetgeving en incentives)

Marktvraagontwikkeling (1/4)



VNCI:

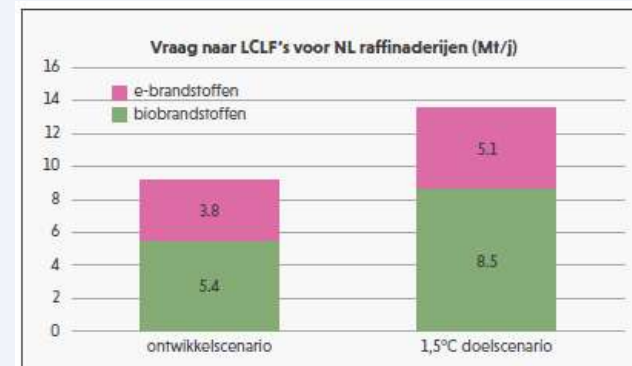
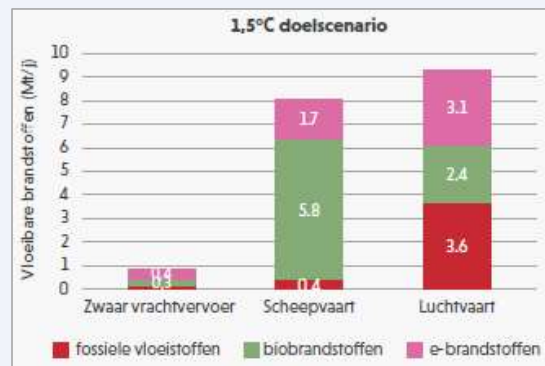
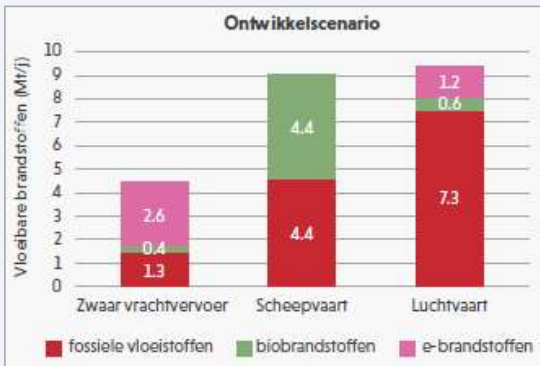
- Voor de meeste producten op basis van alternatieve koolstofbronnen ligt de **kostprijs nog te hoog** in verhouding tot huidige marktprijzen.
- De **marktvraag** en ondersteunende **beleidsinstrumenten** zijn vaak nog **onvoldoende** om investeringen in productie van materialen, waarbij geen of minder gebruik gemaakt wordt van fossiele bronnen, **rendabel** te maken.
- Randvoorwaarde: Inzetten op het **creëren van (Europese) markten voor groene-chemieproducten**. Daarmee kunnen we ons onderscheiden met circulaire producten en kunnen we inzetten op verbeterde business cases door te werken aan hogere opbrengsten van producten uit alternatieve koolstofbronnen.

Marktvraagontwikkeling (2/4)

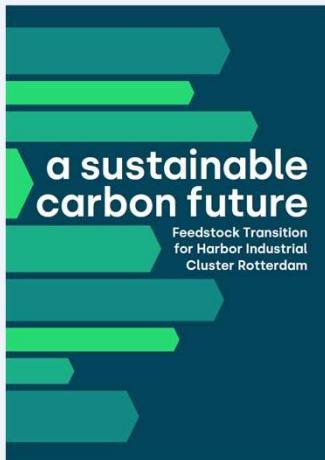


VEMOBIN:

- In de toekomst zijn **low carbon liquid fuels** (LCLF's, koolstofarme vloeibare brandstoffen) nodig voor de verduurzaming van transport, waar processen moeilijk te elektrificeren zijn: **zwaar vrachtvervoer, luchtvaart, scheepvaart**.
- In Nederland zullen de **haven van Rotterdam** en **luchthaven Schiphol** een belangrijke bijdrage leveren bij de productie van LCLF's en afname van duurzame brandstoffen.
- In 2050 geldt in beide scenario's een **vraag naar fossiele brandstoffen**.



Marktvraagontwikkeling (3/4)



Power-to-X:

- 200 Mton ruwe olie passeert door het Haven Industrieel Cluster (HIC)
- **50 Mton hiervan wordt in het HIC verwerkt** tot brandstoffen, nafta en basischemicaliën zoals olefinen en aromaten.
- In de toekomst worden **grote verschuivingen in de vraag naar brandstoffen en chemicaliën** verwacht, maar deze wordt **niet meegenomen in het onderzoek**.
- Resultaat van het onderzoek: realistisch **aandeel van elke grondstof in een potentiële toekomstige grondstoffenmix**.

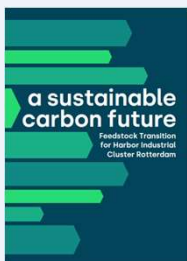
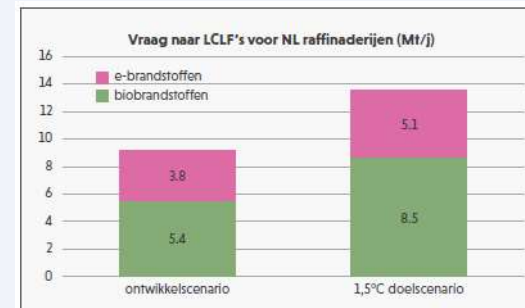
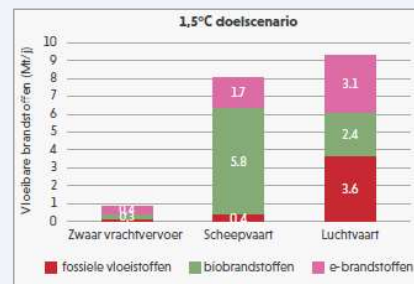
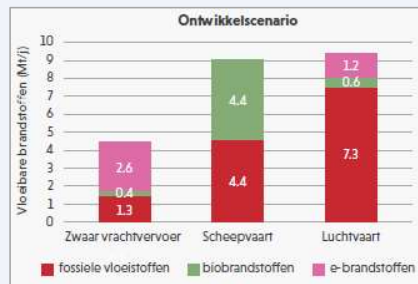
Op verzoek van projectpartners is, naast de visies van VNCI en Vemobin, ook deze rapportage van Power-to-X meegenomen in de analyse van WP1. De Power2X studie geeft zowel het context-frame van dit project weer als de call to action: er komen grote veranderingen aan.

Marktvraagontwikkeling (4/4)

Conclusie: Door regelgeving en beleid is ontwikkeling van markt voor groene brandstoffen (obv circulaire koolstof) al een stuk verder ontwikkeld dan die voor groene chemie. Een vergelijkbare ontwikkeling wordt gewenst voor chemie.



- Voor de meeste producten op basis van alternatieve koolstofbronnen ligt de **kostprijs nog te hoog** in vergelijking met de marktprijs.
- De **marktvraag** en ondersteunende **beleidsinstrumenten** zijn vaak nog **onvoldoende**.
- Randvoorwaarde: **(Europese) markten voor groene-chemieproducten**.
- Verbeterde business cases door hogere opbrengsten circulaire producten.



- **50 Mton ruwe olie verwerkt** tot brandstoffen, nafta en basischemicaliën zoals olefinen en aromaten.
- **Grote verschuivingen in de vraag naar brandstoffen en chemicaliën** verwacht
- Resultaat: Realistisch **aandeel van elke grondstof in een potentiële toekomstige grondstoffenmix**.

Toekomstige koolstofbronnen (1/5)



VNCI:

- Doel is **klimaatneutraal en circulair in 2050** (scope 1, 2 en 3)
- Reduceren van scope 3 emissies door gebruik van **alternatieve koolstofbronnen**: mechanisch en chemisch recyclen van afval, biobased grondstoffen, hergebruik CO₂. De opbouw van het aandeel niet-fossiel moet gepaard gaan met beschikbaarheid van alternatieven.
- In 2050 nog een **klein aandeel fossiele grondstoffen** in combinatie met **CCS**
- Scope 1, 2 en 3 emissies gelijktijdig aanpakken door middel van **integrale aanpak met een focus op de lange termijn.**

Toekomstige koolstofbronnen (2/5)

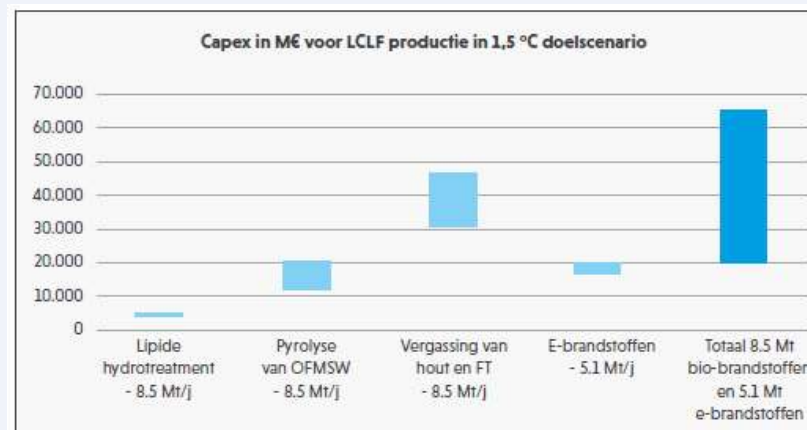
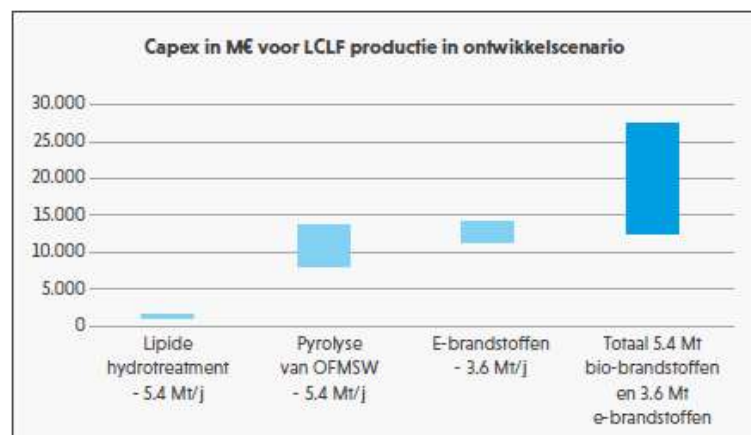
Het potentieel van Low Carbon Liquid Fuels in de Nederlandse raffinage in 2050



VNPI

VEMOBIN:

- Transitie van co-processing naar LCLF productieproces
- Onbalans in productmix door het wegvallen benzine- en dieselvraag → acceptatie van lichte fossiele componenten door chemie?
- Aanspraak op carbon, H₂ en RES. Grootschalige import van grondstoffen vanuit de EU zal nodig zijn.
- Een combinatie van productieroutes is belangrijk, vanwege schaarse koolstofbronnen.



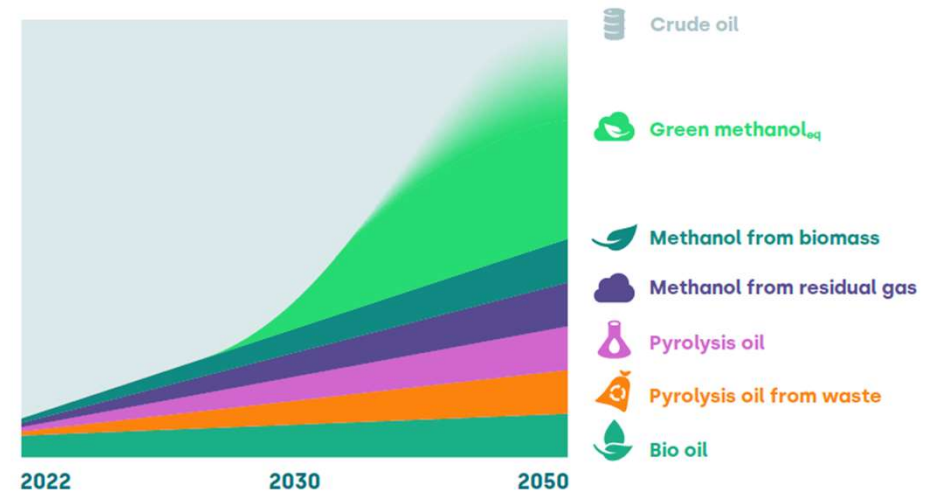
Toekomstige koolstofbronnen (3/5)

Power-to-X:

- **Ruimte zal een beperkende factor zijn** voor de ontwikkeling van duurzame brandstoffen en chemicaliën.
- **Energiebehoefte** voor duurzame brandstoffen en grondstoffen **veel hoger** dan voor fossiele brandstoffen.
- **Bio- & pyrolyse-olie en restgassen moeten prioriteit krijgen:** samenstelling dichtstbij ruwe olie en op korte termijn beschikbaar

A potential ramp up of sustainable feedstock mix⁵

As crude oil equivalent (COE)



5 — Excludes non-carbon feedstock sources, such as hydrogen.

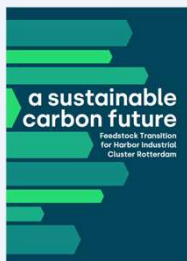
Toekomstige koolstofbronnen (4/5)



- Klimaatneutraal en circulair in 2050
- **Alternatieve koolstofbronnen**: mechanisch en chemisch recyclen van afval, biobased grondstoffen, hergebruik CO₂
- In 2050 nog een **klein aandeel fossiele grondstoffen** in combinatie met **CCS**
- **Integrale aanpak** scope 1, 2, 3 emissiereductie **met een focus op de lange termijn**.



- Van **co-processing naar LCLF productieproces**
- **Onbalans in productmix** door het wegvallen benzine- en dieselvraag
- Aanspraak op carbon, H₂ en RES.
- Een **combinatie van productieroutes** is belangrijk, vanwege schaarste koolstofbronnen.



- **Ruimte beperkende factor**
- **Energiebehoefte** voor duurzame brandstoffen en grondstoffen **veel hoger** dan voor fossiele brandstoffen.
- **Bio- & pyrolyse-olie en restgassen** moeten prioriteit krijgen

Toekomstige koolstofbronnen (5/5)

Conclusies:

- Reductie van scope 3 emissies wordt door beide sectoren als essentieel gezien.
- Beoogde processen komen grotendeels overeen (biobased, CO₂ hergebruiken, pyrolyse, vergassing; in chemie daarnaast mechanische en chemische recycling).
- Aanspraak op koolstof, waterstof en elektriciteit uit RES vanuit beide sectoren; schaarste.
- Onbalans door wegvallen van vraag naar benzine en diesel; vraag naar lichte componenten (fossiel) vanuit chemie?
- Import van energie en feedstock wordt als essentieel gezien, maar import van intermediates heeft voor Vemobin niet de voorkeur.
- Schaarse ruimte is een issue, maar wordt niet (VNCI) of nauwelijks (Vemobin) benoemd



Behoeftte aan beleid (1/2)



- Fijnmazige **toekomstvisie** voor klimaatneutrale en circulaire chemische industrie 2050, zodat er voorspelbaar pad en beleid is, basis voor tijdige investeringsbeslissingen in infrastructuur en waardeketens (langjarige zekerheid om in NL te investeren)
- **Nationaal stimuleringsinstrument** voor technologische opties aan de grondstoffenkant (alternatieve C uit bv. afval en bio kan nog niet concurreren met fossiel)
- **Marktvaagontwikkeling** voor **duurzame chemische producten**, bijvoorbeeld in de vorm van minimum percentage ‘recycled content’ (recycled, bio of CO₂)
- **Internationale aanpak** nodig: zodat er genoeg afval (einde afval status) en biograndstoffen beschikbaar zijn voor Nederland
- Transparant systeem voor **koolstofboekhouding**, geaccepteerd door eindgebruikers
- Verbetering van **imago en reguleringskader** voor **duurzame biograndstoffen**
- Beleid waarin **scope 3 reductie** wordt gemeten, gewaardeerd en gestimuleerd
- **Integrale beleidsvisie**: erkenning dat naast elektrificatie ook **LCLFs nodig zijn** voor luchtvaart, scheepvaart en ‘legacy fleet’ op de weg. Daarom ook duidelijkheid over inzet van duurzame biomassa in diverse waardeketens, zoals ook chemie, elektriciteitsproductie etc.
- Doordacht technologiebeleid, aangejaagd door **normstelling** of **gerichte innovatiemiddelen** om investeringsrisico’s in decarbonisatie technologieën (DAC, pyrolyse, vergassing) te mitigeren en de intrede in de transitie te versnellen.
- **Beschikbaarheid van afgevangen CO₂** en bijbehorende infrastructuur
- Continue **leveringszekerheid** van voldoende **duurzame energie**, door o.a. facilitatie van elektriciteitstransmissie en distributie.
- Transparante inzichten over **duurzaamheid** van gebruikte **biomassa**. Niet alleen aanscherping van eisen in RED, maar ook maatschappelijk draagvlak verbeteren.
- **Belonen** van **CO₂ reductie**: co-processing van biograndstoffen, point source capture van CO₂ als nuttig erkennen tot DAC zijn intrede doet, CCS



Behoeftte aan beleid (2/2)

Overeenkomsten beide sectoren:

- Beide sectoren vragen om een **duidelijke toekomstvisie** voor hun industrie. Welke rol heeft de Nederlandse chemie en raffinage in de toekomst? Willen we onze huidige positie behouden? Dan is het nodig dat de overheid langjarige zekerheid biedt en zorgt dat er aan de benodigde randvoorwaarden voldaan wordt: leveringszekerheid van duurzame grondstoffen, hernieuwbare energie, en benodigde infrastructuur.
- Beide sectoren geven aan dat de decarbonisatie technologieën nog niet competitief zijn met de huidige fossiele routes. Om investeringsrisico's in deze nieuwe assets te mitigeren vragen beide sectoren om **technologiebeleid**, in de vorm van **innovatiemiddelen** en **subsidieregelingen**.
- Beide sectoren vragen om een **transparant systeem van koolstof boekhouding** waarbij alle vormen van CO₂ reductie als zodanig worden erkend (ook de minder populaire, zoals CCU en CCS van fossiele puntbronnen).
- Beide sectoren vragen om **heldere eisen voor duurzaamheid van biomassa**, en om de vergroting van het maatschappelijk draagvlak van het gebruik van biomassa voor brandstoffen en chemie.

Verschil:

- Een heel belangrijk punt voor de chemie is de **marktvraagontwikkeling naar groene producten**. Voor de brandstoffen sector bestaat er al beleid in de vorm van de RED3, Fitfor55, RefuelEU, etc., maar voor chemische producten bestaat vergelijkbaar beleid nog niet (wel is Safe and Sustainable by Design in ontwikkeling).

Werkpakket 1B

Kwantificeren aanspraak op koolstofbronnen in SANKEY- diagrammen

Projectteam:
Rebecca Dowling, Karin van Kranenburg, Koen Smekens,
Frank Wubbolts



Introductie Werkpakket 1B



WP1B: Kwantificeren aanspraak op koolstofbronnen in Sankey diagrammen

WP 1A Samenvoegen visies

- Marktvraagontwikkeling
- Visie op toekomstige koolstofbronnen
- Behoeftte aan koolstofbeleid



WP 1B Kwantificeren aanspraak op koolstofbronnen in SANKEY-diagrammen

- Circulaire koolstof
- H₂
- RES

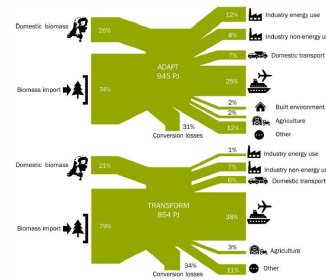


Figure 4.9 Biomass origin and destination in the ADAPT and TRANSFORM scenarios in 2050

WP 1C Kwalitatieve analyse van gezamenlijke en strijdige behoeften

- Huidige synergieën
- Synergieën in de transitie
- Gemeenschappelijke randvoorwaarden voor succesvolle transitie
- Gemeenschappelijke facilitering door partners
- Gemeenschappelijke behoefte richting overheid, ondersteunend beleid en regelgeving
- Mogelijkheden koppeling ARRA/EU

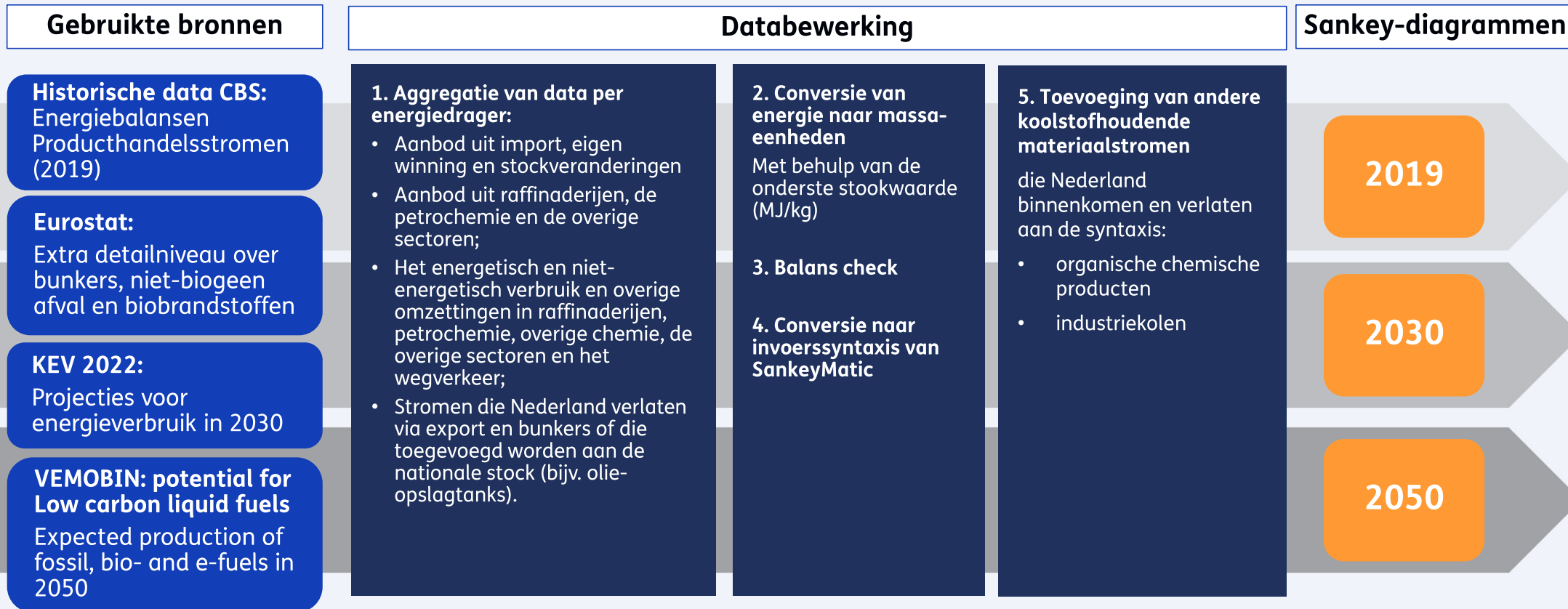
Introductie

Het kwantificeren van de beoogde aanspraak op alternatieve koolstofbronnen en groene waterstof (en de bijbehorende lage emissie elektriciteitsbehoefte) in beide waardeketens (brandstof en chemie). Waar data ontbreekt in de gepubliceerde sectorvisies, zal deze, in overleg, worden aangevuld door en met VEMOBIN en VNCI en de leden van deze verenigingen.

1. Sankey diagrammen: Kwantificering aanspraak op koolstofbronnen in raffinage en (petro)chemie in 2019 en 2030

2. Visualisatie beoogde aanspraak op alternatieve koolstofbronnen, groene waterstof en lage emissie elektriciteitsbehoefte in 2050 op basis van sectorvisies

Sankey diagrammen van koolstofstromen zijn gebaseerd op historische data en projecties van energieverbruik en producthandelsstromen



De geraamde energie- en materiaalbalansen van Nederland in 2030 zijn gebaseerd op voorgenomen beleid

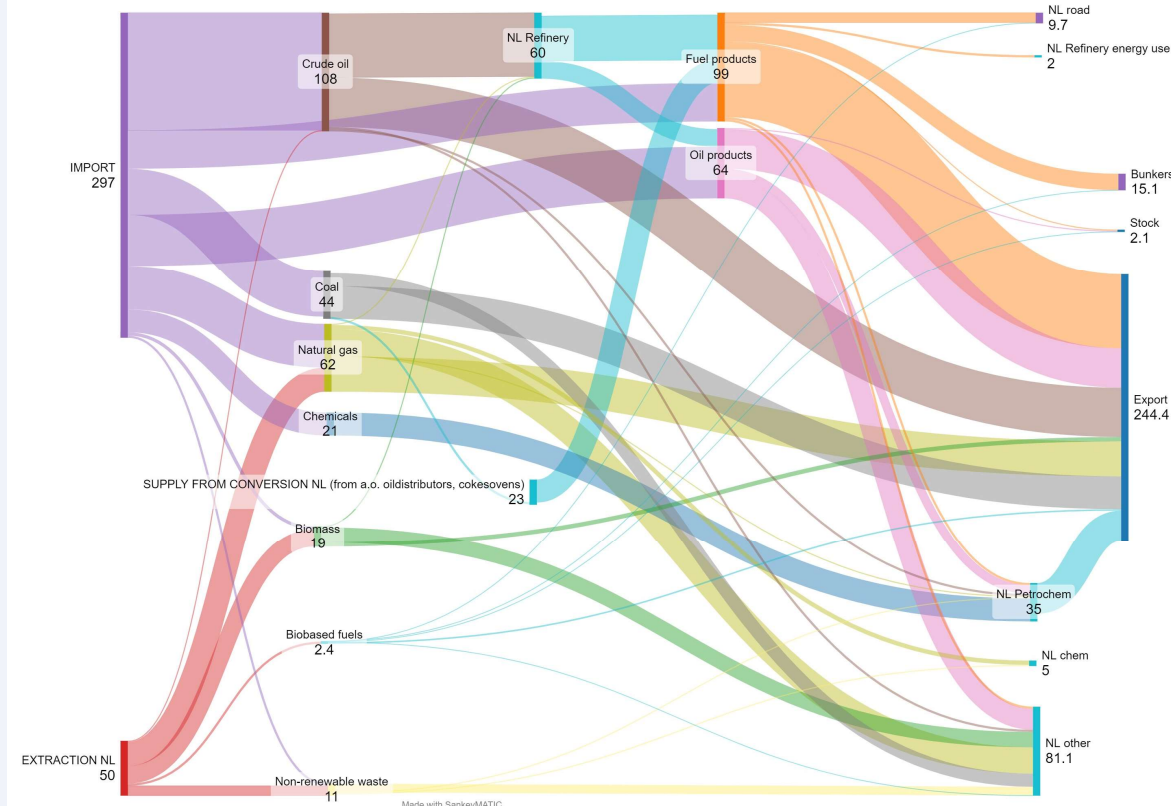
- **Belangrijke beleidsplannen over koolstofbronnen:**
 - Afbouw gaswinning Groningen
 - Gebruik houtige biomassa voor energiedoelinden wordt afgebouwd
 - Afbouw elektriciteitsproductie op basis van steenkool
 - Toename hernieuwbare opwek vanwege wind op zee, RES, SDE++
- **Andere aannames:**
 - Importstop van ruwe olie en olieproducten uit Rusland: aanname dat geen tekort zal ontstaan voor verwerking in Nederlandse raffinaderijen.
 - Elektrificatie in industrie wordt belemmerd door knelpunten in de tijdige uitbreiding van elektriciteitsnetten

Bron: PBL (2022) Klimaat- en energieverkenning <https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2022-klimaat-en-energieverkenning-4838.pdf>

Een compleet overzicht van meegenomen beleidsplannen vind je hier: [Beleidsoverzicht en factsheets beleidsinstrumenten. Achtergrondrapport bij de klimaat- en energieverkenning 2022 \(pbl.nl\)](#)

Kwantificering huidige koolstofstromen in raffinage en (petro)chemie – 2019

Sankey diagram – koolstofbronnen in Nederland 2019 (mln ton materiaal)



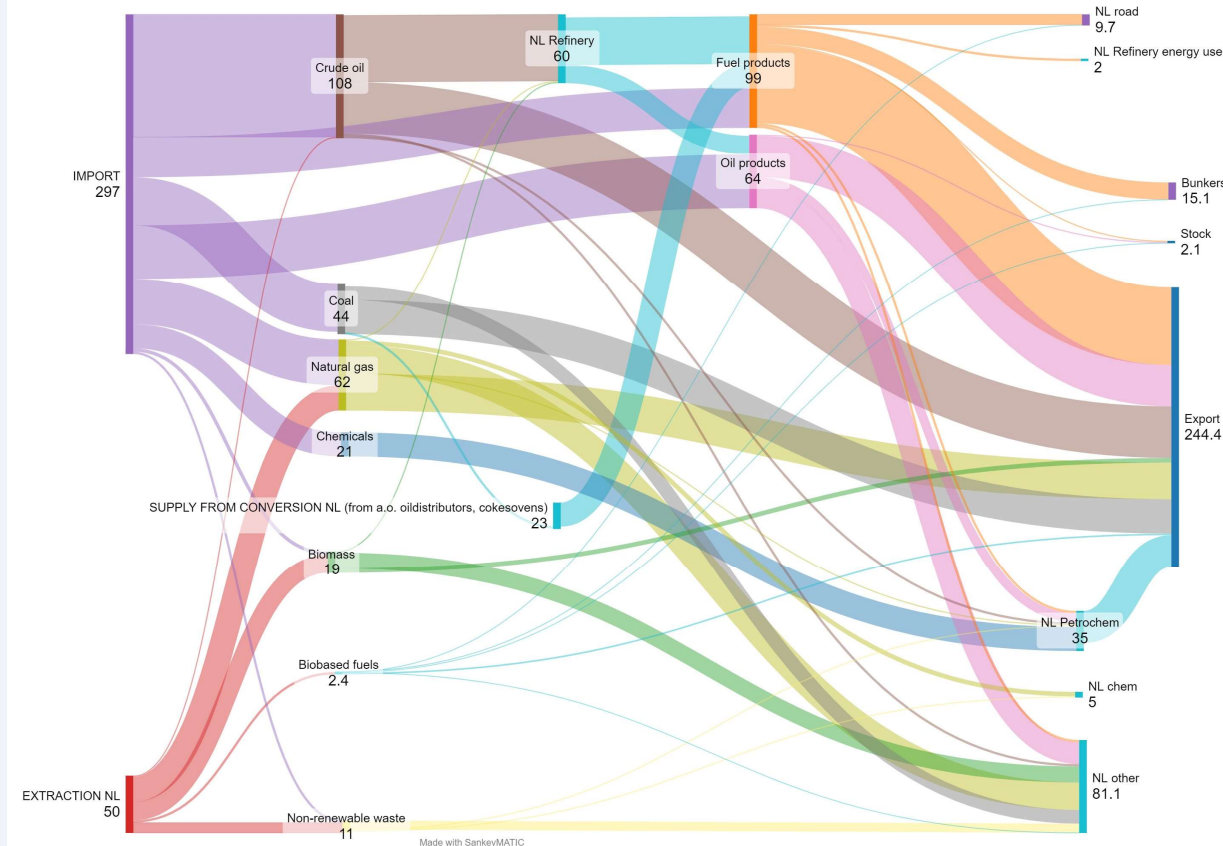
Toelichting

- **Chemicals:** Chemische stoffen, zoals basischemicaliën en halffabrikaten die we importeren, waaronder methanol, propaan, ethyleen, benzene.
- **Fuel products:** Restgassen, benzine, diesel, kerosine, stookolie.
- **Oil products:** LPG, nafta, overige olieproducten.
- **Supply from conversion:** Aanbod van koolstofhoudende materialen uit overige omzettingen in de industrie en overige sectoren.
- **NL Chem:** Chemische industrie (kunstmest, anorganische chemie en overige).
- **NL Petrochem:** Petrochemische industrie (organische chemie), productie van krakerproducten, afgeleiden van krakerproducten, polymeren en rubbers.
- **NL other:** Andere industrie (o.a. metaal, papier, textiel, voedingsmiddelen), energiebedrijven, bouw, land- en tuinbouw, visserij, water en afvalverwerking, diensten, huishoudens, cokesfabrieken, hoogovens.
- **Biobased fuels:** bio-benzine (ethanol) en bio-diesel (FAME)
- **Energetisch & non-energetisch verbruik** zijn niet onderscheiden in het diagram, behalve bij NL Refinery energy use.

Bron: TNO (2023 / voorlopige visualisatie) CBS data voor 2019

Kwantificering huidige koolstofstromen in raffinage en (petro)chemie – 2019

Sankey diagram – koolstofbronnen in Nederland 2019 (mln ton materiaal)



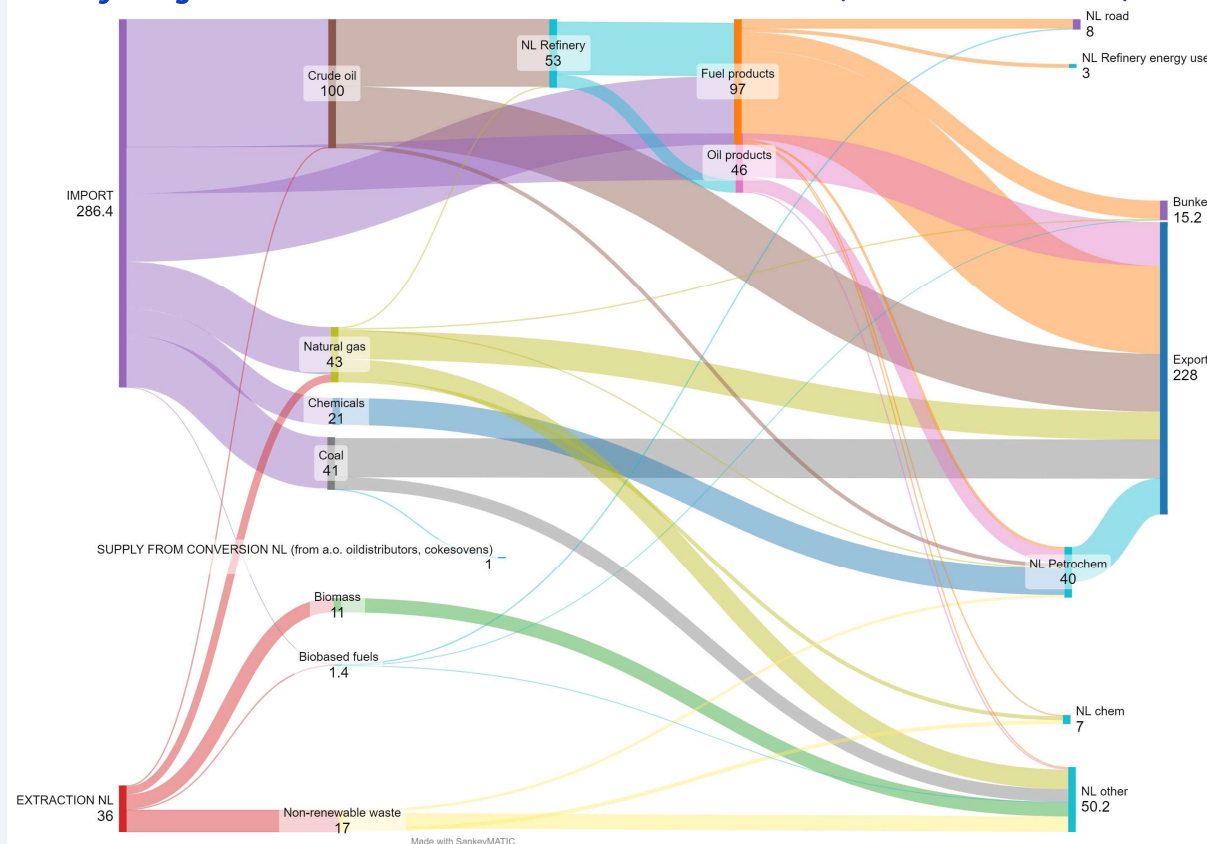
Inzichten

- Meer import van koolstofbronnen dan winning in Nederland.
- Grote importhaven voor ruwe olie
- Eindverbruik in Nederland van geïmporteerde koolstofbronnen is gering ten opzichte van uitvoer.
- Het aandeel koolstof uit biomassa en afval is gering ten opzichte van fossiele koolstof
- Nederlandse biomassa wordt in Nederland gebruikt

Bron: TNO (2023 / voorlopige visualisatie) CBS data voor 2019

Kwantificering beoogde koolstofstromen in raffinage en (petro)chemie - 2030

Sankey diagram – koolstofbronnen in Nederland 2030 (mln ton materiaal)

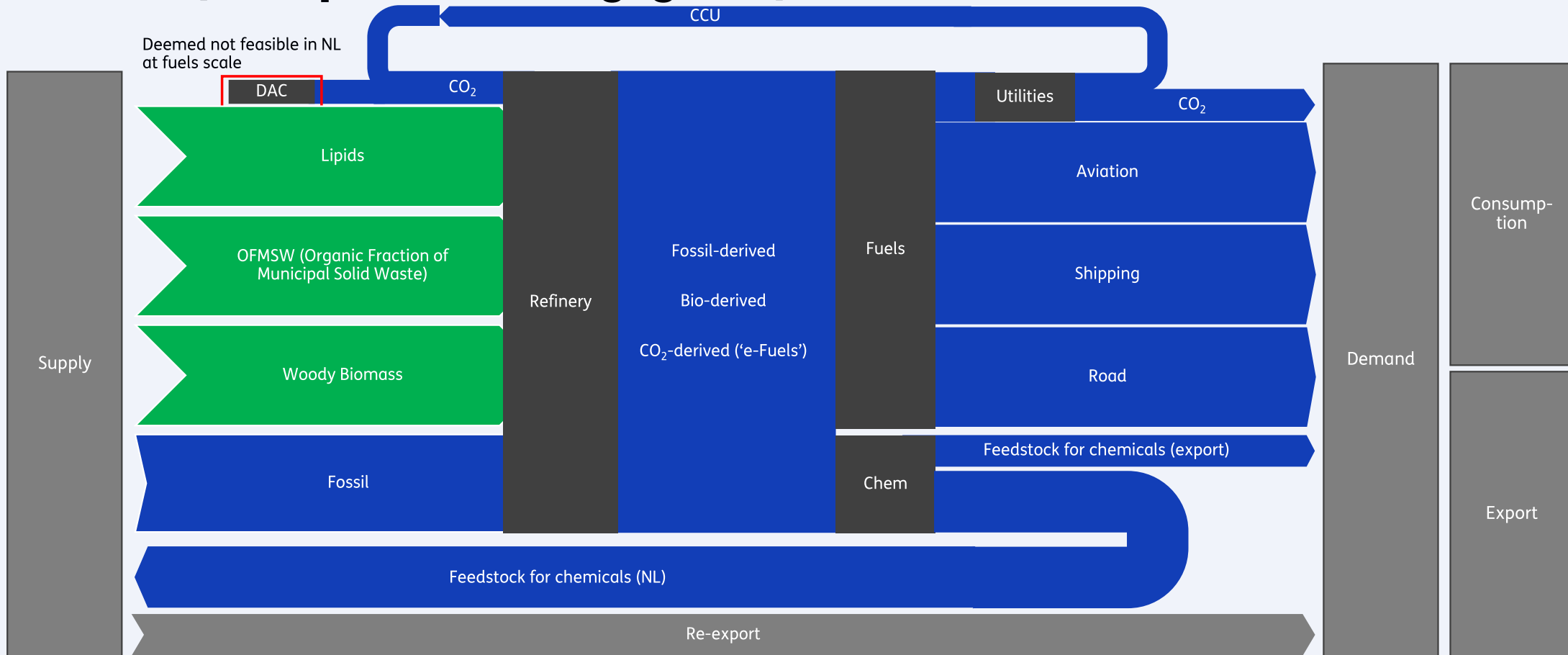


Bron: TNO (2023 / voorlopige visualisatie) KEV ramingen voor 2030

Inzichten (ten opzichte van 2019)

- Minder import, minder winning, minder export.
- Binnenlandse gasproductie neemt af, vanwege de afbouw van de winning uit Groningen.
- Daling van aardgas en kolenverbruik in overige sectoren vanwege hoger aandeel hernieuwbare elektriciteit in energiemix en besparingsbeleid gebouwde omgeving.
- Minder biomassa verbruik voor warmte- en elektriciteitsproductie (inbegrepen in 'NL other') vanwege voorgenomen beleid
- Meer non-renewable waste verbruik. Dit betreft een toename van warmte- en elektriciteitsproductie in WKKs op basis van afval in de petrochemie, chemie en overige sectoren ('NL other', zoals afvalverwerkingsinstallaties).
- Verbruik van brandstofproducten in mobiliteitssector neemt af, vanwege toename in elektrisch vervoer.
- Verbruik biobrandstoffen voor wegtransport (bijmengverplichting), bunkering, bouw, landbouw en diensten stijgt, maar de doorvoer (import-export) neemt af.
- Het gebruik van olieproducten in de petrochemie zal toenemen, vanwege autonome groei.

Visualisatie beoogde aanspraak op koolstofbronnen in raffinage in 2050 (niet op schaal weergegeven)

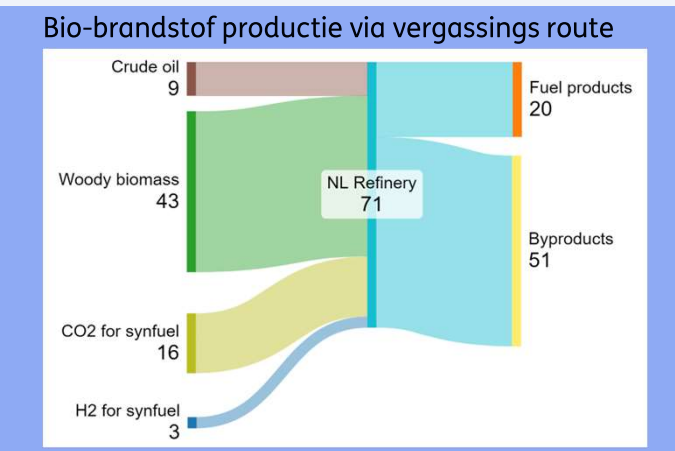
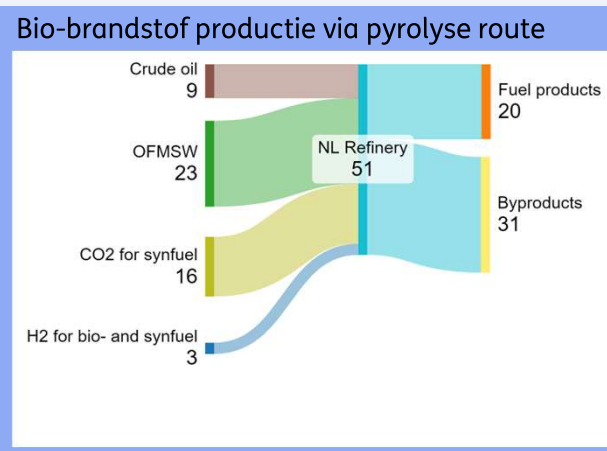
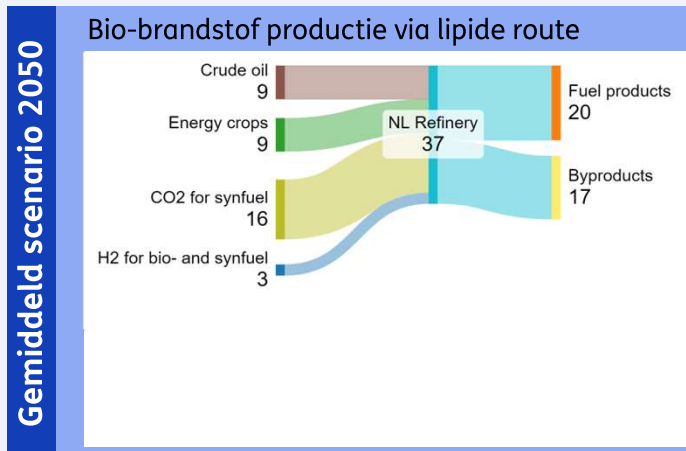
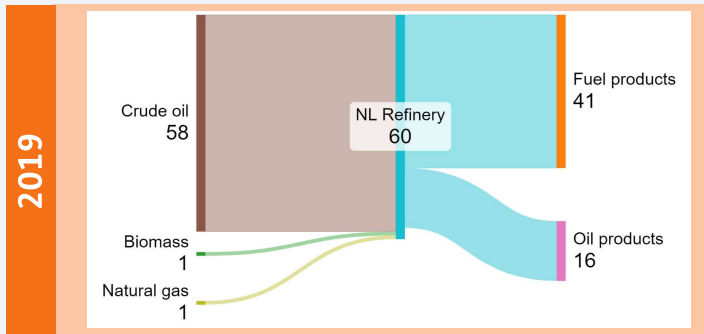


Bron: VEMOBIN (2022) Het potentieel van Low Carbon Liquid Fuels in de Nederlandse raffinage in 2050. [VNPI_Potentieel-van-Low-Carbon-Liquid-Fuels-in-NL-raffinage_2022_FINAL.pdf \(vemobin.nl\)](#)

Beoogde aanspraak op koolstofbronnen voor brandstofproductie in raffinage – 2050 op basis van VEMOBIN visie

Aannames voor Sankey diagrammen van 2050 (eenheid: Mt/yr):

- Behoefte is gebaseerd op het gemiddelde van 1,5°C Doelscenario en Ontwikkelscenario uit VEMOBIN (2022) visie.
- *Byproducts = massa input – massa Fuel products*. Dit zijn in ieder geval: H₂O en P,N,S-componenten, ook CO₂ uit biogene koolstof, met name bij pyrolyse en vergassing.
- Over de energetische behoefte voor de processen wordt geen uitspraak gedaan, behalve electriciteitsbehoefte voor de productie van H₂ (zie tabel onderaan slide).
- Hoeveelheden zijn afgerond op hele Mton, waardoor verschillen kunnen ontstaan.
- Het is waarschijnlijk dat alle drie de routes hieronder bijdragen aan de productie van het total volume.
- Deze Sankey's hebben enkel betrekking op de prognose voor het volume brandstof, voor stromen naar bijvoorbeeld petrochemie ('oil products' in 2019) is geen prognose beschikbaar.



	2050 (Lipide route)	2050 (Pyrolyse route)	2050 (Vergassings route)
H ₂ -vraag	3050,5 kt / j	3050,5 kt / j	2675 kt / j
E-vraag t.b.v. H ₂	106,7 TWh/j	106,7 TWh/j	93,55 TWh/j

Bron 2050: VEMOBIN (2022) Het potentieel van Low Carbon Liquid Fuels in de Nederlandse raffinage in 2050. [VNPI_Potentieel-van-Low-Carbon-Liquid-Fuels-in-NL-raffinage_2022_FINAL.pdf \(vemobin.nl\)](#)

Elektrificatiepotentieel van raffinage in 2050 hangt af van technologiekeuzes voor warmteproductie en alternatieve inzet van restgassen

Inschatting waterstof en elektriciteitsvraag voor de productie van 11 Mt LCLFs in 2050¹

	2050
H ₂ -vraag	3 Mt
E-vraag t.b.v. H ₂	~100 TWh (360 PJ)

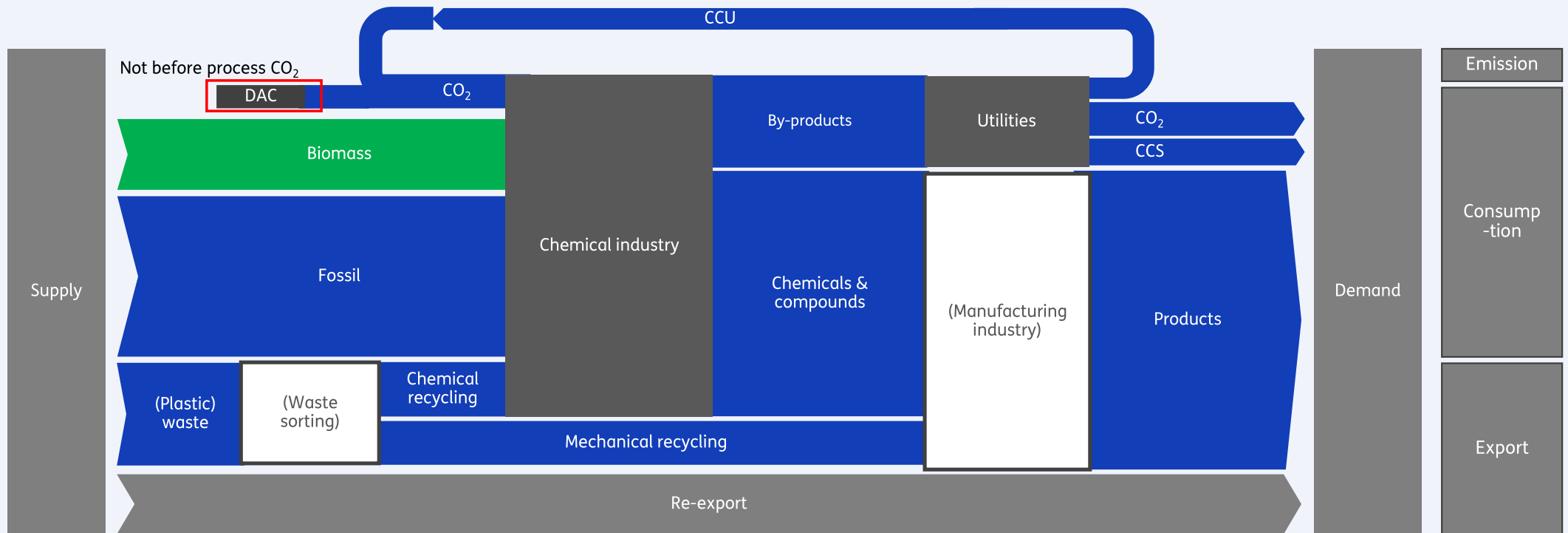
Energiebehoefte (in PJ) voor de productie van 9 Mton fossiele brandstoffen in 2050 die op verschillende manieren geëlektrificeerd kan worden¹

		2019	2050	Opties voor elektrificatie
Aardgas	Energetisch verbruik & WKK (warmte & stroom)	37	6	<ul style="list-style-type: none"> Elektrische boiler Industriële Warmtepomp Elektrische kraakfornuizen
	Conversie (voornamelijk H ₂ productie)	15	2	<ul style="list-style-type: none"> Elektrolyse
Restgassen	Energetisch verbruik & Inzet WKK (warmte & stroom)	97	15	<ul style="list-style-type: none"> Omzetten naar blauwe waterstof voor (eigen) energie Converteren naar syngas, te gebruiken als grondstof voor brandstoffen en chemicaliën
Warmte	Energetisch verbruik	13	2	<ul style="list-style-type: none"> Elektrische boiler Industriële Warmtepomp Elektrische kraakfornuizen
Elektriciteit	Energetisch verbruik	10	2	Bestaand gebruik van elektriciteit in raffinage sector (2019) en extrapolatie obv 9 Mton/yr fossiele grondstof in 2050

Lineair geschaald o.b.v. ruwe olie verbruik in 2019 (CBS) en 2050 (VEMOBIN visie)

1. Gebaseerd op het gemiddelde van de vraag naar brandstoffen in het 1,5°C Doelscenario en Ontwikkelscenario uit de VEMOBIN (2022) visie (zie slide 27).

Visualisatie beoogde aanspraak op koolstofbronnen in de chemische industrie in 2050 (niet op schaal weergegeven)



Elektrificatiepotentieel van (petro)chemie in 2050 niet gekwantificeerd in WP1

- Net als voor raffinage geldt ook voor de (petro)chemische industrie dat er richting 2050 grote veranderingen in het verschiet kunnen liggen (ammoniakimport, chemische recycling van kunststoffen, hergebruik van materialen, alternatieve routes naar olefinen).
- Echter bevat de VNCI visie 'Van Routekaart naar Realiteit' geen kwantitatieve inschatting van de industriële productie in Nederland in 2050. Daarom bevat dit WP1 rapport geen inschatting van de toekomstige aanspraak op koolstofbronnen, hernieuwbare elektriciteit op basis van deze visie.
- In WP2 zullen verschillende toekomstscenario's voor de (petro)chemische industrie worden uitgewerkt.

Werkpakket 1C

Kwalitatieve analyse van gezamenlijke en strijdige behoeften

Projectteam:
Rebecca Dowling, Karin van Kranenburg, Frank Wubbolts



Introductie Werkpakket 1C



WP 1C: Kwalitatieve analyse van gezamenlijke en strijdige behoeften

WP 1A Samenvoegen visies

- Marktvraagontwikkeling
- Visie op toekomstige koolstofbronnen
- Behoeftte aan koolstofbeleid



WP 1B Kwantificeren aanspraak op koolstofbronnen in SANKEY-diagrammen

- Circulaire koolstof
- H₂
- RES

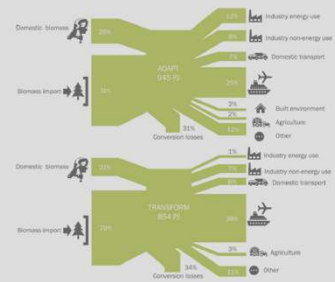


Figure 4.9 - Biomass origin and destination in the ADAPT and TRANSFORM scenarios in 2050

WP 1C Kwalitatieve analyse van gezamenlijke en strijdige behoeften

- Huidige synergieën
- Synergieën in de transitie
- Gemeenschappelijke randvoorwaarden voor succesvolle transitie
- Gemeenschappelijke facilitering door partners
- Gemeenschappelijke behoefte richting overheid, ondersteunend beleid en regelgeving
- Mogelijkheden koppeling ARRA/EU

Introductie

Het inventariseren en samenvoegen van de beide visies op gemeenschappelijke domeinen en raakvlakken (meest kwalitatief). De volgende onderwerpen worden daarbij geïntegreerd op nationaal niveau:

Huidige synergieën

Synergieën in de transitie

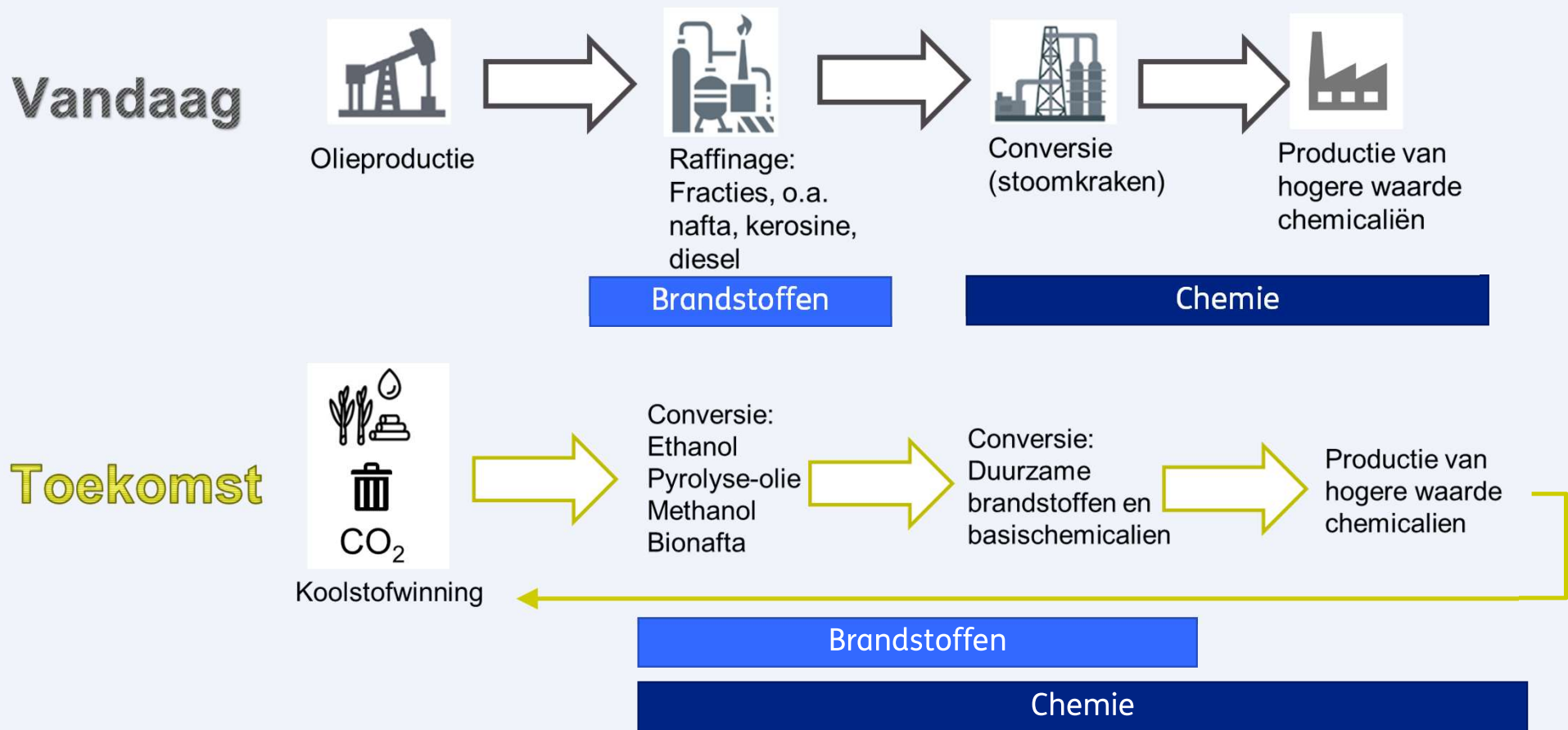
Gemeenschappelijke randvoorwaarden voor succesvolle transitie

Gemeenschappelijke facilitering door partners

Gemeenschappelijke behoefte richting overheid, ondersteunend beleid en regelgeving

Mogelijkheden koppeling ARRA/EU

In de toekomst zullen brandstofproductie en chemie nog meer verweven raken



NB: Stromen zullen deels geïmporteerd worden

Daarmee blijven brandstoffen en chemie partners

- Beide sectoren maken aanspraak op schaarse elektriciteit uit RES, groene H2, biomassa, afval, ruimte.
 - De sectoren hebben gezamenlijke belangen, zoals het opzetten van importketens en gezamenlijke infrastructuur.
 - Beide sectoren staan voor een vergelijkbare transitie, en lopen tegen overeenkomstige vragen aan (zoals hergebruik van bestaande assets versus greenfield; verkennen van mogelijke bioroutes, etc.).
-
- Samen optrekken, daar waar beide sectoren er sterker van worden
 - Gezamenlijk duidelijk maken wat beide sectoren aan een duurzame BV NL te bieden hebben
 - Optimaliseren van het systeem, op een maatschappelijk wenselijke en investeerbare wijze

Huidige synergieën en synergieën in de transitie

Huidige synergieën:

- Raffinagesector levert grondstoffen aan chemische industrie
 - Nafta, ethyleen, ethaan en propaan; ~90% van wat chemie produceert afhankelijk van olieproducten
- Integratie van clusters
 - Uitwisseling van industriële gassen, warmte en stoom
 - Gebruik van gezamenlijke infrastructuur op het gebied van tankopslag, afvalwaterzuivering, transport van stoffen en energie

Toekomstige synergieën:

- De sectoren zijn sterker wanneer zij samen optrekken om gemeenschappelijke randvoorwaarden en ondersteunende faciliteiten gerealiseerd te krijgen en richting overheden om gewenste stimulering van de transitie door middel van regelgeving en beleid te realiseren (zie slide 17 en 18).
- Optimale inzet van schaarse middelen voor beide sectoren:
 - Gezamenlijk opzetten van circulaire koolstofstromen. Circulaire moleculen (m.n. uit afvalstromen en biomassa) zo min mogelijk afbreken, bijvoorbeeld door plastics-to-plastics toepassingen en het inzetten van geïmporteerde MeOH als MeOH.
 - Ruimte- en energiegebruik ook in de transitie optimaliseren in gezamenlijke clusters, waarbij faciliteiten en platformen waar mogelijk gezamenlijk worden opgezet en gedeeld.
- Chemie kan profiteren van schaalgrootte in brandstoffen.

Gemeenschappelijke randvoorwaarden, facilitering en beleid

Gemeenschappelijke randvoorwaarden voor succesvolle transitie:

- Leveringszekerheid van **alternatieve koolstofbronnen als grondstof**:
 - Biomassa
 - Afvalstromen
 - CO₂ uit puntbronnen en uit de lucht
- Leveringszekerheid van **voldoende hernieuwbare energiedragers** (elektriciteit, waterstof)
- Tijdige beschikbaarheid van de benodigde **energie- en materialeninfrastructuur**, zoals:
 - Elektriciteitstransport en -distributie
 - Gaspijpleidingen
 - Grondstof-opslag, transport, bewerking

Gemeenschappelijke behoefte aan facilitering door ketenpartners en toeleveranciers

- Grondstofterminals
- Biomassa-voorbewerking
- Afvalverwerking
- CO₂ uit puntbronnen: CO₂ afvang en opslag partijen (Porthos, Aramis)
- DAC: Technologie ontwikkelaars / scale-ups; waarschijnlijk niet grootschalig in NL
- Netbeheerders voor elektriciteit en gas
- Producenten en leveranciers van groene stroom; Waterstofproducenten

Gemeenschappelijke behoefte aan beleid en regelgeving

- Een **duidelijke beleidsvisie** voor de Nederlandse raffinage en (petro)chemie.
- Zorgen voor **leveringszekerheid** van duurzame grondstoffen, hernieuwbare energie, en tijdige realisatie van benodigde infrastructuur.
- **Technologiebeleid**, in de vorm van **innovatiemiddelen** en **subsidierelingen** om investeringsrisico's in nieuwe decarbonisatie technologieën te mitigeren, die nog niet competitief zijn met huidige fossiele routes.
- **Transparant systeem van koolstof boekhouding** waarbij alle vormen van CO₂ reductie als zodanig worden erkend (ook de minder populaire, zoals CCU en CCS van fossiele puntbronnen). Waardering en stimulering van scope 3 emissie reductie.
- Vergroting van het **maatschappelijk draagvlak** voor beide sectoren in het algemeen, en van het gebruik van biomassa voor brandstoffen en chemie in het bijzonder. **Heldere eisen voor duurzaamheid van biomassa.**

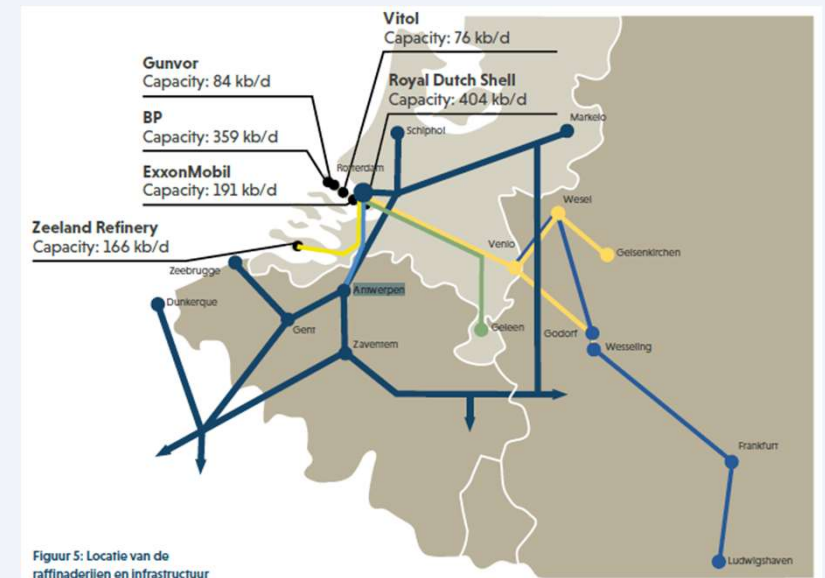
Mogelijkheden koppeling ARRRA/EU

Koppeling ARRRA cluster:

- Hergebruik van bestaande infrastructuur voor transport en opslag
- Naast HIC Rotterdam heeft ook de rest van het ARRRA cluster behoefte aan import van koolstof- en energiestromen (o.a. groene H₂ en waterstofdragers, groene MeOH, biomassa en afgeleiden daarvan, zoals pyrolyse-olie, bio-olie). Rotterdam kan als logistieke hub voor het hele ARRRA cluster fungeren (naast Antwerpen) en zo schaalgrootte creëren.

Koppeling EU:

- In andere Europese landen als Spanje, Frankrijk en Duitsland zijn al de eerste fossiele raffinaderijen omgebouwd voor biobrandstoffen.
- In andere EU landen speelt schaarste (van groene elektriciteit, biomassa, ruimte) minder een rol. Daarmee zijn er mogelijkheden om importstromen van binnen de EU op te zetten om in de behoefte aan koolstof en energie van NL en ARRRA te voorzien. Import vanuit de EU heeft de voorkeur vanuit het oogpunt van strategische autonomie van de EU.
- Op basis van deze importstromen zou de Nederlandse industrie, naast de binnenlandse vraag, ook kunnen voorzien in een deel van de EU vraag naar duurzame brandstoffen en chemicalien. Het exportvolume is daarbij wel sterk afhankelijk van de importvolumes van koolstof en energie.



NL Raffinaderijen en koppeling met ARRRA cluster

Bron: VEMOBIN (2022) Het potentieel van Low Carbon Liquid Fuels in de Nederlandse raffinage in 2050

Werkpakket 2

Plaatsen van de toekomstige behoefte aan duurzame koolstofbronnen in systeemperspectief

Projectteam:

Rebecca Dowling, Karin van Kranenburg, Koen Smekens, Frank Wubbolts



Inhoudsopgave



Werkpakket 2A en B

Sectoren in systeemperspectief

- Introductie
- Managementsamenvatting
- 1. Sectoren in het energiesysteemperspectief
- 2. Vergelijking sectorvisies met uitkomst van systeemmodellen
 - 2.1 Koolstof-gebaseerde producten en de vervanging van fossiele grondstoffen
 - 2.2 Inzet van grondstoffen en energie
 - 2.3 Productieroutes en inzet van technologie
- 3. Beschikbaarheid van duurzame koolstofbronnen
 - 3.1 Beschikbaarheid van biograndstoffen
 - 3.2 Beschikbaarheid van plastics
- 4. Aanvullende toekomstbeelden vanuit ander perspectief
- Appendices

slide 64

Slide 69

Slide 78

Slide 82

Slide 83

Slide 90

Slide 97

Slide 105

Slide 106

Slide 119

Slide 130

Slide 138



Werkpakket 2C

Collaboratieve businessmodellen

- Introductie
- Managementsamenvatting
- Resultaten workshop 1
- Resultaten workshop 2
- Bijlagen: verslagen workshops

Slide 148

Slide 150

Slide 153

Slide 159

Slide 169

Werkpakket 2A en B

Sectoren in systeemperspectief

Projectteam:
Rebecca Dowling, Karin van Kranenburg, Koen Smekens,
Frank Wubbolts



Introductie Werkpakket 2A en B



Doel en afbakening van deze analyse

Doel: Plaatsen van de toekomstige behoefte aan duurzame koolstofbronnen in systeemperspectief.

Methode: Vergelijking van verschillende toekomstbeelden en modelresultaten op:

- De geprojecteerde productvraag en de aard van de duurzame koolstofbronnen die daarvoor nodig zijn
- De beschikbaarheid en totale inzet van duurzame koolstofbronnen
- De industriële processen die nodig zijn voor het ontsluiten van grondstoffen en het maken van producten

Afbakening:

- Nederlandse chemie- en brandstoffensector, in internationale context, 2020-2050.
- Gebaseerd op bestaande rapporten en modellen

Geanalyseerde toekomstbeelden

Rapport titel	Organisatie	Focus
Towards a sustainable energy system for the Netherlands in 2050: Scenario update and scenario variants for industry (OPERA model)	TNO	Toekomstbeeld
Plastic feedstock for recycling in the Netherlands	KPMG	Plastics
Evaluatie aanwezigheid kunststoffen in brandbaar afval voor AVI's	Royal Haskoning DHV	Plastics
Biomassa in balans	Sociaal Economische Raad	Biomassa
Outlook energiesysteem 2050	Expertteam Energiesysteem	Toekomstbeeld
Toekomstbestendige koolstofstromen in de Zuid-Hollandse industrie	TNO, CE Delft, P2X, &flux i.o.v. Provincie Zuid-Holland en Gemeente Rotterdam	Toekomstbeeld

Geanalyseerde systeemmodel resultaten

Model	Organisatie	Korte beschrijving
OPERA	TNO, PBL	Energie systeem model voor NL. Optimalisatie-model.
IESA-OPT	TNO, UU/UvA	Energie systeem model voor NL met meer scherppte voor de industrie. Optimalisatie-model.
OPERA	PBL	Trajectverkenning Klimaatneutraal 2050

De scope van de producten in de sector-visies is leidend voor onze vergelijking met systeemmodellen

In de analyse van de resultaten uit systeemmodellen volgen wij zo goed mogelijk de productgroepen die in de sector-visies zijn beschreven:

De **VEMOBIN** visie heeft betrekking op de industrie voor koolstof-gebaseerde motorbrandstoffen in Nederland:

- Motorbrandstoffen zijn op dit moment voor een belangrijk deel gebaseerd op koolwaterstoffen en ethanol.
- De visie van VEMOBIN behandelt alternatieve routes naar koolstof-gebaseerde motorbrandstoffen.

→ Het zwaartepunt van onze analyse ligt daarom bij de **koolstof-gebaseerde motorbrandstoffen**. Voor de scheepvaartbrandstoffen wordt de inzet van ammoniak ook beschouwd.

De **VNCI** visie heeft betrekking op de productie van koolstof-gebaseerde chemicaliën in Nederland:

- Het grootste deel van de chemische producten is nu gebaseerd op koolstof en dat zal zo blijven.
- Een belangrijk deel van de basischemicaliën bestaan uit olefinen die uit koolstof-gebaseerde grondstoffen worden geproduceerd, waarbij nu fossiele bronnen worden gebruikt.

→ Het zwaartepunt van onze analyse ligt daarom bij de **basischemicaliën van het olefinen-platform, methanol en aromaten**.

Het zwaartepunt van deze analyse ligt dus op **koolstof**. De behoefte aan hernieuwbare elektriciteit voor de productie van groene waterstof, die nodig is voor de productie van e-fuels wordt hierbij ook geanalyseerd.

Opmerkingen vooraf over systeemanalyse middels computermodellen en vergelijking van modellen*

Energiesysteemanalyse met computermodellen geeft inzichten in toekomstige ontwikkelingen. Optimaliserende modellen streven een specifiek doel na, vaak het bereiken van de laagste totale kosten over een lange investeringsperiode. De modellen zijn altijd onderdeel van een bredere studie naar verandering. Die studie bestaat uit een analyse van omstandigheden en mogelijkheden die de context vormen waarbinnen een model werkt. Deze context levert aan het model *exogene* parameters, waarmee het model de *endogene* parameters optimaliseert. Een voorbeeld van een exogene parameter is bijvoorbeeld de beschikbaarheid van circulaire grondstoffen of hernieuwbare energie.

Energiesysteemmodellen hebben meestal als doel om, uitgaande van de vraag naar energie en producten, de productie ervan te kwantificeren, op basis van beschikbaarheid van grondstoffen. Daarvoor selecteert het model proces-routes door verschillende conversieprocessen te combineren, die van tevoren moeten zijn geprogrammeerd. Daarom is het model steeds een vereenvoudiging van de werkelijkheid, die altijd complexer is. Zowel in techniek als in de keuzes die uiteindelijk door mensen worden gemaakt.

In samenspraak met stakeholders legt de modelleur randvoorwaarden op waar de oplossing aan moet voldoen, zoals de CO₂-emissie en de prijs van energie en grondstoffen op een moment in de tijd. De keuze van de randvoorwaarden wordt bepaald in een 'scenario' dat een beeld schetst van een mogelijke toekomst. Scenario's kunnen sterk van elkaar verschillen. De waarde van een systeemmodel zit daarom vooral in de grote lijnen, minder in het detail.

In dit rapport lichten we de uitkomsten van de meest recente scenariostudie van TNO toe, waarbij de twee scenario's ADAPT & TRANSFORM zijn doorgerekend met het OPERA model. Hierbij leggen we de focus op de uitkomsten die relevant zijn voor de chemie- en brandstoffensector. Deze uitkomsten vergelijken we vervolgens op hoofdlijnen met de resultaten van IESA OPT en de integrale trajectverkenning van het PBL.

* Meer informatie over de modellen die gebruikt zijn in deze studie is te vinden in de appendix en in de documentatie over de modellen.

Begrippenlijst

Begrip	Definitie
Circulaire koolstofbronnen	Koolstof afkomstig uit afval (kan biogeen of niet-biogeen zijn), biograndstoffen en afgevangen CO ₂ .*
Biograndstoffen/biogene koolstofbron	Koolstof afkomstig van planten, dieren of micro-organismen. Vaak worden biograndstoffen gecategoriseerd naar hun oorspong (landbouw, bosbouw en water) en de type stroom (productiestroom of primaire, secundaire of tertiaire nevenstroom).
Extractie (NL)	Winning van primaire grondstof uit of van Nederlandse bodem
Import	Invoer van grondstoffen en materialen uit het buitenland
Hernieuwbare elektriciteit	Elektriciteit, opgewekt uit hernieuwbare energiebronnen (wind- of zonne- energie, geothermie)
Chemicaliën	Zuivere stoffen voor inzet anders dan als energiedrager
Energiedragers	Een stof waaruit door oxidatie energie kan worden vrijgemaakt (koolwaterstoffen, alcoholen, ammoniak, waterstof)
Motorbrandstoffen	Energiedrager om te voorzien in mobiliteit (scheepvaart, luchtvaart, wegvervoer)
E-fuels (Synthetische brandstoffen)	Brandstoffen geproduceerd door middel van hernieuwbare elektriciteit, water en CO ₂ of N ₂ . Bijvoorbeeld e-methanol, e-diesel, e-LNG, e-kerosine en e-ammoniak.

*Over de definitie van 'circulaire koolstof' blijkt onenigheid te bestaan. Volgens sommigen zou dit alleen slaan op gerecycled afval, volgens anderen op gerecycled afval en afgevangen CO₂. Daarbij zouden biograndstoffen ook aangeduid kunnen worden als 'hernieuwbare koolstof'. In dit project sluiten we ons, om verwarring te voorkomen, aan bij de brede definitie van circulaire koolstof (afval, biograndstof én afgevangen CO₂), zoals deze ook wordt gehanteerd door andere organisaties in het veld (bijv. PBL, ISPT, Plastics Europe).



Managementsamenvatting WP2A en B

Achtergrond

Om de emissiereductie- en circulariteitsdoelstellingen te behalen, zal het gebruik van fossiele grondstoffen moeten worden uitgefaseerd. Hierbij moet het grondstoffen verbruik niet alleen worden **verminderd**, maar moeten fossiele grondstoffen ook worden **vervangen** door duurzame grondstoffen voor de productie van motorbrandstoffen en chemicaliën.

Het **verminderen** van het gebruik van grondstoffen kan bereikt worden op verschillende manieren. Als eerste door het verhogen van de energie- en grondstof- efficiëntie van productieprocessen en eindverbruik. Tegelijkertijd kan vraagvermindering naar chemische producten en brandstoffen door veranderingen in consumptiepatronen en gedrag leiden tot een lagere aanspraak op grondstoffen. Daarnaast moet zo veel mogelijk directe elektrificatie en indirecte elektrificatie (waterstof, ammoniak) van het energetisch eindverbruik plaatsvinden bij alle toepassingen van warmte en kracht.

Omdat koolstof essentieel is voor zowel motorbrandstoffen als chemicaliën, moeten andere (niet-primair fossiele) koolstofbronnen worden ingezet. **Vervangen** van fossiele bronnen wordt bereikt door:

- Inzet van biograndstoffen
- Inzet van plastic afval via mechanische en chemische recycling
- Inzet van afgevangen CO₂ als grondstof

Dit project richt zich op deze drie routes. Het doel van dit werkpakket is om de mogelijke aanspraak op niet-fossiele koolstofbronnen voor de productie van motorbrandstoffen en basischemicaliën richting 2050 in kaart te brengen en in systeemperspectief te plaatsen. Daarom vergelijken we de toekomstvisies van de twee belangrijkste koolstofsectoren met onafhankelijke systeemstudies en systeemanalyses met computermodellen. Daarbij lichten we uitkomsten van de meest recente scenariostudie van TNO in meer detail toe, waarbij de twee scenario's ADAPT en TRANSFORM zijn doorgerekend met het OPERA model. Daarbij bij analyseren we:

- De geprojecteerde productvraag en de aard van de circulaire koolstofbronnen die daarvoor nodig zijn
- De beschikbaarheid en totale inzet van circulaire koolstofbronnen
- De industriële processen die nodig zijn voor het ontsluiten van grondstoffen en het maken van producten

TNO scenario's voor een klimaatneutraal energiesysteem: ADAPT & TRANSFORM

In de scenariostudie van TNO van 2024, worden twee scenario's uitgewerkt en doorgerekend met behulp van het energiesysteemmodel OPERA. De scenario's zijn gebaseerd op twee toekomstbeelden voor Nederland voor de periode 2030-2050: ADAPT en TRANSFORM. In beide toekomstbeelden dalen de broeikasgasemissies en worden de klimaatdoelstellingen gehaald. De manier waarop dat gebeurt verschilt.

- **ADAPT: gedeeltelijk circulair**

- De huidige levensstijl wordt gehandhaafd en de economische structuur blijft behouden, waaronder een sterke industriesector.
- Fossiele energiedragers kunnen gebruikt blijven worden en worden klimaatneutraal gemaakt door toepassing van CO₂-opslag.
- Verduurzaming van fossiele brandstoffen die als grondstof worden gebruikt wordt niet nagestreefd. Ook gelden er beperkte ambities om brandstoffen voor internationale lucht en scheepvaart (waarvan de emissies buiten de Nederlandse klimaatdoelstelling vallen) te verduurzamen.

- **TRANSFORM: bijna volledig circulair**

- Nederlandse en Europese burgers zijn bereid hun gedrag aan te passen met als motivatie hun CO₂-voetafdruk te verminderen. Als gevolg van deze leefstijlverandering verandert de mobiliteitsvraag en de vraag naar industriële en agrarische producten (bijvoorbeeld minder vraag naar vlees).
- De CO₂-opslag wordt beperkt tot wat nodig is om moeilijk te reduceren broeikasgassen te compenseren met negatieve emissies (vastleggen van niet-fossiele CO₂).
- Voor de productie van chemicaliën geldt verplicht aandeel circulaire koolstof oplopend tot 80% in 2050. Daarnaast de brandstoffen voor internationale lucht- en scheepvaart in 2050 volledig verduurzaamd zodat geen broeikasgasemissies kunnen ontstaan.

De belangrijkste scenarioparameters zijn samengevat in onderstaande tabel. De genoemde percentages zijn minimumeisen, die als input dienen voor de scenario's. Voor een uitgebreider overzicht van de scenario parameters wordt verwezen naar Appendix C.

Belangrijkste doelstellingen voor raffinage en chemie	ADAPT			TRANSFORM		
	2030	2040	2050	2030	2040	2050
Nationale emissiereductiedoel	55%	80%	100%	55%	80%	100%
Emissiereductiedoel internationale luchtvaart	-	30%	50%	-	53%	100%
Emissiereductiedoel internationale zeevaart	-	45%	50%	-	70%	100%
Aandeel circulaire koolstof voor productie van chemicaliën	0%	0%	0%	0%	40%	80%

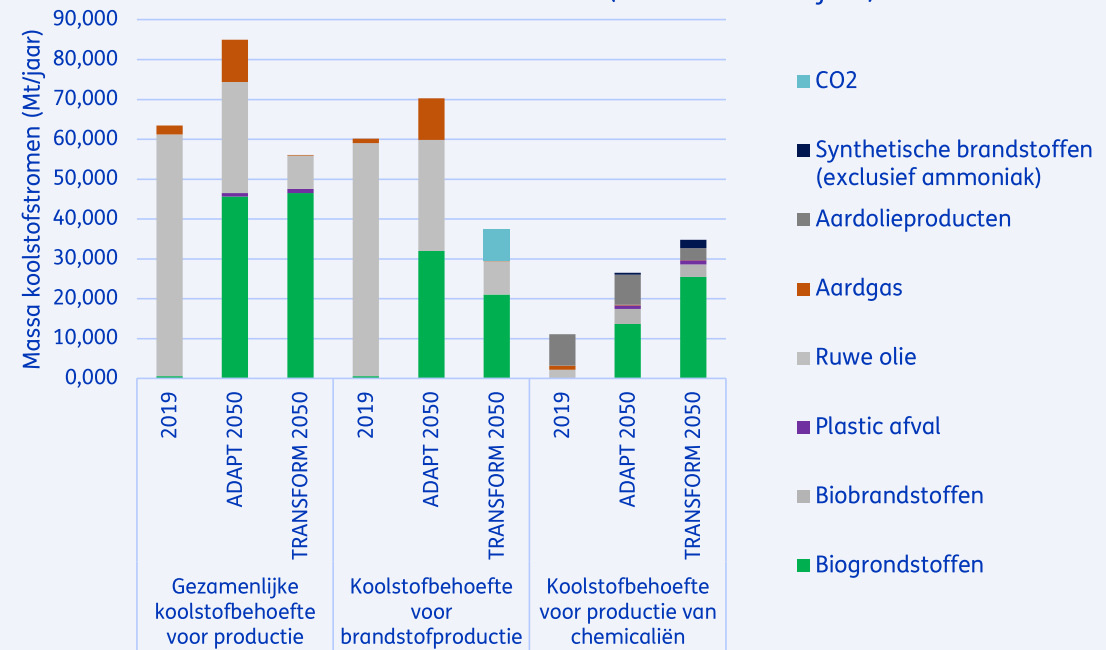
Hoofdboodschappen

- De systeemanalyses middels computermodellen laten zien dat de Nederlandse koolstofindustrie moet inzetten op de recycling van plastic, CO₂-opslag, biograndstoffen en hernieuwbare elektriciteit om bij te dragen aan de Nederlandse klimaatambities.
- De verschillende systeemanalyses laten zien dat in alle sectoren de vraag naar biograndstoffen, gerecyclede plastics en naar hernieuwbare elektriciteit sterk zal stijgen van nu tot 2050, om zo in de energievraag en de vraag naar producten te voorzien onder de randvoorwaarden van emissiereductie- en circulariteitsdoelstellingen. Deze bronnen zijn echter beperkt beschikbaar, zowel binnen Nederland als daarbuiten. Daarom is het belangrijk om in te zetten op zowel het verminderen van de vraag naar koolstofhoudende producten, als op het vergroten van de beschikbaarheid van circulaire koolstofbronnen voor Nederland. Als het aanbod niet op tijd toeneemt, zullen de kosten voor het behalen van de klimaat- en circulariteitsdoelstellingen verder stijgen door toenemende schaarste van circulaire koolstof, of zullen de doelen zelfs buiten bereik raken. Het opzetten van importketens voor biograndstoffen en gerecyclede plastics zal van strategisch belang zijn voor de chemie- en brandstoffensector in Nederland. Vooral biograndstoffen hebben een groot aandeel in de koolstofstromen in 2050.
- In de TNO scenario's zijn fossiele grondstoffen nog steeds onderdeel van het Nederlandse energiesysteem in 2050, maar aanzienlijk minder dan nu. Uit de modellering blijkt dat het kosten-effectiever is om in beperkte mate fossiele nafta en brandstoffen te blijven gebruiken in vergelijking met een volledig fossielvrij scenario. Om toch te voldoen aan de doelstelling om in 2050 net zero te zijn, wordt CO₂ die vrijkomt afgevangen en opgeslagen in lege gasvelden onder de Noordzee (CCS/BECCS).
- De opschaling van waterstofproductie uit elektrolyse is essentieel voor de productie van duurzame brandstoffen en chemicaliën. De bijbehorende vraag naar hernieuwbare elektriciteit zal een significant beslag leggen op de totale beschikbare capaciteit in Nederland. In 2050 zal waterstofproductie in beide scenario's ongeveer 30% van het totale elektriciteitsverbruik vertegenwoordigen. In beide TNO scenario's wordt er om die reden een significante importstroom van waterstof verwacht (141 PJ in ADAPT en 236 PJ in TRANSFORM in 2050).
- De processen die de industrie zal moeten inzetten om de alternatieve koolstofbronnen te ontsluiten (vergassen, pyrolyse) zijn in beide sectoren vergelijkbaar, waardoor er mogelijkheden zijn om hierin gezamenlijk op te trekken.

Hoe verhoudt de gezamenlijke koolstofbehoefte van beide sectoren zich tot de uitkomsten van verschillende toekomstbeelden, in de eerste plaats ADAPT en TRANSFORM voor de periode 2030-2050 zoals gemodelleerd in het OPERA model? (1/2)

- In beide TNO scenario's ADAPT en TRANSFORM zijn **fossiele grondstoffen** zoals aardolie en aardgas nog steeds onderdeel van het Nederlandse energiesysteem in 2050. Uit de modellering blijkt dat het kosteneffectiever is om in beperkte mate fossiele brandstoffen te blijven gebruiken en de daarbij vrijkomende CO₂-emissies af te vangen (CCS) en op te slaan in lege gasvelden onder de Noordzee, of door deze te compenseren met opslag van biogene CO₂ die vrijkomt bij omzetting van biograndstoffen naar brandstoffen en chemicaliën (BECCS).
- Het totale gebruik van **biograndstoffen** voor de productie van brandstoffen en chemicaliën in Nederland is in 2019 nog zeer klein, maar stijgt in beide TNO scenario's met een factor vier naar bijna 50 Mton (860-890 PJ), waarvan ~700 PJ voor de chemie- en brandstoffensector) in 2050. Hierbij is aangenomen dat maximaal 10% van het geschatte biomassapotentieel in Europa beschikbaar is voor import naar NL (551 PJ) en dat daarnaast nog ~150 PJ geïmporteerd kan worden van buiten de EU. In Nederland zal het leeuwendeel van de beschikbare biograndstoffen gebruikt worden voor de productie van brandstoffen en chemicaliën.
- Gerecycled plasticstromen** spelen naar verhouding een kleinere rol dan biogene koolstofbronnen in de TNO scenario's. Dit is het resultaat van aanname dat alleen het binnenlandse potentieel aan plastic afval beschikbaar is (~1 Mt). Wanneer uit wordt gegaan van significante import van plastic afval (zoals in de trajectverkenning klimaatneutraal van het PBL), wordt recycleat een relatief belangrijkere grondstof voor de plasticproductie, waarmee het beslag op schaarse biograndstoffen en waterstof kan worden beperkt.

Overzicht totale koolstofstromen in 2019 en 2050 volgens TNO scenario's ADAPT en TRANSFORM (in Mt materiaal/jaar)



*De gezamenlijke koolstofbehoefte kijkt af van de individuele sectorbehoefte vanwege verwevenheid tussen sectoren. Aardolieproducten, synthetische en biograndstoffen uit de brandstofproductie worden gebruikt in de chemie. Deze stromen worden bij de gezamenlijke behoefte uitgesloten om dubbelrekeningen te voorkomen.

Hoe verhoudt de gezamenlijke koolstofbehoefte van beide sectoren zich tot de uitkomsten van verschillende toekomstbeelden, in de eerste plaats ADAPT en TRANSFORM voor de periode 2030-2050 zoals gemodelleerd in het OPERA model? (2/2)

Brandstoffen

- Zowel de VEMOBIN visie als de TNO scenario's laten een meer dan halvering van koolwaterstof-brandstof productie (fossiel, bio-based, e-based) in Nederland zien, van de 57 Mt in 2019 naar 2050. Deze afname komt voor het grootste deel door verminderde vraag naar benzine en diesel, als gevolg van elektrificatie van het wegverkeer.
- De belangrijkste brandstofmarkten in 2050 zijn bunkerbrandstoffen voor internationale luchtvaart en scheepvaart. Naar verwachting blijven bunkerbrandstoffen voor de luchtvaart gebaseerd op koolstof (bio- of e-SAF), terwijl de koolstofbehoefte in de scheepvaart voor een deel gereduceerd kan worden door het gebruik van ammoniak.
- Zowel de toekomstige vraag, als de invulling van type scheepsbrandstof kennen een hoge onzekerheid. Daarnaast is nog niet duidelijk hoe de emissies van de internationale lucht- en scheepvaart mee zullen tellen voor de Europese klimaatdoelstellingen. De TNO scenario's laten zien dat wanneer er hogere emissiereductiedoelstellingen verondersteld worden in de lucht- en scheepvaart, meer fossiele grondstoffen worden vervangen door biogene en synthetische brandstoffen.

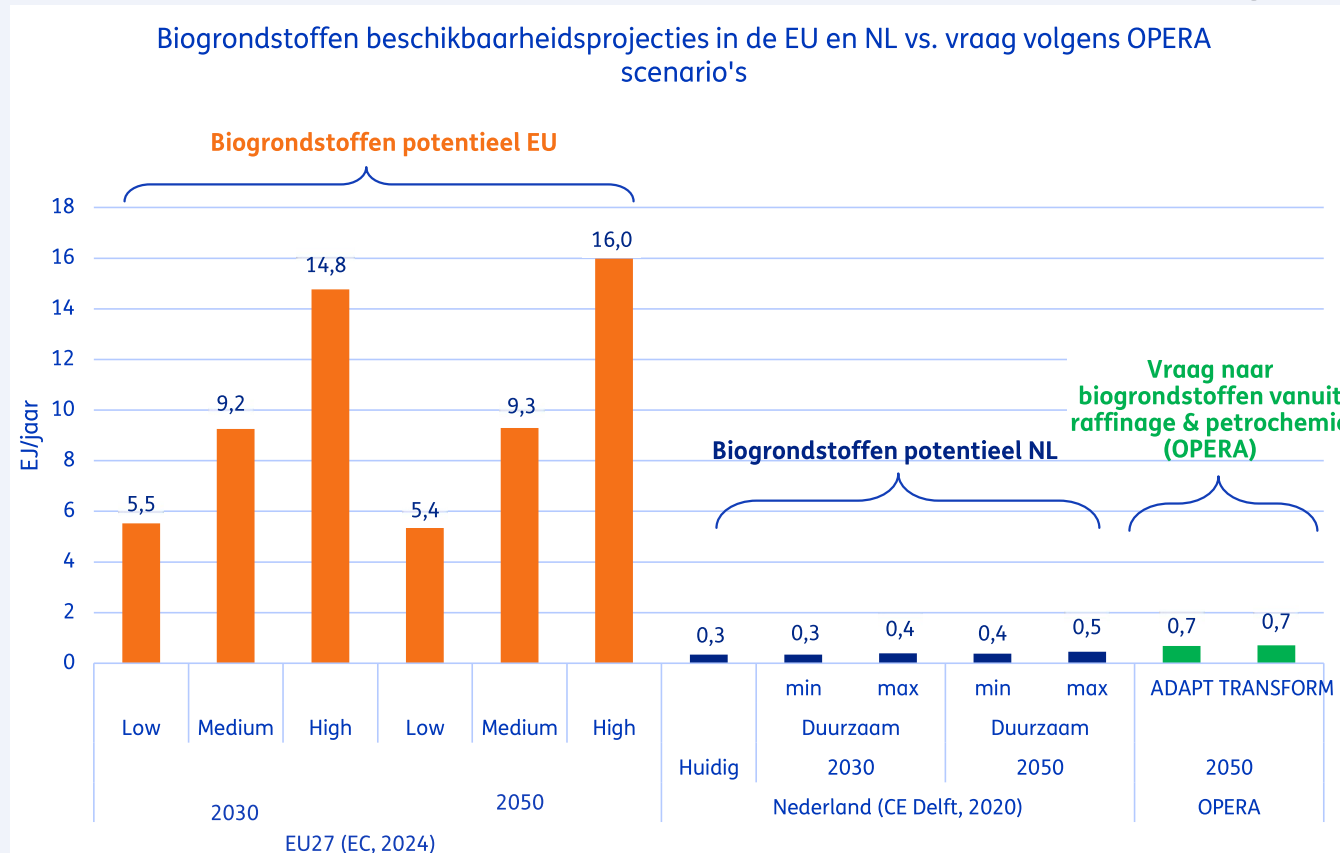
Chemicaliën

- De VNCI visie en de TNO scenario's voorzien dat fossiele feedstocks en energiedragers (gedeeltelijk) zullen worden vervangen door een combinatie van biograndstoffen, gerecyclede plastics en synthetische brandstoffen. Wanneer er een hogere doelstelling wordt gehanteerd voor het aandeel niet-primair fossiele grondstoffen, wordt de inzet van biograndstoffen en synthetische brandstoffen hoger. Dit leidt ertoe dat de inzet van biograndstoffen in de lucht- en scheepvaart daalt, en de productie van synthetische bunkerbrandstoffen (e-kerosine en e-ammoniak) stijgt.

Methanol

- Methanol krijgt in de TNO scenario's een belangrijke rol als grondstof voor de productie-routes van olefinen en aromaten, en als brandstof voor scheepvaart. De productie van methanol is hierin niet gekoppeld aan één sector. Omdat geen van beide sectoren op dit moment methanol produceert, ligt het nog niet voor de hand welke sector dit zou kunnen oppakken.

Wat zijn de koolstofbronnen die nodig zullen zijn voor de chemie- en brandstoffen sector, en waar in Europa en in de wereld zijn ze beschikbaar en in welke hoeveelheid? – Biograndstoffen



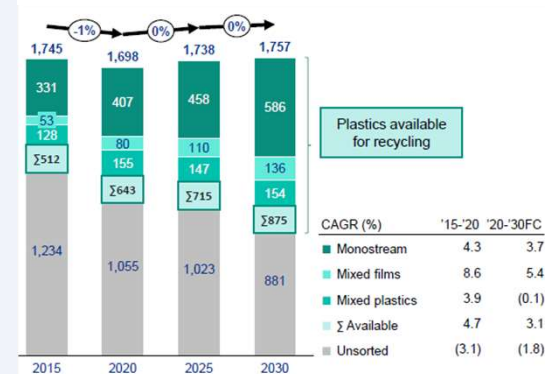
- De toekomstige beschikbaarheid van biomassa kent een hoge onzekerheid en hangt af van een groot aantal factoren, zoals overheidsbeleid van mondiale tot lokale schaal, maatschappelijk draagvlak, investeringsbereidheid en de efficiëntie van het verbouwen en winnen van biomassa.
- Het totale Nederlandse biomassapotentieel zal naar verwachting niet aan de toekomstige vraag van de chemie- en brandstoffensector kunnen voldoen. Het opzetten van biomassa importketens zal daarom van strategisch belang zijn voor de chemie- en brandstoffensector in Nederland. Op Europese schaal zal er voor de periode 2030-2050 naar verwachting wel voldoende biomassa beschikbaar kunnen komen om aan de vraag vanuit de Nederlandse chemie en brandstoffen voor lucht- en zeevaart te voldoen.
- Er zal echter ook vraag zijn vanuit andere landen en sectoren, zowel in de EU als mondiaal. Wanneer het gaat over de verdeling van schaarse biograndstoffen, wordt vaak gesproken over het "fair share" principe. Beleid zal ook bij de verdeling van biomassa een belangrijke rol spelen. Daarnaast betreft het een mondiale markt, waarin economische principes als marktdynamiek en kosten van substituten als e-moleculen een rol spelen.

Bronnen: Leguijt, C. (2020). Bio-Scope-Toepassingen en beschikbaarheid van duurzame biomassa. CE Delft.
 European Commission (2024) Development of outlook for the necessary means to build industrial capacity for drop-in advanced biofuels Annex 2 Report on Task 2.
 TNO (2024) OPERA model.

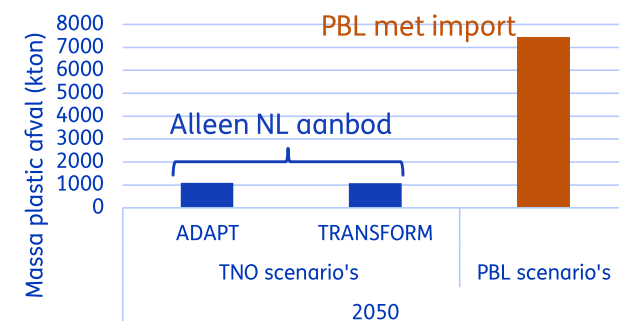
Wat zijn de koolstofbronnen die nodig zullen zijn voor de chemie- en brandstoffen sector, en waar in Europa en in de wereld zijn ze beschikbaar en in welke hoeveelheid? – Plastic afval

- Plastic afval wordt volgens de geanalyseerde toekomstbeelden voornamelijk ingezet in de chemie voor de productie van nieuwe plastics. De bijproducten en residuen van de kunststofrecycling kunnen ingezet worden in brandstoffen, worden gekraakt of omgezet worden in syngas.
- De toekomstige beschikbaarheid van plastic afval in Nederland dat weer gebruikt kan worden als grondstof, is afhankelijk van verschillende factoren zoals de totale hoeveelheid kunststof die in het afvalstadium komt (wat weer samenhangt met consumptie van plastic producten), de mate waarin kunststof uit het afval gescheiden wordt aan de bron, het rendement van scheidingsinstallaties en import-/exportdynamieken.
- Volgens KPMG zal het aanbod van plastic afval dat in Nederland beschikbaar komt voor recycling toenemen naar 875 kton in 2030. Volgens de aannames in het OPERA model, zal het totale aanbod van plastic afval in Nederland stijgen naar 1100-1400 kton in 2050, waarvan ~1000 kton beschikbaar is voor recycling. In de trajectverkenning van PBL wordt uitgegaan van **een significante import** van plastic afval in 2050 om in de grondstofbehoefte van de industrie te voorzien.
- Om aan de verwachte vraag naar gerecycled plastic te voldoen, kan de beschikbaarheid vergroot worden door een aantal maatregelen, zoals het reduceren van export van plastic uit Nederland en uit de EU, het sorteren van afvalstromen die momenteel grotendeels ongesorteerd zijn (zoals huishoudelijk en industrieel restafval), het verhogen van het rendement van sorteersystemen, design-for-recycling en het verbeteren van scheidingstechnieken (KPMG, 2023). Daarnaast zou plastic ook geïmporteerd kunnen worden, als afval of als intermediaire (bijvoorbeeld pyrolyse-olie).

Overzicht output kunststoffen die beschikbaar komen voor recycling in Nederland, kton. (KPMG, 2023)



Plastic afval beschikbaar voor recycling



Bron: TNO (2024) Towards a sustainable energy system for the Netherlands in 2050. KPMG (2023) Plastic feedstock for recycling in the Netherlands.

Welke processen/technologieën worden ingezet in 2050 in de TNO scenario's?

Het OPERA model bevat een database van meer dan 650 technologie opties waar het uit kan kiezen. De mogelijke technologieën worden in de OPERA database opgenomen wanneer ze een TRL niveau hebben van 6 of hoger. Er gelden wel restricties op de inzet van een aantal technologieën, zoals wanneer de technologie beschikbaar komt, en fysieke en beleidsmatige beperkingen. Welke technologieën worden ingezet is het resultaat van kostenoptimalisatie, rekening houdend met de scenario inputs, de geldende beleidsdoelstellingen, de techno-economische aannames per technologie, leereffecten, de kosten van de benodigde grondstoffen en energiedragers en de aannames over beschikbaarheid.

Voor de brandstoffen- en chemiesector zijn de volgende technologieën onderdeel van een kostenoptimaal systeem in de ADAPT en TRANSFORM scenario's:

Motorbrandstoffen:

- Raffineren van ruwe olie neemt af, en wordt vervangen door een aantal verschillende processen waarmee biograndstoffen worden ontsloten.
- Voor produceren van [scheepvaart bunkerbrandstoffen](#): hydroprocessing (lipiden), reforming (bio-methaan), vergassen (biomassa) en hydrogeneren (CO₂) gevolgd door synthese van Fischer-Tropsch liquids en methanol.
- Voor produceren van [luchtvaart brandstoffen](#): vergassen (biomassa) en hydrogeneren (CO₂) voor Fischer-Tropsch synthese.

Basischemicaliën:

- Kraken van koolwaterstoffen voor de productie van [olefinen](#) blijft een belangrijk proces. Wanneer de technologie daarvoor beschikbaar komt wordt elektrisch kraken een belangrijke route. Dehydratie van ethanol en methanol-to-olefins vervangen kraken als productieproces maar worden gelimiteerd door de beschikbaarheid van biograndstoffen en plastic afvalstromen.
- De [voeding van krakers](#) verandert. Fossiele grondstoffen uit raffinage worden voor een deel vervangen door alkanen die worden gesynthetiseerd uit syngas. Dit syngas wordt geproduceerd door vergassing van biomassa en hydrogeneren van CO₂
- Voor de productie van [aromaten](#) worden raffineren en kraken vervangen door de productie van bio-aromaten.
- [Methanol](#) wordt in beide OPERA scenario's geproduceerd door reforming van bio-gas, hydrogeneren van CO₂ en vergassen van ligno-cellulose stromen. Wanneer de vraag naar methanol als brandstof sterk stijgt in het ADAPT-2050 scenario wordt hierin voorzien door reforming. In TRANSFORM hebben vergassen en hydrogeneren een belangrijk aandeel.

WP2A en B

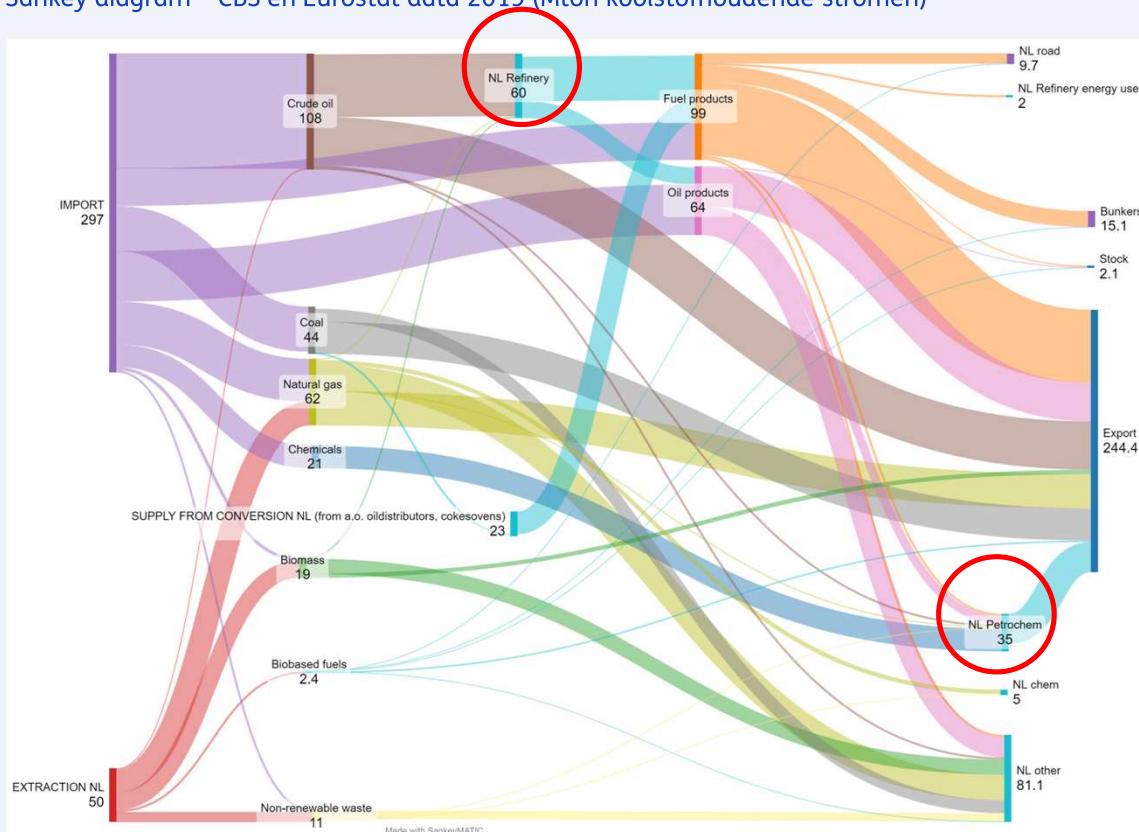
Hoofdstuk 1:

**Sectoren in
systeemperspectief**



De productie van koolstof-gebaseerde motorbrandstoffen en basischemicaliën in Nederland speelt een belangrijke rol voor export en voor binnenlands gebruik

Sankey diagram – CBS en Eurostat data 2019 (Mton koolstofhoudende stromen)*



Door de gunstig gelegen zeehavens speelt Nederland een belangrijke rol bij de invoer van ruwe olie, olieproducten en brandstoffen in Noordwest Europa. Daarom is er in Nederland een groot raffinage-cluster dat zorgt voor de eerste verwerking van ruwe olie tot verschillende fracties.

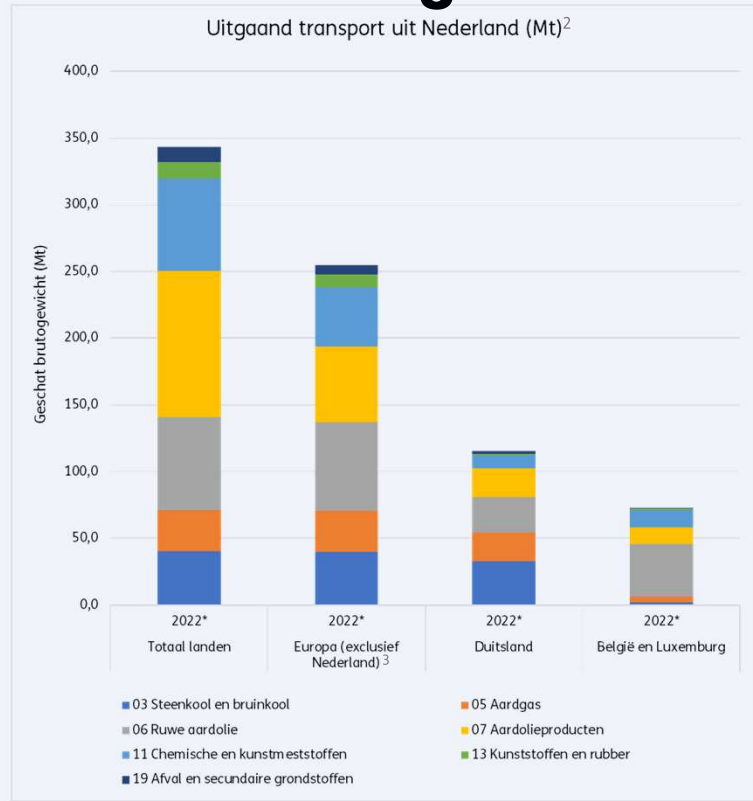
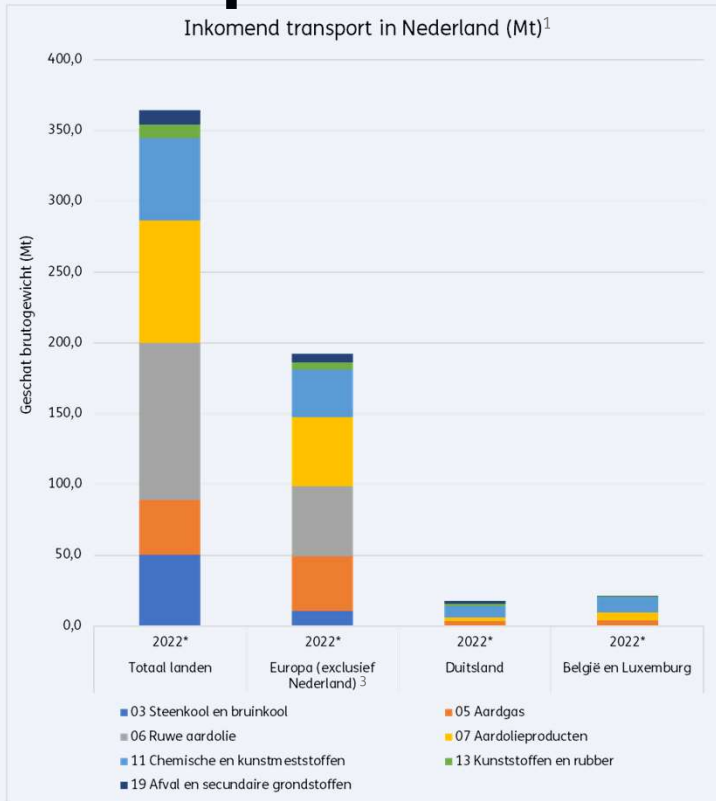
Door deze schaalgrootte is er in Nederland niet alleen een groot volume, maar ook een breed aanbod van grondstoffen voor verdere verwerking tot functionele chemicaliën en materialen. Dit heeft geresulteerd in een groot verbonden chemie super-cluster in Nederland, Vlaanderen en West-Duitsland.

Naast de productieactiviteiten in Nederland hebben zich dan ook grote handelsstromen ontwikkeld voor brandstoffen, olefinen, methanol en aromaten naar het achterland. Een aanzienlijk deel van de in Nederland geproduceerde brandstoffen en chemicaliën wordt geëxporteerd. Daarnaast vindt wederuitvoer plaats.

De Nederlandse raffinagesector verwerkt ongeveer 60 Mton ruwe olie van de 108 Mton die wordt geïmporteerd. De petrochemie sector verwerkt ongeveer 10 Mton grondstoffen op een totale stroom van 35 Mton chemicaliën door Nederland.

* Dit diagram is een herbewerking van CBS data over de Nederlandse energiebalans van 2019 en product handelsstromen, aangevuld met een extra detailniveau over bunkers, niet-biogene afval en biobrandstoffen op basis van Eurostat data. Voor meer details, zie Appendix A.

Duitsland en België zijn voor Nederland de belangrijkste handelspartners voor koolstofhoudende grondstoffen en producten

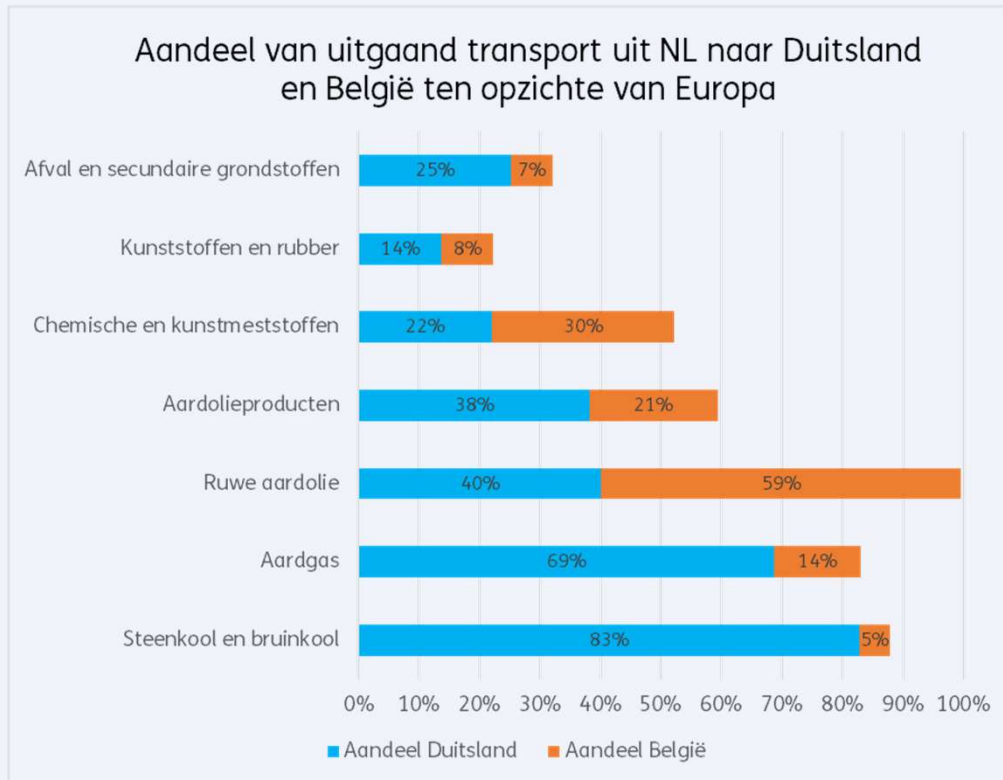


- Duitsland en België zijn de belangrijkste exportpartners voor koolstofhoudende grondstoffen en producten (zie ook slide 21). In 2022 werden respectievelijk 115 en 73 Mt aan koolstofhoudende stromen naar deze landen getransporteerd.
- NB: De data die weergegeven zijn in deze figuur en in het Sankey-diagram op slide 19 komen niet helemaal overeen. Dit komt doordat in deze grafieken ook niet-koolstofhoudende stromen ingebegrepen zijn in de overkoepelende categorieën zoals kunstmest en rubber. Daarnaast verschilt het zichtjaar.

- 1) **Inkomend transport** is het totaal aan goederen dan binnen het grondgebied van Nederland is gebracht. Het is de som van invoer, inkomende quasi-doorvoer, inkomende transportdoorvoer en het saldo entrepotopslag.
- 2) **Uitgaand transport** is het totaal aan goederen dat vanuit het grondgebied van Nederland naar het buitenland is gebracht. Dit is de som van uitvoer, quasi-doorvoer, uitgaande transportdoorvoer en entrepot doorvoer.
- 3) **Europa** omvat alle landen in het werelddeel Europa, ongeacht het lidmaatschap aan de Europese Unie. Hier zijn dus Rusland, Turkije en het Verenigd Koninkrijk o.a. bij inbegrepen.

Bron: CBS (2023) Internationale handel en doorvoer. [StatLine - Internationale handel en doorvoer: waarde, gewicht, goederen, vervoerwijze \(cbs.nl\)](https://statline.cbs.nl)

Duitsland en België zijn voor Nederland de belangrijkste exportpartners voor koolstofhoudende grondstoffen en producten



- Gezamenlijk ontvangen Duitsland en België in 2022 99% van de geëxporteerde ruwe olie, 88% van de kolen, 83% van het aardgas en 59% van de aardolieproducten, ten opzichte van de export naar andere Europese landen.

WP2A en B

Hoofdstuk 2:

**Vergelijking
sectorvisies met
uitkomst van
systeemmodellen**



WP2A en B

Hoofdstuk 2.1:

Koolstofgebaseerde producten en de vervanging van fossiele grondstoffen



Dalende productie koolwaterstof brandstoffen in NL en vervanging van fossiel aandeel door biograndstoffen

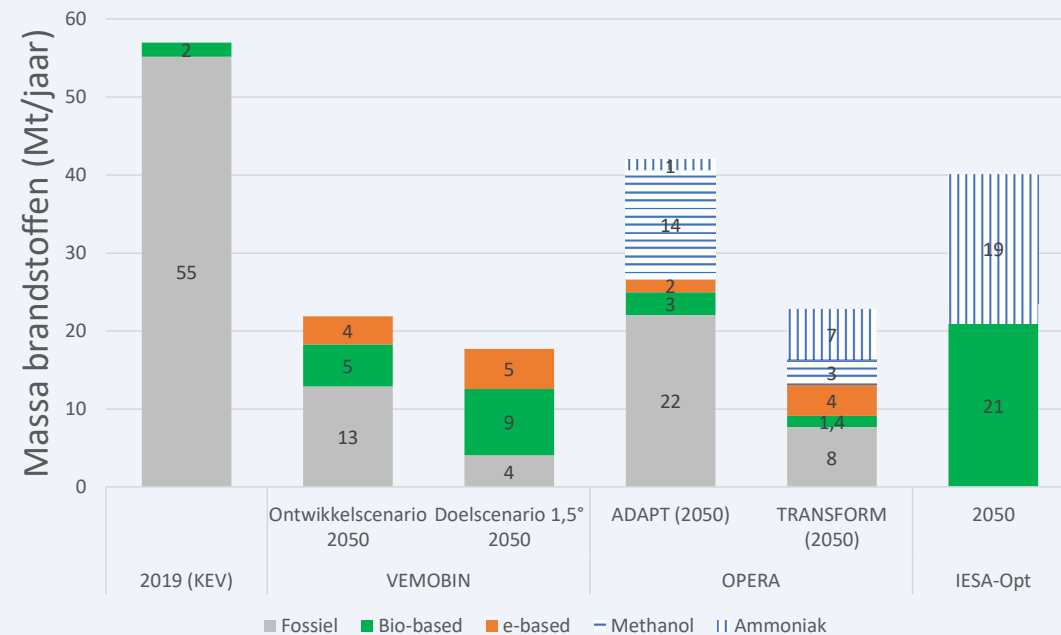
Vraagontwikkeling

- Zowel de VEMOBIN visie als de systeemmodellen laten een meer dan halvering van koolwaterstof-brandstof productie (fossiel, bio-based, e-based) in Nederland zien, van de 57 Mt in 2019 naar 2050. Deze afname komt voor het grootste deel door verminderde vraag naar benzine en diesel, als gevolg van elektrificatie van het wegverkeer.
- De OPERA scenario's voorzien een koolwaterstof-brandstof productie in Nederland tussen 12 en 27 Mt per jaar. Daarnaast worden in Nederland tussen 10 en 15 Mt methanol en ammoniak geproduceerd die als brandstof worden ingezet.
- In het TRANSFORM scenario worden lagere vraagvolumes aangenomen, vanwege veranderingen in consumptie.
- Het IESA-Opt model voorziet een productie-behoefte in Nederland van 21Mt per jaar van biologische oorsprong, en van 19 Mt ammoniak. Hierbij wordt ook uitgegaan van export van brandstoffen.

Aandeel koolstofbronnen

- De mate waarin fossiele brandstoffen worden vervangen, is het resultaat van de sectorale emissiereductiedoelstellingen die zijn aangenomen (zie slide 11). In het TRANSFORM scenario worden hogere emissiereductiedoelstellingen verondersteld in de lucht- en scheepvaart, waardoor het verbruik van fossiele grondstoffen volledig wordt vervangen door biogene en synthetische brandstoffen. In ADAPT blijft er een groter aandeel fossiel.
- Het IESA-Opt model voorziet dat koolwaterstof brandstoffen grotendeels gebaseerd zijn op biograndstoffen, die door middel van vergassing worden omgezet.

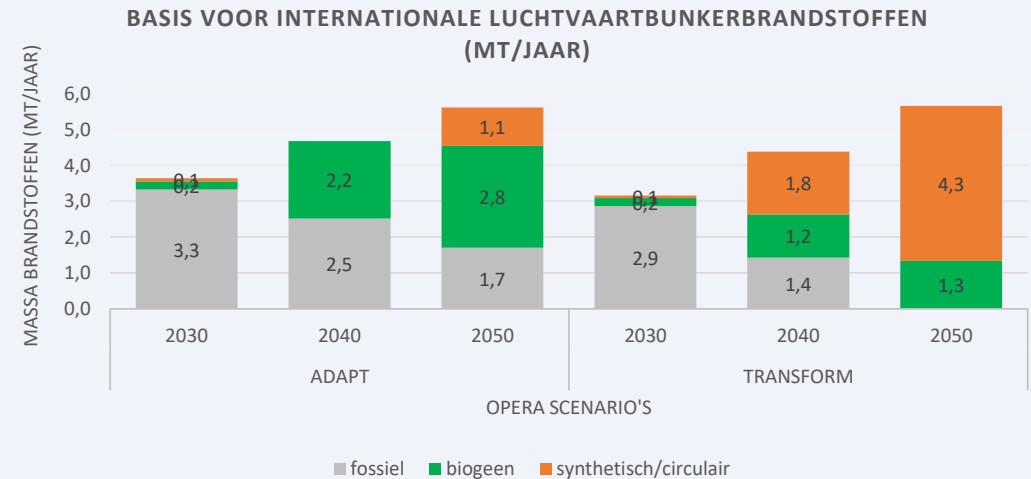
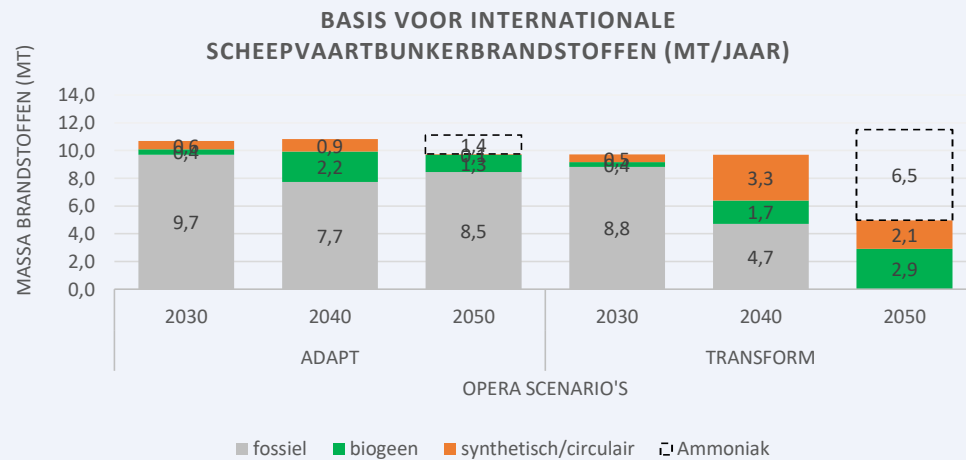
Brandstoffen productie voor NL wegtransport, bunkers en export



De focus van deze grafiek is om de oorsprong van koolstof van koolwaterstof-brandstoffen weer te geven. Om de resultaten van de VEMOBIN en TNO scenario's vergelijkbaarder te maken, is ervoor gekozen om ammoniak en methanol apart weer te geven (deze vallen niet binnen de scope van de VEMOBIN scenario's).

Bron: TNO (2024) Towards a sustainable energy system for the Netherlands in 2050.

Bunkerbrandstoffen voor de luchtvaart blijven gebaseerd op koolstof, terwijl deze in de scheepvaart voor een deel kunnen worden vervangen door ammoniak



Bunkerbrandstoffen voor de internationale zeescheepvaart

Voor de internationale zeescheepvaart zal, naast koolwaterstofbrandstoffen, ook ammoniak een rol kunnen gaan spelen. In de OPERA scenario's wordt verondersteld dat deze toepassing pas in 2050 kan worden gerealiseerd omdat de technologie nog moet worden ontwikkeld.

Doordat er in ADAPT minder strenge emissiereductiedoelstellingen op de scheepvaart worden aangenomen, blijven fossiele brandstoffen vanuit kostenperspectief aantrekkelijk (waarbij zware stookolie vervangen wordt door LNG en fossiele methanol, die een lagere emissiefactor hebben). In TRANSFORM worden fossiele scheepsbrandstoffen volledig vervangen door biogene en synthetische alternatieven. Ook daalt de vraag naar brandstoffen door een combinatie van efficiëntie verbeteringen en veranderingen in consumptiegedrag.

Bunkerbrandstoffen voor de internationale luchtvaart

In de scenario's is aangenomen dat alleen koolwaterstoffen voldoende energiedichtheid hebben om luchtvaart op de lange afstand te realiseren. Wellicht is elektrisch vliegen op de lange termijn wel mogelijk.

Wederom leiden de strengere emissiedoelstellingen voor de luchtvaart (in TRANSFORM) tot een volledige vervanging van fossiele brandstoffen door biogene koolstof en synthetische kerosine gemaakt uit CO₂, terwijl in ADAPT nog gedeeltelijk gebruik wordt gemaakt van fossiele kerosine. Synthetische kerosine krijgt in TRANSFORM relatief een grotere rol dan bio-kerosine, omdat de beperkte biograndstoffen eerst worden ingezet voor de productie van high-value chemicals, ten gevolge van het target op het gebruik van niet-fossiele feedstocks in de chemie.

Methanol is een grondstof in een van de productie-routes van olefinen en aromaten, maar is ook direct inzetbaar als brandstof voor scheepvaart en wegtransport. De inzet als brandstof overschaduwet die van grondstof

In 2019 werd in Nederland niet tot nauwelijks methanol geproduceerd, wel werd veel methanol geïmporteerd (2,6 Mt) en geëxporteerd (2 Mt).

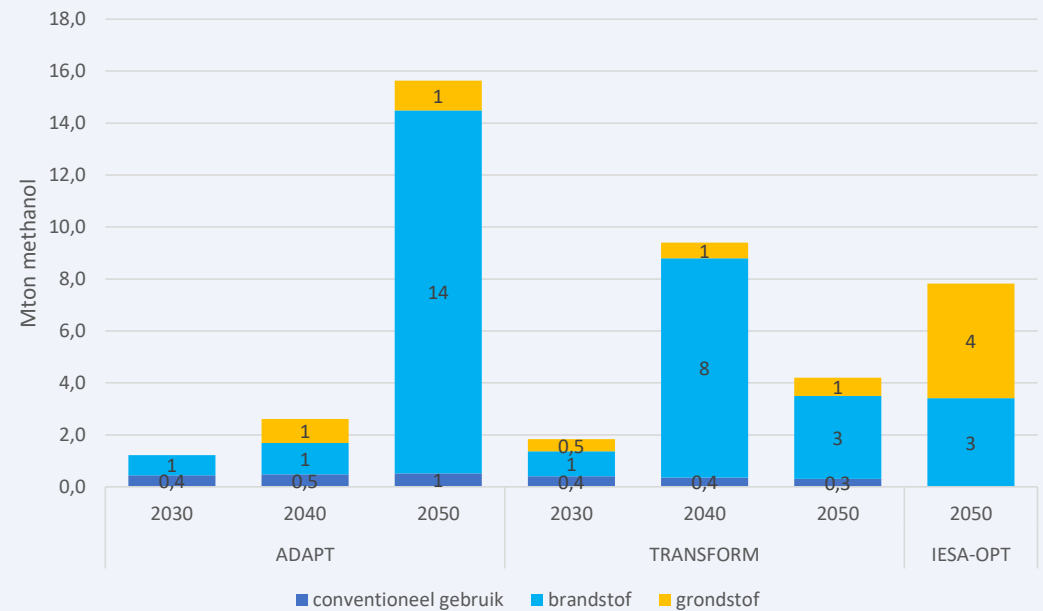
Methanol wordt gemaakt uit syngas, net als Fischer-Tropsch liquids. Omdat methanol vloeibaar is bij omgevingscondities laat het zich gemakkelijk opslaan en vervoeren. Omdat slechts één synthese-stap nodig is vanaf syngas, blijven de omzettingsverliezen beperkt.

OPERA kent een beperkte vraag naar methanol als exogeen opgegeven (conventioneel gebruik), de rest (brandstof en grondstof) wordt door het model endogeen bepaald. In het ADAPT scenario neemt de behoefte aan methanol sterk toe, met name als brandstof voor scheepvaart. In het TRANSFORM scenario neemt het gebruik van methanol eerst sterk toe voor scheepvaart, maar wordt het daarna grotendeels vervangen door ammoniak.

In het IESA-Opt model wordt methanol gebruikt voor de productie van brandstof (syn-kerosine en syn-diesel), en ook voor de productie van syn-naphtha en direct als grondstof voor chemie. Het wordt in IESA-Opt niet **direct** als brandstof ingezet.

De productie van methanol is in de analyses niet gekoppeld aan een sector. Omdat geen van beide sectoren op dit moment methanol produceert, ligt er geen sector voor de hand die dit zou kunnen oppakken.

Inzet van methanol per toepassing in NL



De productie van aromaten, olefinen en methanol in Nederland is richting 2050 afhankelijk van de veronderstelde consumptieverandering. Doelstellingen op hoger aandeel recyclaat leiden tot een grotere vervanging van fossiele grondstoffen

De VNCI visie en de TNO scenario's voorzien dat fossiele feedstocks en energiedragers (gedeeltelijk) zullen worden vervangen door een combinatie van biograndstoffen, gerecyclede plastics en synthetische brandstoffen.

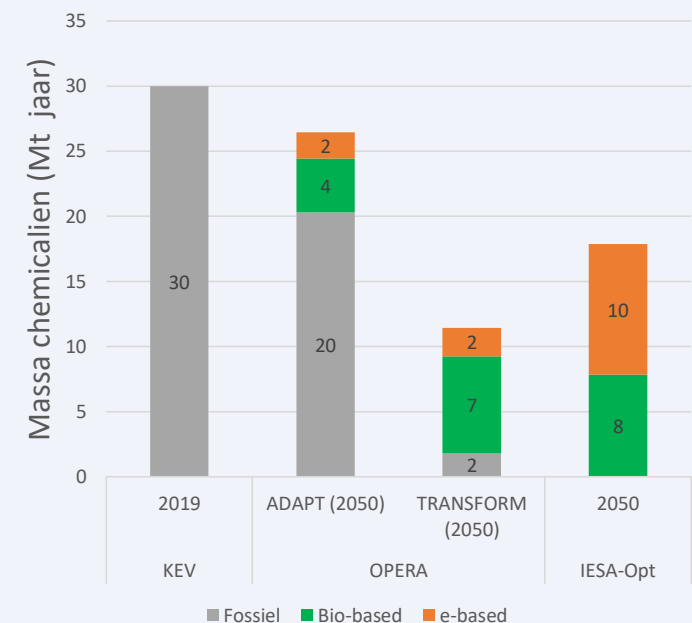
Vraagontwikkeling

- De productie van basischemicaliën (aromaten, olefinen en methanol) was in 2019 ongeveer 30 Mton. Een deel van de aromaten is afkomstig uit raffinage en is hierbij inbegrepen.
- Beide OPERA projecties laten een vraagontwikkeling zien. De grote toename in het ADAPT (2050) scenario is met name doordat methanol wordt ingezet als brandstof. De vraag in het TRANSFORM scenario (2050) is in lijn met de vraag in 2019.
- De IESA-Opt projectie omvat een productie van 10 Mt e-methanol uit CO₂, waaruit basischemicaliën en brandstof worden geproduceerd. Uit bio-massa wordt 8 Mt syn-naphtha geproduceerd. Beiden worden verder ingezet als brandstof en grondstof.

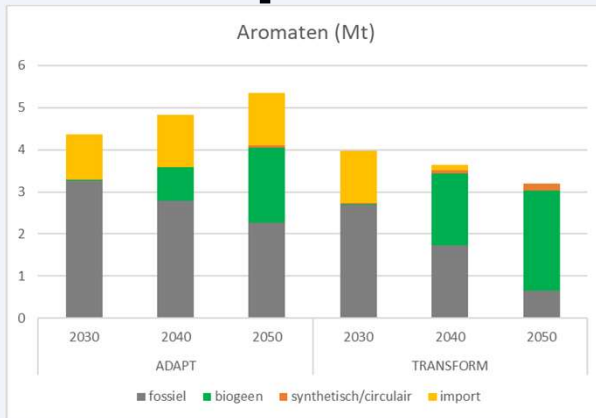
Aandeel koolstofbronnen

- Wanneer er een hogere doelstelling wordt gehanteerd voor het aandeel niet-primair fossiele grondstoffen, wordt de inzet van biograndstoffen en synthetische brandstoffen hoger. Dit leidt ertoe dat de inzet van biograndstoffen in de lucht- en scheepvaart daalt, en de productie van synthetische bunkerbrandstoffen (e-kerosine en e-ammoniak) stijgt
- In het ADAPT scenario wordt de (brandstof) methanol geproduceerd uit fossiele bronnen. In het TRANSFORM scenario wordt er veel minder methanol als brandstof ingezet. Net als de aromaten en olefinen is deze dan voornamelijk van biogene oorsprong.
- De grondstoffen voor chemicaliën in het IESA-Opt model bestaan uit CO₂ (e-methanol) en biograndstoffen (bio-syn-naphtha). Er worden geen fossiele grondstoffen ingezet.

Huidige en toekomstige productie van basischemicaliën in NL



Het TRANSFORM scenario laat een grotere vervanging van fossiel zien dan ADAPT, met name door biogene grondstoffen. Voor aromaten wordt import voorzien

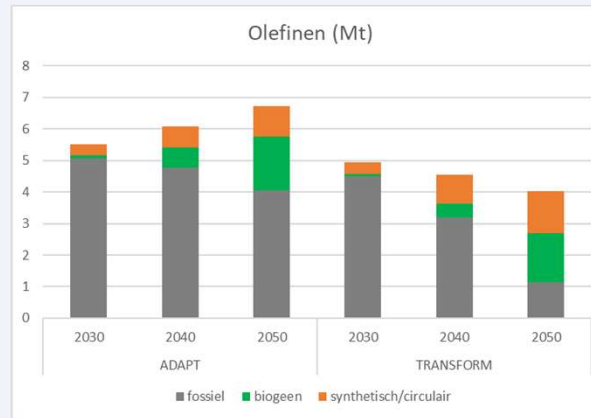


Aromaten

ADAPT gaat uit van een stijging van de vraag en TRANSFORM van een daling (dit is een exogene parameter in de scenario's).

Aanbod van fossiele aromaten wordt geleverd door olieraffinage. De import van aromaten is een exogene parameter, waarbij de oorsprong van koolstof niet is gespecificeerd.

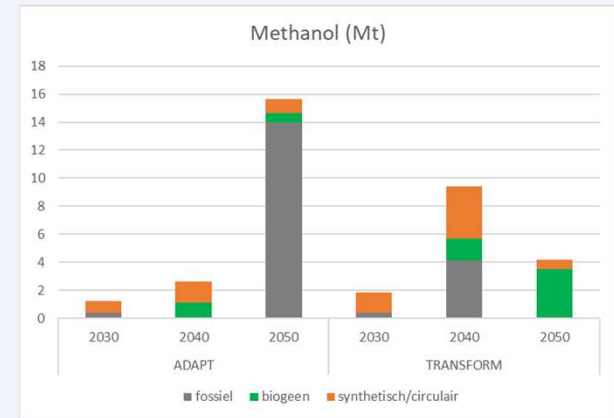
Het OPERA model vult die vraag in vanuit met name fossiel en biogeen, en nauwelijks via synthetische/circulaire routes.



Olefinen

ADAPT gaat uit van een stijging en TRANSFORM van een daling van de vraag (dit is een exogene parameter in de scenario's).

Fossiele grondstoffen zijn belangrijk voor de productie van olefinen, en blijven dat ook in het ADAPT scenario. In het TRANSFORM scenario vermindert de hoeveelheid fossiel aanzienlijk, niet alleen door een daling van de vraag, maar ook door vervanging van fossiele door biogene en synthetisch/circulaire grondstoffen.



Methanol

De vraag naar methanol vertoont een andere trend dan olefinen en aromaten. Methanol is namelijk niet alleen inzetbaar als grondstof maar ook als brandstof.

De sterke inzet van fossiel in 2050 (ADAPT) en 2040 (TRANSFORM) voor de productie van methanol wordt met name veroorzaakt door de behoefte aan brandstof.

Vergelijking met Trajectverkenning PBL

- In de studie 'Trajectverkenning Klimaatneutraal Nederland in 2050' (hierna: TVKN) heeft het PBL onderzocht hoe de weg naar een klimaatneutraal Nederland eruit zou kunnen zien. Hiervoor is, net als in de TNO scenariostudie, het OPERA model gebruikt, maar zijn andere scenario's gedefinieerd. Dat betekent dat dezelfde technologie opties (incl. kostenparameters) aangenomen zijn als in de TNO studie, maar dat o.a. de volume ontwikkeling van vraagsectoren en de aannames over beschikbaarheid van koolstofbronnen anders zijn. In TVKN worden drie scenario's uitgewerkt waarbij gevarieerd wordt met de beschikbaarheid van biograndstoffen en waterstof en de mate waarin het uitfasering van fossiele grondstoffen wordt nagestreefd. Er wordt niet gevarieerd op productie en consumptie.
- De uitkomsten van de PBL en TNO studie wijzen ongeveer in dezelfde richting, maar er zijn ook verschillen aan te wijzen. De belangrijkste overeenkomsten en verschillen worden hier geduid.
- Beide studies voorzien een grote rol voor **biograndstoffen** voor de productie van chemicaliën en bunkerbrandstoffen. De totale inzet van biograndstoffen in de TNO studie (860-890 PJ) ligt in de bandbreedte van de beschikbaarheid volgens TVKN (700-1300 PJ). Het verschil tussen deze bandbreedtes is het resultaat van een andere aanpak voor het bepalen van het importpotentieel van biograndstoffen (zie slide 54). Omdat de productiekosten van biogene brandstoffen en feedstocks lager liggen dan die van synthetische alternatieven, worden alle beschikbare biograndstoffen ingezet in alle scenario's.
- Het recyclen van **plastic afval** als grondstof voor de chemie speelt in TVKN een relatief grotere rol. Dit komt omdat import van plastics in TVKN wel is meegenomen, terwijl dit in de TNO scenario's wordt uitgesloten. Hierbij wordt uitgegaan van 260 PJ plastic afval, wat ongeveer gelijk staat aan 7 Mt, terwijl in de TNO studie uitgegaan wordt van ongeveer 1 Mt aan plastic afval.
- **CO₂-afvang en -opslag** is in alle geanalyseerde scenario's nodig om klimaatneutraliteit te bereiken. Dit betreft zowel de opslag van CO₂ die vrijkomt bij biobrandstofproductie (BECCS) als van fossiele emissies (CCS). In de TVKN scenario's wordt tussen de 20 en 40 Mt aan CO₂ opslag capaciteit aangenomen. In de TNO scenario's 15-40 Mt.

WP2A en B

Hoofdstuk 2.2:

**Inzet van
grondstoffen en
energie**



Leeswijzer bij de Sankey diagrammen

Op de volgende twee pagina's worden twee Sankey diagrammen weergegeven van de twee TNO scenario's ADAPT en TRANSFORM. Deze figuren tonen hoe de koolstofstromen in 2050 in de twee toekomstbeelden door de verschillende sectoren heen lopen. Deze zijn gebaseerd op de energiestromen die uit het OPERA-model komen (in PJ) en zijn omgerekend naar massa stromen (Megatonnen, Mt). Alle stromen zijn afgerond op hele getallen, waardoor alle stromen kleiner dan 500 kton niet zichtbaar zijn. De stromen zijn de som van energetisch en niet energetisch verbruik.

Hierbij is de volgende legenda behulpzaam bij het interpreteren van de figuren:

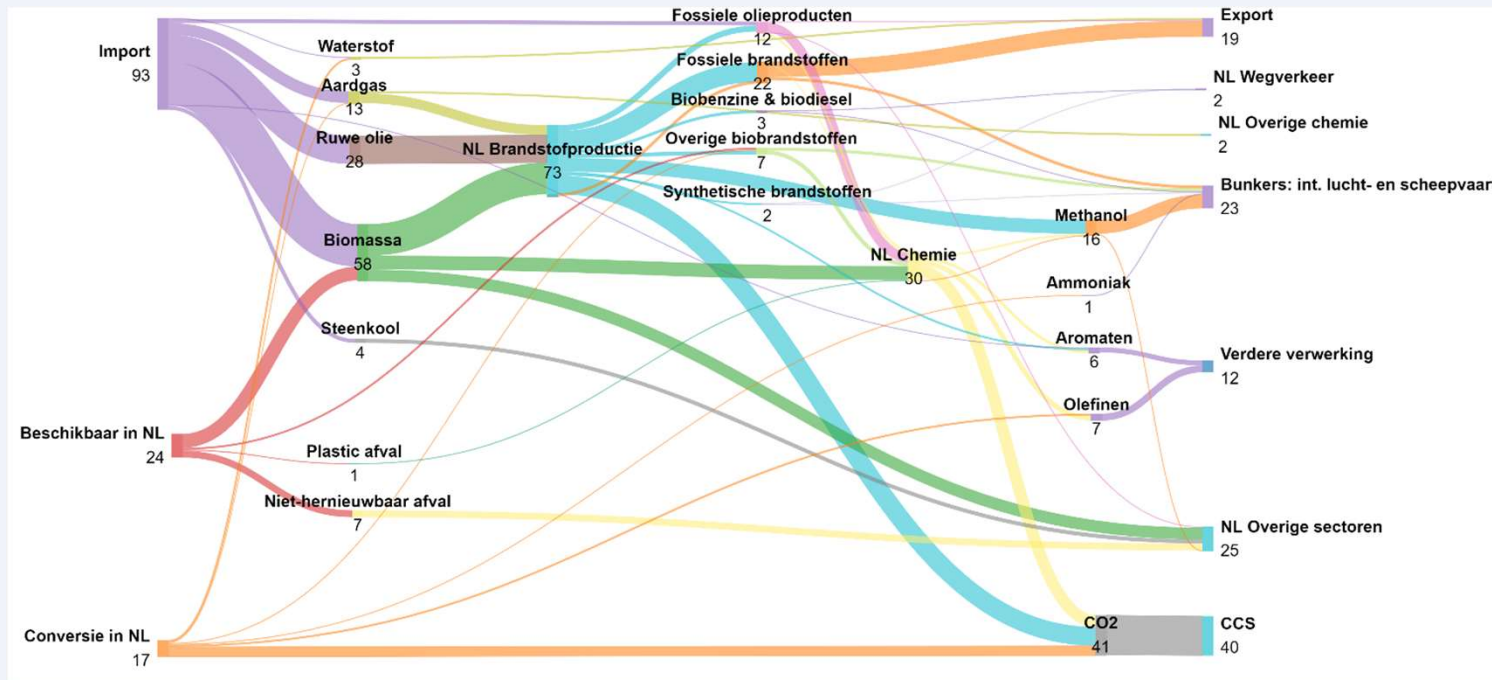
- **Fosseile olieproducten** = LPG + nafta + overige olieproducten
- **Fossiele brandstoffen** = restgassen + benzine+ diesel + kerosine + stookolie
- **Biobenzine & biodiesel** = biobenzine + biodiesel (incl. bioDME)
- **Overige biobrandstoffen** = alle biobrandstoffen, behalve biobenzine, biodiesel, bioDME
- **Synthetische brandstoffen** = Synthetische brandstoffen, zoals e-kerosine. E-methanol en e-ammonia zijn apart weergegeven
- Voor **methanol** geldt dat het een mix van bio, synthetisch en circulair is
- **NL overige sectoren** = Andere industrie (o.a. metaal, papier, textiel, voedingsmiddelen), energiebedrijven, bouw, land- en tuinbouw, visserij, water en afvalverwerking, diensten, huishoudens, cokesfabrieken, hoogovens
- **Bunkers** = brandstoffen voor internationale lucht- en scheepvaart
- **Plastic afval** = gerecycled plastic dat apart is ingezameld. Dit is de enige "echte" circulaire stroom die apart in OPERA zit, en die valt dus buiten "**niet-hernieuwbaar afval**", de niet-organische fractie in gemengd huisvuil.

In ADAPT wordt voor de chemie uitgegaan van een groeiende vraag, inclusief export. In TRANSFORM is de vraag naar chemicaliën 40% lager ten opzichte van ADAPT.

Voor de brandstoffen zijn ADAPT en TRANSFORM gebaseerd op de Nederlandse mobiliteitsbehoefte (inclusief bunkerbrandstoffen voor de internationale lucht- en zeevaart). **Productie van brandstoffen voor export is niet meegenomen** in de modellering van de brandstofbehoefte. De volumes voor 2050 zijn immers op dit moment moeilijk in te schatten. Dat wil echter niet zeggen, dat er in 2050 geen export van brandstoffen zal plaatsvinden.

TNO scenario's: Sankey-diagram ADAPT 2050

Sankey diagram - ADAPT 2050 (Mton koolstofhoudende stromen)



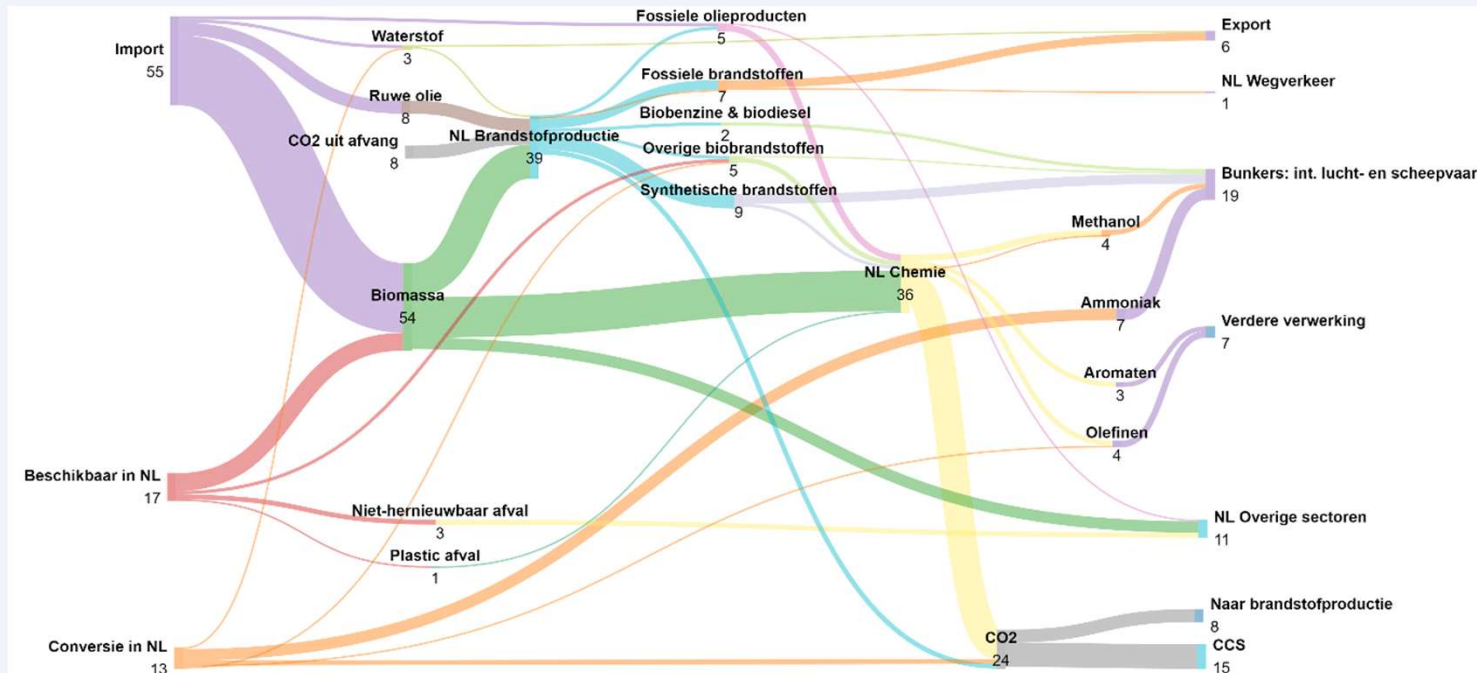
NB: De raffinaderijen voorzien de chemie in 2050 van een beperkte hoeveelheid fossiele nafta. In het productieproces voor de nafta worden tegelijkertijd fossiele brandstoffen als 'bijproduct' geproduceerd. Deze worden in zowel ADAPT als TRANSFORM grotendeels geëxporteerd. Dit verklaart de geringe hoeveelheid export van fossiele brandstoffen (19 Mton in ADAPT), die, ondanks het uitsluiten van export in de modellering van de brandstofbehoefte, zichtbaar is in de Sankeydiagrammen.

Inzichten ADAPT 2050:

- Door minder ambitieuze doelstellingen voor verduurzaming van bunkerbrandstoffen en chemicaliën wordt het gebruik van fossiele koolstofbronnen in de raffinage voortgezet. De raffinage voorziet in producten voor export, brandstoffen voor lucht en scheepvaart, en koolwaterstoffen voor de productie van chemicaliën.
- Daarom bestaat er een grote rol voor CCS om CO₂ doelstellingen te behalen. CO₂ wordt onder andere uit bio-processen afgevangen, omdat CO₂ in relatief hoge concentratie vrijkomt en de kosten voor afvang (waaronder energiekosten) lager uitkomen dan CO₂-afvang verbrandingsgassen van installaties die nog fossiele brandstoffen gebruiken.
- Biomassa, ruwe olie en aardgas zijn de belangrijkste koolstofbronnen voor de raffinage.
- Biomassa, fossiele nafta en biofuels zijn de belangrijkste koolstofbronnen voor chemie.

TNO scenario's: Sankey-diagram TRANSFORM 2050

Sankey diagram - TRANSFORM 2050 (Mton koolstofhoudende stromen)

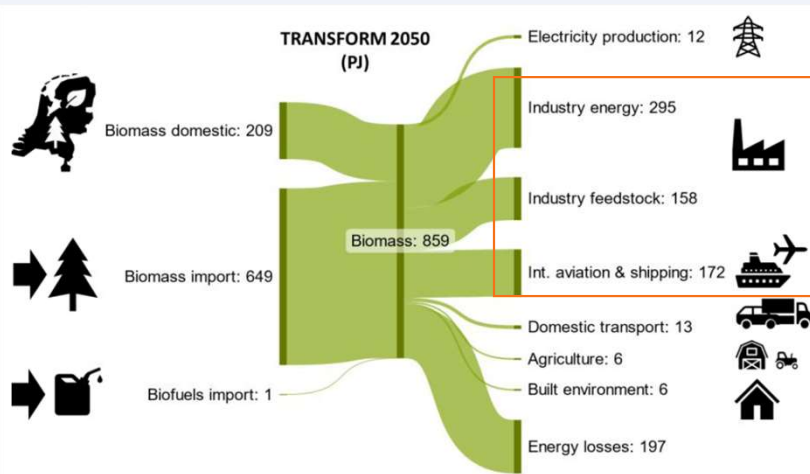
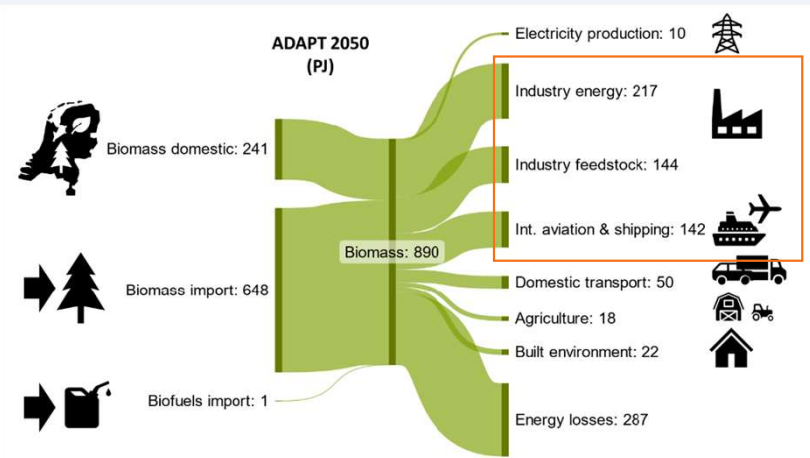


Inzichten TRANSFORM 2050:

- De totale hoeveelheid koolstof in het systeem is 40% lager dan in ADAPT, vanwege de lagere vraag naar chemicaliën en brandstoffen.
- Gebruik van fossiele grondstoffen wordt voortgezet, maar het verbruik van deze grondstoffen ligt lager dan in ADAPT. Daarom is er een kleinere rol voor CCS weggelegd om klimaatdoelstellingen te behalen.
- Vergeleken met ADAPT bevatten bunkerbrandstoffen een groter aandeel synthetische brandstoffen. Dit komt doordat er minder bio-kerosine beschikbaar is door de competitie met inzet van biomassa in de productie van chemicaliën.
- Het gebruik van aardgas en kolen is in 2050 helemaal uitgefaseerd.
- Biomassa en ruwe olie zijn de belangrijkste koolstofbronnen voor de raffinage.
- Biomassa is de belangrijkste koolstofbron voor de chemie.

NB: De raffinaderijen voorzien de chemie in 2050 van een beperkte hoeveelheid fossiele nafta. In het productieproces voor de nafta worden tegelijkertijd fossiele brandstoffen als 'bijproduct' geproduceerd. Deze worden in zowel ADAPT als TRANSFORM grotendeels geëxporteerd. Dit verklaart de geringe hoeveelheid export (6 Mton in TRANSFORM) van fossiele brandstoffen, die, ondanks het uitsluiten van export in de modellering van de brandstofbehoefte, zichtbaar is in de Sankeydiagrammen.

TNO resultaten: Het gebruik van biogene koolstofbronnen is in ADAPT en TRANSFORM in 2050 ruim 4 keer groter dan nu



In 2019 werd ongeveer 200 PJ (~19 Mt) biograndstoffen ingezet voor de productie van elektriciteit en warmte, met name door bijstook in kolencentrales.

Inzichten uit beide scenario's:

- Het gebruik van biograndstoffen stijgt aanzienlijk richting 2050. Het grootste deel van deze benodigde biograndstoffen zal geïmporteerd moeten worden uit het buitenland.
- Biogene koolstofbronnen zullen met name worden gebruikt in de chemische industrie (als energiebron of grondstof) en voor de productie van biobrandstoffen. In TRANSFORM zijn de vraagvolumes voor chemie en brandstoffen groter, vanwege de hogere duurzaamheidsambities in beide sectoren.
 - De biobrandstoffen worden met name ingezet als bunkerbrandstoffen voor de internationale lucht- en scheepvaart.
- De resultaten tonen competitie van de inzet van beschikbare biomassa in de beide sectoren: hogere targets voor het aandeel niet-fossiele koolstof in chemicaliën in het TRANSFORM scenario verlagen de inzet van biobrandstoffen in de luchtvaart, en verhogen daarmee de inzet van synthetische brandstof (e-kerosine).
- Een deel van de biomassa wordt gebruikt om groen gas te maken voor de gebouwde omgeving en de industrie.
- De hoeveelheid biograndstoffen die in de scenario's ADAPT en TRANSFORM wordt ingezet, bevindt zich ruwweg in het midden van de beschikbaarheidsrange die het PBL aangeeft in de Trajectverkenning Klimaatneutraal Nederland 2050 (678 - 1289 PJ). Echter, wanneer we kijken naar de omvang van de industrie en het bereik van de emissiereductiedoelen, ligt het gebruiksniveau dicht bij de bovenkant van deze range in de TVKN.

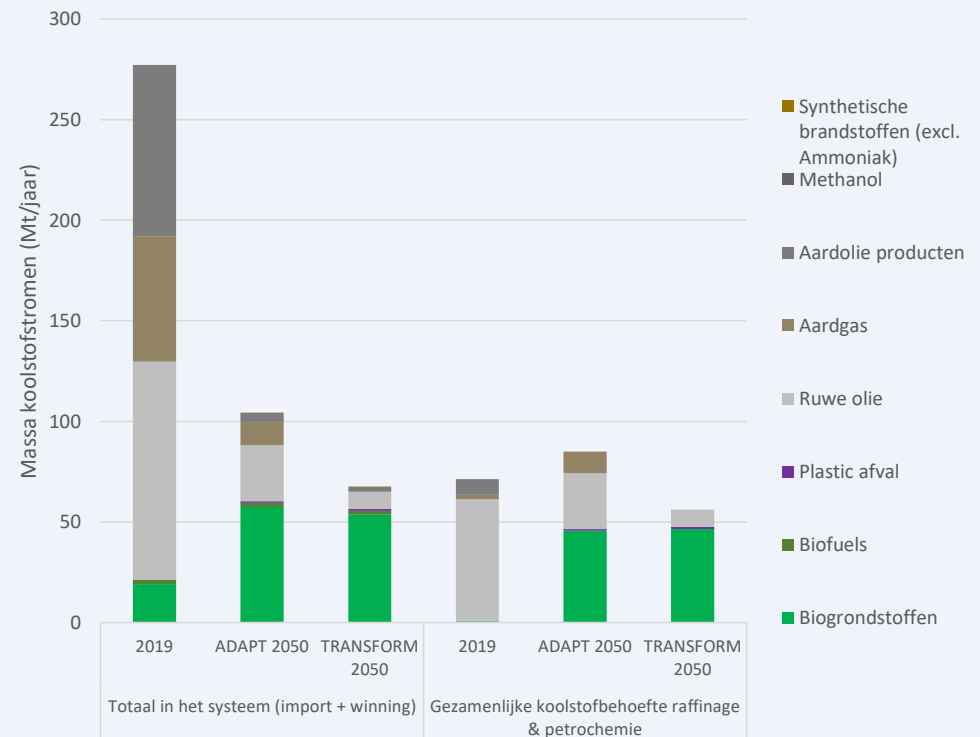
Bron: TNO (2024) Towards a sustainable energy system for the Netherlands in 2050.

PBL (2024) Trajectverkenning klimaatneutraal 2050: Trajecten naar een klimaatneutrale samenleving voor Nederland in 2050

TNO resultaten: Totale inzet van verschillende koolstofbronnen voor de chemie en raffinage

- De **totale grootte** van de stromen die het systeem invloeden (zichtbaar aan de linkerkant van de Sankey diagrammen) in 2019 is veel hoger dan uit de toekomstbeelden van TNO naar voren komt, omdat er momenteel grote export en doorvoer plaatsvindt in Nederland, die in de toekomstscenario's nauwelijks plaatsvindt. In TRANSFORM daalt de totale koolstofbehoefte, vanwege de aangenomen vraagvermindering door veranderde consumptiepatronen.
- Het totale gebruik van **biograndstoffen** door alle sectoren stijgt in beide scenario's met een factor vier ten opzichte van 2019.
- **Gerecycled plasticstromen** spelen naar verhouding een kleinere rol dan biogene koolstofbronnen in de TNO scenario's. Dit is het resultaat van aannames over de totale beschikbaarheid van deze koolstofbronnen. Wanneer uit wordt gegaan van **significante import** van plastic afval (zoals in de trajectverkenning klimaatneutraal van het PBL), wordt gerecycled een relatief belangrijkere grondstof voor de plasticproductie, waarmee het beslag op schaarse biograndstoffen en waterstof wordt beperkt.
- In beide TNO scenario's zijn **fossiele grondstoffen zoals aardolie en aardgas** nog steeds onderdeel van het Nederlandse energiesysteem in 2050. Uit de modellering blijkt dat het kosteneffectiever is om in beperkte mate fossiele brandstoffen te blijven gebruiken en de daarbij vrijkomende CO₂-emissies af te vangen (CCS) en op te slaan in lege gasvelden onder de Noordzee, of door deze te compenseren met opslag van biogene CO₂ die vrijkomt bij omzetting van biograndstoffen naar brandstoffen en chemicaliën (BECCS).

Overzicht totale koolstofstromen in 2019 en 2050 volgens TNO scenario's (in Mt materiaal/jaar)



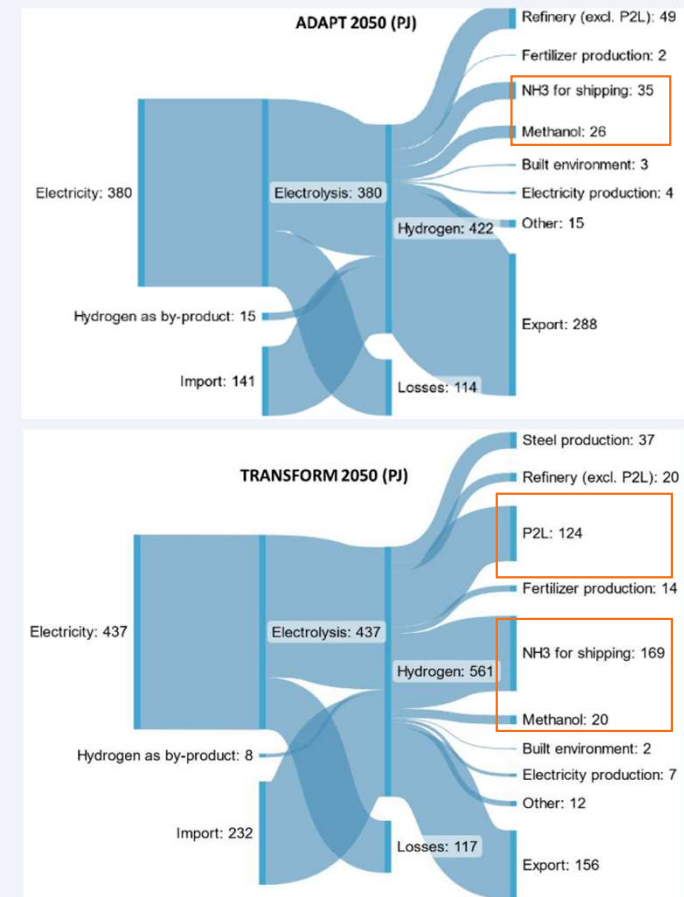
Bron: TNO (2024) Towards a sustainable energy system for the Netherlands in 2050.

PBL (2024) Trajectverkenning klimaatneutraal 2050: Trajecten naar een klimaatneutrale samenleving voor Nederland in 2050

De opschaling van waterstofproductie uit elektrolyse is essentieel voor de productie van duurzame brandstoffen en chemicaliën

- Momenteel wordt waterstof voornamelijk gebruikt voor de productie van kunstmest, voor raffinage, en de productie van chemicaliën. Huidige geschatte productie van waterstof is 180 PJ per jaar. Het gaat hierbij om verhandelbare waterstof, dat wil zeggen waterstof dat extern geleverd wordt en niet om waterstof dat binnen industriële productieprocessen geproduceerd en verbruikt wordt. In de toekomst, komen er nieuwe toepassingen van waterstof bij, zoals voor staalproductie en productie van e-fuels.
- In de TNO scenario's wordt groene waterstof in 2050 deels geproduceerd door electrolyzers en deels geïmporteerd van omliggende landen (per pijpleiding). Hierbij is aangenomen dat er een elektrolyser capaciteit van **15 GW** beschikbaar is in ADAPT en **21 GW** in TRANSFORM. Voor de totale productie van waterstof via electrolyzers is er tussen de **380-437 PJ (106-121 TWh)** aan hernieuwbare elektriciteit nodig.
- In TRANSFORM worden relatief meer synthetische brandstoffen voor de lucht- en scheepvaart geproduceerd, omdat er strengere duurzaamheidseisen gelden voor de productie van bunkerbrandstoffen en chemicaliën. Dit leidt tot een hogere vraag naar hernieuwbare waterstof:
 - Voor de productie van **Power-2-Liquids (P2L)** zoals e-kerosine voor de luchtvaart is ~44 TWh aan hernieuwbare elektriciteit voor nodig is.
 - Voor productie van **e-ammoniak** in de scheepvaart is ~61 TWh hernieuwbare elektriciteit
 - Voor de productie van **e-methanol** is ~7 TWh aan hernieuwbare elektriciteit nodig.

Deze vraag naar hernieuwbare elektriciteit zal een significant beslag leggen op de totale beschikbare capaciteit in Nederland. In 2050 zal waterstofproductie in beide scenario's ongeveer 30% van het totale elektriciteitsverbruik vertegenwoordigen



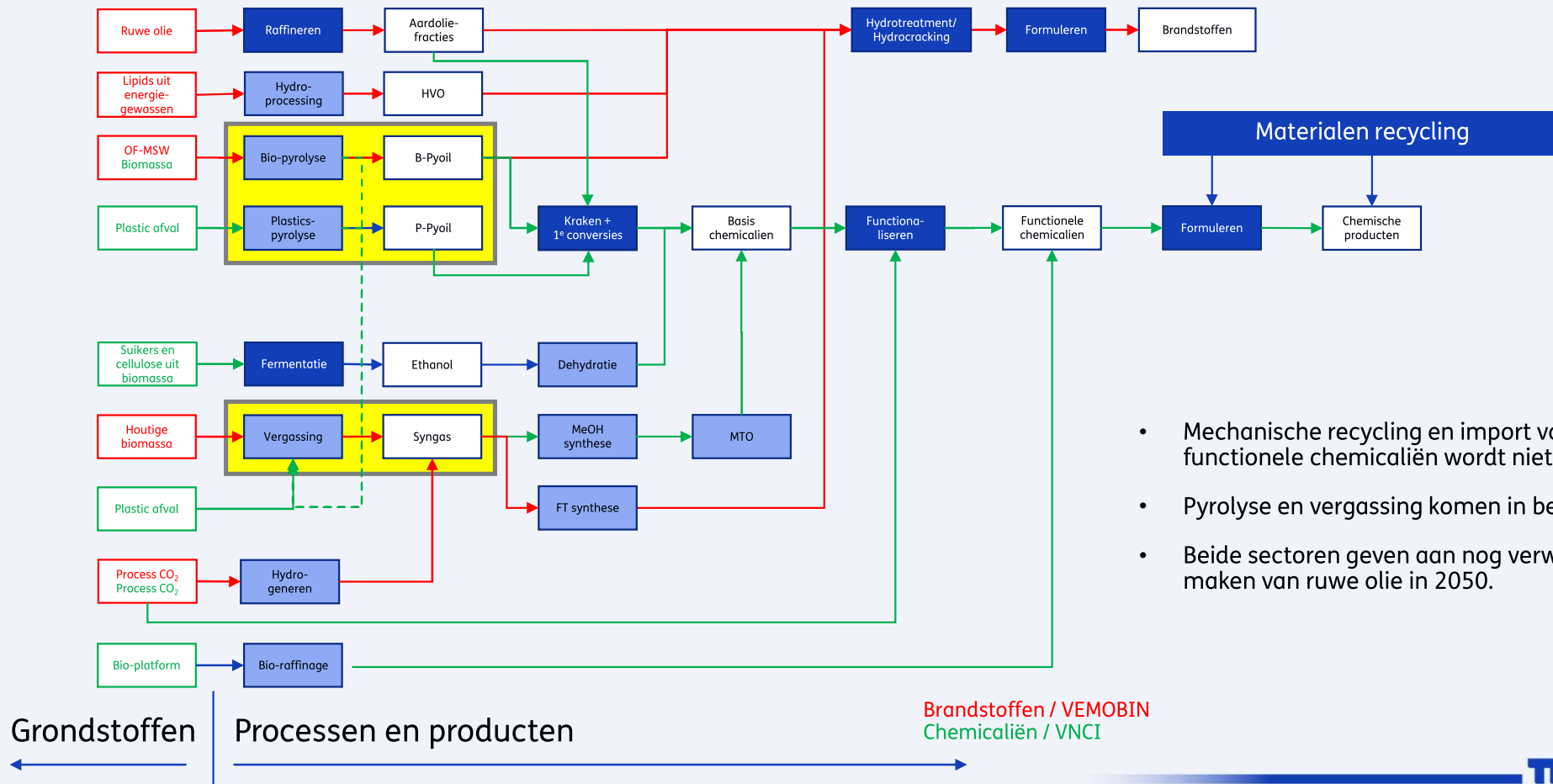
WP2A en B

Hoofdstuk 2.3:

**Productieroutes en
inzet van
technologie**



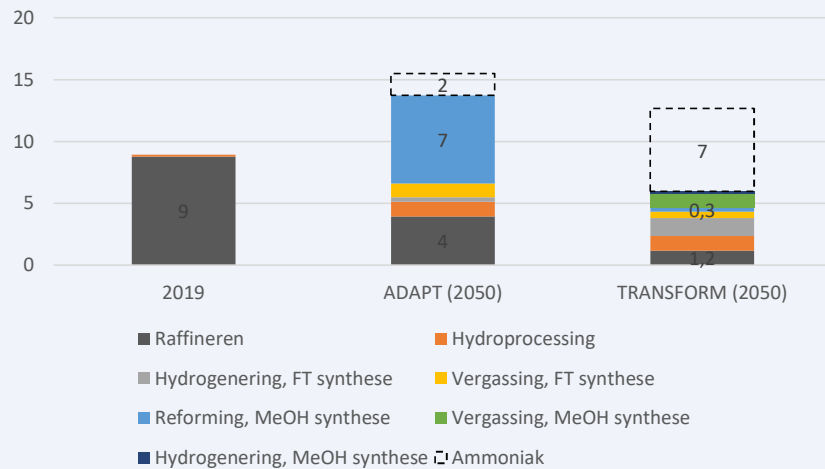
De sector-visies hebben de focus op biograndstoffen en plastic afvalstromen voor de productie van brandstoffen en basischemicaliën



- Mechanische recycling en import van basis- of functionele chemicaliën wordt niet verder uitgewerkt.
- Pyrolyse en vergassing komen in beide visies voor.
- Beide sectoren geven aan nog verwachten gebruik te maken van ruwe olie in 2050.

Voor scheepvaart bunkerbrandstoffen neemt raffineren van ruwe olie af. Daarvoor in de plaats komen hydroprocessing (lipiden), reforming (bio-methaan), vergassen (biomassa) en hydrogenering (CO₂) gevolgd door synthese van Fischer-Tropsch liquids en methanol

Processen voor de productie van scheepvaart bunkerbrandstoffen (Mt product)



De productie in 2019 is geschat uit (export + bunkers - import)

Tabel: capaciteit voor de productie van scheepvaart bunkerbrandstoffen gegroepeerd naar oorsprong uit processen, in Mt

	2019	ADAPT (2050)	TRANSFORM (2050)
Raffineren	8,8	3,9	1,2
Hydroprocessing	0,2	1,2	1,2
FT synthese		1,5	2,0
MeOH synthese		7,1	1,6
Hydrogenering		0,4	1,6
Vergassing		1,1	1,6
Reforming		7,1	1,2

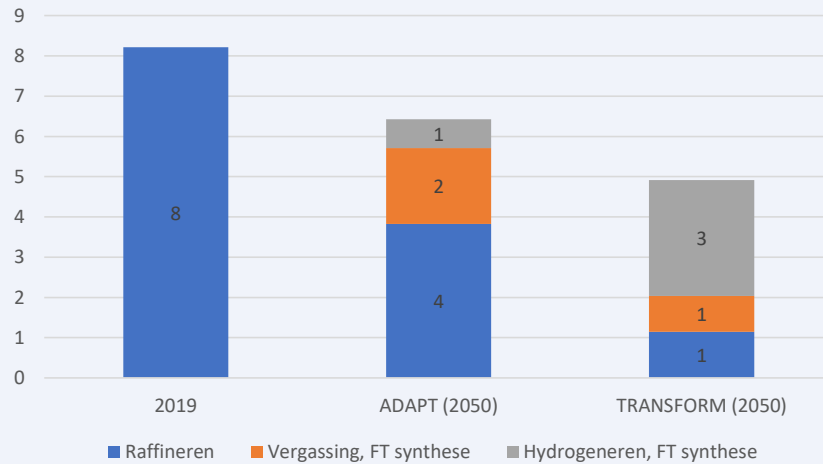
Het volume scheepvaart bunkerbrandstoffen uit raffinage neemt af, in TRANSFORM meer dan in ADAPT.

In ADAPT is er een grote rol voor reforming van bio-methaan en direct gekoppeld daaraan methanol synthese. Hydrogeneren van CO₂ en vergassen van biomassa spelen een relatief kleine rol en het syngas wordt door FischerTropsch synthese omgezet in producten.

In TRANSFORM spelen vergassen en hydrogeneren van CO₂ de hoofdrol en het syngas wordt omgezet tot FischerTropsch producten en methanol.

Voor luchtvaart brandstoffen neemt raffineren van ruwe olie af. Daarvoor in de plaats komen vergassen (biomassa) en hydrogeneren (CO₂) voor FischerTropsch synthese

Processen voor de productie van luchtvaart bunkerbrandstoffen (Mt product)



De productie in 2019 is geschat uit (export + bunkers - import)

Tabel: capaciteit luchtvaart bunkerbrandstoffen gegroepeerd naar oorsprong uit processen (Mt)

	2019	ADAPT (2050)	TRANSFORM (2050)
Raffineren	8,2	3,8	1,1
FT Synthese		2,6	2,8
Vergassen		1,9	0,8
Hydrogeneren		0,7	2,9

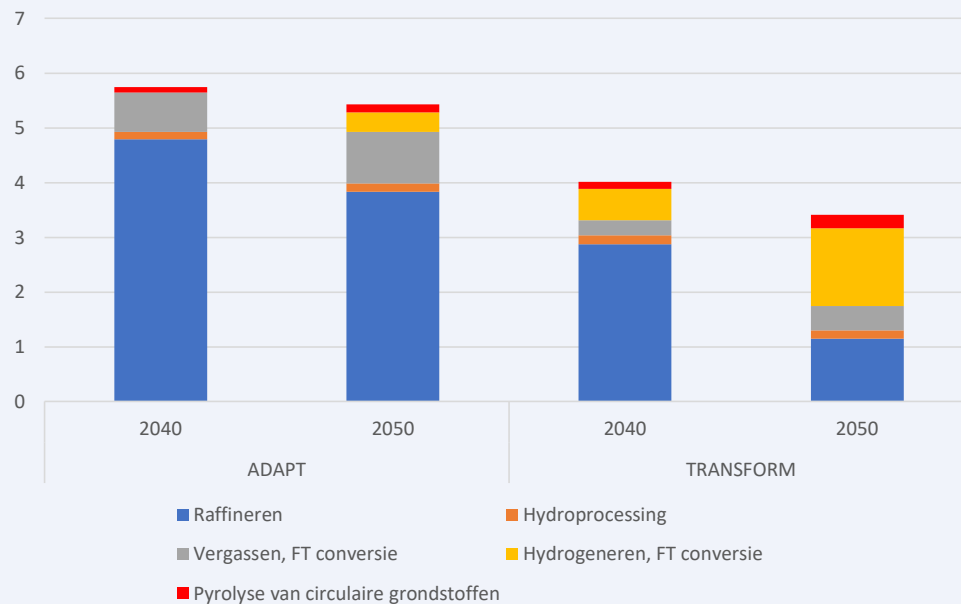
Het volume luchtvaart bunkerbrandstoffen uit raffinage neemt af, in TRANSFORM meer dan in ADAPT.

Zowel in ADAPT als TRANSFORM is Fischer-Tropsch synthese het enige proces waarmee niet-fossiele componenten voor de luchtvaart worden geproduceerd.

Het synthesegas voor de Fischer-Tropsch synthese wordt geproduceerd door vergassen van biomassa en uit power-to-liquids technologie (e-SAF).

De voeding van krakers verandert. Fossiele grondstoffen uit raffinage worden voor een deel vervangen door alkanen die worden gesynthetiseerd uit syngas. Dit syngas wordt geproduceerd door vergassing van biomassa en hydrogeneren van CO₂

Productieprocessen van krakervoeding (Mt)



In 2019 worden krakers uitsluitend gevoed met fossiele grondstoffen.

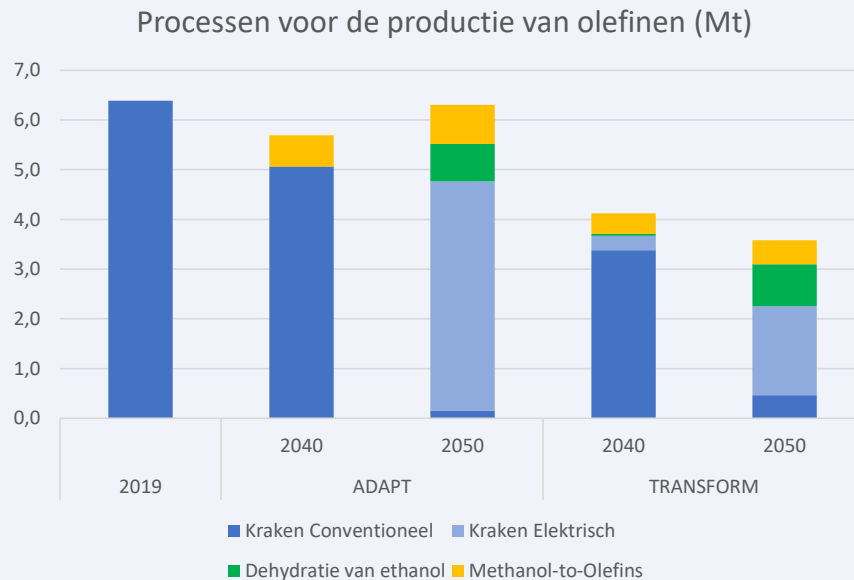
Fossiele grondstoffen voor krakers uit raffinieren worden voor een deel vervangen door voorbewerkte biograndstoffen.

Biograndstoffen worden geschikt gemaakt als kraker-voeding door:

- Hydro-processing van lipiden
- Vergassen van biograndstoffen en Fischer-Tropsch
- Hydrogeneren van CO₂ en Fischer-Tropsch
- Pyrolyse van circulaire grondstoffen en upgrading

Naast de voeding van de krakers, veranderen ook de processen voor de productie van olefinen (zie volgende slide).

Kraken van koolwaterstoffen voor de productie van olefinen blijft een belangrijk proces. Wanneer de technologie daarvoor beschikbaar komt wordt elektrisch kraken een belangrijke route. Dehydratie van ethanol en methanol-to-olefins vervangen kraken als productieproces

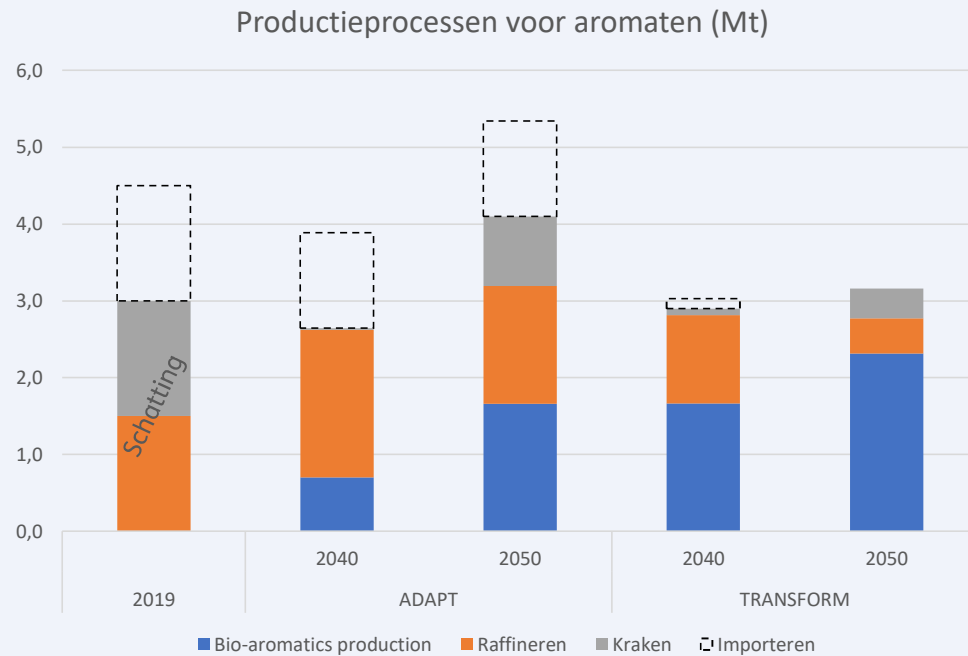


De productie in 2019 is geschat uit (MONIT gegevens)

Inzichten uit beide scenario's:

- Elektrificatie van stoomkrakers is de meest relevante technologie in beide scenario's in 2050. Elektrisch kraken is aantrekkelijk door de hogere koolstof-efficiëntie die kan worden bereikt wanneer de bijproducten van het kraken anders kunnen worden ingezet.
- Methanol-to-olefins heeft een kleinere rol, vanwege de beperkte beschikbaarheid van duurzame methanol voor de chemiesector.

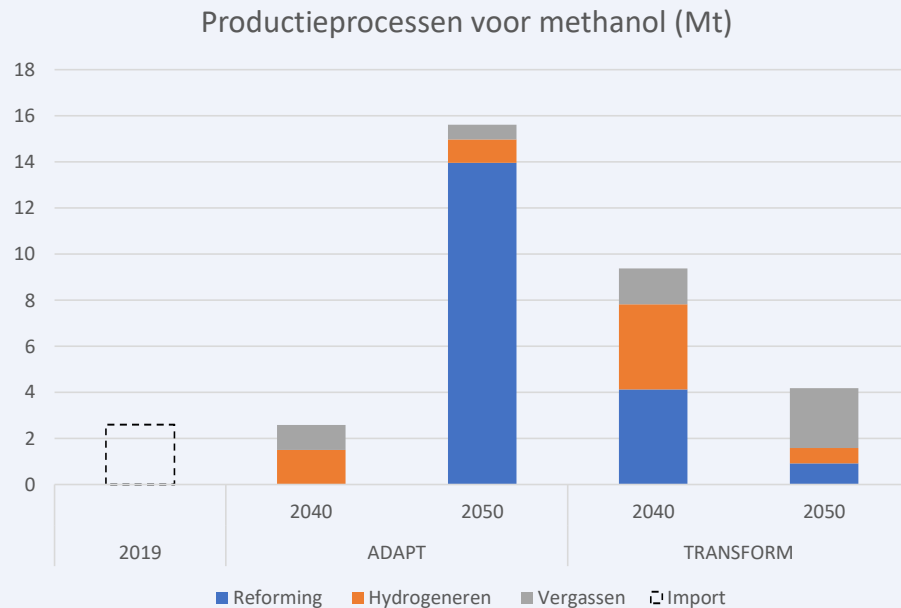
Voor de productie van aromaten worden raffineren en kraken vervangen door de productie van bio-aromaten



Inzichten uit beide scenario's:

- De afname van raffinagecapaciteit in beide scenario's is een stimulans voor de introductie van andere productietechnologieën voor aromaten.
- Aromatenproductie uit biomassa wordt de meest relevante technologie in 2050 in beide scenario's.

Methanol wordt in beide OPERA scenario's geproduceerd door reforming, hydrogeneren en vergassen. Wanneer de vraag naar methanol als brandstof sterk stijgt in het ADAPT-2050 scenario wordt hierin voorzien door reforming. In TRANSFORM hebben vergassen en hydrogeneren een belangrijk aandeel in een groter volume dan in 2019 werd geïmporteerd



In 2019 werd in Nederland niet tot nauwelijks methanol geproduceerd, wel significant geïmporteerd (2,6 mln kg). Voor het OPERA model is de productie van methanol een endogene parameter: het productie volume is niet opgelegd maar een resultaat van het voorzien van eindgebruik van methanol.

WP2A en B

Hoofdstuk 3:

**Beschikbaarheid
van duurzame
koolstofbronnen**



WP2A en B

Hoofdstuk 3.1:

**Beschikbaarheid
van biograndstoffen**



De toekomstige beschikbaarheid van biograndstoffen kent een grote onzekerheid. Import zal nodig zijn om aan de vraag van de Nederlandse chemie- en brandstoffensector te voldoen

- Biomassa is een energie- en grondstofbron die grote impact kan hebben op de omgeving, zowel in positieve als negatieve zin. Daarom is er evenwichtig beleid nodig voor de productie en het gebruik van biomassa.
- De toekomstige beschikbaarheid van biomassa kent een hoge onzekerheid en hangt af van een groot aantal factoren, zoals:
 - Overheidsbeleid van mondiale tot lokale schaal
 - Maatschappelijk draagvlak
 - Investeringsbereidheid
 - Efficiëntie in het verbouwen en winnen van biomassa
- Zonder rekening te houden met 'fair share' principes, zou er op mondiale en Europese schaal voor de periode 2030-2050 voldoende biomassa beschikbaar kunnen komen om aan de geprojecteerde vraag vanuit de Nederlandse chemie en brandstoffen voor lucht- en zeevaart te voldoen. Het Nederlandse biomassapotentieel zal naar verwachting niet aan deze vraag kunnen voldoen. Daarom zal import nodig zijn om aan de vraag naar biograndstoffen te voldoen.
- De hoeveelheid biograndstoffen die Nederland kan importeren wordt in verschillende studies berekend op basis van verschillende 'fair share' principes, die beredeneren op welk deel van beschikbare biograndstoffen Nederland beslag 'mag' leggen, zonder dat dit leidt tot nadelige gevolgen voor andere landen. De toewijzing van biograndstoffen op basis van de omvang van industriële activiteit, zoals aangenomen in de scenariostudies van TNO en PBL, leidt tot een totale beschikbaarheid voor Nederland in de range van **700-1300 PJ** in 2050.

Biomassa is een bron die grote impact kan hebben op de omgeving, zowel in positieve als negatieve zin. Daarom is er evenwichtig beleid nodig

- Biomassa kan een grote **bijdrage** leveren aan de **verduurzaming** van verschillende sectoren, waaronder de chemie- en brandstoffensector. Inzet van biomassa is nodig om de Parijsdoelstellingen te behalen en bij te dragen aan **klimaatmitigatie**.
- Productie en gebruik van biomassa heeft daarnaast significante **impact op de omgeving**:
 - Productie van biomassa *kan* leiden tot concurrentie met voedselproductie, ontbossing en een negatieve impact hebben op biodiversiteit. Bij verbranding van biomassa komt daarnaast fijnstof vrij.
 - In Nederland en de EU heeft biomassa om bovenstaande redenen inmiddels een negatief imago gekregen.
- Daarom is **evenwichtig beleid** nodig voor de productie en het gebruik van biograndstoffen, dat deels al geregeld is:
 - Beleid moet erop gericht zijn om biomassa in te zetten voor klimaatmitigatie, waarbij de negatieve effecten zoveel mogelijk beperkt worden.
 - De EU heeft duurzaamheidseisen en broeikasgasemissiereductie-eisen gedefinieerd voor biomassa, onder andere in EU-ETS en REDII. Deze regelgeving is erop gericht dat het gebruik biograndstoffen daadwerkelijk bijdraagt aan CO₂-reductie zonder negatieve effecten op voedselproductie en biodiversiteit.
 - De EU heeft ervoor gekozen om niet alleen in te zetten op biobrandstoffen, maar ook op e-fuels (Renewable Fuels of Non-Biological Origin's, RFNBO's), ook al zijn die laatste (nu nog) aanzienlijk duurder (REDIII).
 - Naast eisen aan productie en gebruik van biomassa, zal aandacht besteed moeten worden aan vergroting van het maatschappelijk draagvlak voor productie en gebruik van biomassa voor brandstoffen en chemie.

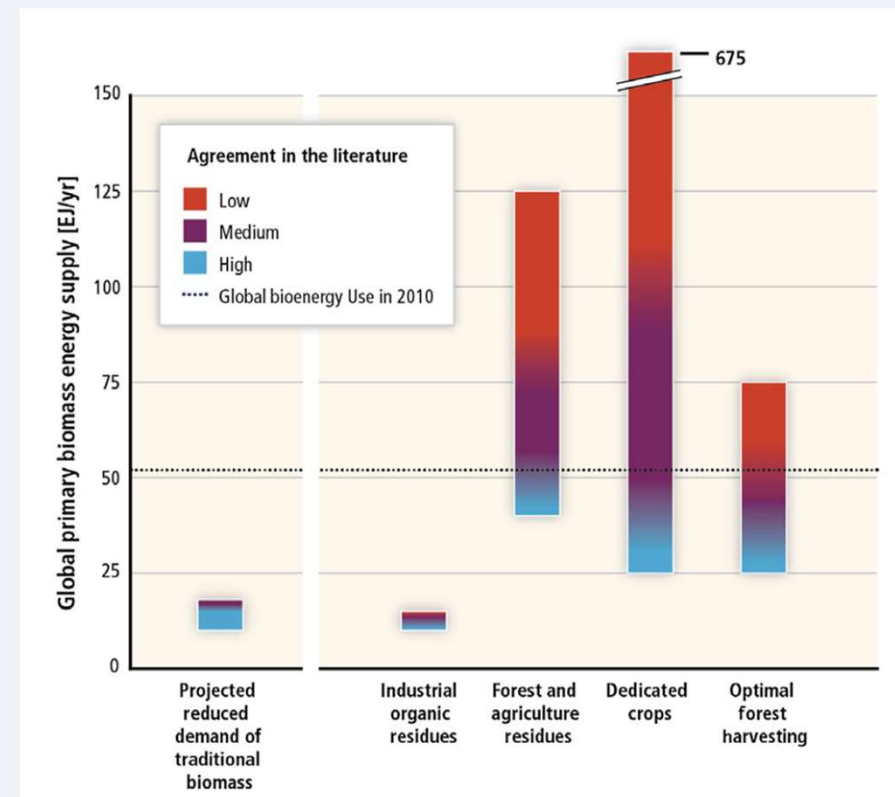
De toekomstige beschikbaarheid van biomassa kent een hoge onzekerheid en hangt af van een groot aantal factoren

- **Overheidsbeleid van mondiale tot lokale schaal**
Voor productie en gebruik van biomassa is evenwichtig beleid nodig. Dit beleid zal veel invloed hebben op de beschikbaarheid van biomassa: welke soorten biomassa mogen geproduceerd en gebruikt worden? Hoeveel en welke grond mag gebruikt worden voor het verbouwen van biomassa? Daarnaast heeft bijvoorbeeld landbouwbeleid veel invloed op de efficiëntie van de productie en winning van biomassa.
- **Maatschappelijk draagvlak**
Op dit moment is het maatschappelijk draagvlak voor biomassa in Nederland en Europa beperkt. Recent werd nog een motie aangenomen in de Tweede Kamer om de import van houtige biomassa te ontmoedigen.
- **Investeringsbereidheid**
De markt voor biomassa is een mondiale markt. De investeringsbereidheid in biomassa, die veel invloed heeft op het aanbod, wordt sterk beïnvloed door de vraag naar biomassa, de rentabiliteit, maar ook door overheidsbeleid en maatschappelijk draagvlak. Het negatieve imago van biomassa remt op dit moment de investeringsbereidheid in productie en gebruik van biomassa.
- **Efficiëntie in het verbouwen en winnen van biomassa**
Er zijn regionaal grote verschillen in de efficiëntie van biomassaproductie, het gebruik van landbouwresiduen en de mate waarin braakliggende grond gebruikt wordt voor de productie van biomassa. Landbouwbeleid heeft wederom grote invloed op deze efficiëntie. Onzekerheid hoe deze efficiëntie zich op mondiale schaal zal ontwikkelen, maakt dat de toekomstige mondiale beschikbaarheid van biomassa lastig te voorspellen is.

De verwachte beschikbaarheid van biomassa kent een hoge onzekerheid op elke geografische schaal: mondiaal

Mondiaal

- Het mondiale technische biomassapotentieel dat in de literatuur wordt geschat loopt uiteen van **100 EJ tot meer dan 500 EJ** per jaar in 2050 (Faaij, 2022). Dit is het gevolg van verschillen in aannames over duurzaamheids-, sociale en ecologische beperkingen. Deze aannames betreffen onder andere:
 - Landbouw- en bosbouwproductiviteit
 - Soorten gewassen die worden geteeld
 - Beschikbaar oppervlak van land voor teelt van gewassen
 - De hoeveelheid restmateriaal die op landbouwgrond moet achterblijven om vruchtbaarheid van het land te borgen
 - Toekomstige vraag naar voedsel, o.a. als gevolg van veranderingen in dieet
 - Biodiversiteit
- De inschattingen van het potentieel voor gewassen voor energiedoeleinden ('dedicated crops') lopen het sterkst uiteen, zoals aangegeven in de figuur (Creutzig, 2015).



Bronnen: Faaij, A. P. (2022).). Repairing What Policy Is Missing Out on: A Constructive View on Prospects and Preconditions for Sustainable Biobased Economy Options to Mitigate and Adapt to Climate Change. *Energies*, 15(16), 5955.

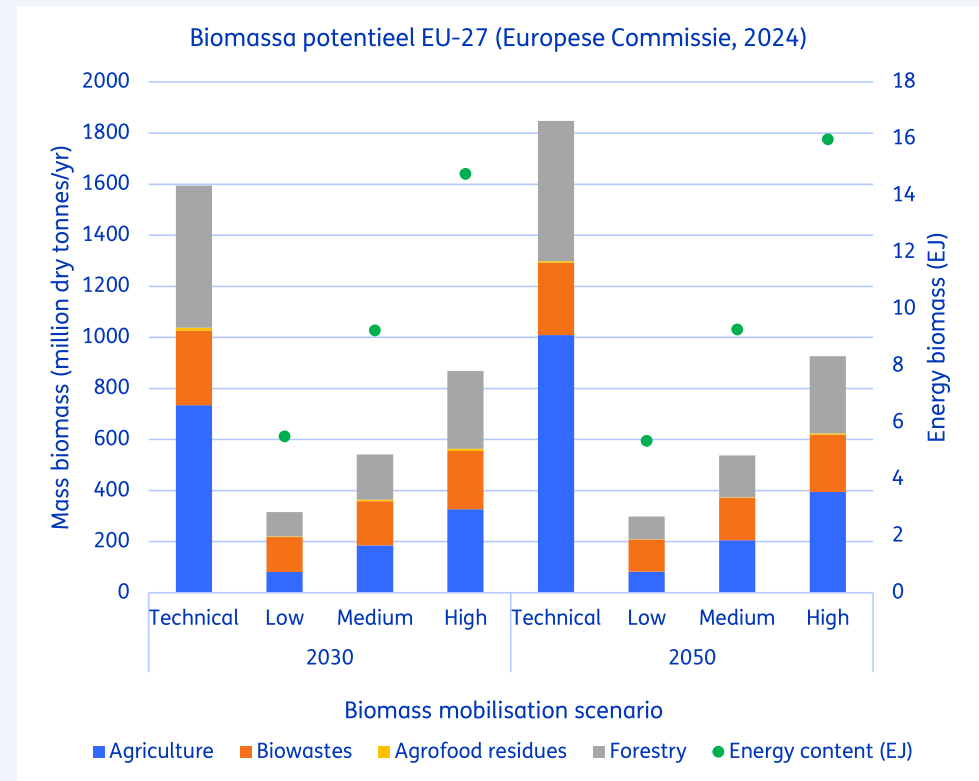
Leguijt, C. (2020). Bio-Scope-Toepassingen en beschikbaarheid van duurzame biomassa. CE Delft. Sustainable Biobased Economy Options to Mitigate and Adapt to Climate Change. *Energies*, 15(16), 5955.

Creutzig, F. et al (2015). Bioenergy and climate change mitigation: an assessment. *Gcb Bioenergy*, 7(5), 916-944.

De verwachte beschikbaarheid van biomassa kent een hoge onzekerheid op elke geografische schaal: Europa

Europa

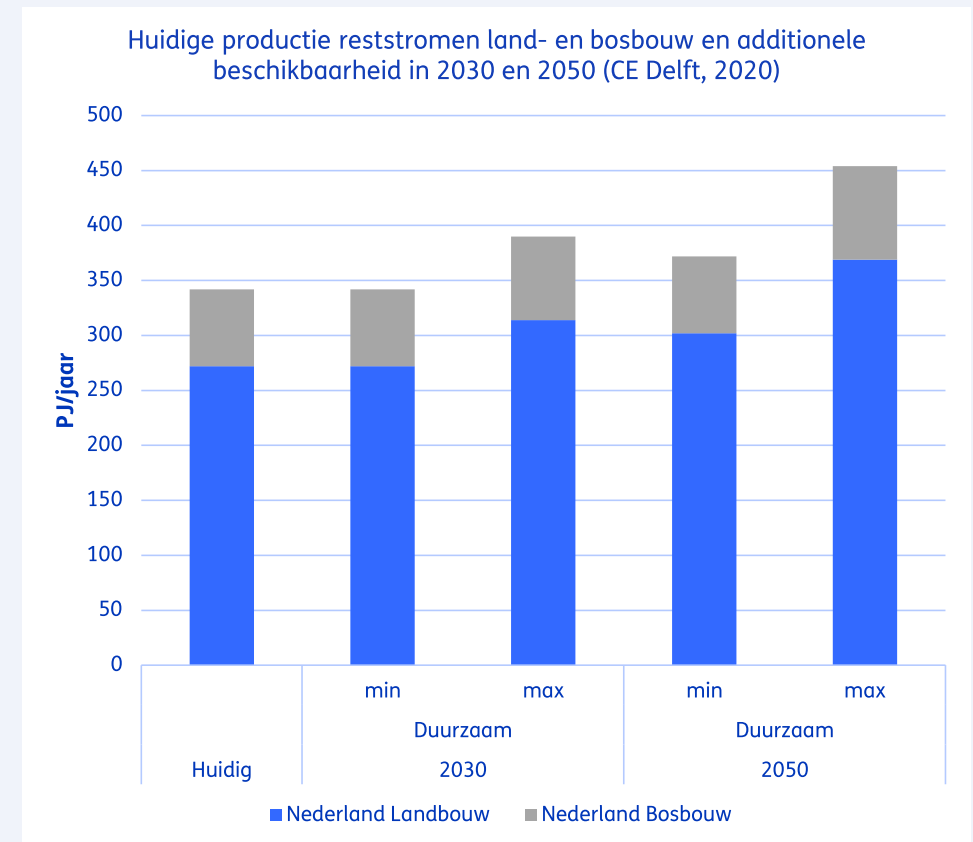
- Het geschatte biomassa potentieel in de EU-28 in 2050 loopt uiteen van **7 tot 25 EJ** (Faaij, 2022). Een recente scenariostudie voor de EU-27 (EC, 2024) toont verwachte range van **5-16 EJ**.
- Vanwege de grote onzekerheden wordt er in biomassapotentieelstudies vaak met scenario's gewerkt. Volgens (EC, 2024) zullen biograndstoffen uit de **landbouwsector** (mest, energiegewassen en restromen) de grootste bijdrage kunnen leveren aan het potentieel van biomassa in de EU. Voedselgewassen zijn in alle scenario's uitgesloten.
- Het **technisch potentieel** is hier gedefinieerd als het maximale biomassapotentieel gegeven de huidige oogsttechnieken, met minimale duurzaamheidseisen, minimale ruimtelijke beperkingen en geen concurrerende toepassingen buiten de energiesector.
- Het potentieel is berekend voor 3 biomassa 'mobilisatie' scenario's:
 - **Laag** – Strenge duurzaamheidseisen worden toegepast, waardoor minder bos- en landbouwreststromen worden gewonnen.
 - **Midden** – Het meest waarschijnlijke toekomstbeeld, gebaseerd op voortzetting van de huidige trends. Er blijft voldoende ruimte voor concurrerende toepassingen van biomassa buiten de energiesector.
 - **Hoog** – De vraag naar biomassa en de betaalbaarheid is hoog. Biomassaproductie wordt bevorderd en gebruik in de energiesector wordt gestimuleerd boven alternatieve toepassingen.



De verwachte beschikbaarheid van biomassa kent een hoge onzekerheid op elke geografische schaal: Nederland

Nederland

- Volgens een studie van CE Delft uit 2020 ligt de huidige productie van reststromen uit land- en bosbouw in Nederland tussen de **342-379 PJ/jaar**. Het grootste deel hiervan komt van landbouw.
- Dit is echter niet 'vrij beschikbaar': het grootste deel wordt ingezet voor veevoer. Het huidige vrije potentieel ligt op circa 50 PJ/jaar. (CE Delft, 2020)
- Richting 2050 is beperkte groei van duurzame biomassa mogelijk in Nederland.
- Het aanbod van biomassastromen in Nederland wordt sterk beïnvloed door wetgeving en overheidsbeleid. Dit geldt bijvoorbeeld voor:
 - De wijze van bosbeheer en hoeveelheid hout uit het bestaande bosareaal wordt geoogst als grondstof en brandstof.
 - De vrijkomende hoeveelheden mest en de bestemming daarvan.
 - De vrijkomende hoeveelheid groente- en fruitafval dat gescheiden wordt ingezameld (als GFT) of in restafval van huishoudens en bedrijven achterblijft.



De hoeveelheid biograndstoffen die Nederland kan importeren wordt in systeemstudies beredeneerd op basis van verschillende ‘fair share’ principes

- Bij de beschikbaarheid van biograndstoffen wordt vaak ook gesproken over het concept van “fair share”. Het idee is dat ieder land een **proportioneel** deel van de beschikbare biograndstoffen benut, zonder dat dit leidt tot nadelige gevolgen voor andere landen, zoals ecologische schade of negatieve sociale en economische gevolgen. ‘Fair share’ is dus een ethisch vraagstuk.
- Er is geen algemeen aanvaarde basis om een ‘fair share’ te berekenen. Verschillende studies hanteren uiteenlopende principes en bekijken dit op verschillende geografische schaal, bijvoorbeeld:
 - **Inwonersaantal** (0,2 % op mondiale schaal, zoals in CE Delft, 2024)
 - **Landoppervlak** (0,03% op mondiale schaal, zoals in CE Delft, 2024)
 - **Toekomstige omvang van de productie** van koolwaterstoffen (op EU niveau, zoals de 10% in de scenariostudie van TNO (2024) en van PBL (2024))
 - **Bruto Nationaal Product (BNP)** (5,5%, zoals een deel van de biograndstoffen in de trajectverkenning van PBL (2024))
- Naar verwachting zal de totale vraag naar biograndstoffen in Nederland groter zijn dan de ‘fair share’ op basis van landoppervlak. De toewijzing op basis van industriële activiteit biedt wel voldoende ruimte (zie tabel).
- In de praktijk zullen geopolitieke verhoudingen, nationale belangen en economische factoren een grote rol spelen bij de verdeling van biograndstoffen tussen landen.

Indicatieve berekeningen fair share

Schaal	Beschikbaarheid biograndstoffen in 2050 (PJ)		Fair share principe	%	Toewijzing biograndstoffen aan Nederland (PJ)	
	Min	Max			Min	Max
Mondiaal¹	100000	500000	Landoppervlak	0,03%	30	150
Mondiaal	100000	500000	Inwonersaantal	0,20%	200	1000
EU27²	5000	16000	Industriële activiteit	10%	500	1600
EU27	5000	16000	BNP	5,50%	275	880

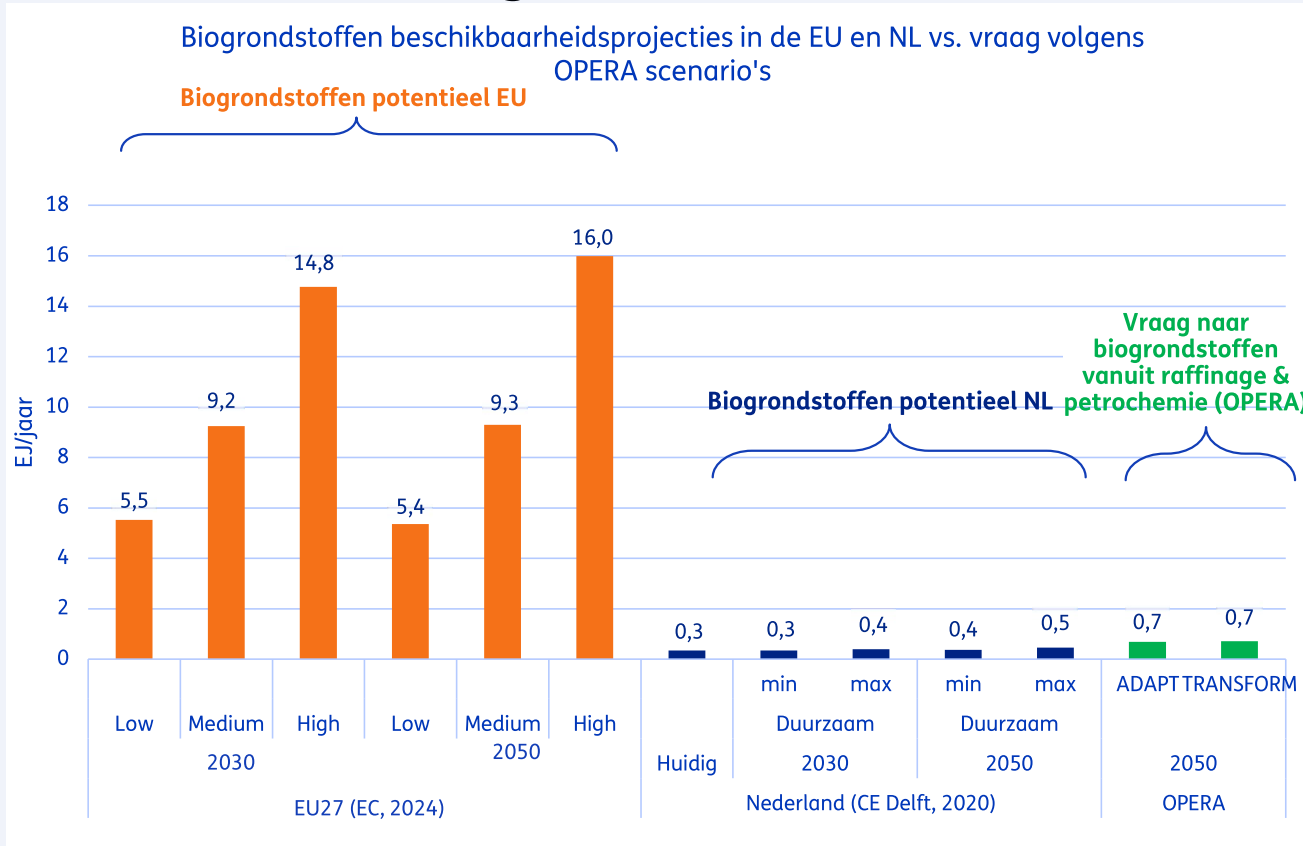
1. Faaij (2022) Repairing What Policy Is Missing Out on: A Constructive View on Prospects and Preconditions for Sustainable Biobased Economy Options to Mitigate and Adapt to Climate Change. *Energies*, 15(16), 5955.
2. European Commission (2024) Development of outlook for the necessary means to build industrial capacity for drop-in advanced biofuels Annex 2 Report on Task 2.

De TNO en PBL scenariostudies berekenen het importpotentieel van biograndstoffen naar Nederland op basis van de omvang van industriële activiteit in 2050

- **TNO scenario's:** Gebaseerd op data uit het “High mobilisation” scenario van de studie voor de Europese Commissie (zie slide 51).
 - Aangenomen wordt, dat 10% van het biomassapotentieel in Europa in geselecteerde categorieën beschikbaar is voor import naar NL. Deze 10% is gebaseerd op de aanname, dat duurzame raffinaderijen in NL tenminste 10% van de EU markt zullen bedienen.
 - In de geselecteerde categorieën zijn primaire reststromen uit landbouw, black liquor, gasvormige/gasvormende bronnen als mest uitgesloten. De 10% van categorieën die wel zijn meegenomen, representeren minder dan 5% van de totale Europese biomassa in het “High mobilisation” scenario (~**550 PJ**).
 - Daarnaast wordt aangenomen dat bijna ~ **150 PJ** houtige biomassa, UCO (used cooking oil) en dierlijke vetten van buiten de EU worden geïmporteerd.
 - Samen met het geschatte beschikbare binnenlandse biomassapotentieel komt het totale beschikbare hoeveelheid biograndstoffen uit op **860-890 PJ** in 2050.
- **Trajectverkenning Klimaatneutraal 2050 van het PBL (2024):**
 - Van het EU27 potentieel (aangenomen 12,4 - 19,8 EJ) wordt 80% verdeeld over de lidstaten naar rato van de primaire productie van koolwaterstoffen op basis van het ‘EU Reference scenario 2020’ van de Europese Commissie (EC, 2020) (~9%). De resterende 20%, die ingezet wordt voor directe energetische toepassingen, worden toegekend op basis van de omvang van de economie (BNP). Hiermee komt de totale beschikbaarheid in Nederland uit op **680-1300 PJ**.
 - Er wordt aangenomen dat er geen biograndstoffen worden geïmporteerd van buiten de EU27.

Studie	Beschikbaarheid biograndstoffen
TNO OPERA (2024)	860-890 PJ
TVKN 2050 (PBL, 2024)	680-1300 PJ

Vanuit technisch oogpunt zouden er op Europese schaal voldoende biograndstoffen beschikbaar kunnen komen om te voldoen aan de Nederlandse vraag vanuit chemie en brandstoffen voor lucht- en zeevaart



- De totale verwachte behoefte aan biograndstoffen in de chemie- en brandstoffensector volgens OPERA scenario's ligt lager dan de totale verwachte beschikbaarheid in de EU27 en een stuk lager dan de beschikbaarheid mondiaal.
- NB: Deze vergelijking is indicatief. Er is niet gekeken naar de specifieke typen biograndstoffen en in hoeverre deze overeenkomen met de specifieke vraag uit de sectoren in OPERA.
- Naar verwachting zal Nederland dus een importeur van duurzame biograndstoffen zijn.

Bronnen: Leguijt, C. (2020). Bio-Scope-Toepassingen en beschikbaarheid van duurzame biomassa. CE Delft.
 European Commission (2024) Development of outlook for the necessary means to build industrial capacity for drop-in advanced biofuels Annex 2 Report on Task 2.
 TNO (2024) OPERA model.

SER: Beperkte duurzame beschikbaarheid biograndstoffen noopt tot het maken van keuzes

Over de publicatie

- Opgesteld door de Sociaal Economische Raad in opdracht van het kabinet.
- Advies over afwegingskader voor de inzet van biomassa in transitie naar CO₂ neutrale en circulaire economie in 2050 en consequenties voor de inzet van biograndstoffen in verschillende toepassingsgebieden.

Beleidsinzet per toepassingsgebied (voortbouwend op het afwegingskader)



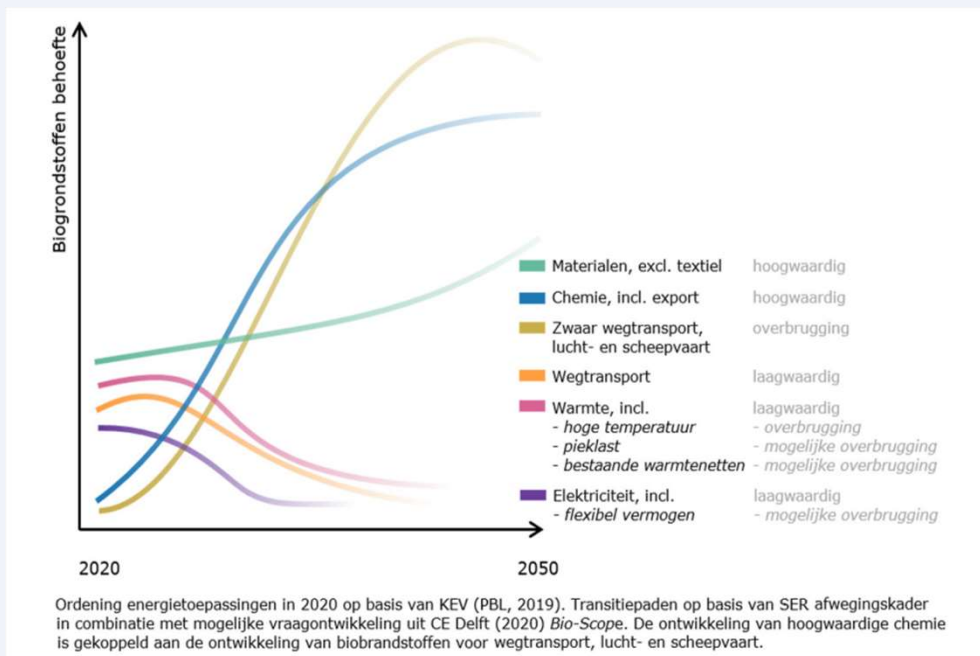
1 Mogelijke overbruggingstoepassing indien: flexibel vermogen, warmte via bestaande warmtenetten en pieklast.

2 Ombouw naar biograndstoffen, gevolgd door ombouw naar hernieuwbare alternatieven.

Hoofdboodschappen inzet in chemie- en brandstoffensector:

- Beschikbaarheid duurzame biograndstoffen begrenst door capaciteitsbeperkingen om ecologische en sociale risico's te beperken. De beperkte beschikbaarheid noopt tot het maken van keuzes over de inzet van biograndstoffen:
- **Hoogwaardige toepassingen** (grondstof voor chemische industrie en in materialen) moeten beter worden benut en gestimuleerd.
- **Overbruggingstoepassingen** (grondstof voor biobrandstoffen voor zwaar wegtransport, luchtvaart en scheepvaart en hoge temperatuur warmte) moeten worden gestimuleerd met beleid gericht op ombouw. Hierbij moeten alternatieven (zoals synthetische brandstoffen) van de grond kunnen komen.
- Energietoepassingen waar duurzamere opties tijdig en tegen redelijke kosten beschikbaar komen, zijn in de basis **laagwaardige toepassingen**. Toepassingen als het verbranden voor elektriciteits- en warmteopwekking en bijmenging in brandstof voor lichte wegvoertuigen moeten daarom worden afgebouwd.
- Strikte criteria nodig voor duurzame productie van biograndstoffen. REDII (inmiddels REDIII) biedt hiervoor een breed toegepaste basis. Trek duurzaamheidseisen die vanuit RED gelden voor de energiesector zoveel mogelijk gelijk met andere sectoren (industrie, chemie, bouw).
- Mondiaal en in Europa voldoende potentieel om aan de Nederlandse behoefte aan duurzame biograndstoffen te voldoen. Maar Nederland mag geen onevenredig groot beslag leggen op de beschikbaarheid van duurzame biograndstoffen. Wat is een *fair share* voor NL? Nog geen eenduidig en algemeen geaccepteerde grondslag beschikbaar om dit principe te operationaliseren in beleid, ook niet voor andere grondstoffen.

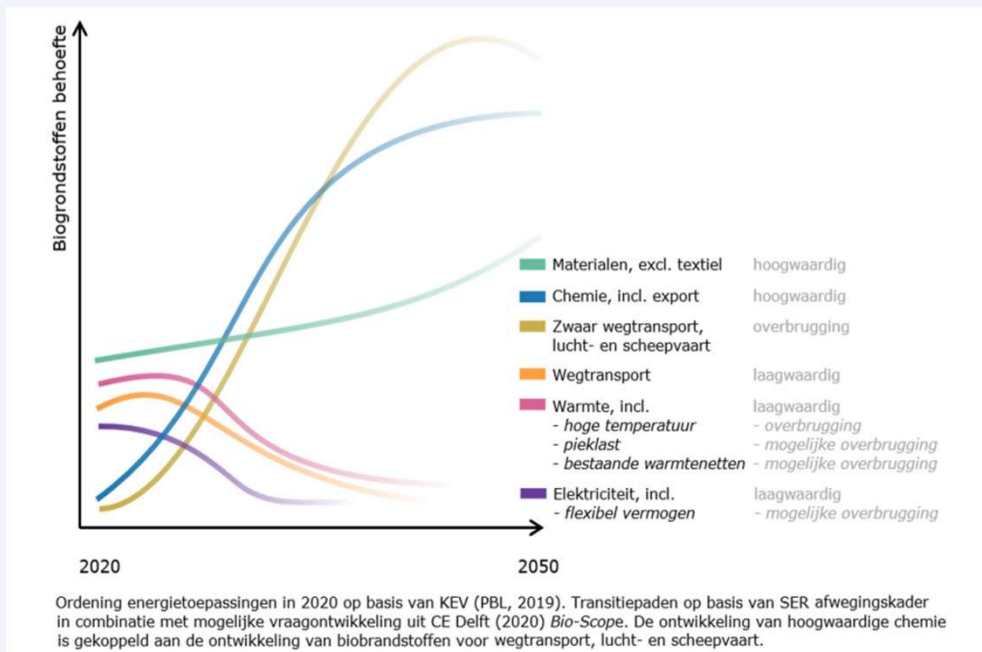
SER: In 2050 zijn biograndstoffen nodig voor de productie van materialen, chemicaliën en brandstoffen voor zwaar wegtransport, lucht- en scheepvaart



Biobrandstoffen als overbruggingstechnologie

- Biobrandstoffen hebben overbruggingsfunctie voor verduurzaming zwaar wegtransport, lucht- en zeevaart, omdat technologisch alternatief (synthetische brandstoffen) nog niet voldoende ontwikkeld is.
- Biobrandstofproductie kan impuls geven aan de ontwikkeling van een markt voor biobased chemicaliën
- Echter uit de SER zorgen over omvang van behoefte aan bio-grandstoffen voor lucht- en met name zeescheepvaart. Daarom beleid nodig gericht op **ombouw**, zodat alternatieven ook van de grond kunnen komen:
 - Alternatieve brandstoffen, bijv. synthetische brandstoffen en elektrificatie
 - Brandstof besparende maatregelen
 - Vraagvermindering: gebruik van andere vervoersmodaliteiten (bijv. minder vliegen)

SER: Op de lange termijn wordt de biobased economie gedomineerd door toepassingen in materialen en chemie



Biobased materialen en chemicaliën als einddoel

- Het zo lang mogelijk vastleggen van koolstof en het vermijden van fossiele koolstofbronnen leveren belangrijke voordelen op voor een CO₂-neutrale en circulaire economie
- Beleidsinzet gericht op **opbouw**:
 - Creëren van een gelijk speelveld voor de toepassingen voor chemicaliën en materialen met zowel de fossiele alternatieven als de toepassing van biograndstoffen in energie.
 - Stimuleren van productie van biobased materialen en producten door gerichte subsidieregelingen, zoals de SDE++- subsidie, zodat deze op termijn kunnen concurreren zonder subsidie.
 - Ondersteun opschaling en uitrol van innovatieve biobased processen die optimaal passen in een circulaire economie.

WP2A en B

Hoofdstuk 3.2:

**Beschikbaarheid
van plastics**

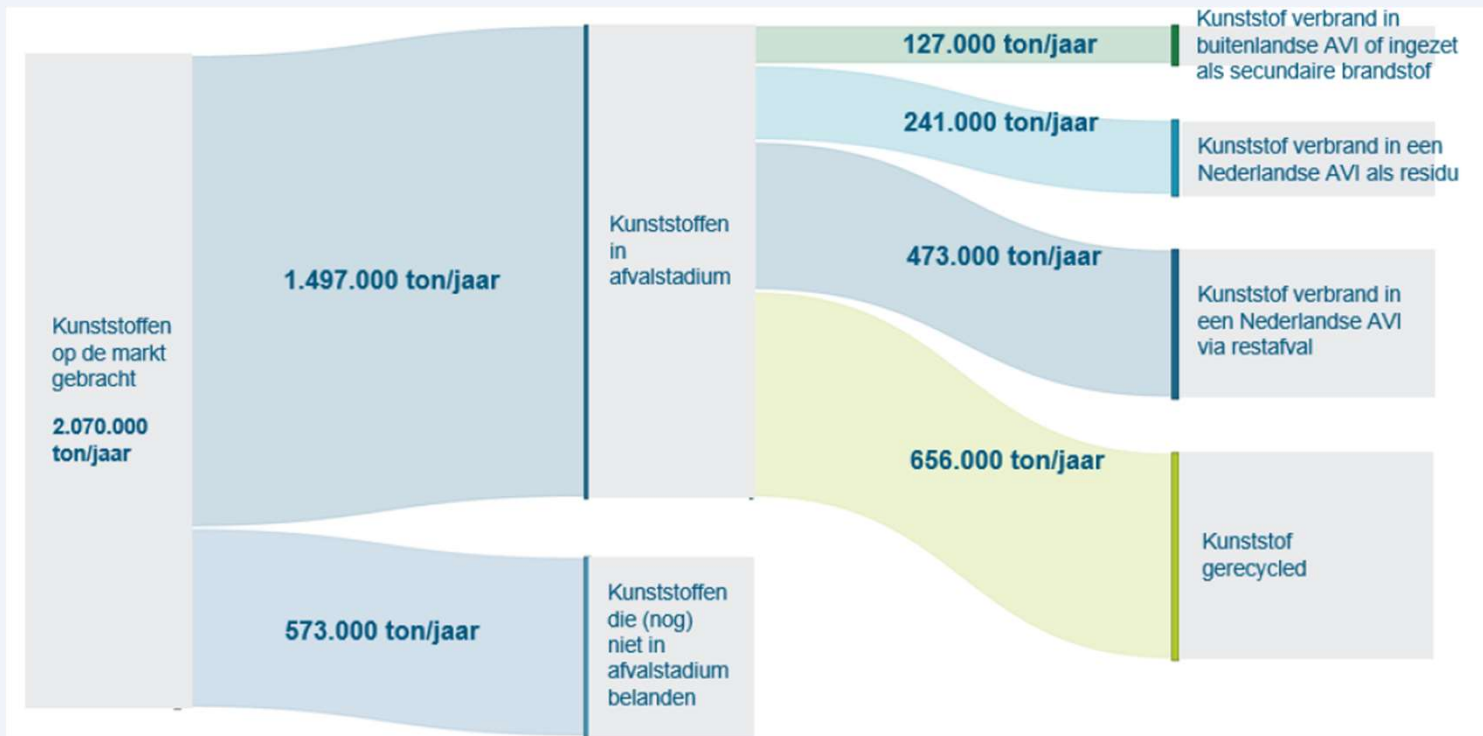


De geprojecteerde beschikbaarheid van plastics in Nederland in 2030 moet vergroot worden om aan de geanticipeerde vraag in 2030 te voldoen, door een combinatie van beleidsmaatregelen en import

- In 2021 kwam in Nederland **1,5 miljoen ton** kunststoffen in het afvalstadium. Hiervan werd ongeveer 44% gerecycled en 48% verbrand in afvalverbrandingsinstallaties (AVI's). Door de verbranding van plastic afval te vermijden, kan meer plastic afval gerecycled worden om te dienen als grondstof voor de chemie- en brandstoffensector.
- De toekomstige beschikbaarheid van plastic afval in Nederland dat weer gebruikt kan worden als grondstof, is afhankelijk van verschillende factoren zoals:
 - De totale hoeveelheid kunststof die in het afvalstadium komt (wat weer samenhangt met consumptie van plastic producten)
 - De mate waarin kunststof uit het afval gescheiden wordt aan de bron.
 - Het rendement van scheidingsinstallaties
 - Import- en expordynamieken
- Volgens KPMG zal het aanbod van kunststoffen voor recycling toenemen naar **~875 kton in 2030**. Echter zal de vraag naar gerecycled plastic in Nederland toenemen naar **~2,2 Mton** in 2030 als gevolg van de aangekondigde Europese minimum content requirement (MCR). Daarom moet het aanbod vergroot worden door een combinatie van beleidsmaatregelen die zorgen voor betere sortering van afvalstromen (ongesorteerd bedrijfs- en huishoudelijk afval is een onbenut potentieel dat gerecycled zou kunnen worden), reductie van exportstromen en verhoging van importstromen van plastics naar Nederland.
- Volgens de OPERA scenario's kan het aanbod van kunststoffen voor recycling toenemen naar **~1000 kton** in 2050. In de basisscenario's van OPERA is import van afval als grondstof uitgesloten. In de trajectverkenning van PBL wordt uitgegaan van **een significante import** van plastic afval (in de vorm van pellets of pyrolyseolie), omdat Nederland, als grote exporteur van plastics, veel meer plastics produceert dan er binnenlands aan plastic afval beschikbaar komt. Daarom gaat PBL uit van een beschikbaarheid van 260 PJ, wat omgerekend ongeveer gelijk staat aan **7 Mt** plastic afval.

In 2021 kwam in Nederland 1,5 miljoen ton kunststoffen in het afvalstadium. Hiervan werd ongeveer 44% gerecycled en 48% verbrand in afvalverbrandingsinstallaties (AVI's)

Massabalans kunststoffen in Nederland in 2021 (RoyalHaskoningDHV, 2023)

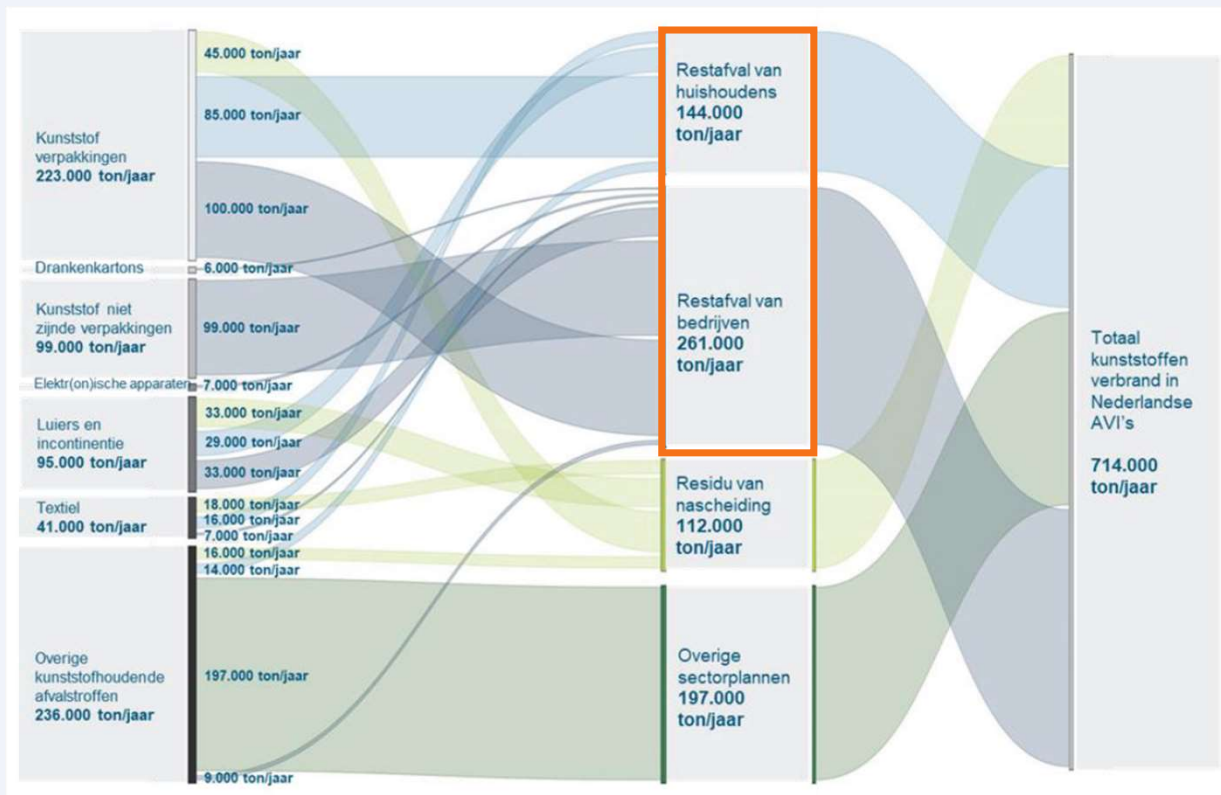


Inzichten

- Het grootste deel van recycling is toe te schrijven aan mechanische recycling.
- Het aandeel chemische recycling is nog beperkt. Naar verwachting zal het belang van chemische recycling de komende jaren toenemen.
- In 2021 werd er 1.117.000 ton brandbaar afval geïmporteerd naar Nederland, en 317.000 ton geëxporteerd. De importstromen vallen buiten de scope van het onderzoek (RoyalhaskoningDHV, 2023).
- Op termijn zouden de kunststoffen die nu als secundaire brandstoffen worden geëxporteerd, ingezet kunnen worden voor de productie van vloeibare transportbrandstoffen via vergassing.

Ongesorteerd bedrijfs- en huishoudelijk afval is een onbenut potentieel dat gerecycled zou kunnen worden om weer als grondstof te dienen voor producten en materialen

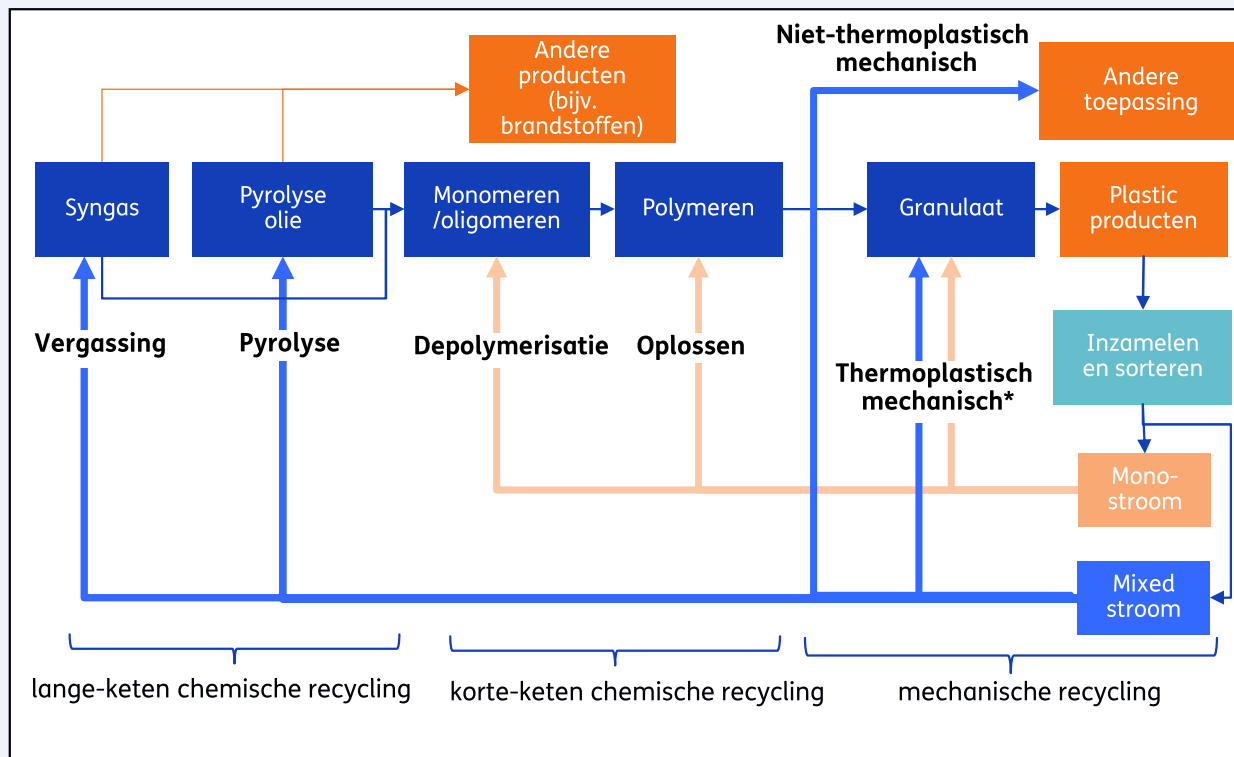
Overzicht kunststoffen verbrand in AVI's in Nederland in 2021 (RoyalHaskoning DHV, 2023)



Inzichten

- Restafval van bedrijven heeft het grootste aandeel in de totale stroom van kunststoffen die verbrand worden in Nederlandse AVI's. Hier ligt dan ook de grootste potentie voor het vermijden van afvalverbranding.
- Dit potentieel kan benut worden door maatregelen te introduceren te introduceren bron- of nascheiding van ongesorteerd bedrijfs- en huishoudelijk afval stimuleren en verhogen.
- Het wordt verwacht dat in 2030 nascheiding van bedrijfsafval significant zal zijn toegenomen.
- Zelfs in een optimaal systeem, zal verbranding nodig zijn voor de verwerking van stromen die niet geschikt zijn voor mechanische of chemische recycling.

Plastic afval kan op verschillende manieren gerecycled worden om als circulaire grondstof te dienen voor de chemie- en brandstoffensector

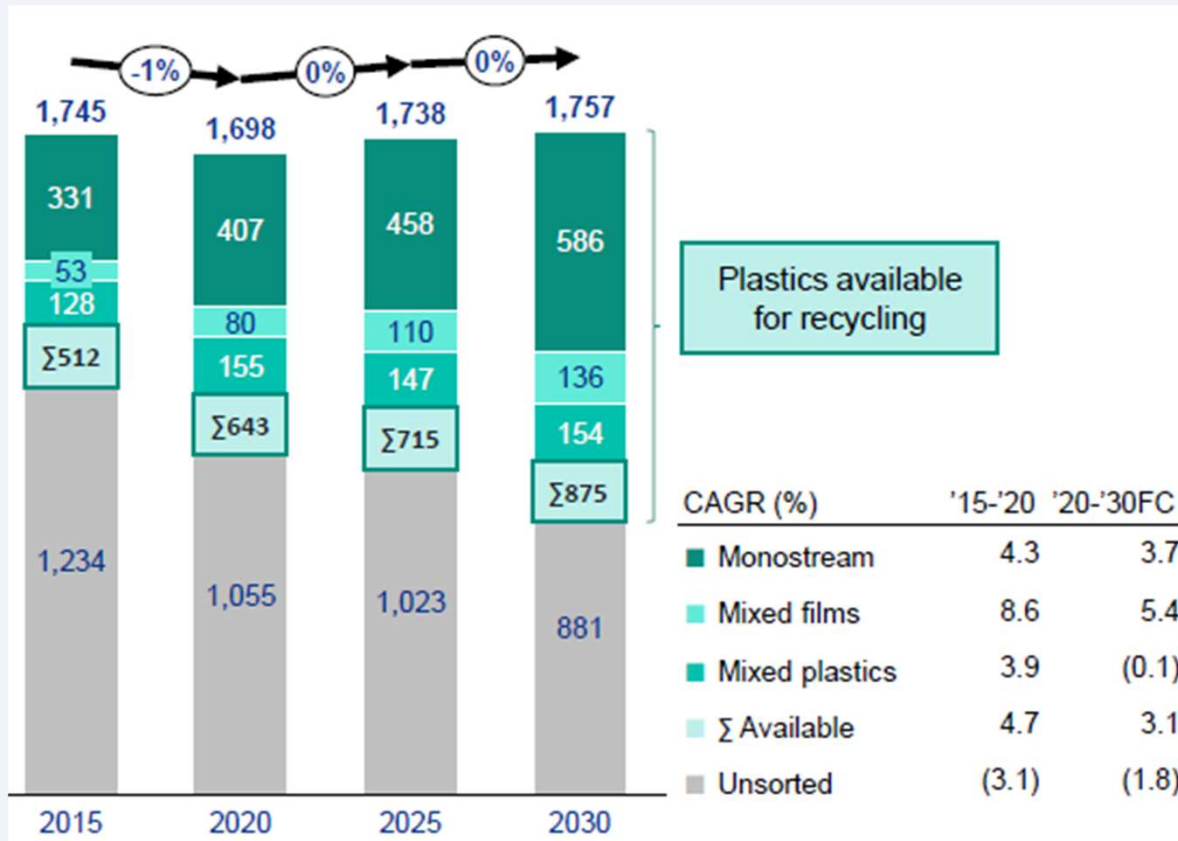


- **Mechanische recycling** verwijst naar het proces waarbij afvalmaterialen fysiek worden verwerkt om ze opnieuw te gebruiken zonder de chemische structuur van de materialen te veranderen.
 - **Thermoplastisch:** gesmolten en via extruder gevormd in nieuwe toepassing of granulaat
 - **Niet-thermoplastisch:** alleen vervezelen of verkleinen van materiaal, maar niet smelten. Bijv. Voor toepassing als poetsdoek of isolatiemateriaal.
- **Chemische recycling** verwijst naar processen waarbij de chemische structuur van het afvalmateriaal wordt afgebroken en omgezet in zijn oorspronkelijke chemische bouwstenen.
 - **Korte keten:** outputs vereisen slechts enkele processtappen om nieuwe plastic producten te maken.
 - **Lange keten:** outputs landen verder terug in de plasticproductieketen.

*Thermoplastische mechanische recycling is vooral geschikt voor 1 type thermoplastische kunststof of een mix van polyolefinen.

KPMG: Het aanbod van plastic afval dat in Nederland beschikbaar komt voor recycling neemt toe naar 875 kton in 2030

Overzicht output kunststoffen dat beschikbaar komt voor recycling, kton. (KPMG, 2023)



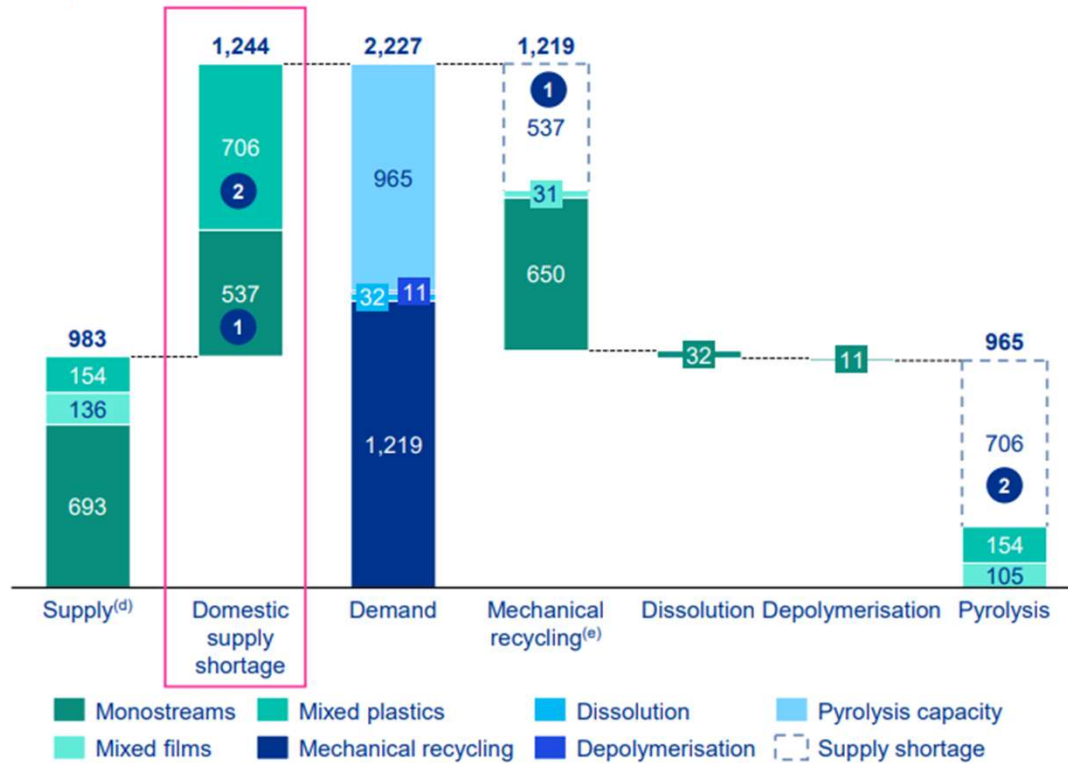
KPMG prognose:

- De totale hoeveelheid kunststoffen blijft ongeveer gelijk tot 2030.
- Het aandeel kunststoffen dat beschikbaar komt voor recycling neemt toe van **512 kton** in 2015 naar **875 kton** in 2030. Dit komt door een combinatie van factoren:
 - Toename van bronscheiding van industrieel restafval
 - Toename van nascheiding van huishoudelijk restafval
 - Toename van het rendement van scheidingsinstallaties

Bron: Royal HaskoningDHV (2023, Nov) Evaluatie aanwezigheid kunststoffen in brandbaar afval voor AVI's. KPMG (2023) Plastic feedstock for recycling in the Netherlands.

KPMG: Het aanbod van plastics dat geschikt is voor recycling is onvoldoende om aan de geanticipeerde vraag naar gerecycled plastic te voldoen in 2030

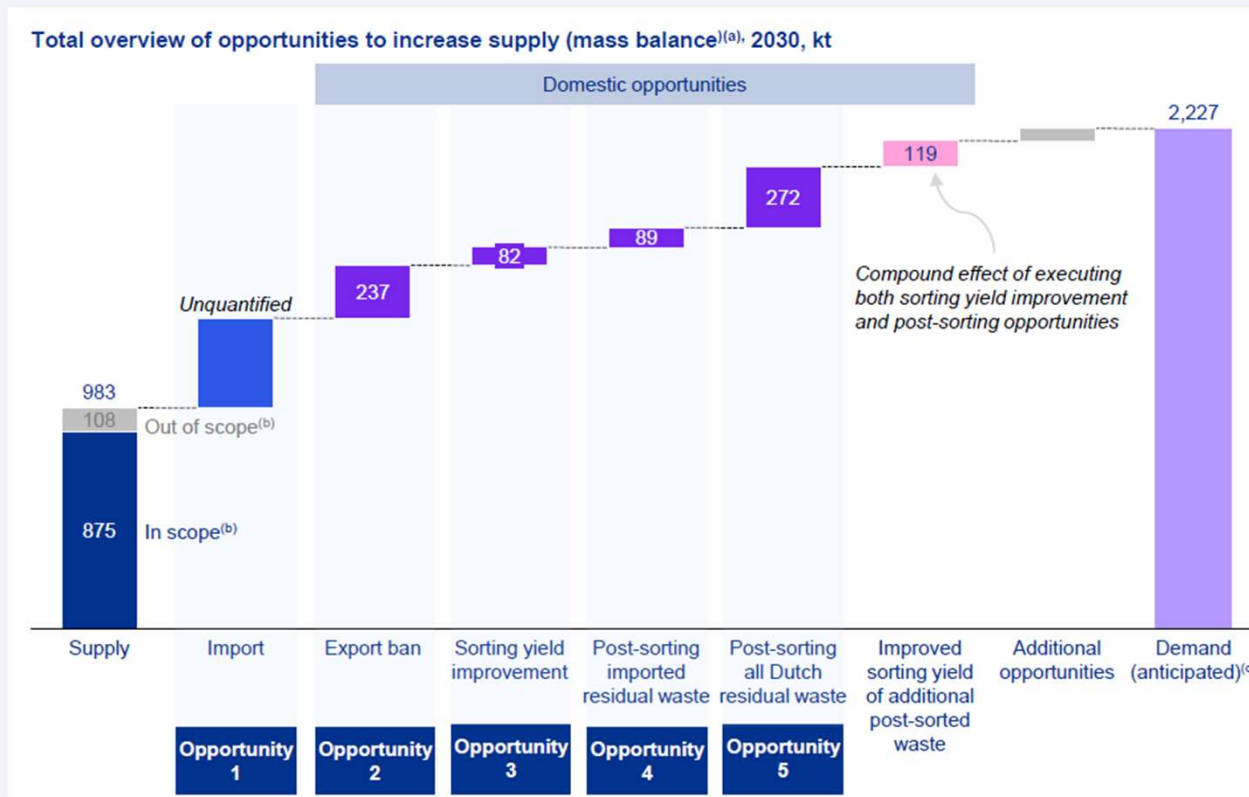
Status quo 2030: Domestic supply and demand (im)balance per recycling technology, 2030, kt feedstock per year



- Er wordt een significante uitbreiding van pyrolyse capaciteit verwacht tussen nu en 2030.
- Het aanbod van verschillende plasticstromen is vergeleken met de verschillende vormen van recycling in 2030. Hieruit blijkt dat er een tekort aan mono-stromen voor mechanische recycling en van gemengde fracties voor pyrolyse zal ontstaan.

Bron: KPMG (2023) Plastic feedstock for recycling in the Netherlands.

KPMG: Om aan verwachte vraag naar gerecycled plastic te voldoen, moet de beschikbaarheid vergroot worden door een aantal maatregelen, maar zal er ook een deel geïmporteerd moeten worden

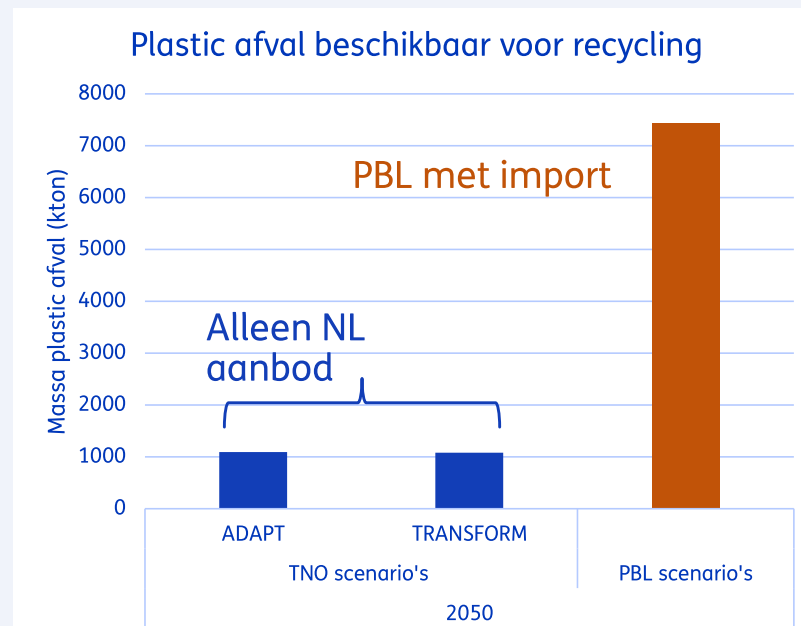
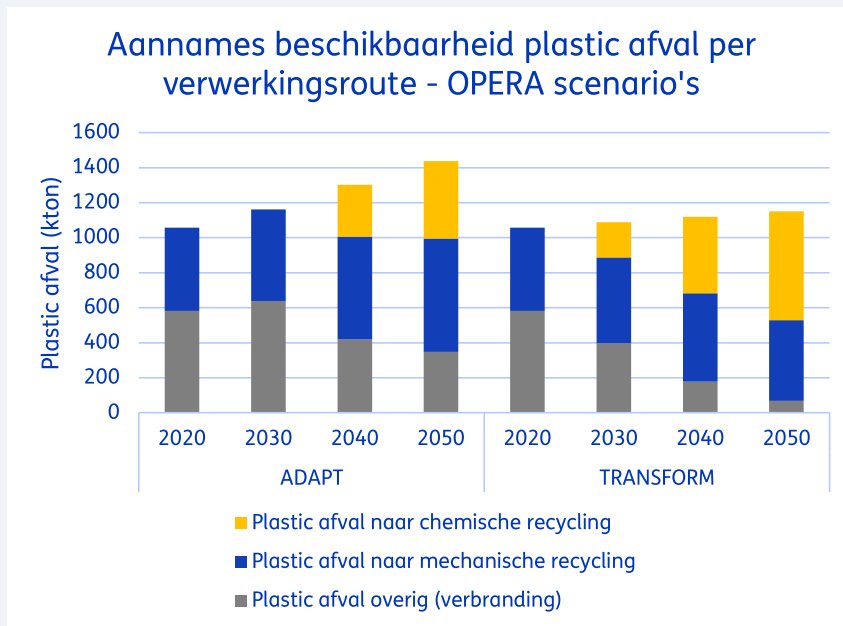


- Nederland is momenteel al een netto-importeur van plastic afval. Echter is een toename in import van plastic afval nodig om aan de verwachte vraag te voldoen (~445 kton, wanneer alle andere ‘opportunities’ worden gerealiseerd). Hiervoor is stimulerend beleid nodig, op EU en NL niveau.
- Het significant aandeel van de plastic afval dat nu geëxporteerd wordt (naar binnen en buiten de EU) zou in Nederland behouden kunnen worden.
- De opbrengst van sortersystemen kan verhoogd worden door design-for-recycling en door verbeteringen in scheidingstechnieken.
- Het sorteren van stromen die momenteel grotendeels ongesorteerd zijn (huishoudelijk en industrieel restafval) kan een substantieel volume bijdragen.

Volgens TNO stijgt het binnenlandse aanbod van plastic afval voor recycling in 2050 naar ~1000 kton, terwijl PBL uitgaat van significante import van plastic afval (tot ~7000 kton)

In de twee scenario's van TNO is de beschikbaarheid van plastic afval beperkt tot het Nederlandse aanbod - er vindt **geen import** van plastic afval plaats. Ook zijn de aandelen chemische en mechanische recycling hiervan vastgelegd.

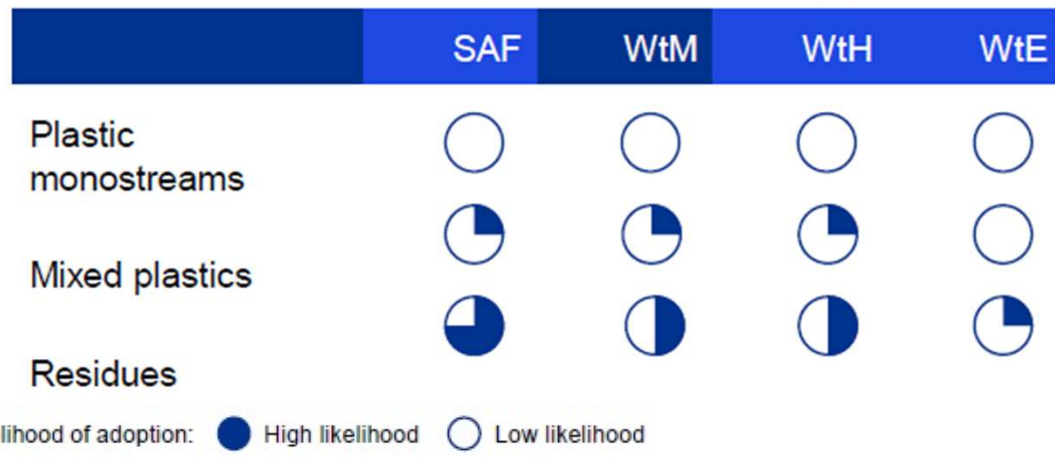
In de trajectverkenning van PBL wordt uitgegaan van **een significante import** van plastic afval (in de vorm van pellets of pyrolyseolie), omdat Nederland, als grote exporteur van plastics, veel meer plastics produceert dan er binnenlands aan plastic afval beschikbaar komt. Daarom gaat PBL uit van een beschikbaarheid van 260 PJ, wat omgerekend ongeveer gelijk staat aan 7 Mt plastic afval.



Bron: TNO (2024) Towards a sustainable energy system for the Netherlands in 2050.
PBL (2024) Trajectverkenning klimaatneutraal Nederland 2050

KPMG: De inzet van plastic afval voor de productie van nieuwe plastics heeft meer potentie dan voor de productie van brandstof, methanol, waterstof of energie

Likelihood of feedstock adoption of alternative applications^(a)



Inzet plastic afval in brandstoffensector:

- Volgens KPMG heeft de inzet van plastic afval voor brandstoffoepassingen zoals de productie van SAF, methanol, waterstof en energie (via o.a. vergassing) een lage potentie, vanwege concurrentie om dezelfde feedstock met mechanische en andere chemische recycling technieken voor plastic-to-plastic toepassingen. Dit vanwege de ‘waste hierarchy priority’ en de druk om recycling doelstellingen te halen in de chemie.
- Wel zouden deze brandstoffoepassingen interessant kunnen zijn voor de moeilijk te recyclen fracties die vanwege hun eigenschappen niet (kosteneffectief) te recyclen zijn, zoals thermoharders of laagwaardige gemengde plasticstromen.

Bron: KPMG (2023) Plastic feedstock for recycling in the Netherlands.
 Royal HaskoningDHV (2023, Nov) Evaluatie aanwezigheid kunststoffen in brandbaar afval voor AVI's.

Landelijk Afvalbeheerplan: Mechanische recycling van mono-materialen en korte-keten chemische recycling hebben de voorkeur boven pyrolyse en vergassing

Afvalhierarchie		Hoogwaardig vs laagwaardige recycling	
Prioriteit ↑	Preventie		
	Vorbereiding voor hergebruik		
	Hoogwaardige recycling	Hoogwaardige recycling Definitie Recycling van het oorspronkelijke materiaal in een gelijke of wat betreft de vereiste kwaliteit van het materiaal vergelijkbare toepassing, waaronder ook mechanische recycling en chemische recycling in de vorm van 'monomeer chemische recycling' en 'solvolyse' maar niet als 'chemische recycling via basischemicaliën'. Recycling typen <ul style="list-style-type: none"> • Thermoplastische mechanische recycling van mono-materialen; • Oplossen; • Depolymerisatie. 	Laagwaardige recycling Recycling van het oorspronkelijke materiaal in een niet gelijke of wat betreft de vereiste kwaliteit van het materiaal niet vergelijkbare toepassing en/of chemische recycling via basischemicaliën • Niet thermoplastische mechanische recycling; • Thermoplastische mechanische recycling van kunststofmengsels; • Pyrolyse; • Vergassen.
	Laagwaardige recycling		
	Energieterugwinning		
Storten of lozen			

WP2A en B

Hoofdstuk 4:

**Aanvullende
toekomstbeelden
vanuit ander
perspectief**



Expertteam Energiesysteem 2050: Circulariteit en vraagreductie zijn sleutel om schaarste van duurzame koolstofbronnen en duurzame elektriciteit te verminderen

Over de publicatie

- Opgesteld door expertteam van 10 onafhankelijke wetenschappers ondersteund door een werkgroep van het Ministerie van EZK, RVO en TNO. Opgesteld in opdracht van EZK.
- Schetst beeld van klimaatneutrale energiesysteem van Nederland in 2050. Aanbevelingen voor het Nationaal Programma Energiesysteem 2050.
- Beschrijving van bestaande eindbeelden voor de raffinage en chemie (o.a. TNO's ADAPT en TRANSFORM scenario's uit 2022 en vier scenario's van Integrale Infrastructuurverkenning 2030-2050).
- Beschrijving van mogelijke ontwikkelpaden voor de energie-intensieve industrie:
 1. Ontwikkelpad zoals dat zich op basis van huidige trends lijkt te onvouwen
 2. Ontwikkelpad dat tot een significant lager energie- en grondstoffengebruik zal leiden.

Hoofdboodschappen nieuwe koolstofketens in de industrie

- Moeilijk voor te stellen dat de huidige omvang van de industrie in Nederland in stand blijft.
- Grote variatie in de bestaande toekomstbeelden van de industriële energievraag - dit reflecteert de grote onzekerheid.
- De relaties tussen industriële sectoren leveren dilemma's op en competitie tussen schaarse hulpbronnen.
- Toekomstige schaarste in koolstof en andere materialen vraagt om een sterkere inzet op circulariteit (van zowel plastics als CO₂) en vermindering van de vraag naar energie en materialen.

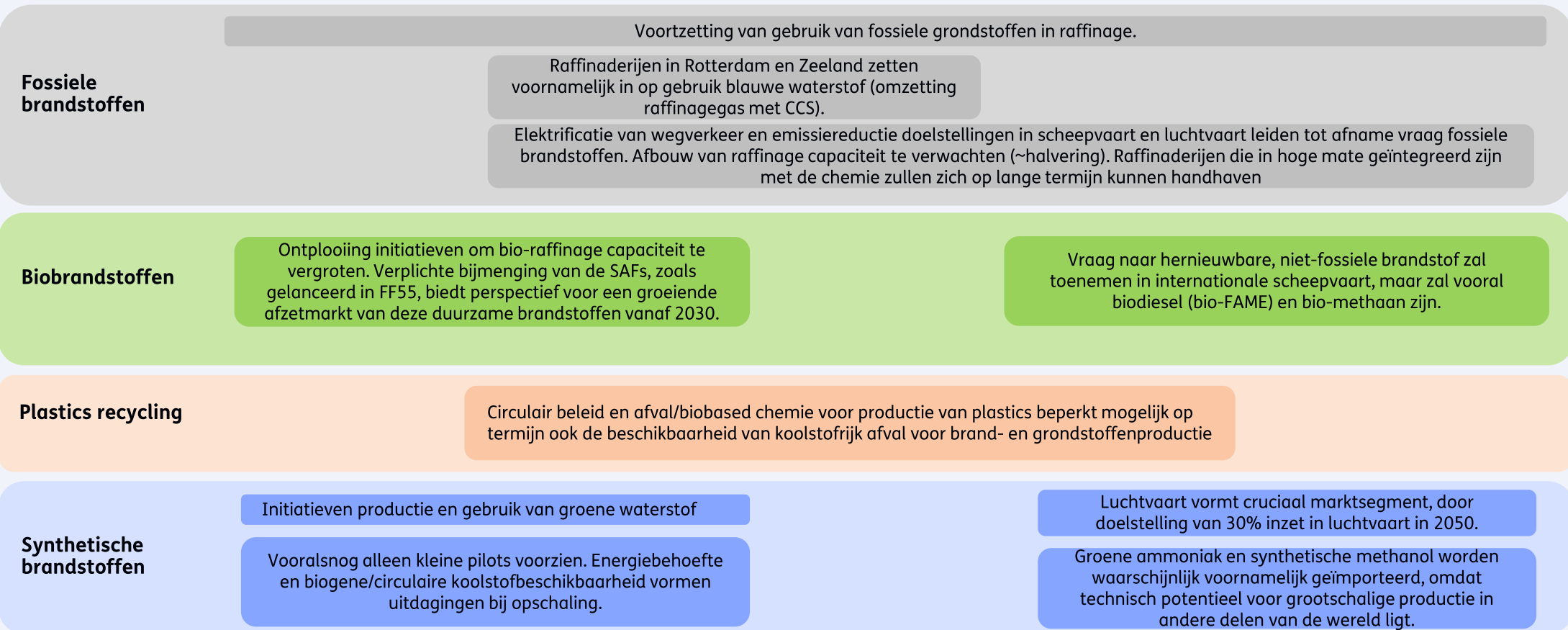
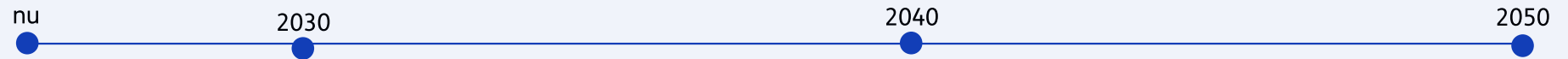
Raffinage:

- Vraag naar fossiele brandstoffen zal sterk gaan dalen.
- Biomassa en plastic afvalstromen die koolstof leveren voor synthetische brandstoffen zullen schaars worden.
- Energievraag zal sterk oplopen, hetgeen aan de grenzen van de benodigde capaciteit van hernieuwbare elektriciteit (voor groene waterstofproductie) raakt. Import van waterstof waarschijnlijk noodzakelijk.

Chemie:

- Grote onzekerheid op de vraagontwikkeling.
- Alternatieve grondstoffen zijn onder meer biogene nafta, synthetische nafta, of uit plastics geproduceerde pyrolyseolie (chemische recycling).
- Sturing op vraag naar plastics beperkt de uitdaging, terwijl sturing op productontwerp (circular by design) bij kan dragen aan hogere aandelen recyclage.

Expertteam Energiesysteem 2050: Transitiebeeld voor de raffinage op basis van huidige trends



Fossiele brandstoffen

Voortzetting van gebruik van fossiele grondstoffen in raffinage.

Raffinaderijen in Rotterdam en Zeeland zetten voornamelijk in op gebruik blauwe waterstof (omzetting raffinagegas met CCS).

Elektrificatie van wegverkeer en emissiereductie doelstellingen in scheepvaart en luchtvaart leiden tot afname vraag fossiele brandstoffen. Afbouw van raffinage capaciteit te verwachten (~halvering). Raffinaderijen die in hoge mate geïntegreerd zijn met de chemie zullen zich op lange termijn kunnen handhaven

Biobrandstoffen

Ontplooiing initiatieven om bio-raffinage capaciteit te vergroten. Verplichte bijmenging van de SAFs, zoals gelanceerd in FF55, biedt perspectief voor een groeiende afzetmarkt van deze duurzame brandstoffen vanaf 2030.

Vraag naar hernieuwbare, niet-fossiele brandstof zal toenemen in internationale scheepvaart, maar zal vooral biodiesel (bio-FAME) en bio-methaan zijn.

Plastics recycling

Circulair beleid en afval/biobased chemie voor productie van plastics beperkt mogelijk op termijn ook de beschikbaarheid van koolstofrijk afval voor brand- en grondstoffenproductie

Synthetische brandstoffen

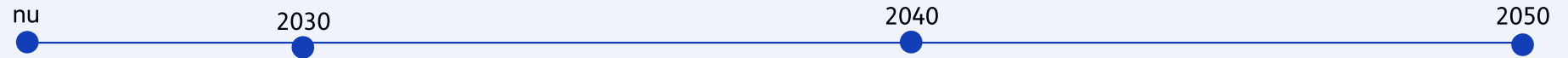
Initiatieven productie en gebruik van groene waterstof

Vooralsnog alleen kleine pilots voorzien. Energiebehoefte en biogene/circulaire koolstofbeschikbaarheid vormen uitdagingen bij opschaling.

Luchtvaart vormt cruciaal marktsegment, door doelstelling van 30% inzet in luchtvaart in 2050.

Groene ammoniak en synthetische methanol worden waarschijnlijk voornamelijk geïmporteerd, omdat technisch potentieel voor grootschalige productie in andere delen van de wereld ligt.

Expertteam Energiesysteem 2050: Transitiebeeld voor de chemie op basis van huidige trends



Fossiele chemie

Het gebruik van fossiele grondstoffen lijkt op lange termijn te worden voortgezet

Mogelijk wordt één van de Nederlandse krakers gesloten

Directe elektrificatie van krakers met afzet van restgassen voor opwerking

Bio-based chemie

Voorlopig beperkte inzet van biomassa.

Plastics recycling

Voorlopig beperkte inzet op circulariteit met relatief beperkte inzet op chemische recycling via pilots en plannen voor een eerste commerciële productiefaciliteit.

Op termijn kan chemische recycling groeien (al vormt dit een energie-intensieve oplossing), maar laat ook ruimte voor toepassing van alternatieve kort-cyclische recycling via solvolyse en mechanische recycling.

Projecties voor de vraag naar plastics op Europees niveau tot 2050 variëren van ruwweg 30 procent krimp tot 30 procent groei. Toekomstige ontwikkeling hangt af van beleidsmatige en maatschappelijke inspanningen gericht op het verminderen van de materiaalbehoefte voor plastics en het gebruik van plastics.

Expertteam Energiesysteem 2050: Zonder beleidssturing op lager energie- en grondstoffengebruik worden de grenzen van hernieuwbare opwek naar verwachting bereikt

Ontwikkelpaden

Op basis van huidige trends

- Aanname: niet-fossiele synthetische brandstofproductie voor Nederland en het achterland tot 20% van de huidige raffinagecapaciteit.
- ~500 TWh_e aan groene waterstof ruwweg anderhalf maal het naar schatting 70 GW technisch potentieel voor wind op zee in Nederland. Import van groene waterstof noodzakelijk.
- Mogelijk alternatief: directe import van biobrandstoffen of synthetische brandstoffen vanuit regio's met lagere energiebehoefte in verhouding tot het technisch potentieel.

Raffinage

Chemie

- Aanname: Vlakke vraagontwikkeling voor chemische producten.
- Elektrificatie van de krakers vergt ~22 TWh aan hernieuwbare elektriciteit (7% van het van ~70 GW aan technisch potentieel wind op zee).

Beleidssturing op lager energie- en grondstoffen-gebruik

- Aannname: Volledige afbouw van de fossiele raffinagecapaciteit samen met de geagendeerde verdrievoudiging van bioraffinage, en een beperkte opbouw van synthetische brandstoffenproductie voor de Nederlandse luchtvaart.
- Hernieuwbare elektriciteitsbehoefte in de orde van 50 TWh nodig.

- Gebaseerd op ontwikkelpad Plastics Europe
- 10 TWh aan hernieuwbare elektriciteitsgebruik (3,5% van potentieel wind op zee).
- 10 % bio-nafta, 25 % mechanische recycling, 20% solvent-based recycling, en 25% chemische recycling.
- Aanvullend biedt import mogelijk kansen voor 15% aanvullende bijdragen van bio-nafta.

Toekomstbestendige koolstofstromen in de Zuid-Hollandse industrie: Regionale overheden kunnen ontwikkeling van biogene conversieroutes en korte-keten recycling van plastics faciliteren

Over de publicatie

- **Hoofdvraag:** welke nieuwe koolstofketens vanuit maatschappelijk perspectief het meest gewenst (emissiereductie en economie)? Welke ketens moeten de provincie Zuid-Holland en gemeente Rotterdam wel en niet gericht ondersteunen?
- Bestaande en nieuwe koolstofstromen in het Haven-Industrieel Complex in beeld gebracht (scenario analyse).
- LCA om netto emissiereductie van een selectie ketens te vergelijken met huidige productieprocessen.
- Beleidsanalyse hoe onderzochte productketens gestimuleerd moeten worden.

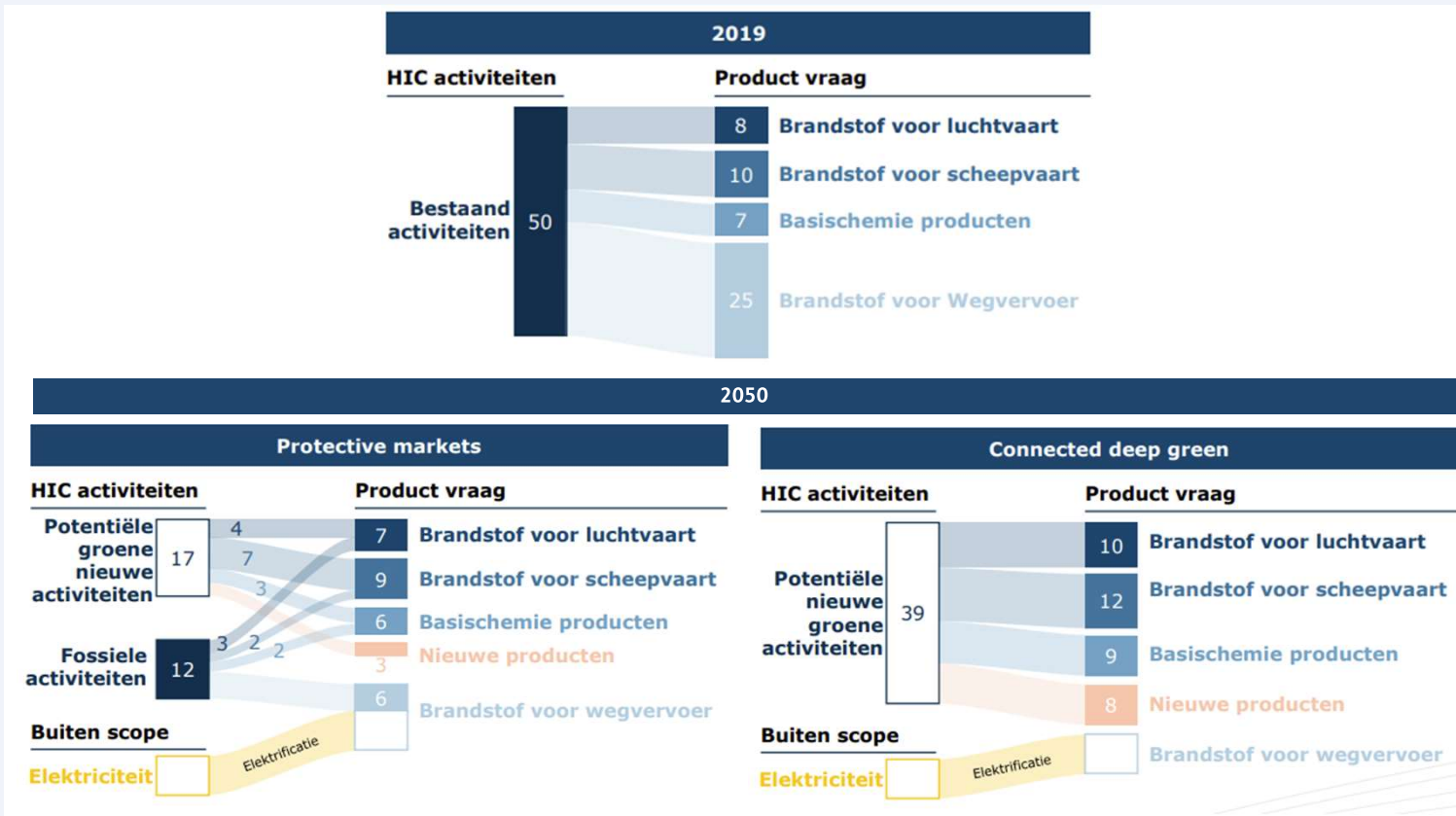
Hoofdboodschappen nieuwe koolstofketens in de industrie

- **Onzekerheid focus HIC:** grootschalige productie van basisproducten en brandstoffen of verschuiven naar conversie van basisproducten en producten met een hogere toegevoegde waarde?
- Producten met hoogste toegevoegde waarde of die flexibel inzetbaar zijn zullen naar verwachting prevaleren. Daarom reëel te verwachten dat markt voor groene plastics en chemicaliën op termijn zal groeien ten koste van de brandstoffenmarkt.
- **Schaarste:** Biomassa en groene energie zullen schaarser worden richting de toekomst.
- **Grootschalige import van groene koolstof nodig:**
 - In eerste plaats **biogene koolstof** omdat deze qua LCA bijzonder goed scoort (aandachtspunt maatschappelijk verantwoorde import).
 - In tweede plaats import **afval voor recycling** (niet voor verbranding) nodig om plastics en chemicaliën te produceren.

Handelingsperspectief voor regionale overheden:

- Ondersteunende rol vervullen bij ontwikkeling en introductie van nieuwe technologieën in het HIC zoals korte-keten recycling van plastics en nieuwe biomassa importstromen.
- Creëren van aantrekkelijk vestigingsklimaat door facilitering van vergunningverlening, ruimtevraag en financieringsmogelijkheden voor nieuwe bedrijven en initiatieven die biogene en gerecyclede koolstof omzetten in producten.
- Vasthouden aan taken op het gebied van afvalscheiding en recycling
- Met gericht locatiebeleid komst van nieuwe demonstratie installaties faciliteren.

Toekomstbestendige koolstofstromen in de Zuid-Hollandse industrie: de totale vraag naar brandstoffen, plastics en chemicaliën wordt geschat op 30-39 Mton in 2050*



Inzichten o.b.v. scenario's:

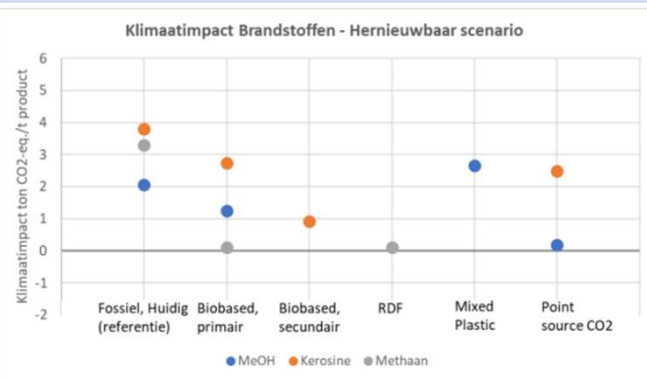
- De vraag naar fossiele brandstoffen in wegvervoer zal gedeeltelijk of volledig verdwijnen.
- De vraag naar vliegtuigbrandstoffen zal aanwezig blijven in het HIC en naar verwachting >63% niet fossiel zijn (t.g.v. RefuelEU regulering).
- De vraag naar scheepsbrandstof zal aanwezig blijven in het HIC en zal >80% emissiereductie teweegbrengen (t.g.v. RefuelEU regulering).
- Groei nieuwe groene productketens in beide scenario's.
- Geen nadere kwantificering van de vraag naar duurzame koolstofbronnen.

* Crude oil equivalents

Toekomstbestendige koolstofstromen in de Zuid-Hollandse industrie: Biomassa als grondstof scoort in alle LCA's heel goed

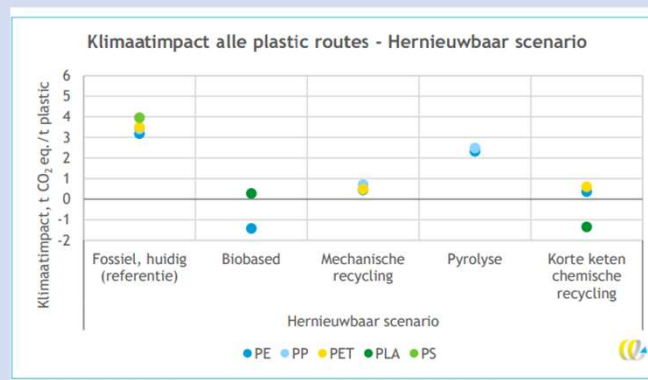
Brandstoffen:

- Synthetische brandstoffen grote potentie voor emissiereductie (voorwaarde beschikbaarheid groene elektriciteit en waterstof).
- Kerosine heeft t.o.v. methanol een hogere CO₂ ketenemissie voor vergassing, nu en in toekomst.
- Methaan via vergisting van biomassa en vergassing van rioolslib zorgen voor significante emissiereductie t.o.v. fossiel vanwege biogene CO₂. (CCS niet meegenomen)



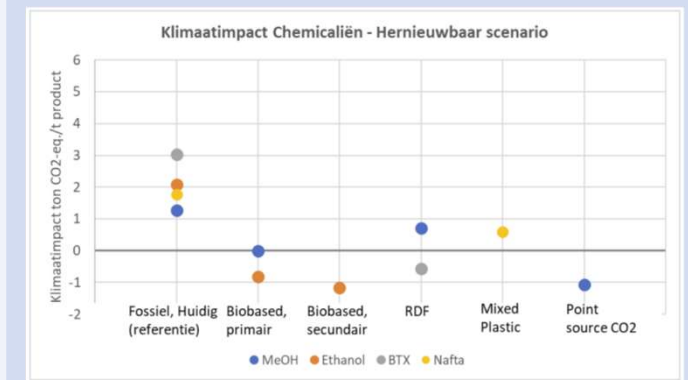
Plastics:

- Grootste emissiereductie wordt behaald door biobased plastics, gevolgd door mechanische recycling vanwege lage energiebehoefte en korte keten chemische recycling.
- Pyrolyse vertoont de minste emissiereductie t.o.v. fossiele referentie.



Chemicaliën:

- Voor methanol: CO₂ uit lucht grootste potentie voor emissiereductie als voldoende hernieuwbare energie beschikbaar is.
- RDF vergassing tot methanol of BTX vooral gunstig als end-of-life circulair is.
- Pyrolyse van mixed plastic afval tot nafta leidt tot een lagere ketenemissie dan de fossiele route. Echter, huidig beleid gericht op 100% recycling (2030-2040). Daarom bescheiden toekomst verwacht voor deze route.



WP2A en B

Appendices



Appendix A: Sankey diagrammen van koolstofstromen zijn gebaseerd op historische data en projecties van energieverbruik en producthandelsstromen

Gebruikte bronnen

Historische data CBS:
Energiebalansen
Producthandelsstromen
(2019)

Eurostat:
Extra detailniveau over
bunkers, niet-biogeen
afval en biobrandstoffen

Databewerking

1. Aggregatie van data per energiedrager:

- Aanbod uit import, eigen winning en stockveranderingen
- Aanbod uit raffinaderijen, de petrochemie en de overige sectoren;
- Het energetisch en niet-energetisch verbruik en overige omzettingen in raffinaderijen, petrochemie, overige chemie, de overige sectoren en het wegverkeer;
- Stromen die Nederland verlaten via export en bunkers of die toegevoegd worden aan de nationale stock (bijv. olie-opslag tanks).

2. Conversie van energie naar massa-eenheden
Met behulp van de onderste stookwaarde (MJ/kg)

3. Balans check

4. Conversie naar invoersyntaxis van SankeyMatic

5. Toevoeging van andere koolstofhoudende materiaalstromen

die Nederland binnenkomen en verlaten aan de syntaxis:

- organische chemische producten
- industriekolen

Appendix B: Het OPERA-model van TNO is een bottom-up optimalisatiemodel voor het energiesysteem van Nederland

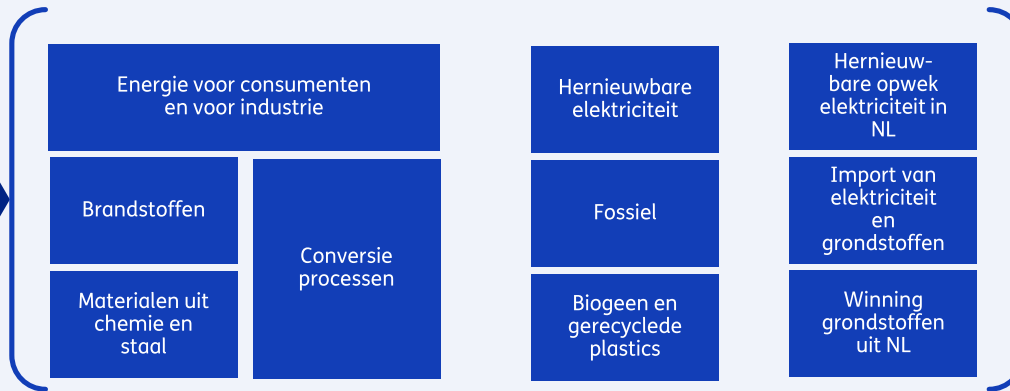
(1. Definitie toekomstbeeld)



Wat is de behoefte van de Nederlandse samenleving en wat is er nodig voor export in 2030, 2040 en 2050?

ADAPT en TRANSFORM scenarios beschrijven een mogelijke toekomst

(2. Uitwerking in een computer model)

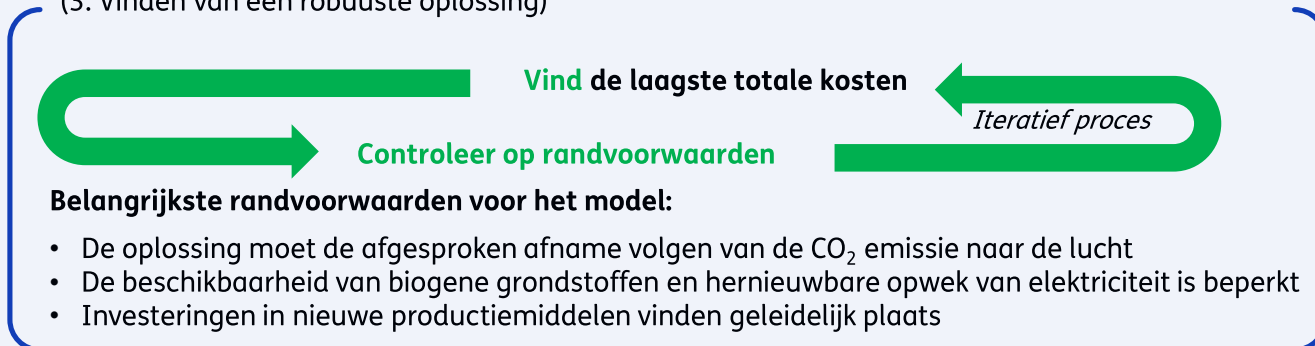


Met welke oude en nieuwe processen maakt de industrie de benodigde produkten?

Wat is de behoefte aan soorten hulpbronnen?

Waar komen hulpbronnen vandaan?

(3. Vinden van een robuuste oplossing)



Appendix C: De ADAPT- en TRANSFORM-scenario's tonen twee toekomstbeelden van het energiesysteem waarmee CO₂ reductie doelstellingen behaald kunnen worden

Representatie van raffinage en hoogwaardige chemicaliën productie in ADAPT en TRANSFORM 2050.

	ADAPT 2050	TRANSFORM 2050
Raffinage	<p>Fossiele raffinage:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Voldoet aan 10% van de EU brandstofvraag • Capaciteit met 50% verminderen. <p>Duurzame brandstof raffinage:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Voldoet aan 10% van de vraag van EU 27 <ul style="list-style-type: none"> • 50% emissie reductie doelstelling in internationale lucht- en scheepvaart in 2050. • Invoer biomassa houtsnippers/pellets • Invoer van hernieuwbare brandstoffen 	<p>Fossiele raffinage:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Voldoen aan 10% van de vraag op de EU-brandstofmarkt • De fossiele raffinagecapaciteit met 80% verminderen. <p>Duurzame brandstof raffinage:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Voldoet aan 10% van de vraag van EU 27 <ul style="list-style-type: none"> • 80% emissie reductie doelstelling in internationale lucht- en scheepvaart in 2050. • Invoer biomassa houtsnippers/pellets • Invoer van hernieuwbare brandstoffen
Hoogwaardige chemicaliën	<p>Vraag naar kunststoffen en HVC:</p> <ul style="list-style-type: none"> • De (wereldwijde) vraag naar kunststoffen blijft groeien <p>Aanbod van grondstoffen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beschikbaarheid plastic afval blijft beperkt tot Nederlandse aanbod. • Circulariteit speelt een beperkte rol • Aanvoer van hernieuwbare grondstoffen is afhankelijk van de raffinagetransitie in NL 	<p>Vraag naar kunststoffen en HVC wereldwijd:</p> <ul style="list-style-type: none"> • De vraag naar kunststoffen daalt met 40% vergeleken met ADAPT. <p>Aanbod van grondstoffen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beschikbaarheid plastic afval blijft beperkt tot Nederlandse aanbod. • Circulariteit speelt een belangrijke rol en zorgt voor veranderingen in productontwerp, met als resultaat hogere mechanische plastic recycling. • Chemische recycling speelt een belangrijke rol • Een doelstelling voor niet-virgin fossiel koolstofgehalte is vastgesteld op 80% voor het jaar 2050

Appendix C: De ADAPT- en TRANSFORM-scenario's tonen twee toekomstbeelden van het energiesysteem waarmee CO₂ reductie doelstellingen behaald kunnen worden

Samenvatting van de belangrijkste scenarioparameters (genoemde percentages zijn minimumeisen):

	ADAPT			TRANSFORM		
	2030	2040	2050	2030	2040	2050
Nationaal broeikasgasreductiedoel ^b	55% ^c	80%	Klimaat-neutraal	55% ^c	80%	Klimaat-neutraal
Broeikasgasreductiedoel						
• Internationale luchtvaart		30%	50%		53%	100%
• Internationale scheepvaart		45%	50%		70%	100%
Aandeel circulaire koolstof voor productie van chemicaliën	0%	0%	0%	0%	40%	80%
Doel finale energiegebruik	1609 PJ	Geen doel		1609 PJ	Geen doel	
Energie en mobiliteitsvraag, vraag naar producten		Projectie van Klimaat- & energieverkenning (KEV) 2022 met extrapolatie voor 2050		Lager dan KEV 2022		
• Energievraag industrie				Lager dan KEV 2022		
• Productie industrie				Gelijk aan KEV 2022		
• Huishoudens				Lager dan KEV 2022		
• Binnenlandse mobiliteit				Hoger dan KEV 2022		
• Energievraag dienstensector				Lager dan KEV 2022		
• Energievraag agrarische sector				Lager dan KEV 2022		
Fossiele brandstofprijzen	Stijgende prijzen, gelijk aan KEV 2022					
Biomassa beschikbaarheid (PJ) ^e						
• Binnenlands	164	202	241	164	186 ^d	209 ^d
• Import uit buitenland	83	366	650	83	366	650
CO ₂ -opslag (Mton) ^c	12,7	35	40	12,7	12,7	15
Maximale capaciteit (GW) ^e						
• Wind op zee	16	36	40	16	45	70
• Wind op land	7,8	7,8	7,8	7,8	10	12
• Zon-PV	37	69	109	43	84	132
• Kerncentrales ^e	0,5	3,45	5,2	0,5	3,45	5,2

Voetnoten:

a. Voor 2030 is rekening gehouden met streefwaarden per sector, in de jaren daarna geldt alleen het integrale doel.

b. CO₂ en overige broeikasgassen, alsmede emissies van landgebruik.

c. Maximum dat kan worden ingezet. Het model kan uitkomen op lagere waarden.

d. Door gedragsverandering bij consumenten is er in TRANSFORM minder biogeen afval dan in ADAPT.

e. Huidige Borssele kerncentrale (0,5 GW in 2030 en 2040), nieuwe grootschalige kerncentrales (3 GW in 2040 en 2050), small modular reactoren (0,45 GW in 2040 en 2 GW in 2050) en geavanceerde reactoren (0,2 GW in 2050)

Appendix D: Welke processen/technologieën zijn opgenomen in het OPERA model voor de (petro)chemie en raffinaderijen?

Alternatieve processen voor conventionele raffinage:

- Fossiele raffinage met CCS
- Bioraffinaderijen die gebruik maken van houtige biomassa:
 - vergassing + Fischer Tropsch synthese/methanol/DME productie
 - biomass-to-ethanol
 - alcohol-to-jet
 - biomassa pyrolyse met upgrading
- Bioraffinaderijen die gebruik maken van used cooking oil en dierlijke vetten (HVO, HEFA)
- Biogas raffinage: bio-LNG productie
- Co-processing in conventionele raffinage, met bio-intermediates.
- P-t-X (methanol, drop-in fuels, H₂, ammoniak) gebruik makend van point source capture en direct air capture (DAC)
- Conventionele biobrandstof productie

Alternatieve processen voor conventionele stoomkrakers:

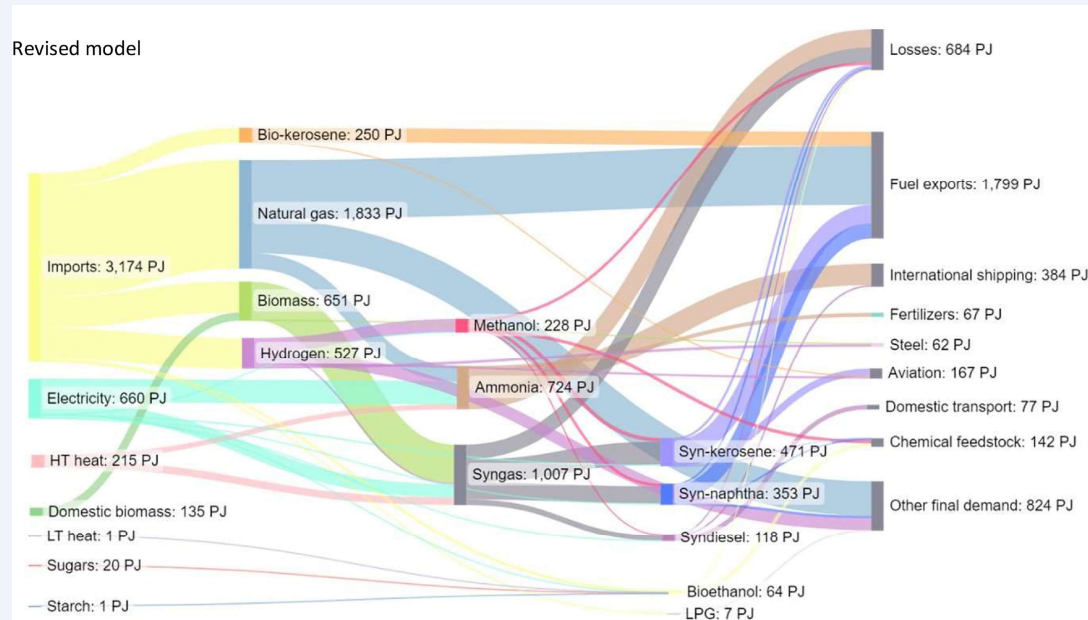
- Stoomkrakers met CCS
- Elektrificatie van stoomkrakers
- Ethanol-to-ethylene
- Methanol-to-olefins
- Methanol-to-aromatics
- Pyrolysis oil-to-aromatics
- Co-processing met bio-pyrolyseolie
- Co-processing met bio-nafta

Appendix E: Het IESA-Opt model heeft een uitgebreidere beschrijving van energie- en materiaal balansen dan OPERA, waardoor de industrie beter kan worden beschreven

- IESA-Opt is net als OPERA een energie-system model met optimalisatie voor laagste systeem-kosten, maar heeft een uitgebreidere beschrijving van energie- en materiaal balansen waardoor de industrie beter kan worden beschreven. Het model is nog in ontwikkeling en deze analyse is daarom op basis van een recent paper dat een zero-emission toekomst schetst voor Nederland in 2050.
- De **brandstoffensector** produceert ammoniak en koolstof-gebaseerde brandstoffen. De ammoniak is bestemd voor de zeevaart en wordt gemaakt uit geïmporteerde waterstof. De koolstof-gebaseerde brandstoffen worden gemaakt uit biomassa via de syngas route. Het syngas wordt omgezet tot syn-kerosine voor luchtvaart en syn-diesel voor scheepvaart en wegtransport. Een ander deel van het syngas wordt ingezet voor productie van syn-nafta.
- De **chemiesector** wordt gevoed met syn-nafta, methanol en ethanol. Voor methanol lijkt CO₂ de koolstofbron, die wordt gereduceerd met geïmporteerde waterstof. Voor syn-nafta is biomassa de koolstofbron. De ethanol wordt gedeels geïmporteerd, en ook in Nederland geproduceerd uit suiker en zetmeel.
- Het IESA-Opt model voorziet als belangrijkste **processen** vergassing gecombineerd met Fischer-Tropsch synthese voor brandstoffen en CO₂ genereren voor methanol synthese gecombineerd met het MTO proces voor productie van olefinen en andere basis-chemicalien. De belangrijkste koolstof-**grondstoffen** zijn biomassa en CO₂. De inzet van biomassa is vergelijkbaar met het OPERA model, waarschijnlijk doordat hiervoor dezelfde randvoorwaarden zijn gebruikt.

Appendix E: IESA-Opt model

Sankey-diagram voor NL in 2050, PJ (verbrandingswarmte)



“Sankey diagrams represents inputs to fuel production (oil products and natural gas and their bio- and synthetic equivalents and substitutes), and their use as final energy carriers. Use of other energy carriers in end-use sectors is not shown above. Values have been rounded.”

Primaire grondstoffen

Aardgas (methaan)	1833 PJ (import)
Biomassa	651 PJ (import) + 135 PJ (extractie NL)

Energie

Elektriciteit	660 PJ (productie in NL naar het lijkt)
Waterstof	527 PJ (import)

Productie

Methanol	228 PJ (uit import waterstof)
Ammonia	724 PJ (uit import methaan en elektriciteit)
Syngas	1007 PJ (uit import/extractie biomassa)

Brandstoffen voor transport

Export	1799 PJ
Bunkers	384 PJ
scheepvaart	
luchtvaart	167 PJ
Binnenland	77 PJ

Overige brandstoffen

Overige brandstoffen	824 PJ
----------------------	--------

Industrie-sectoren

Staal	62 PJ (op basis van waterstof)
Koolstof chemie	142 PJ (op basis van methanol en syn-naphtha)
Stikstof chemie	67 PJ (op basis van ammonia)

Appendix F: Het Carbon Transition Model (CTM) maakt een optelsom van de koolstofstromen door de bedrijven in de basisindustrie

- “Het Carbon Transition Model (CTM) is een hulpmiddel om trajecten naar nul-emissie te verkennen voor de Nederlandse industrie en voor toekomstige industrieën die synthetische moleculen produceren (uit koolstof, water en elektriciteit). De industriële activiteit is gemodelleerd op basis van historische openbare gegevens van het jaar 2019 en is gevalideerd. U kunt een toekomstig jaar verkennen door wijzigingen aan te brengen in een referentiescenario voor het 'basisjaar'. Het model biedt vervolgens informatie over veranderingen in emissies, kosten, energie en grondstoffen, technologiekeuzes, infrastructuur en nog veel meer.” (bron: carbontransitionmodel.com)
- Het Carbon Transition Model (CTM) maakt een optelsom van de koolstofstromen door de bedrijven in de basisindustrie. Per bedrijf kunnen instellingen voor verschillende grondstoffen en de inzet van capaciteit worden veranderd. Zo wordt het effect van maatregelen bij individuele bedrijven op de totale CO₂ emissie duidelijk en de behoefte aan hernieuwbare elektriciteit. De opzet van het CTM het vergelijken van situaties, het **optimaliseert dus niet**, bijvoorbeeld voor totale systeemkosten. Het CTM maakt ook geen projectie naar de toekomst, daarvoor is invoer van de gebruiker nodig in de vorm van een scenario.
- Het CTM heeft een **basis-scenario** die de huidige productie en grondstoffeninzet vertegenwoordigen. Daarnaast heeft het CTM heeft een **Openbaar toekomstscenario voor 2030** dat de veranderingen omvat die de industrie zelf heeft gepubliceerd. Dit toekomstscenario is onder meer gebaseerd op de maatwerkafspraken tussen industrie en overheid.

Vergelijking van de belangrijkste koolstofstromen in het base-scenario met die in het Openbare CTM 2030 scenario laat zien:

Fossiele grondstoffen:	afname van 2751 kton ruwe olie, toename van 310 kton aardgas
Hernieuwbare grondstoffen:	toename van 2491 kton bio-olie, bio-propan, bio-nafta, bio-waste
Gerecyclede afvalstromen:	toename van 223 kton fossil waste, mixed waste, plastic waste

- Tegen de achtergrond van een verbruik van ongeveer 62.000 kton ruwe olie en 8.000 kton aardgas laat zien dat er in 2030 weinig significante verandering wordt verwacht in de grondstof-mix.

Werkpakket 2C

Collaboratieve businessmodellen

Projectteam:
Frank Berkers, Noortje Bonenkamp, Rebecca Dowling,
Karin van Kranenburg, Tamara Oukes, Frank Wubbolts



Introductie Werkpakket 2C



Introductie

Werkpakket 2C richt zich op collaboratieve business modellen voor veranderende waardeketens. De resultaten van dit werkpakket zijn de volgende:

- Een duidelijk omschreven startpunt en een helder eindbeeld, in termen van functies en rollen in verschillende categorieën waardeketens in de haven.
- Een beeld van hoe veranderingen in de operationele activiteiten in de primaire waardeketen kunnen leiden tot het omvormen van andere waardeketens.
- Welke beslissingen (of het uitblijven daarvan) deze veranderingen kunnen stimuleren of tegenhouden.

Dit werkpakket is uitgevoerd in nauwe samenwerking met de industrie en andere relevante stakeholders. Daartoe zijn twee workshops georganiseerd. In de eerste workshop zijn gezamenlijk waardeketens gebouwd voor chemie (ethyleen) en brandstoffen (methanol naar SAF en SMF). In de tweede workshop zijn mogelijkheden tot synergie tussen brandstoffen en chemie geïdentificeerd.



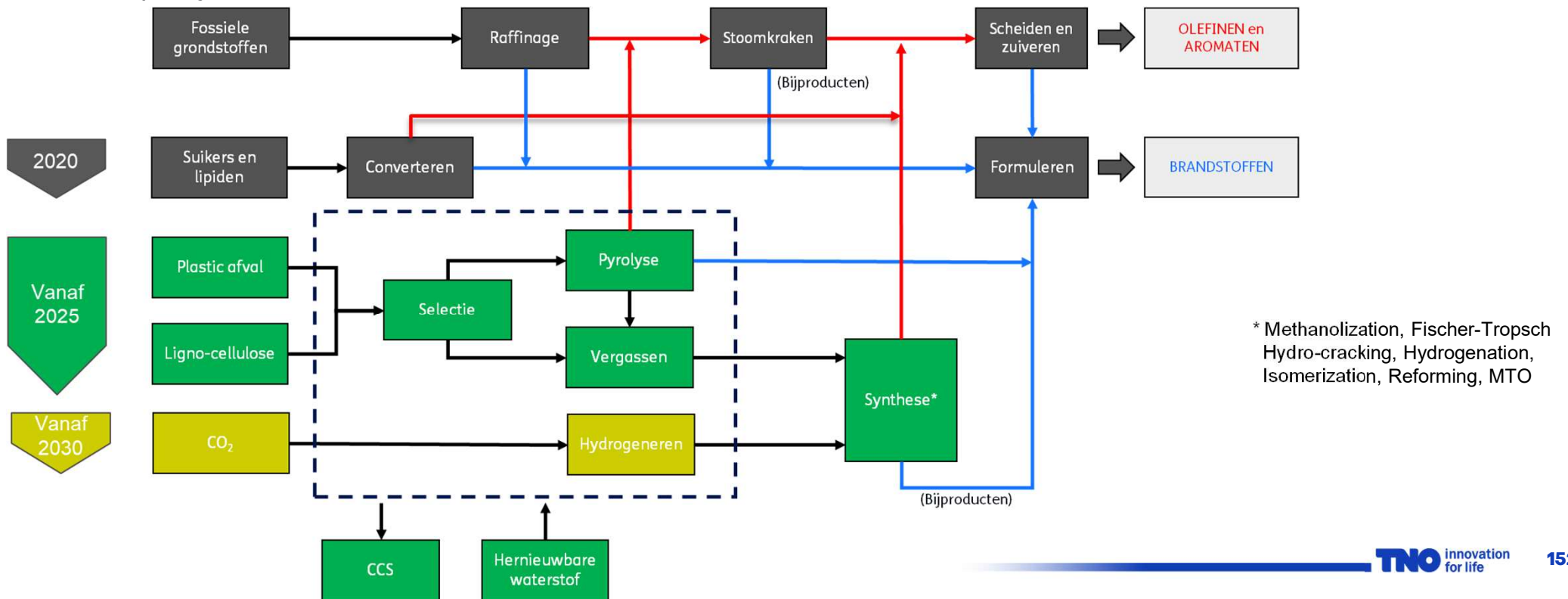
Managementsamenvatting WP2C

Managementsamenvatting: conclusies

- De sectoren zien in toekomstige business modellen meer **mogelijkheden voor synergie** dan er vandaag bestaat tussen de chemie- en brandstofsector, bijvoorbeeld bij het opzetten van importketens en het creëren van een hub voor duurzame koolstof in het HIC Rotterdam, gezamenlijke installaties voor verwerking van feedstocks (pyrolyse, vergassing, sortering van plastics), waardoor schaalgroottevoordelen gereanalyseerd kunnen worden, en clusterintegratie met uitwisseling van reststromen (energie en moleculen).
- Er is vanuit de ministeries en de EU **helder beleid nodig** rondom strategische autonomie (definiëren welke activiteiten we minimaal in NL en EU willen houden, welke moleculen kritisch zijn), import en gebruik van biomassa en andere koolstofstromen, gebruik van schaarse elektriciteit uit duurzame bronnen en schaarse ruimte.
- **Harmoniseren van regelgeving en beleid tussen chemie en brandstoffen** is belangrijk om synergieën mogelijk te maken. Hierin vanuit chemie en brandstoffen **gezamenlijk optrekken**, vanuit gezamenlijk belang. Daarbij moet regelgeving en beleid zich met name richten op de **voorkant** (feedstocks) en de **achterkant** (eindproduct) van de ketens, en niet zozeer op het productieproces.
- In regelgeving wordt nu onderscheid gemaakt tussen chemie en brandstoffen, met name aan het begin (feedstock) en einde van de keten (producten). Er wordt bijvoorbeeld een markt gecreëerd voor duurzame methanol als brandstof in RED 3, maar (nog) niet voor duurzame methanol voor chemie. Dit onderscheid belemmert het creëren van synergieën tussen chemie en brandstoffen.
- Daarbij moet de doelstelling helder zijn. Als de doelstelling is om fossiel uit te faseren, komt een ander beeld naar voren, dan wanneer geredeneerd wordt vanuit de doelstelling om CO₂-emissies te reduceren, of om circulair te worden.

Managementsamenvatting: Huidige en toekomstige productieketens

Onderstaande figuur laat de verwachte ontwikkeling in de tijd zien voor de productieprocessen van duurzame brandstoffen en chemicaliën, waarin zich een logische volgorde aftekent voor de inzet van circulaire koolstof: suikers en lipiden (vetten), plastic afval, lignocellulose en daarna CO₂. De grondstoffen waarvan de omzetting tot producten relatief eenvoudig is, komen eerst aan bod. Combinaties van grondstoffen en omzettingen die meer energie vragen en lastiger uitvoerbaar zijn volgen daarna.



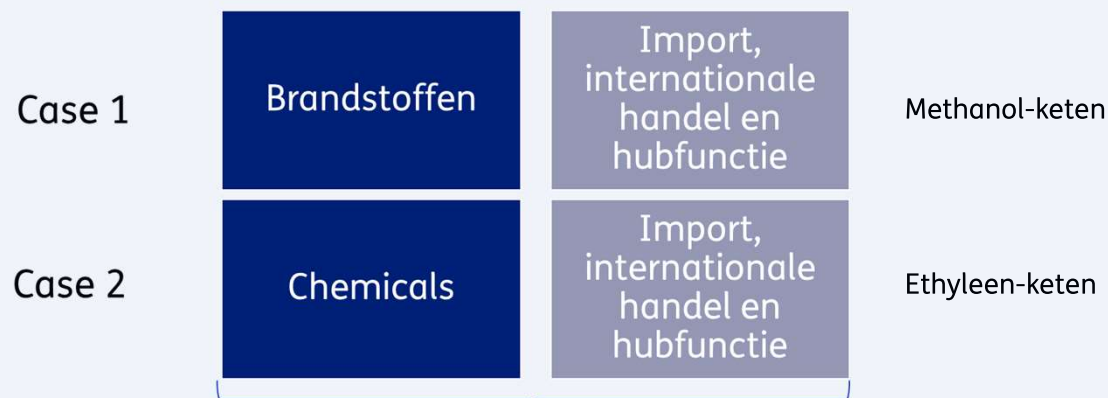
WP2C

**Resultaten
workshop 1**



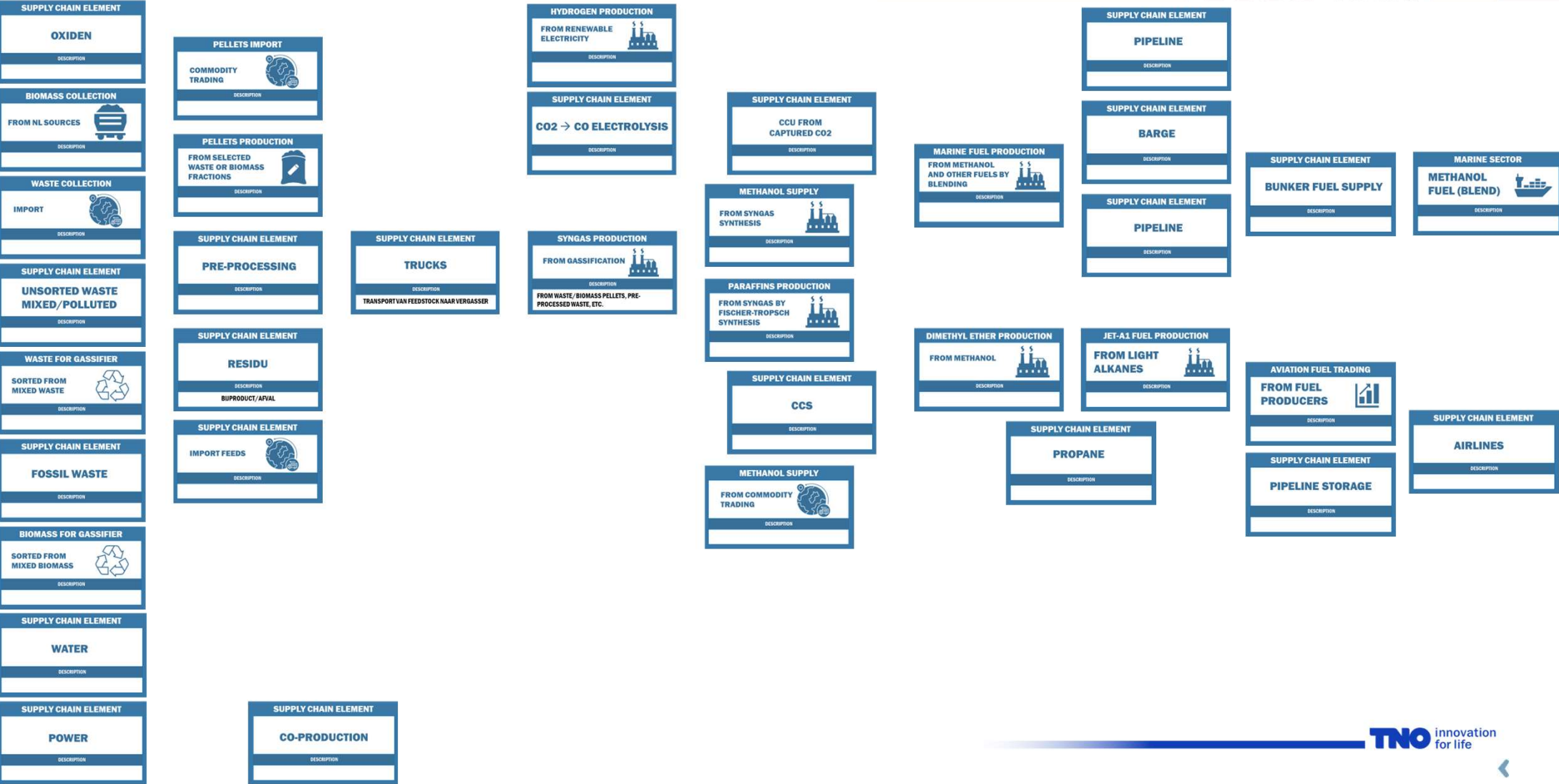
Doel van Workshop 1

- Samen een zo **concrete** *mogelijke keten* bouwen en daar een gedeeld beeld van ontwikkelen.
- Ophalen van inzichten door de keten vanuit verschillende perspectieven te bestuderen. We kiezen voor realistisch voorstelbaar en concreet (boven volledigheid of optimalisatie), omdat daarmee de kwaliteit en diepgang van inzichten hoger is.
- Pijn- en scharnierpunten voor mogelijke veranderingen identificeren.
- Op de volgende slides staan de ketens gebouwd en geëvalueerd tijdens de workshop met de belangrijkste conclusies (zie voor volledige verslag bijlage A) voor de twee cases:



Deze 2 samen nemen, aangezien import/handel naar verwachting een grote rol zal spelen bij zowel brandstoffen als chemie

Methanol - keten samengesteld in workshop



Methanol conclusies

- De haalbaarheid van de methanol waardeketen hangt af van economische, technische en duurzaamheidsfactoren. Ook wet- en regelgeving spelen een belangrijke rol in de haalbaarheid.
- Er zullen steeds afwegingen gemaakt moeten worden tussen energie-efficiëntie, efficiënt gebruik van grondstoffen, waardecreatie, duurzaamheid, al dan niet prioriteit geven aan gebruik van schaarse middelen voor “hard-to-abate” toepassingen, enzovoort. Overigens hoeven deze aspecten elkaar niet altijd te “bijten”, soms versterken ze elkaar juist.
- Naar verwachting zal de biomethanol waardeketen als eerste van de grond komen. Bio-fossiel (ongesorteerd huishoudelijk afval, waarin zowel bio- als fossiele componenten voorkomen) kan in deze fase ook een rol spelen, voor de productie van Recycled Carbon Fuels (RCFs). E-routes, op basis van CO₂ uit puntbronnen en later Direct Air Capture, zullen pas later volgen, vanwege de hogere kosten.
- Verwaarden van restproducten die vrijkomen in het productieproces is belangrijk, vanuit economisch oogpunt en duurzaamheidsperspectief.
- Voor een aantal functies in de waardeketen is het logisch, dat ze in combinatie door eenzelfde partij uitgevoerd worden. Zo zullen DME productie en jet fuel synthese door een partij gedaan worden.

Ethyleen - keten samengesteld in workshop

BIOMASS FOR GASSIFIER
 SORTED FROM MIXED BIOMASS
 DESCRIPTION

BIOMASS COLLECTION
 FROM NL SOURCES
 DESCRIPTION

BIOMASS COLLECTION
 IMPORT
 DESCRIPTION

WASTE COLLECTION
 FROM NL SOURCES
 DESCRIPTION

WASTE COLLECTION
 IMPORT
 DESCRIPTION

WASTE FOR GASSIFIER
 SORTED FROM MIXED WASTE
 DESCRIPTION

LIGHT OLEFINS PRODUCTION
 FROM NAPHTHA BY STEAM CRACKING
 DESCRIPTION

PYROLYSIS OIL PRODUCTION
 FROM BIOMASS
 DESCRIPTION

PYROLYSIS OIL PRODUCTION
 FROM WASTE
 DESCRIPTION

NAPHTHA PRODUCTION
 FROM PYROLYSIS OIL
 DESCRIPTION

PELLETS PRODUCTION
 FROM SELECTED WASTE OR BIOMASS FRACTIONS
 DESCRIPTION

SYNGAS PRODUCTION
 FROM GASSIFICATION OF WASTE PELLETS
 DESCRIPTION

SYNGAS PRODUCTION
 FROM GASSIFICATION OF BIOMASS PELLETS
 DESCRIPTION

PARAFFINS PRODUCTION
 FROM SYNGAS BY FISCHER-TROPSCH SYNTHESIS
 DESCRIPTION

LIGHT OLEFINS PRODUCTION
 FROM PETROL AND DIESEL FRACTIONS BY STEAM CRACKING
 DESCRIPTION

LIGHT OLEFINS PRODUCTION
 FROM PYROLYSIS OIL
 DESCRIPTION

ETHYLENE PRODUCTION
 FROM LIGHT OLEFINS BY SEPARATION
 DESCRIPTION

ETHANOL SUPPLY
 FROM COMMODITY TRADING
 DESCRIPTION

METHANOL SUPPLY
 FROM SYNGAS SYNTHESIS
 DESCRIPTION

DIMETHYL ETHER PRODUCTION
 FROM METHANOL
 DESCRIPTION

LIGHT OLEFINS PRODUCTION
 FROM DIMETHYL ETHER
 DESCRIPTION

ETHANOL SUPPLY
 FERMENTATION OF SUGARS
 DESCRIPTION

ETHYLENE PRODUCTION
 FROM ETHANOL BY DEHYDRATION
 DESCRIPTION



Ethyleen conclusies

- Verschillende technologische routes moeten worden verkend en geïmplementeerd, met prioriteit voor technologieën die de meeste economische potentie en milieuvoordelen bieden.
- Een mix van technologieën (ofwel een mix van meerdere ketens) zal altijd nodig zijn om aan de vraag te voldoen.
- Als je iets op grote schaal wilt doen in 2050, moet je nu kiezen voor technologieën met een hoge TRL of technologieën die al op grote schaal bewezen zijn.
- De overheid kan helpen met het afdekken van risico's in met nieuwe technologieën/waardeketens.
- Tevens moet de overheid de randvoorwaarden en regelgeving realiseren om duurzame ethyleen ketens te ondersteunen.
- Er is concurrentie tussen de brandstoffen en de chemie sector, maar er zijn zeker ook synergiën te identificeren – bijvoorbeeld rondom marktcreatie/import en bijproducten.

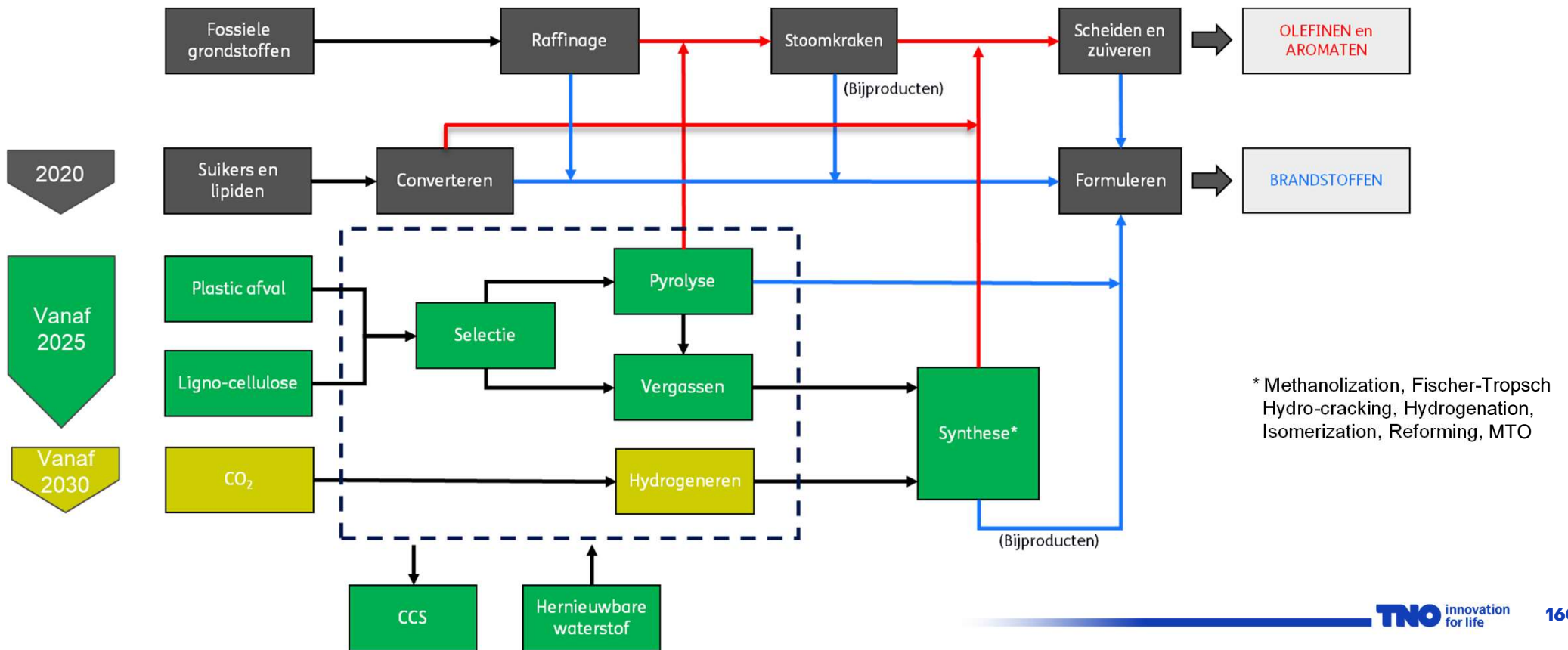
WP2C

**Resultaten
workshop 2**



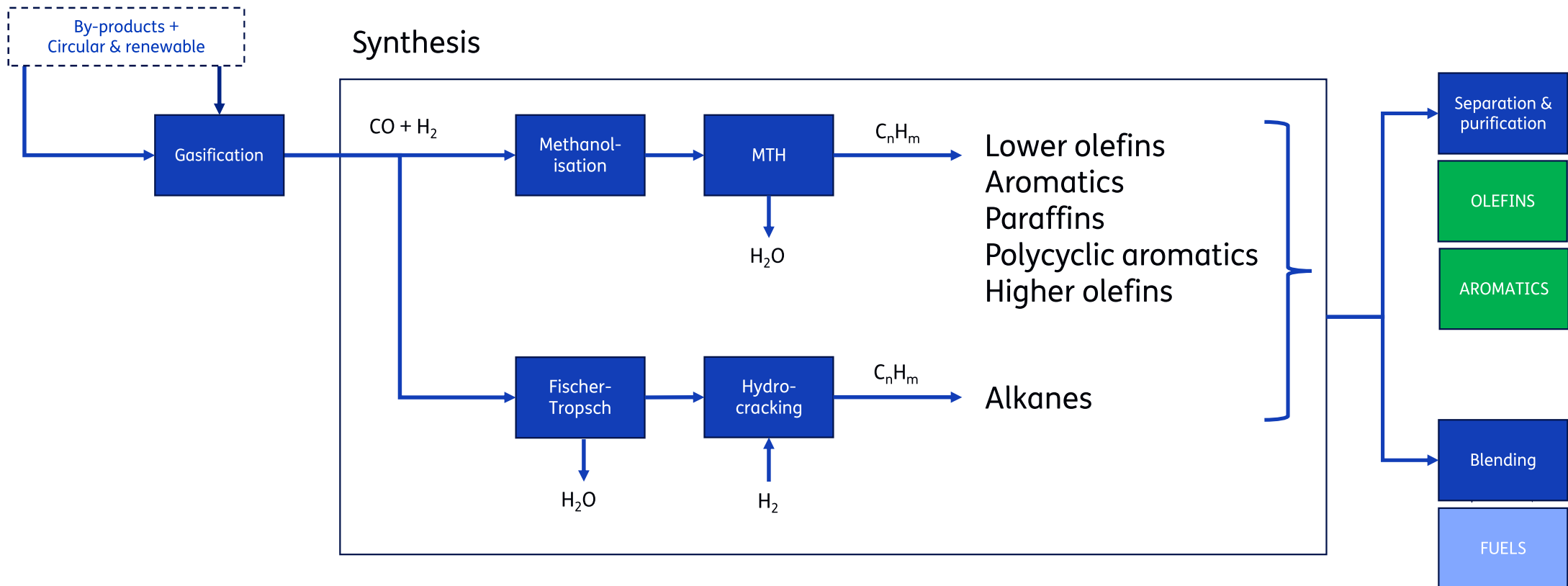
Huidige en toekomstige productieketens (1)

Onderstaande figuur laat de verwachte ontwikkeling in de tijd zien voor de productieprocessen van duurzame brandstoffen en chemicaliën, waarin zich een logische volgorde aftekent voor de inzet van circulaire koolstof: suikers en lipiden (vetten), plastic afval, lignocellulose en daarna CO₂. De grondstoffen waarvan de omzetting tot producten relatief eenvoudig is, komen eerst aan bod. Combinaties van grondstoffen en omzettingen die meer energie vragen en lastiger uitvoerbaar zijn volgen daarna.

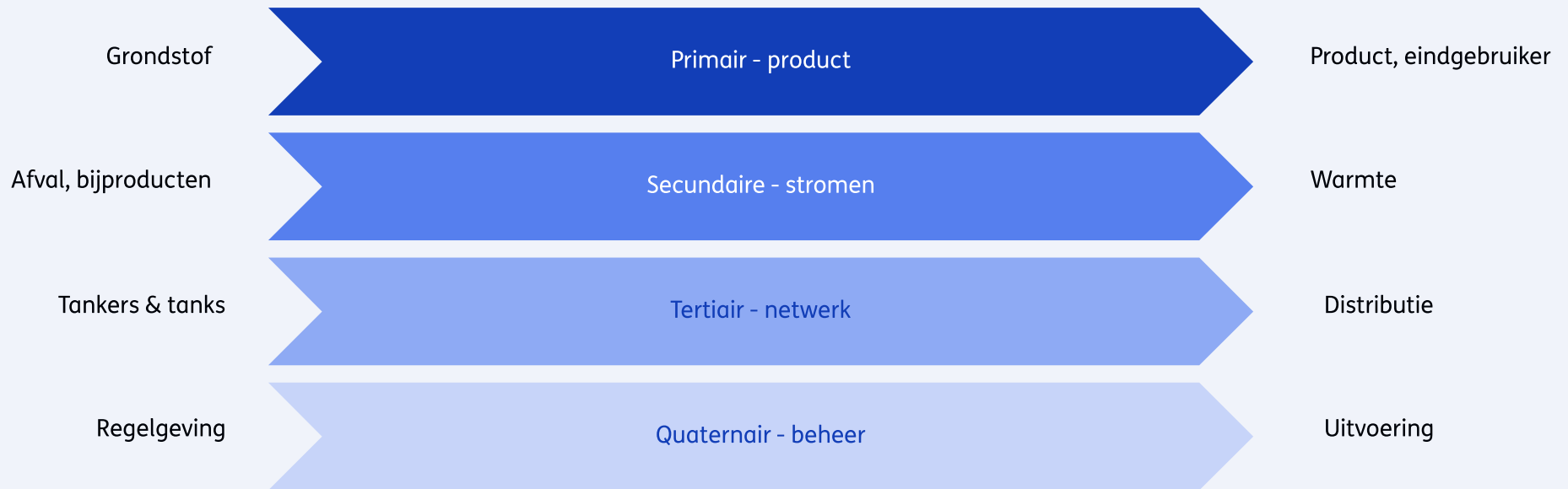


Huidige en toekomstige productieketens (2)

Toelichting op het blok “synthese” van de vorige slide:



Omvormen van waardeketens



Primair: Productieketen voor het hoofdproduct

Secundair: Inkomende of uitgaande uitwisseling van (bij)producten met andere waardeketens, hulpstoffen

Tertiair: Fysieke infrastructuur voor primaire en secundaire ketens

Quaternair: Regelgeving, beheer en operationele uitvoering van de drie waardeketens

Omvormen van waardeketens - primair



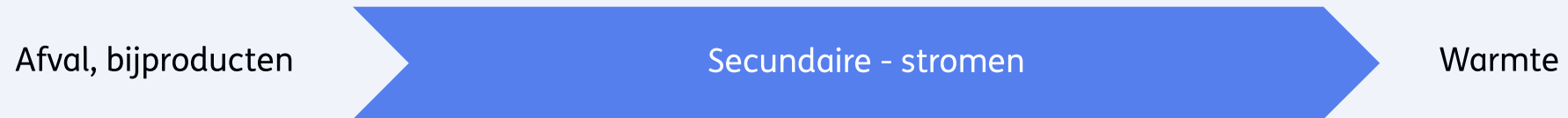
Bij het gebruik van nieuwe koolstofstromen in de waardeketen, spelen de volgende afwegingen:

- Wat ga je importeren, en wat zelf produceren? Dat kan van onbewerkte biomassa tot eindproducten. **Internationaler acteren is gewenst**, maar waar leg je de “importknip”?
- Op productie van welke producten gaan de sectoren zich in de toekomst richten? Bio-, of ook e-moleculen? Vooral hogere-waarde-chemicaliën en brandstoffen, of ook commodities?
- Ga je produceren, dicht bij locatie van feedstock, of juist dicht bij afname? Dat verschilt per productieproces: op dit moment vindt pyrolyse plaats bij de feedstock, terwijl vergassing juist plaatsvindt op de locatie waar syngas wordt verwerkt.
- Voor het beantwoorden van deze vraag, is een **helder beleid nodig** rondom strategische autonomie (bodem definiëren wat we in NL en EU willen houden, welke molecule kritisch zijn), import en gebruik van biomassa en andere koolstofstromen, gebruik van schaarse elektriciteit uit duurzame bronnen en schaarse ruimte.

Mogelijkheden om synergie te creëren:

- Gezamenlijke initiatieven voor bijvoorbeeld pyrolyse en vergassing, zodat schaalgroottewoorden bereikt kunnen worden. Zowel voor brandstoffen als chemie is syngas nodig en beide hebben behoefte aan pyrolyseolie.

Omvormen van waardeketens - secundair



Mogelijkheden om synergie te creëren:

- Samenwerking bij sortering van plastics recycling: wat wordt mechanisch gerecycled, wat gaat naar pyrolyse, wat naar vergassing.
- Colocatie, ruimtelijke planning op clusterniveau. Noodzakelijk voor verwaarden van reststromen (zowel moleculen als warmte).

Omvormen van waardeketens - tertiair

Tankers & tanks



Tertiair - netwerk

Distributie

- Belangrijk is om een “battle for feedstock” tussen chemie en brandstoffen te voorkomen. Het gezamenlijk opzetten van import- en verwerkingsstromen voor circulaire en hernieuwbare koolstof kan hierbij helpen, en daarnaast schaalvoordelen opleveren.
- Idee geopperd in workshop: Centrale import en opslag van biofeedstocks in Rotterdam, zodat het een hub wordt voor biofeedstock.

Omvormen van waardeketens - quarternair

Regelgeving

Quaternair - beheer

Uitvoering

- Harmoniseren van regelgeving en beleid tussen chemie en brandstoffen is belangrijk om synergieën mogelijk te maken. Hierin vanuit chemie en brandstoffen gezamenlijk optrekken, vanuit gezamenlijk belang.
- Daarbij moet regelgeving en beleid zich met name richten op de voorkant (feedstocks) en de achterkant (eindproduct), en niet zozeer op het productieproces. Als je duurzaamheid aan de voorkant borgt, is het door de keten gewaarborgd.
Bijvoorbeeld:
 - Voorwaarden waaraan biomassa en afvalstromen moeten voldoen, onafhankelijk of daar chemicaliën of brandstoffen van gemaakt worden. Dit biedt meer flexibiliteit dan product-to-product recycling.
 - In regelgeving wordt nu onderscheid gemaakt tussen chemie en brandstoffen, met name aan het begin (feedstock) en einde van de keten (producten). Er wordt bijvoorbeeld een markt gecreëerd voor duurzame methanol als brandstof in RED 3, maar (nog) niet voor duurzame methanol voor chemie. Dit onderscheid belemmert het creëren van synergieën tussen chemie en brandstoffen.
- Invulling van regels rond massabalans moet productie van duurzame brandstoffen en chemicaliën beter ondersteunen.
- Einde afvalstatus is een issue en belemmert hergebruik van koolstofstromen: nu worden veel stromen als afval gezien door overheden, terwijl ze als feedstock gebruikt (kunnen) worden. Dan heeft bedrijf dat deze feedstock gebruikt een afvalverwerkingsvergunning nodig. Wetgeving is sterk verouderd. Daarnaast wordt vergunningsverlening decentraal, op provinciaal niveau, geregeld. Door centraliseren en kennisdeling is hier synergie te halen.
- Financiële steun nodig, waar business case niet rond komt. Zeker daar waar we productie vanuit oogpunt van strategische autonomie hier willen houden, terwijl kosten voor o.a. energie elders lager liggen.

Gezamenlijke initiatieven kunnen ook voordelen opleveren voor schaarse fysieke ruimte en milieuruimte (NO_x, afvalwater).

Conclusies: stimuleren van verandering (1)

Welke beslissingen, of het uitblijven daarvan, kunnen deze veranderingen stimuleren of tegenhouden?

- Op diverse vlakken speelt schaarste een rol:
 - Schaarste aan elektriciteit uit hernieuwbare bronnen → merit order (in volgorde van MWh/vermeden ton CO₂-emissie): eerst kolencentrales sluiten, elektrisch vervoer. Gebruik voor productie van duurzame brandstoffen en chemicaliën komt pas achteraan de merit order. Maar is wel belangrijk, want “hard-to-abate”. Als de doelstelling is om fossiel uit te faseren, komt een iets ander beeld naar voren, dan wanneer geredeneerd wordt vanuit de doelstelling om CO₂-emissies te reduceren, of om circulair te worden. Soms conflicteren deze doelen zelfs.
 - Capaciteit elektriciteitsgrid is beperkt.
 - Schaarse ruimte (zowel fysieke ruimte als milieuruimte).
 - Ook voor circulaire koolstof wordt schaarste voorzien.
- Economische afwegingen:
 - CO₂ opslaan versus verwaarden in brandstoffen en chemicaliën. Verwaarden kan hoge kosten met zich meebrengen, maar vanuit duurzaamheidsoogpunt toch wenselijk zijn.
 - Brandstoffen en chemicaliën produceren tijdens momenten waarop een overschot is aan elektriciteit: dit levert onvoldoende operationele uren op om de investering in elektrolyzers terug te verdienen.
- In de workshops ligt de nadruk meer op wat vandaag en morgen al kan, dan op het eindbeeld 2050.

Conclusies: stimuleren van verandering (2)

Competitie:

- Competitie om schaarse circulaire koolstof. Op dit moment marktincentive voor brandstoffen, niet voor chemie, dus gaat schaarse circulaire koolstof nu naar brandstoffen.
- Schaalgrootte gewenst voor pyrolyse, vergassing, wellicht ook ethanolproductie. Echter zijn bedrijven die duurzame brandstoffen en chemicaliën produceren vaak veel kleinschaliger, hier zit een mismatch.
- Verschillende doelen kunnen tot andere keuzes leiden: fossiel uitfasen, CO₂ reduceren of circulair worden → bijvoorbeeld CCS (emissiereductie) of CCU (want schaarse koolstof) voor biogene CO₂? Denken moet omgebogen worden van afval naar grondstof voor producten.
- Betalende klant is cruciaal. Als klant tegen een lagere prijs een minder duurzaam alternatief kan kopen, in NL of in het buitenland, dan komt de markt niet van de grond.

WP2C

Appendices



Collaboratieve Business Modellen

Circulaire Koolstof in Systeemperspectief

Tussentijdse rapportage

Workshop 1 - Ketenvernieuwing

TNO, Delft, 28 mei 2024




Inhoudsopgave

1. Introductie Slide 172
2. Workshop aanpak Slide 175
3. Resultaten
 - Case 1: Methanol Slide 180
 - Case 2: Ethyleen Slide 189

Workshop 1 Ketenvernieuwing Introductie

ASSESS



WHAT **OTHER** **HOW**

What need for improvement do you see?

How do you suggest to improve?

ASSESS



OTHER


- Creating a new value chain or complex endeavor. Other cards address:
 - Economics and finance
 - Scale
 - Technology and logistics
 - Safety and sustainability
 - Standards and legislation

➤ What other improvements do you suggest?

TNO Innovation for life

PELLETS PRODUCTION

FROM SELECTED WASTE OR BIOMASS FRACTIONS



DESCRIPTION

LIGHT OLEFINS PRODUCTION

FROM PYROLYSIS OIL



DESCRIPTION

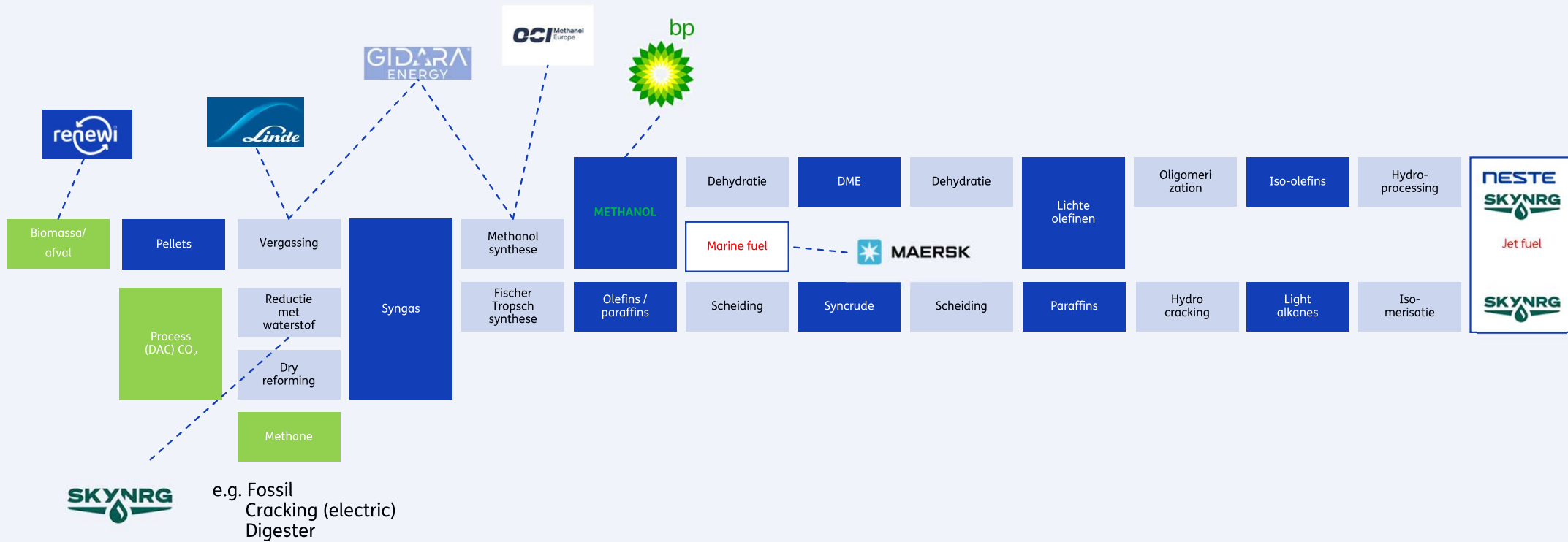
MASS COLLECTION



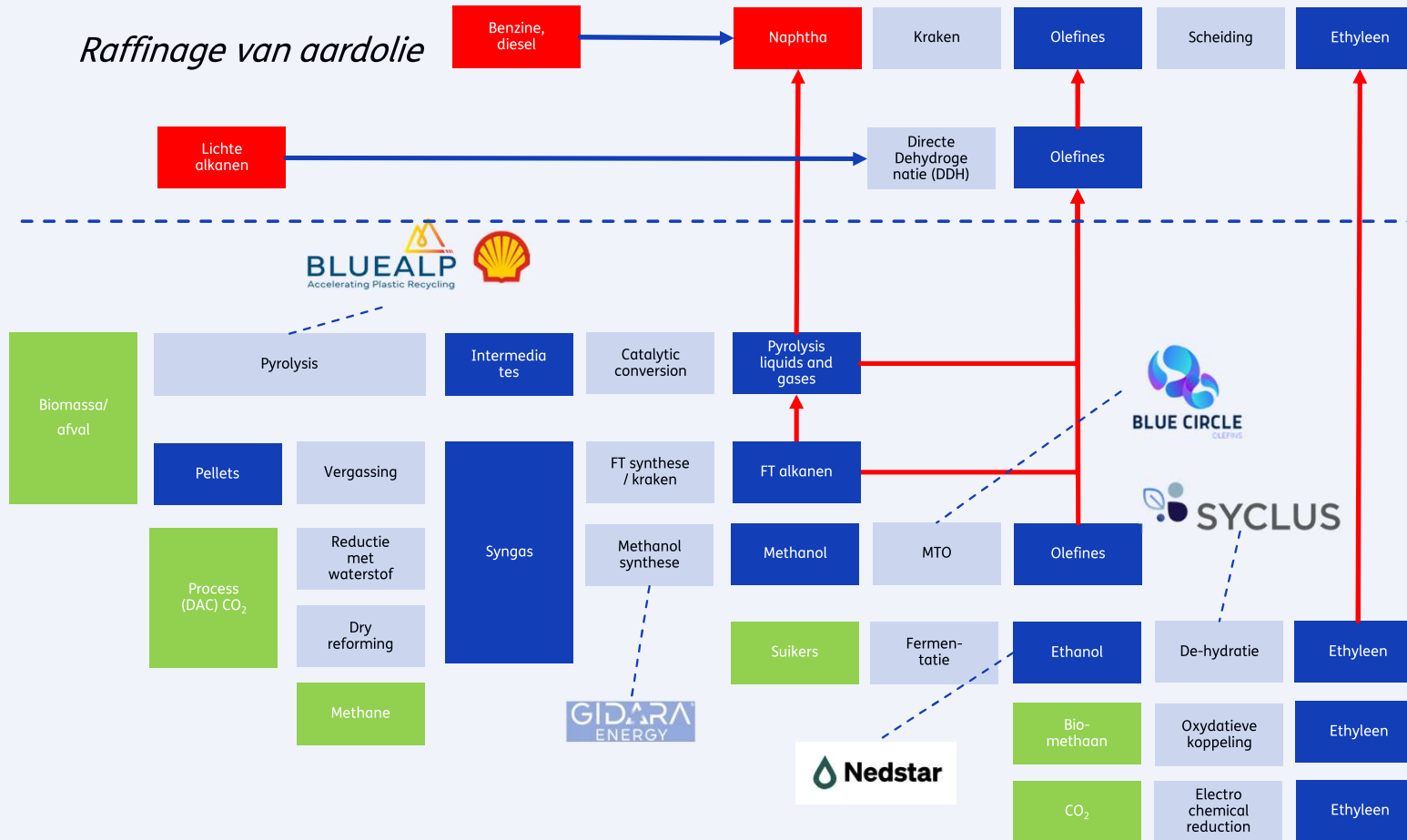
IMPORT

DESCRIPTION

Via methanol naar SAF en SMF



Nieuwe routes naar ethyleen



Workshop aanpak

Circulaire Koolstof in Systeem Perspectief Aanwijzingen

- **Chatham House Rules:** Deelnemers zijn vrij om de ontvangen informatie te gebruiken, maar noch de identiteit, noch de verwantschap van de spreker(s), noch die van enige andere deelnemer, mag worden ontbuid.
 - **Mededinging:** Dit is een informele meeting. Eventuele concurrenten houden zich aan mededingingsrechtelijke beperkingen en uitlen geen concurrentie- of bedrijfsgevoelige informatie (prijzen, productie, contracten...). U kunt 'even passen' als u informatie niet kunt of wilt delen. Signaleer en neem afstand als ongeoorloofde discussies plaatshebben.
 - **Onderzoek:** TNO verwerkt de verkregen geschreven en ongeschreven informatie exclusief voor het genoemde project. Door deelname stemt u toe in het gebruik voor dat doel. TNO onderschrijft de wetenschappelijke integriteitscode.
 - **Publiciteit:** Wij maken foto's voor publicatie-doeleinden. Indien u niet herkenbaar op beeld wilt verschijnen, wilt u dit duidelijk aan ons kenbaar maken?
 - **Onzekerheid en onduidelijkheid:** De uitkomst van dit onderzoek staat niet vast, en niet alles kan eenduidig worden gedefinieerd. De uitkomsten zijn voor ons allen van belang. Wij vragen u om constructief mee te werken, en zondig het belang van uw organisatie even achterwege te laten. 'Wie schrijft, die blijft'. Als iets onvolledig of onduidelijk is, geeft u dat gerust aan.
- Er zullen veel ideeën en mogelijkheden naar boven komen. We kunnen niet alles dezelfde aandacht geven. We proberen belangrijke ideeën te 'parkeren'. Aan het einde vragen wij van u een 'key take-away' van deze dag.

TNO



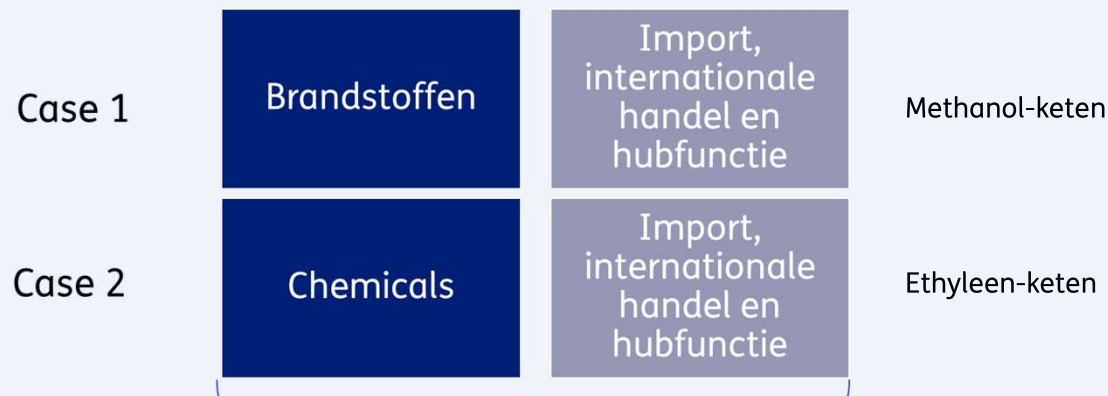
Doel van Workshop 1

- Samen een **concrete mogelijke keten** bouwen en daar een gedeeld beeld van ontwikkelen.
- Ophalen van inzichten door de keten vanuit verschillende perspectieven te bestuderen. We kiezen voor realistisch voorstelbaar en concreet (boven volledigheid of optimalisatie), omdat daarmee de kwaliteit en diepgang van inzichten hoger is.
- Pijn- en scharnierpunten voor mogelijke veranderingen identificeren.

Workshop 1 (op 28 mei): uitwerken van 2 cases



Workshop 2 (op 28 juni):
synergiemogelijkheden chemie en
brandstoffen



Deze 2 samen nemen, aangezien import/handel naar verwachting een grote rol zal spelen bij zowel brandstoffen als chemie

Building the value network

BIOMASS PRODUCTION DESCRIPTION	WASTE PRODUCTION DESCRIPTION	MARINE FUEL FROM METHANOL DESCRIPTION
DEHYDRATATION DESCRIPTION	MARINE FUEL PRODUCTION DESCRIPTION	GASIFICATION - METHANOL SYNTHESIS DESCRIPTION
METHANE PRODUCER DESCRIPTION	HYDROGEN REDUCTION DESCRIPTION	FISCHER TROPSCH DESCRIPTION
DEHYDRATATION DESCRIPTION	HYDROPROCESSING DESCRIPTION	DIRECT AIR CAPTURE DESCRIPTION
TRANSPORT ROAD DESCRIPTION	CHEMICAL INDUSTRY DESCRIPTION	CHEMICAL INDUSTRY DESCRIPTION
CHEMICAL INDUSTRY DESCRIPTION	CATALYTIC OXIDATION DESCRIPTION	SUPPLY CHAIN ELEMENT DESCRIPTION
PLASTIC/BIO WASTE DESCRIPTION	PELLETIZER DESCRIPTION	GASIFICATION DESCRIPTION
ALKANE PRODUCER DESCRIPTION	PRODUCERS OF INDUSTRIAL BYPRODUCTS DESCRIPTION	METHANOL SYNTHESIS DESCRIPTION
IMPORT PELLETS DESCRIPTION	PYROLYSIS DESCRIPTION	METHANOL TO OLEFINS DESCRIPTION
SUGARS DESCRIPTION	IMPORT METHANOL DESCRIPTION	IMPORT SUGAR DESCRIPTION

DEHYDRATATION

LIGHT OLEFINS

DESCRIPTION

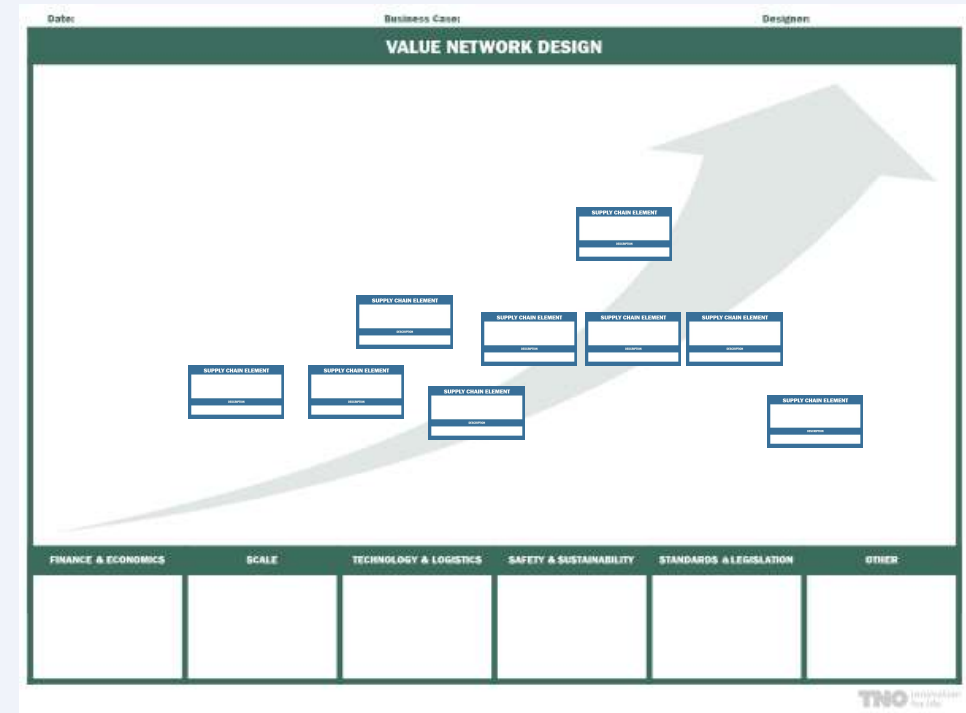
Fictitious Name

SUPPLY CHAIN ELEMENT

Wildcard

DESCRIPTION

Fictitious Name



Evaluation

- What improvements to achieve **financial and economic viability** do you suggest?
- What improvements to achieve **scale** do you suggest?
- What **technological and logistical** improvements do you suggest?
- What improvements to achieve **safety and sustainability** do you suggest?
- What improvements to meet the **regulatory requirements** do you suggest?
- What *other* improvements do you suggest?

ASSESS	
TECHNOLOGY AND LOGISTICS	
WHAT	HOW
What need for improvement do you see?	How do you suggest to improve?

ASSESS	
SCALE	
WHAT	HOW
What need for improvement do you see?	How do you suggest to improve?

ASSESS	
FINANCE AND ECONOMICS	
WHAT	HOW
What need for improvement do you see?	How do you suggest to improve?

ASSESS	
OTHER	
WHAT	HOW
What need for improvement do you see?	How do you suggest to improve?

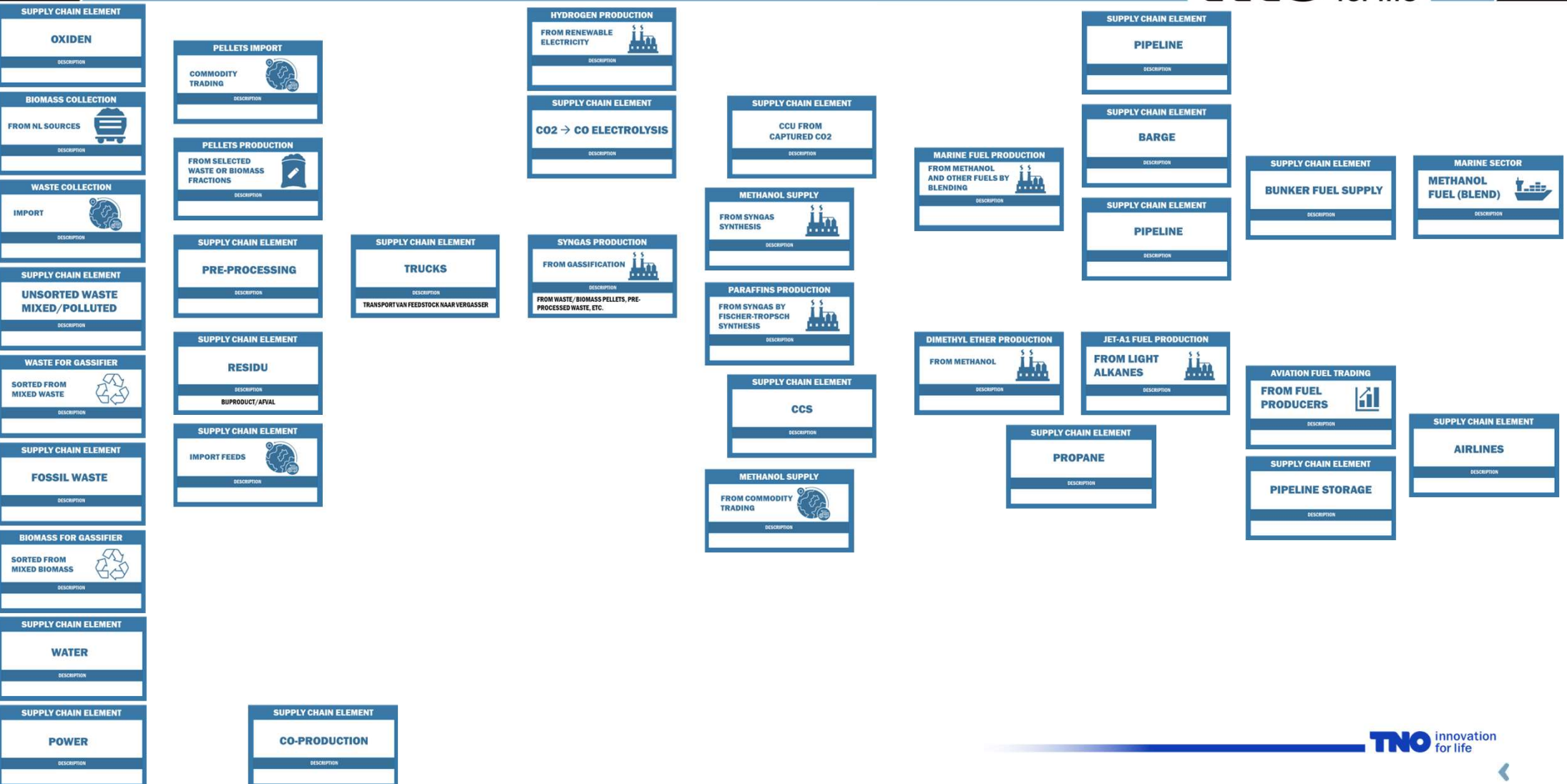
ASSESS	
STANDARDS AND LEGISLATION	
WHAT	HOW
What need for improvement do you see?	How do you suggest to improve?

ASSESS	
SAFETY AND SUSTAINABILITY	
WHAT	HOW
What need for improvement do you see?	How do you suggest to improve?



Tussentijdse workshop resultaten:
METHANOL

Methanol - keten in workshop



Evaluatie van de waardeketens – finance/economics

Rondom het thema finance/economics zijn de volgende aspecten belicht:

- Een kosten-batenanalyse voor elke productieroute is cruciaal om de economische haalbaarheid te beoordelen en te vergelijken. Bijvoorbeeld methanolproductie in combinatie met CCS, versus het toevoegen van waterstof uit elektrolyse om de koolstofconversie te verhogen. In de praktijk worden projecten vaak steeds complexer en duurder; daar moet dan wel genoeg waarde tegenover staan.
- Sommige routes zijn in de tijd eerder economisch haalbaar, andere komen pas later. Biomethanol zal bijvoorbeeld eerder van de grond komen dan de e-routes en Direct Air Capture.
- Vanuit economisch oogpunt moet niet alleen naar de kosten van productie worden gekeken, maar naar kosten door de hele keten. Bij gebruik van methanol voor de scheepvaart moeten motoren aangepast worden, en zullen er ook aanpassingen nodig zijn aan de bunkerinfrastructuur.
- Prijzen van elektriciteit en grondstoffen zijn de belangrijkste kostencomponenten bij productie van groene methanol. Hierbij moet geconcurrereerd worden in een globale markt, met landen waar de kosten aanzienlijk lager liggen, zoals Namibië, Saudi Arabië en Zuid-Afrika.
- Daarnaast is er concurrentie van alternatieven, bijvoorbeeld met groene ammoniak in de scheepvaart, met blauwe methanol, en bij jet fuel met alternatieve productieroutes die niet via methanol lopen. Naast kosten zijn ook regelgeving (rond RFNBO's) en beleid (veiligheid, in het bijzonder bij ammoniak) belangrijk.
- Een deel van de bestaande infrastructuur voor fossiel kan worden hergebruikt. Zo kan vast biomassa wellicht worden over- en opgeslagen op bestaande kolenterminals.

Evaluatie van de waardeketens – scale

Rondom het thema scale zijn de volgende aspecten belicht:

- In Nederland is de beschikbaarheid van biomassa, afval en elektriciteit uit hernieuwbare bronnen beperkt. Hetzelfde geldt voor de fysieke ruimte, zeker in het Rotterdamse cluster, en milieuruimte. Deze verschillende vormen van schaarste vormen een drempel voor opschaling. De haalbaarheid en schaalbaarheid van circulaire koolstofbronnen moeten worden onderzocht.
- Vanwege bovengenoemde schaarste zal import plaatsvinden. Waar de “importknip” gemaakt wordt (bijvoorbeeld import van ruwe biomassa, pyrolyseolie, methanol of jet fuel), is afhankelijk van de doelstelling: circulaire verwerking van afval uit Nederland of zoveel mogelijk gebruik van duurzame methanol in eindproducten.
- Door ook fossiel afval te gebruiken, kan meer schaalgrootte bereikt worden. Daarnaast worden recyclingdoelstellingen op deze manier eerder gehaald.
- Hoewel een fabriek die biomassa verwerkt tot methanol een grote investering is, is de schaalgrootte van zo’n fabriek nog heel klein vergeleken met fossiele plants.

Evaluatie van de waardeketens – technology/logistics

Rondom het thema **technology** zijn de volgende aspecten belicht:

- Het is raadzaam om met een eenvoudig proces te beginnen (bijvoorbeeld hout → syngas → methanol), en vervolgens dit proces door de tijd te optimaliseren en andere routes toe te voegen. Bijvoorbeeld door bij vergassing van biomassa naar syngas waterstof uit elektrolyse toe te voegen, en zo de koolstofconversie te vergroten.
- Bij vergassing, bijvoorbeeld van biomassa of afvalplastics, bepaalt de mix van de input de verhouding van CO₂, CO en H₂ output.
- Wanneer bij productie CO₂ vrijkomt, kan ervoor gekozen worden deze te hergebruiken in het productieproces (CCU), of ondergronds op te slaan (CCS). Omzetting van CO₂ naar CO kost veel energie en is dus kostbaar. Bij de keuze voor CCU of CCS speelt de kostenafweging een belangrijke rol.

Rondom het thema **logistics** zijn de volgende aspecten belicht:

- Biomassa in eerste instantie betrekken uit NL bronnen, bijvoorbeeld via Renewi; vervolgens, afhankelijk van de benodigde hoeveelheid en beschikbaarheid, uit de Benelux.
- Vanuit regelgeving en ook schaalgrootte is het belangrijk in welke vorm biomassa wordt geïmporteerd. Pelletisering is bijvoorbeeld vereist bij import van houtachtige biomassa, zowel vanuit process-technisch als logistiek oogpunt.
- Import en transport van biomassa en afval zal vooral via trucks en per schip gebeuren.
- Import en transport van methanol gaat via pijpleiding of per schip. Ook wederuitvoer (van duurzame methanol en jet fuel) zal belangrijk zijn: Rotterdam is nu veruit de grootste aan- en doorvoerhaven van Europa.
- Opslagfaciliteiten zijn meestal aanwezig bij de plants.

Evaluatie van de waardeketens – sustainability

Rondom het thema **sustainability** zijn de volgende aspecten belicht:

- Bij de verschillende stappen in het productieproces van methanol en jet fuel komen restproducten vrij. Vanuit economisch en duurzaamheidsoogpunt is het belangrijk deze te verwaarden. Bijvoorbeeld lichtere alkanen (bij jet fuel productie), bottom dust (bruikbaar voor cementindustrie), biopropan, butaan, nafta (bij gebruik van lipids), residu van preprocessing biomassa, restwarmte.
- Toepassing van CCS of CCU op de CO₂ die vrijkomt in het productieproces, bijvoorbeeld bij de methanolsynthese, kan waarde opleveren en de CO₂-emissies reduceren.
- Naast CO₂-emissies zijn ook andere factoren belangrijk voor duurzaamheid, zoals NO_x-emissies en waterkwaliteit.
- Er moet kritisch gekeken worden, welke feedstocks wel en niet voor brandstofproductie gebruikt worden. Als plastic gerecycled kan worden om opnieuw plastics te produceren, heeft dat de voorkeur, vanuit recyclingdoelstellingen, efficiency en waarschijnlijk ook kosten.

Het thema **safety** is tijdens de workshop slechts beperkt aan bod gekomen. Opgemerkt wordt, dat in havens verschillend omgegaan wordt met dit aspect, met name rond vergunningverlening.

Evaluatie van de waardeketens – standards/legislation

Rondom het thema **standards/legislation** zijn de volgende aspecten belicht:

- Voor import is certificering van feedstock belangrijk. Voor brandstoffen is dit in de EU grotendeels al vastgelegd. Hoe de CO₂-telling werkt, is ook een belangrijk issue bij import.
- Standaardisatie kan de efficiëntie en flexibiliteit vergroten, bijvoorbeeld bij feedstock- en productuitwisseling tussen landen, en zo marktontwikkeling stimuleren. In een commoditymarkt is dit belangrijk. Denk o.a. aan specificaties van biomassa en vergassingstechnologieën, maar ook aan ASTM-normen voor jet fuel.
- Ook traceerbaarheid van biocomponenten in mengsels is belangrijk. Denk bijvoorbeeld aan transport van bio- en fossiele producten door dezelfde pijpleiding (massabalans).
- Mandaten en wetgeving rond RFNBO's (Renewable Fuels of Non-Biological Origin) zal van invloed zijn op inzet van blauwe methanol in de keten, en de toevoeging van groen H₂.

Evaluatie van de waardeketens – overig

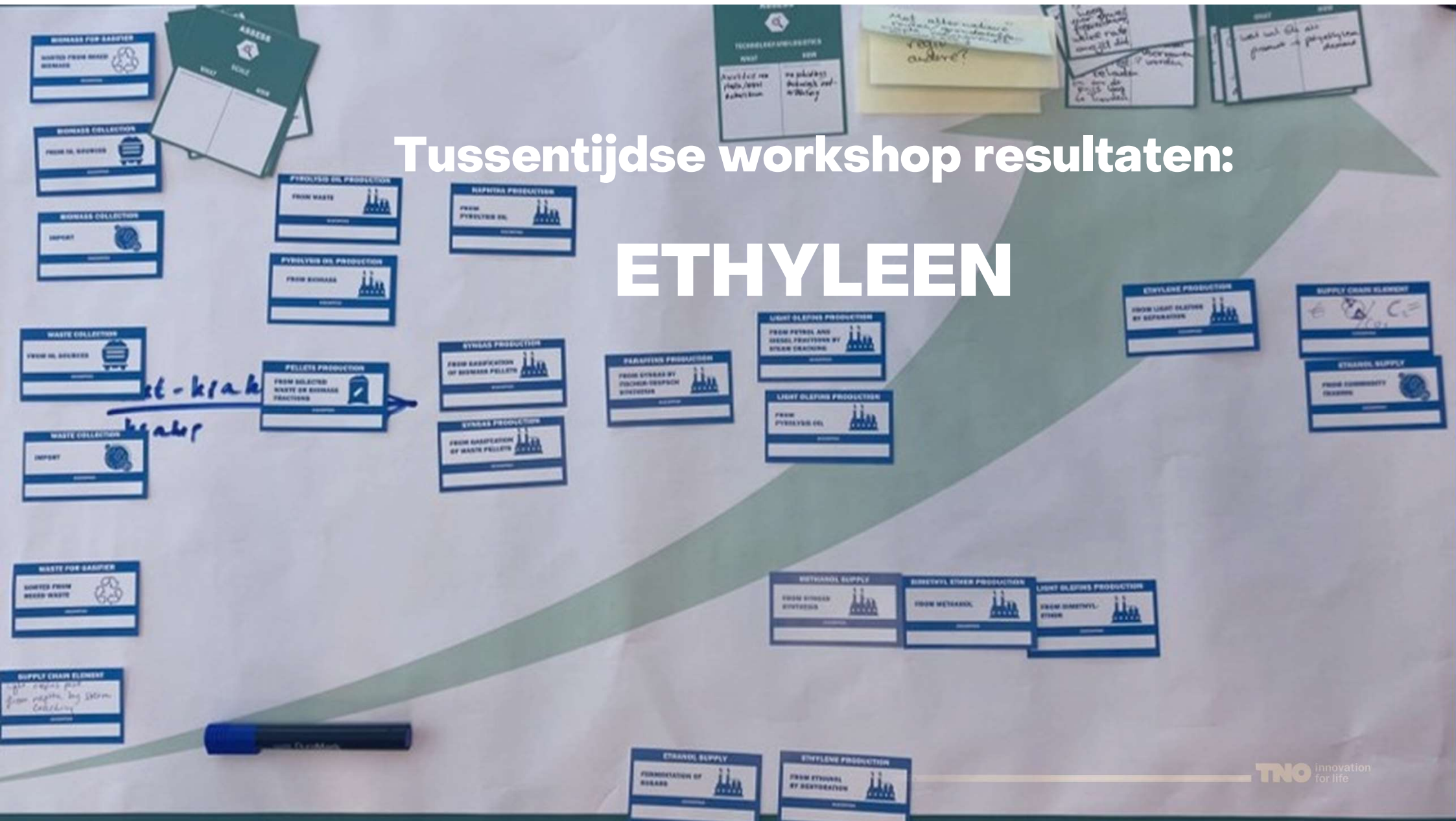
- Vanuit methanol kan DME geproduceerd worden. DME kan gebruikt worden voor de productie van jet fuel, maar kan ook ingezet worden als drop-in fuel voor shipping. Het gebruik van DME vereist echter wel aanpassingen aan de motor, in verband met hogere corrosiviteit.
- Voor zeevaart is dual fuel mogelijk: bijvoorbeeld motoren die zowel methanol als HVO aankunnen.
- Capaciteit van het elektriciteitsnetwerk is cruciaal voor ontwikkeling van de ketens.
- Bij transport per pijpleiding kan overwogen worden om aparte pijpleidingen aan te leggen voor transport van groene methanol (en niet mengen in bestaande pijpleidingen voor grijze methanol). Haalbaarheid, o.a. economisch en wat betreft fysieke ruimte en regelgeving zijn daarbij van belang.
- Belangrijke vraag: is in Nederland voldoende kennis beschikbaar voor elk onderdeel van de keten?
- De overheid zal, vanuit het oogpunt van strategische autonomie, moeten bepalen welke activiteiten in Nederland en de EU behouden moeten blijven, en op welke schaal. Daarbij moet bedacht worden, dat, wanneer producten binnen Nederland of de EU geproduceerd worden, maar de grondstoffen (bijvoorbeeld biomassa) geïmporteerd worden, er nog steeds een zekere afhankelijkheid zal blijven van andere landen.

Conclusies/inzichten

- De haalbaarheid van de methanol waardeketen hangt af van economische, technische en duurzaamheidsfactoren. Ook wet- en regelgeving spelen een belangrijke rol in de haalbaarheid.
- Er zullen steeds afwegingen gemaakt moet worden tussen energie-efficiëntie, efficiënt gebruik van grondstoffen, waardecreatie, duurzaamheid, al dan niet prioriteit geven aan gebruik van schaarse middelen voor “hard-to-abate” toepassingen, enzovoort. Overigens hoeven deze aspecten elkaar niet altijd te “bijten”, soms versterken ze elkaar juist.
- Naar verwachting zal de biomethanol waardeketen als eerste van de grond komen. Bio-fossiel (ongesorteerd huishoudelijk afval) kan in deze fase ook een rol spelen, voor de productie van Recycled Carbon Fuels (RCFs). E-routes, op basis van CO₂ uit puntbronnen en later Direct Air Capture, zullen pas later volgen, vanwege de hogere kosten.
- Verwaarden van restproducten die vrijkomen in het productieproces is belangrijk, vanuit economisch oogpunt en duurzaamheidsperspectief.
- Voor een aantal functies in de waardeketen is het logisch, dat ze in combinatie door eenzelfde partij uitgevoerd worden. Zo zullen DME productie en jet fuel synthese door een partij gedaan worden.

Tussentijdse workshop resultaten:


ETHYLEEN



Ethyleen - keten in workshop

BIOMASS FOR GASSIFIER

SORTED FROM MIXED BIOMASS



DESCRIPTION

BIOMASS COLLECTION

FROM NL SOURCES



DESCRIPTION

BIOMASS COLLECTION

IMPORT



DESCRIPTION

WASTE COLLECTION

FROM NL SOURCES



DESCRIPTION

WASTE COLLECTION

IMPORT



DESCRIPTION

WASTE FOR GASSIFIER

SORTED FROM MIXED WASTE



DESCRIPTION


LIGHT OLEFINS PRODUCTION

FROM NAPHTHA BY STEAM CRACKING

DESCRIPTION

PYROLYSIS OIL PRODUCTION

FROM BIOMASS



DESCRIPTION

PYROLYSIS OIL PRODUCTION


FROM WASTE



DESCRIPTION

NAPHTHA PRODUCTION

FROM PYROLYSIS OIL



DESCRIPTION

PELLETS PRODUCTION


FROM SELECTED WASTE OR BIOMASS FRACTIONS



DESCRIPTION

SYNGAS PRODUCTION


FROM GASSIFICATION OF WASTE PELLETS



DESCRIPTION

SYNGAS PRODUCTION

FROM GASSIFICATION OF BIOMASS PELLETS



DESCRIPTION

PARAFFINS PRODUCTION

FROM SYNGAS BY FISCHER-TROPSCH SYNTHESIS



DESCRIPTION

LIGHT OLEFINS PRODUCTION

FROM PETROL AND DIESEL FRACTIONS BY STEAM CRACKING



DESCRIPTION

LIGHT OLEFINS PRODUCTION

FROM PYROLYSIS OIL



DESCRIPTION

ETHYLENE PRODUCTION


FROM LIGHT OLEFINS BY SEPARATION



DESCRIPTION

ETHANOL SUPPLY

FROM COMMODITY TRADING



DESCRIPTION

METHANOL SUPPLY

FROM SYNGAS SYNTHESIS



DESCRIPTION

DIMETHYL ETHER PRODUCTION


FROM METHANOL



DESCRIPTION

LIGHT OLEFINS PRODUCTION

FROM DIMETHYL ETHER



DESCRIPTION

ETHANOL SUPPLY

FERMENTATION OF SUGARS



DESCRIPTION

ETHYLENE PRODUCTION

FROM ETHANOL BY DEHYDRATION



DESCRIPTION



Evaluatie van de waardeketens – finance/economics

Rondom het thema **finance/economics** zijn de volgende aspecten belicht:

- **Business case en zekerheid:** Het draait altijd om de business case, vooral binnen de chemie met hoge rendementseisen. Zekerheid is ook cruciaal binnen deze sector. Andere partijen moeten risico's afdekken zodat chemische bedrijven hun werk kunnen doen.
- **Begin bij het product:** Het is belangrijk om bij het product te beginnen, omdat er anders te veel keuzes zijn. Een voorbeeld hiervan: de vraag naar poly-ethyleen is dominant, maar we weten niet zeker of dit met ethyleen zal worden gemaakt.
- **Marktvereisten:** De markt zal vragen om producten met een lage prijs, circulariteit, een lage CO₂-voetprint en functionaliteit.
- **Stijgende energieprijzen:** Zowel voor fossiele als duurzame energiebronnen zullen de energieprijzen stijgen. Dit roept de vraag op welke technologische route kan voorkomen dat goedkope producten elders worden geproduceerd of welke stappen van de keten mogelijk naar een plek kunnen worden verplaatst waar energie goedkoper is.
- **Concurrentie met brandstof/methanol route:** Het is belangrijk om te bepalen welke route het minst concurreert met brandstof- en methanolroutes, zodat er een zo breed mogelijk scala aan grondstoffen kan worden gebruikt.
- **Investerings:** Er moet een afweging worden gemaakt tussen private en publieke investeringen. Voor multinationals moet de business case aantrekkelijk zijn. Ze kiezen altijd de beste mogelijkheid. De overheid moet er met name voor zorgen dat deze bedrijven dus specifiek hier investeren voor duurzame ethyleen ketens. Mede ook omdat er al veel installaties (i.e., veel capitaal) hier zijn.
- **Dicht is dicht:** Het is ook belangrijk om de industrie te ondersteunen omdat sluiting permanent is. Momenteel is er overproductie en het Midden-Oosten neemt steeds meer productiecapaciteit over.

Evaluatie van de waardeketens – scale

Rondom het thema **scale** zijn de volgende aspecten belicht:

- **Opschaling tot 2050:** Wat is de eindvisie? Als je iets op grote schaal wilt doen in 2050, moet je nu kiezen voor technologieën met een hoge TRL of technologieën die al op grote schaal bewezen zijn. Innovaties die nu nog in het laboratorium staan, zullen tegen 2050 waarschijnlijk nog niet op grote schaal produceren.
 - Overweeg ook hoe de infrastructuur er in 2050 uit zal zien in vergelijking met nu. Hoe kun je voortbouwen op de huidige infrastructuur?
- **Schaal van de markt:** Op welke markten richten we ons? Is het een EU-markt of een wereldmarkt? Hoe groot moet die markt worden? Wat denken we dat er geïmporteerd moet worden? Wat willen we als Europa zelf produceren?
 - **Focus op Europese markten:** Het is essentieel om vooral te overwegen hoe Europa zijn eigen markten kan bedienen.
- **Meerdere routes benutten:** Hoewel je misschien op zoek bent naar de "gouden oplossing/keten", bestaat die niet. Verschillende routes moeten samen worden ingezet om doelstellingen te behalen.
 - Kijk naar de beschikbaarheid in krakers: de hoeveelheid die in krakers kan, is beperkt. Dit betekent dat je slechts aan een deel van de totale vraag kunt voldoen. Bekijk daarom eerst alle mogelijke routes en bepaal vervolgens hoe je die kostenefficiënt kunt maken.
- **Korte termijn strategieën:** Met name op korte termijn zijn verschillende routes nodig omdat je nog niet opgeschaald bent en nog gebruik moet maken van de bestaande infrastructuur.

Evaluatie van de waardeketens – technology/logistics

Rondom het thema **technology/logistics** zijn de volgende aspecten belicht:

- **Prioriteiten stellen:** Niet alle technologieën kunnen snel worden uitgerold; het is tijd om keuzes en prioriteiten te stellen. Welke technologieën moeten als eerste worden aangepakt? Moeten we bestaande krakers hergebruiken of nieuwe bouwen?
- **Productbehoefte van de EU:** De EU heeft met name vraag naar polyethyleen – en dus niet per se naar ethyleen.
- **Verlies in de ketens:** Het is essentieel om naar verlies in de keten te kijken. Welke route is het meest efficiënt? Sommige ketens hebben meer stappen en dus meer verlies. Dit kan leiden tot het afvallen van bepaalde routes.
- **Kwaliteit van plastic afvalstromen:** De kwaliteit van plastic afvalstromen is een uitdaging. Er moet op dit moment meer geïnvesteerd worden in scheidingstechnologieën.
- **Koolstof terughalen:** Het ARRRRA-cluster produceert producten voor 40% van Europa. Om de ketens hier te bouwen, moet koolstof uit andere landen worden teruggehaald in de vorm van afval, pyrolyseolie of ethanol. Bedrijven zoals Gidara kunnen helpen om dit mogelijk te maken.
- **Biomassa als bron:** Nederland heeft relatief weinig biomassa beschikbaar, dus dit zou geen prioriteit moeten zijn.
- **CCU (Carbon Capture and Utilization) als bron:** CCU wordt in de komende decennia niet in Nederland verwacht vanwege de hoge energievraag.

Evaluatie van de waardeketens – safety/sustainability

Rondom het thema **safety/sustainability** zijn de volgende aspecten belicht:

- **Duurzaamheid als randvoorwaarde:** Het is cruciaal om de route te vinden die de minste milieuschade oplevert. Het beste business concept zal echter winnen.
- **Creëren van een markt voor duurzame producten:** Wetgeving moet de markt voor duurzame (alternatieve) producten creëren, aangezien consumenten doorgaans voor de goedkoopste optie kiezen.
 - **Regulering bepaalt mede de markt:** Wat zijn de safety- en sustainability vraagstukken van Europa die uiteindelijk ook de markt gaan beïnvloeden?
- **Invloed van hoogwaardige recycling:** Als een hoogwaardige recyclingketen op gang komt, beïnvloedt dit de vraagketen van ethyleen, dat in verpakkingen en andere toepassingen wordt omgezet.
 - Recycling heeft de voorkeur boven het produceren van nieuwe ethyleen.

Evaluatie van de waardeketens – standards/legislation

Rondom het thema **standards/legislation** zijn de volgende aspecten belicht:

- **Waste directive:** Methanol, ethanol en synthetische brandstoffen concurreren met traditionele brandstoffen. Afval naar brandstof zal echter worden voorkomen door de waste directive, waardoor er op dat gebied weinig concurrentie is. Inzetten op afval (pyrolyse van afval en afvalvergassing) is daarmee een strategische keuze.
- **Overheidsrol in technologiestandaarden:** De overheid moet technologie-onafhankelijk voorschrijven en de keuze van technologie aan de markt overlaten. Het is wel nuttig als de overheid nu al bepaalde normen stelt, zodat er routes ontstaan die economisch aantrekkelijk zijn. Hierbij moet altijd rekening worden gehouden met milieu- en omgevingsimpact.
- **Randvoorwaarden creëren:** Als er een solide businesscase is, komt de financiering vanzelf rond. De overheid moet vooral de randvoorwaarden creëren. Zo kan de overheid bijvoorbeeld helpen door duidelijke richtlijnen te stellen voor het importeren van afval.

Evaluatie van de waardeketens – overig

- **Used cooking oils in krakers:** de keuze om dat wel of niet te doen hangt ook van hoogste koolstof efficiëntie af, niet alleen van het mogelijk omzeilen van de kraker.
- **Productie van SAF:** Bij de productie van SAF komt een lichte fractie bionafta vrij als bijproduct, die direct in de kraker kan worden gebruikt. Dit biedt mogelijke synergie tussen brandstof en chemie.
- **Vergelijking met IT sector:** Er wordt sterk gecascadeerd en geprobeerd de IT-wereld te kopiëren. De chemische industrie heeft echter andere eisen en manieren van denken. De overheid kan een rol spelen door te onderzoeken hoe de systematiek van de IT-wereld in de chemische industrie kan worden geïmplementeerd.
- **Productie uitbesteden:** Als ethyleenproductie naar het buitenland wordt verplaatst, zal ook de productie van polyethyleen en (meerdere tussenstappen tot) eindproducten daar plaatsvinden.
- Dit leidt tot eenzelfde situatie als in de farmaceutische industrie, waar uiteindelijk alles in het buitenland wordt gemaakt, wat de prijzen van producten uiteindelijk weer doet stijgen.

Conclusies/inzichten

- Verschillende technologische routes moeten worden verkend en geïmplementeerd, met prioriteit voor technologieën die de meeste economische potentie en milieuvoordelen bieden.
- Een mix van technologieën (ofwel een mix van meerdere ketens) zal altijd nodig zijn om aan de vraag te voldoen.
- Als je iets op grote schaal wilt doen in 2050, moet je nu kiezen voor technologieën met een hoge TRL of technologieën die al op grote schaal bewezen zijn.
- De overheid kan helpen met het afdekken van risico's in met nieuwe technologieën/waardeketens.
- Tevens moet de overheid de randvoorwaarden en regelgeving realiseren om duurzame ethyleen ketens te ondersteunen.
- Er is concurrentie tussen de brandstoffen en de chemie sector, maar er zijn zeker ook synergiën te identificeren – bijvoorbeeld rondom marktcreatie/import en bijproducten.

Synergie tussen de methanol & ethyleen cases

Circulaire Koolstof in Systeemperspectief

Tussentijdse rapportage

Workshop 2 - Ketenvernieuwing

TNO, den Haag, 28 juni 2024



Inhoudsopgave

- | | |
|--------------------|-----------|
| 1. Introductie | Slide 199 |
| 2. Workshop aanpak | Slide 205 |
| 3. Resultaten | Slide 207 |

Designer: 6

Business Case: C-SYNERGY
VALUE NETWORK DESIGN

Workshop 2 Ketenvernieuwing Introductie

Production cards (blue):

- OLEFIN PRODUCTION FROM ETHANOL
- FUEL COMPONENTS PRODUCTION FROM NVO and NGL
- OLEFIN PRODUCTION FROM PYROLYSIS OIL
- FUEL COMPONENTS PRODUCTION FROM PYROLYSIS OIL
- ETHYLENE PRODUCTION FROM PYROLYSIS OIL
- ETHYLENE PRODUCTION FROM PYROLYSIS OIL

Energy cards (red):

- ENERGY FROM NL HYDROGEN H₂
- ENERGY FROM NL ELECTRICITY (PPA)
- ENERGY FROM NL HYDROGEN H₂

Handwritten cards:

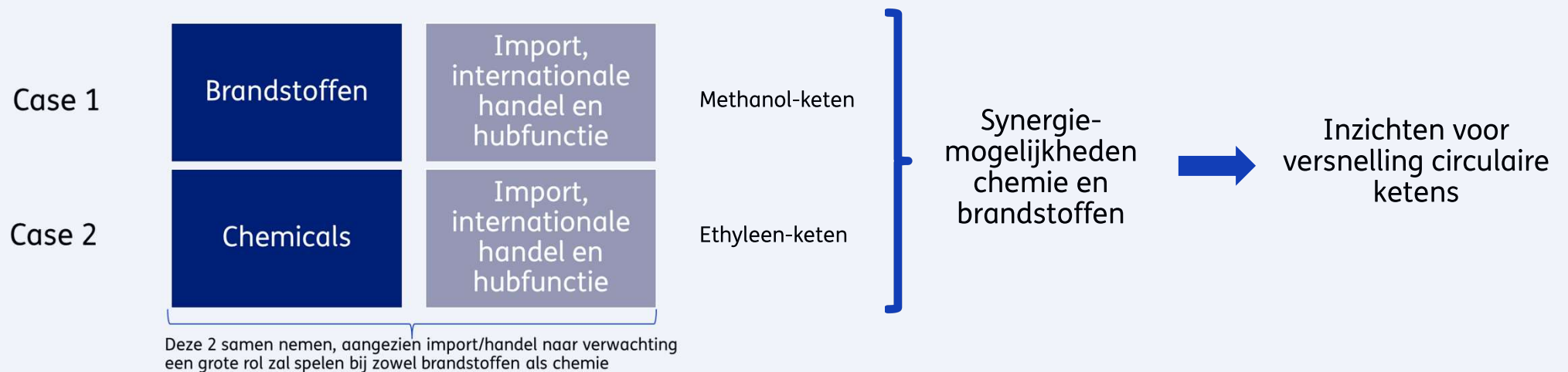
- WASTE



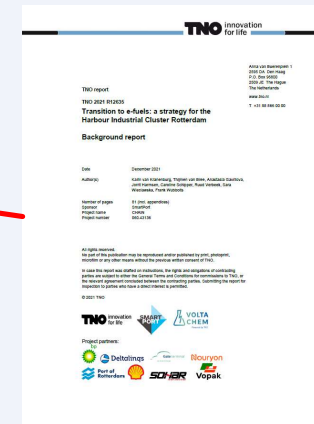
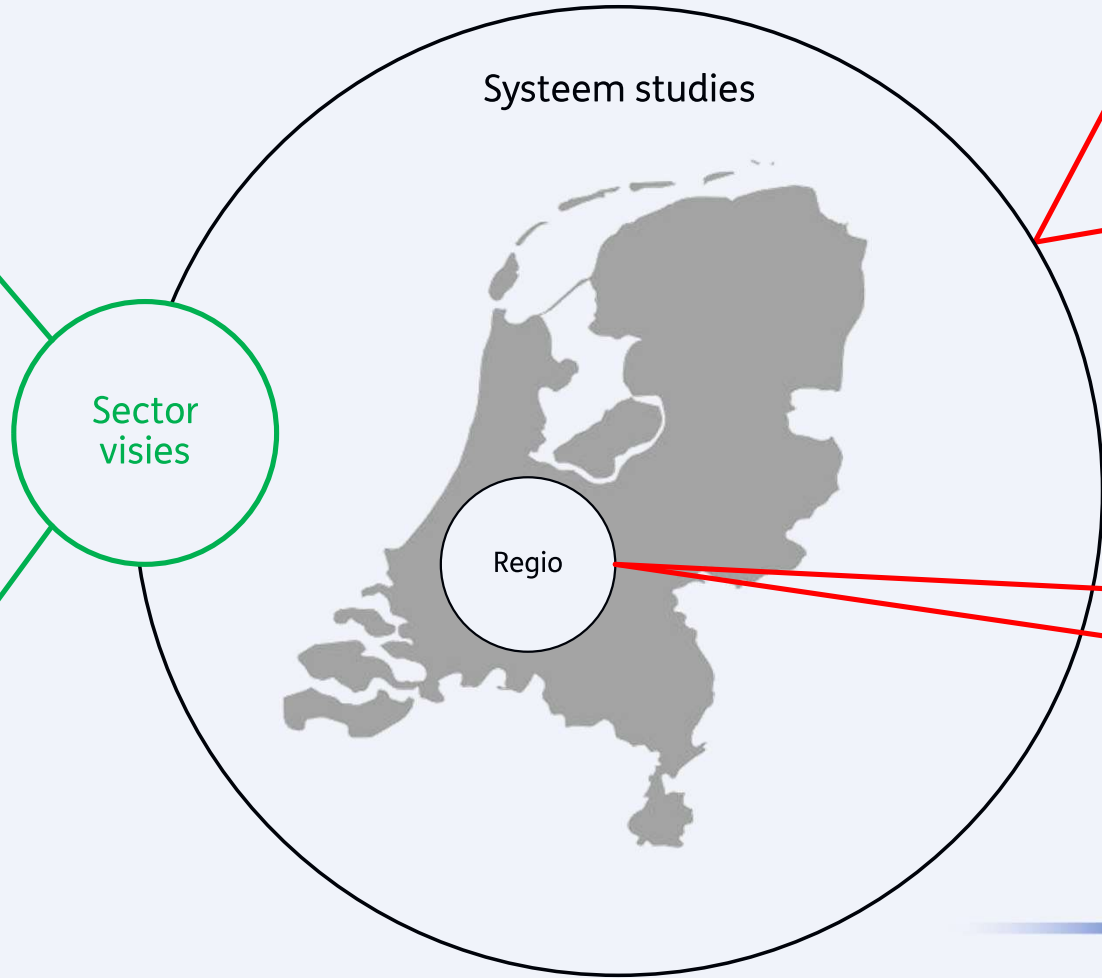
Doel van Workshop 2

- Samen de mogelijkheden voor synergie tussen de vorige keer ontworpen methanol- en ethyleen-ketens identificeren.
- Als extra drivers voor zo snel mogelijk realiseren van circulaire ketens.
- We kiezen voor realistisch voorstelbaar en concreet (boven volledigheid of optimalisatie), omdat daarmee de kwaliteit en diepgang van inzichten hoger is.

Workshop 1 (op 28 mei): 2 cases uitgewerkt



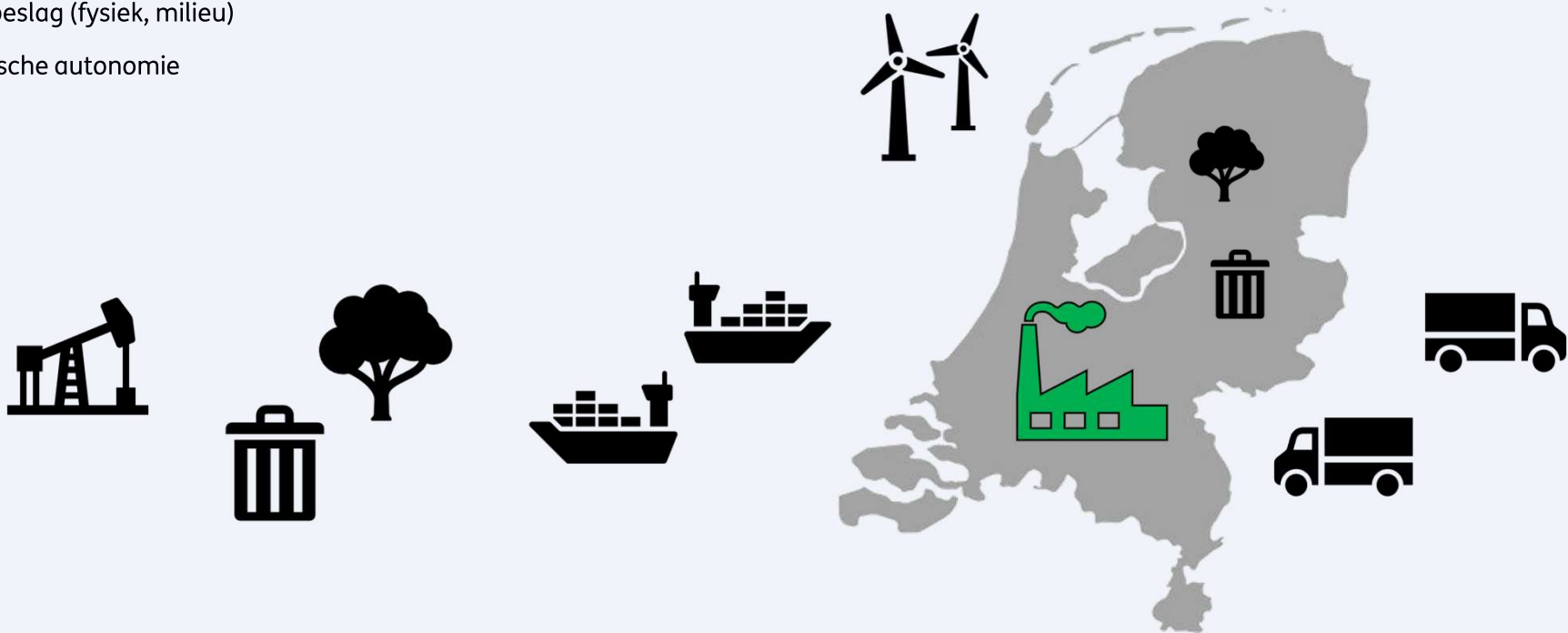
Van visies en studies



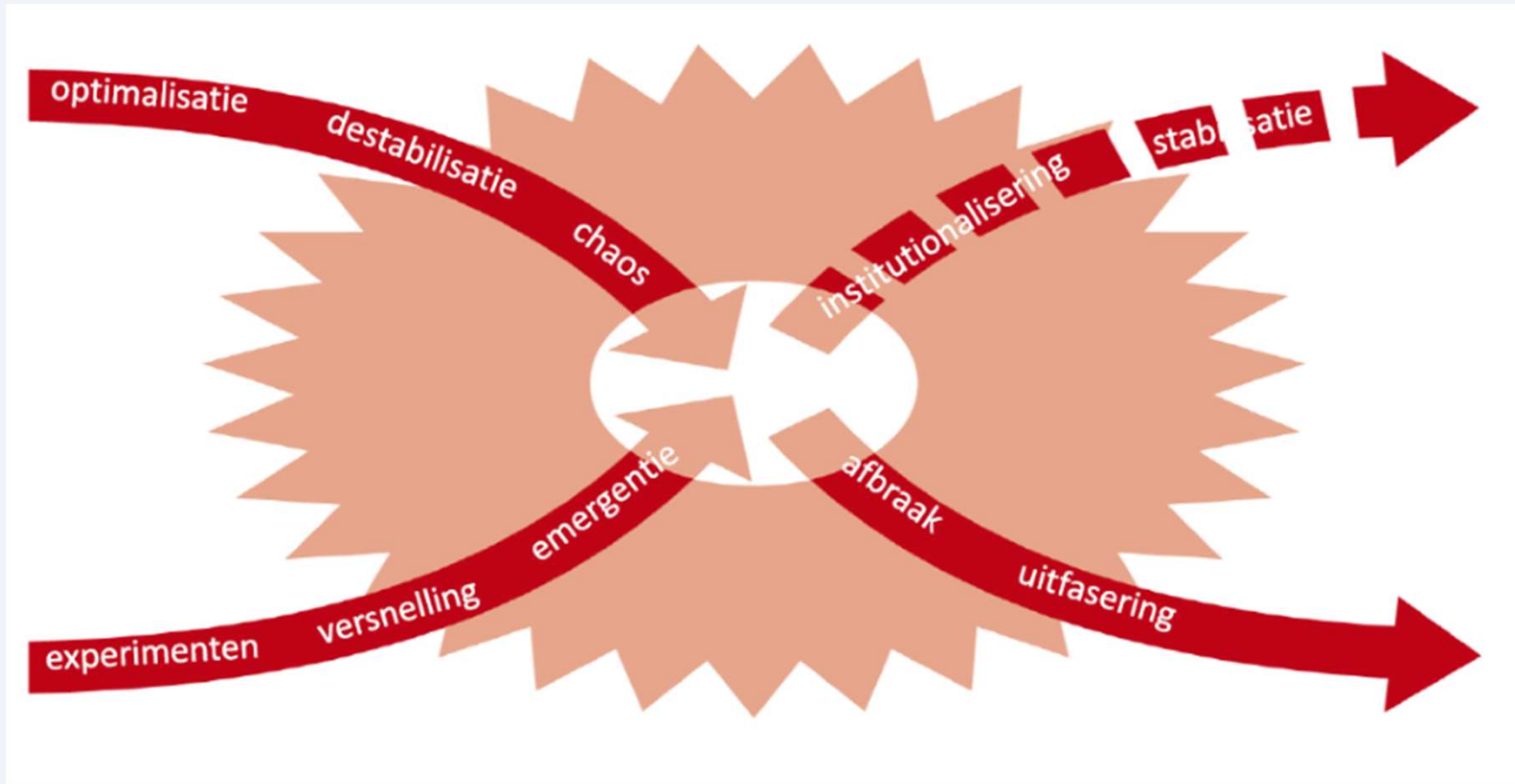
... naar nieuwe industriële waardeketens in NL

En binnen de randvoorwaarden van het systeem

- Bereikbaarheid van markten
- Beschikbaarheid grondstoffen en energie
- Ruimtebeslag (fysiek, milieu)
- Strategische autonomie



Synergie in transformatie: opbouw en afbraak



X-curve, DRIFT


Collectieve uitdagingen

Marktfalen	Informatie-asymmetrie
	Kennis-spillovers
	Externe effecten
	Overmatig gebruik van natuurlijke hulpbronnen
Systeemfalen	Gebrekkige fysieke en kennisinfrastructuur en competenties
	Verouderde instituties, regelgeving en maatschappelijke normen
	Gefragmenteerde netwerken of interacties
	Gebrek aan de juiste kennis, competenties en productiefactoren
Transformatiefalen	Gebrek aan richtinggevende visie
	Gebrekkige vraagarticulatie
	Gebrekkige beleidscoördinatie
	Beperkte reflexiviteit en leervermogen
	Gebrek aan urgentie
	Gebrek aan aanbodfinanciering ecosysteem
Tegenstand door transitieverliefers	

afval naar
grondstof
ontfoken
naar
product
Vraag
gehand

Workshop aanpak

SYNERGY



CONFLICTS

WHAT **HOW**

What conflicts do you see?

How can these conflicts be overcome?



Synergiekaarten

SYNERGY



PRODUCTION


To boost realization of circular carbon value chains, what are the possibilities to combine production processes:

- Primary product, by-products, waste treatment
- Commoditization and standardization of products and intermediates
- Co-location and co-production
- Exchange of inputs and outputs
- Supply chain digitalization

➤ How do you suggest to realize potential synergies in production?



SYNERGY




INFRASTRUCTURE AND TRANSPORT

To boost realization of circular carbon value chains, what potential is there for shared infrastructure and transport through:

- Shared infrastructure, incl. energy facility
- Shared transport networks, storage facilities
- Maintenance, services, safety
- Coordinated logistics planning
- Joint infrastructure investments
- Develop intermodal transport solutions

➤ How do you suggest to realize the potential synergies in infrastructure and transport?



SYNERGY



JOINT BUSINESS

To boost realization of circular carbon value chains, what is possible in joint business:

- Jointly improve demand articulation, commitment, procurement
- Joint positions in trading
- Joint future (technology) options
- Product, market and application development, create shared markets, supply commitment
- Integrated supply chain financing

➤ How do you suggest to realize potential synergies in joint business?



SYNERGY



OTHER

To boost realization of circular carbon value chains, what are opportunities for synergy, other than:

- Production
- Infrastructure and transport
- Joint Business
- Compliance, regulation and legislation
- Coordination, knowledge and innovation

➤ How do you suggest to realize these other potential synergies?



SYNERGY



COMPLIANCE, REGULATION AND LEGISLATION

To boost realization of circular carbon value chains, what are the possibilities in compliance, regulation and legislation:

- Crucial overlap in standards and regulation
- Stimulating policy
- Joint advocacy efforts for regulation
- Align on common standards and best practices
- Experimentation
- Compliancy for Quality, Health, Safety, Environment

➤ How do you suggest to realize potential synergies in compliance, regulation and legislation?



SYNERGY



COORDINATION, KNOWLEDGE AND INNOVATION

To boost realization of circular carbon value chains, where is potential for coordination, knowledge and innovation:

- Sharing knowledge
- Building knowledge infrastructure
- Developing competences and skills
- Brokering, fostering learning capacity and resilience
- Joint future (technology) options
- Shared research facilities (e.g. test/production)

➤ How do you suggest to realize potential synergies in coordination, knowledge and innovation?



SYNERGY



CONFLICTS

Creating synergies between supply chains is complex, what conflicts do you expect in:

- Production
- Infrastructure and transport
- Joint Business
- Compliance, regulation and legislation
- Coordination, knowledge and innovation

➤ How do you suggest to overcome potential conflicts?



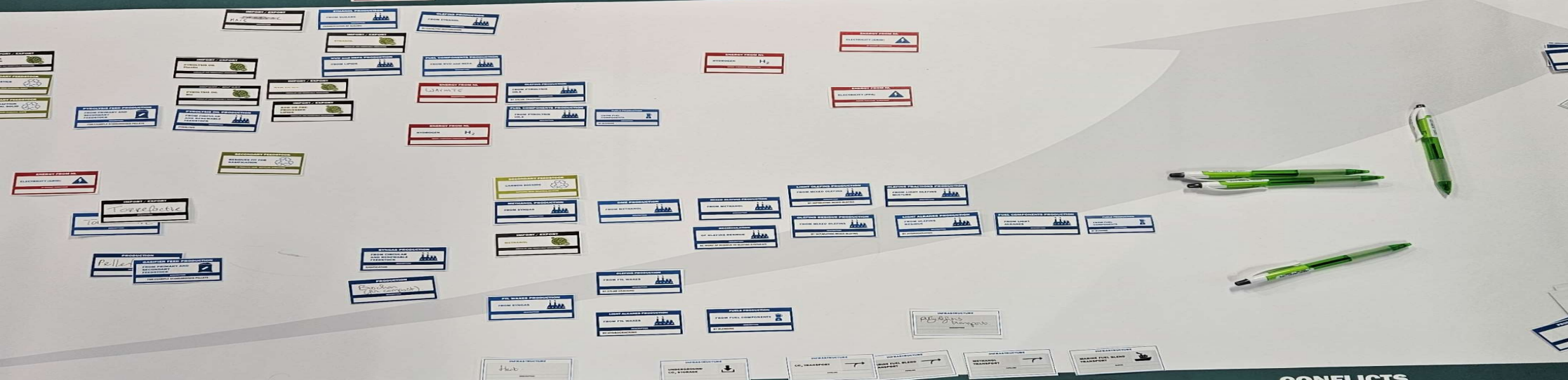
Resultaten

024

Business Case - SYNERGY

Designer: GROUP 2

VALUE NETWORK DESIGN



INFRASTRUCTURE AND TRANSPORT

JOINT BUSINESS

COMPLIANCE, REGULATION AND LEGISLATION

COORDINATION, KNOWLEDGE AND INNOVATION

CONFLICTS

SYNERGY
INFRASTRUCTURE AND TRANSPORT
WHAT: ...
HOW: ...
SYNERGY
OTHER
WHAT: ...
HOW: ...
SYNERGY
INFRASTRUCTURE AND TRANSPORT
WHAT: ...
HOW: ...

SYNERGY
OTHER
WHAT: ...
HOW: ...
SYNERGY
PRODUCTION
WHAT: economy of scale
HOW: co-location
by product → feed waste

SYNERGY
COMPLIANCE, REGULATION AND LEGISLATION
WHAT: WFD RED
HOW: CER

SYNERGY
COMPLIANCE, REGULATION AND LEGISLATION
WHAT: ...
HOW: ...
SYNERGY
COMPLIANCE, REGULATION AND LEGISLATION
WHAT: ...
HOW: ...

SYNERGY
OTHER
WHAT: LCA framework
HOW: trade offs

SYNERGY
OTHER
WHAT: OVERARCHING Circular Economy
HOW: (not I&I) (Mikael Vermeulen)

SYNERGY
CONFLICTS
WHAT: Competition for (Circular) Carbon

SYNERGY
CONFLICTS
WHAT: Market incentives (differences)

SYNERGY
COORDINATION, KNOWLEDGE AND INNOVATION
WHAT: ...
HOW: ...

SYNERGY
COORDINATION, KNOWLEDGE AND INNOVATION
WHAT: Social acceptance
HOW: affordability

SYNERGY
CONFLICTS
WHAT: Shortage Bio feed stock
HOW: Quality Biomass

SYNERGY
CONFLICTS
WHAT: ...
HOW: ...

Creëren van synergieën (1)

Ideeën geopperd in workshop om synergie te creëren:

Infrastructuur en transport:

- Centrale import en opslag van biofeedstocks in Rotterdam, zodat het een hub wordt voor biofeedstock.
- Gezamenlijke initiatieven voor bijvoorbeeld pyrolyse en vergassing, zodat schaalgrootte bereikt kan worden.
- Samenwerking bij sortering van plastics recycling: wat wordt mechanisch gerecycled, wat gaat naar pyrolyse, wat naar vergassing.

Joint business:

- Colocatie, ruimtelijke planning op clusterniveau. Noodzakelijk voor verwaarden van restromen (zowel molecule als warmte).
- Gezamenlijke initiatieven kunnen ook voordelen opleveren voor schaarse fysieke ruimte en milieuruimte (NO_x, afvalwater).

Creëren van synergieën (2)

Compliance, regulation, legislation:

- Harmoniseren van regelgeving en beleid tussen chemie en brandstoffen is belangrijk om synergieën mogelijk te maken. Hierin vanuit chemie en brandstoffen gezamenlijk optrekken, vanuit gezamenlijk belang.
- Daarbij moet regelgeving en beleid zich met name richten op de voorkant (feedstocks) en de achterkant (eindproduct), en niet zozeer op het productieproces. Als je duurzaamheid aan de voorkant borgt, is het door de keten gewaarborgd.
Bijvoorbeeld:
 - Voorwaarden waaraan biomassa en afvalstromen moeten voldoen, onafhankelijk of daar chemicaliën of brandstoffen van gemaakt worden. Dit biedt meer flexibiliteit dan product-to-product recycling.
 - Duurzame methanol: voor brandstoffen wordt nu wel een markt gecreëerd; voor chemicaliën (nog) niet. Vraagstimulering is belangrijk, maar dit dan wel voor alle ketens regelen.
- Massabalans
- Einde afvalstatus: nu worden veel stromen als afval gezien door overheden, terwijl ze als feedstock gebruikt (kunnen) worden. Dan heeft bedrijf dat deze feedstock gebruikt een afvalverwerkingsvergunning nodig. Wetgeving is sterk verouderd. Daarnaast wordt vergunningsverlening decentraal, op provinciaal niveau, geregeld. Door centraliseren en kennisdeling is hier synergie te halen.
- Financiële steun nodig, waar business case niet rond komt. Zeker daar waar we productie vanuit oogpunt van strategische autonomie hier willen houden, terwijl kosten voor o.a. energie elders lager liggen.

Stimuleren van verandering (1)

Welke beslissingen, of het uitblijven daarvan, deze veranderingen kunnen stimuleren of tegenhouden?

- Op diverse vlakken speelt schaarste een rol:
 - Schaarste aan elektriciteit uit hernieuwbare bronnen → merit order (in volgorde van MWh/vermeden ton CO₂-emissie): eerst kolencentrales sluiten, elektrisch vervoer. Gebruik voor productie van duurzame brandstoffen en chemicaliën komt pas achteraan de merit order. Maar is wel belangrijk, want “hard-to-abate”. Als de doelstelling is om fossiel uit te faseren, komt een iets ander beeld naar voren, dan wanneer geredeneerd wordt vanuit de doelstelling om CO₂-emissies te reduceren, of om circulair te worden. Soms conflicteren deze doelen zelfs.
 - Capaciteit elektriciteitsgrid is beperkt.
 - Schaarse ruimte (zowel fysieke ruimte als milieuruimte).
 - Ook voor circulaire koolstof wordt schaarste voorzien.
- Economische afwegingen:
 - CO₂ opslaan versus verwaarden in brandstoffen en chemicaliën. Verwaarden kan hoge kosten met zich meebrengen, maar vanuit duurzaamheidsoogpunt toch wenselijk zijn.
 - Brandstoffen en chemicaliën produceren tijdens momenten waarop een overschot is aan elektriciteit: dit levert onvoldoende operationele uren op om de investering in elektrolyzers terug te verdienen.

Stimuleren van verandering (2)

Competitie:

- Competitie om schaarse circulaire koolstof. Op dit moment marktincentive voor brandstoffen, niet voor chemie, dus gaat schaarse circulaire koolstof nu naar brandstoffen.
- Schaalgrootte gewenst voor pyrolyse, vergassing, wellicht ook ethanolproductie. Echter zijn bedrijven die duurzame brandstoffen en chemicaliën produceren vaak veel kleinschaliger, hier zit een mismatch.
- Verschillende doelen kunnen tot andere keuzes leiden: fossiel uitfaseren, CO₂ reduceren of circulair worden → bijvoorbeeld CCS (emissiereductie) of CCU (want schaarse koolstof) voor biogene CO₂? Denken moet omgebogen worden van afval naar grondstof voor producten.
- Betalende klant is cruciaal. Als klant tegen een lagere prijs een minder duurzaam alternatief kan kopen, in NL of in het buitenland, dan komt de markt niet van de grond.

Werkpakket 3

Vertaling naar mogelijke implicaties voor partijen in de ketens en behoefte aan regelgeving

Projectteam:

Rebecca Dowling, Karin van Kranenburg, Nienke Maas, Caroline Schipper, Koen Smekens, Karina Veum, Frank Wubbolts



Introductie Werkpakket 3



Introductie

- Voorafgaand aan WP3 zijn de rapporten van WP1 en WP2AB en WP2C afgerond.
- Rapport WP1 betreft: (1) een inventarisatie en samenvoeging van de visies van VEMOBIN en VNCI tot een koolstofvisie voor Nederland; (2) kwantificatie van de beoogde aanspraak op alternatieve koolstofbronnen en groene waterstof in beide waardeketens (brandstof en chemie); en (3) inventarisatie van gezamenlijke en strijdige behoeften.
- Rapport WP2AB plaatst de toekomstige behoefte aan duurzame koolstofbronnen in systeemperspectief, waarna rapport WP2C zich richt op collaboratieve businessmodellen voor veranderende waardeketens.
- Onderhavig rapport bundelt de resultaten uit de verschillende deelwerkpakketten (ABCD) uit werkpakket 3. Ieder deelwerkpakket volgt zijn eigen aanpak, waarbij in de rapportage wel een vergelijkbare structuur gevolgd wordt die is onderverdeeld in: managementsamenvatting, achtergrond en doel, aanpak, analyse en resultaten.

Inhoudsopgave

	Managementsamenvatting		Slide 216
	WP3A: Roadmap chemie en brandstoffen Consequenties voor sectoren (chemie en brandstoffen)	<ul style="list-style-type: none">• Managementsamenvatting• Achtergrond en doel• Aanpak• Analyse en resultaten• Appendix	Slide 221
	WP3B: Consequenties voor de haven Stromen en volumes, benodigde infrastructuur en hoe dit te organiseren?	<ul style="list-style-type: none">• Managementsamenvatting• Achtergrond en doel• Aanpak• Analyse en resultaten	Slide 242
	WP3C: Potentiële rol gemeente Rotterdam Hoe kan gemeente de transitie faciliteren?	<ul style="list-style-type: none">• Managementsamenvatting• Achtergrond en doel• Aanpak• Analyse en resultaten• Conclusies en aanbevelingen• Appendix	Slide 294
	WP3D: Regulering en beleid Regelgeving: wat is nodig, wat is er al, waar moet worden bijgesteld?	<ul style="list-style-type: none">• Management summary• Background and objectives• Approach• Analysis• Way forward• Appendix	Slide 319



Managementsamenvatting WP3

Managementsamenvatting (1)

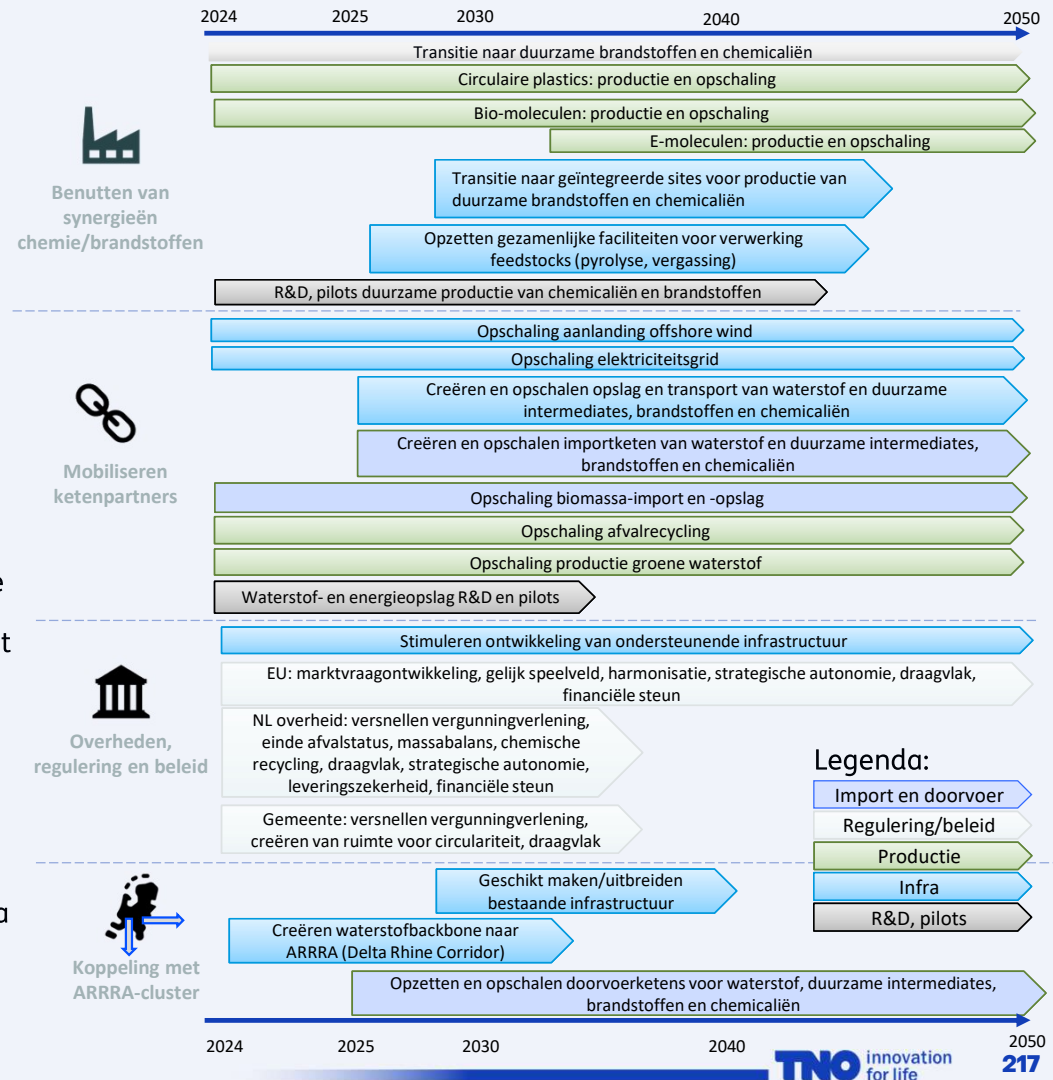
In werkpakket 3A is samen met projectpartners en bedrijven uit de achterban van VNCI en VEMOBIN nagedacht over de **benodigde stappen die gezet moeten worden richting 2050**. Uit de workshop bleek dat deelnemende partijen uit beide sectoren elkaars behoeftes en belemmeringen in de transitie herkenden. Er zijn veel mogelijkheden voor synergie door stappen in gezamenlijkheid te zetten.

De belangrijkste prioriteiten die deelnemende partijen uit de chemie- en brandstoffensector in de workshop aangeven zijn:

- De **creatie van marktvraag** en betalingsbereidheid voor duurzame brandstoffen en chemicaliën wordt door deelnemende partijen gezien als belangrijkste prioriteit om de transitie vooruit te helpen.
- Hier is opschaling van het aanbod van duurzame brandstoffen en chemicaliën voor nodig, waarvoor het van belang is om huidige **belemmeringen in vergunningsverlening** voor nieuwe projecten voor de verwerking van circulaire grondstoffen weg te nemen om de investeringsbereidheid van bedrijven in Nederland te verhogen. Chemie- en brandstofbedrijven zouden gezamenlijk het gesprek aan kunnen gaan met overheden om het ‘verhaal van de bedrijven’ kenbaar te maken en te zoeken naar mogelijke oplossingen om vergunningsprocedures te versnellen.
- Ook is het **aantrekken van biograndstofstromen** naar Nederland van strategisch belang voor beide sectoren (zie ook rapportage WP2). De deelnemende partijen verwachten dat deze schaarste verder zal toenemen, vooral als de vraag naar biograndstoffen mondiaal, en ook in de chemie, toeneemt en er steeds meer eisen gesteld worden aan wat de ‘juiste’ biomassa is.

Vervolgens zijn deze inzichten gecombineerd met de resultaten uit de andere deelwerkpakketten om te komen tot een roadmap met de **belangrijkste stappen die op hoofdlijnen gezet moeten worden om de transitie naar duurzame brandstoffen en chemicaliën te realiseren** (zie afbeelding).

Managementsamenvatting



Managementsamenvatting (2)

In WP3B (Consequenties voor de haven) is gekeken naar de rol die de Rotterdamse haven speelt in de transitie naar duurzame brandstoffen en chemie. Waar de haven op dit moment een belangrijke koolstofhub is voor fossiele koolstofstromen, heeft de haven een goede uitgangspositie om zich om te vormen tot een **duurzame koolstofhub voor chemie- en brandstofbedrijven in het haven-industriële cluster (HIC)**, richting andere clusters binnen **ARRRA** en richting clusters in **Europa**.

Importstromen: Omdat Nederland zelf onvoldoende biograndstoffen en hernieuwbare elektriciteit heeft om in de toekomstige vraag naar duurzame brandstoffen en chemicaliën te voorzien, zal **import noodzakelijk** zijn, in de vorm van grondstoffen, intermediates en/of producten (brandstoffen en chemicaliën). In de tabel op de volgende slide worden voor elke categorie de belangrijkste opties voor import weergegeven. Bij de keuze tussen import van grondstoffen, intermediates of producten spelen verschillende **afwegingen** een rol: 1) **Praktische haalbaarheid** van import; 2) Behouden van **economische bedrijvigheid**; 3) **Leveringszekerheid** en **strategische autonomie**.

Gezien de huidige onzekerheden, onder andere in regelgeving en beleid, marktvraag, diversiteit in koolstofstromen en productietechnologieën is het van belang om **flexibiliteit** te behouden in de mogelijke commoditystromen waar de haven zich op richt. Dit kan door te **diversificeren in grondstoffen, importketens, toepassing en technologie**. Havenbedrijf, producenten en overheden hebben een belangrijke rol bij deze diversificatie (zie ook WP3A). Gelijktijdig moet gewerkt worden aan het **wegnemen van onzekerheden** (belangrijke rol voor overheden, zie ook WP3C en WP3D), zodat op termijn geconvergeerd kan worden. Dat kan door met ketenpartners te werken aan het opzetten van ketens op basis van het brede palet aan opties. Dan zullen de “winnende” opties komen bovendrijven.

Doorvoer naar Duitsland en België: Systeemmodellen voor **Duitsland** en **België** schetsen mogelijke ontwikkelingen van de **vraag naar en productie van duurzame chemicaliën en brandstoffen** in deze landen en mogelijke bandbreedtes voor **exportstromen vanuit het HIC**. Alhoewel deze modellen een wisselend beeld geven, is duidelijk dat zowel bio- als e-moleculen (inclusief H₂) een belangrijke rol zullen gaan spelen om te voorzien in de grondstoffenbehoefte voor de industrie en voor de energiebehoefte **van** luchtvaart en scheepvaart, en met name voor Duitsland ook voor het zwaar wegtransport. Er wordt zowel voor België als Duitsland een **rol voor import van e-moleculen voorzien**. De behoefte aan **doorvoer van biograndstoffen** naar Duitsland en België lijkt **beperkt** te zijn.

Infrastructuur: In de tabel op de volgende slide worden voor de verschillende stromen de **consequenties voor infrastructuur** weergegeven. Voor koolstofhoudende producten is **hergebruik van bestaande infrastructuur meestal mogelijk**. De eerder genoemde onzekerheden hebben grote invloed op de behoefte aan faciliterende infrastructuur. Op basis van de diverse systeemanalyses en scenario's, beschreven in de rapportage van WP2, kan geconcludeerd worden dat in elk geval aandacht nodig is voor: aanlanding van elektriciteit uit wind op zee; elektriciteitsgrid; waterstoftransport (Delta Rhine Corridor) en -opslag; opslag en verwerking biomassa; CCS.

Ruimtegebruik: Ruimte in de haven is schaars. Daarom moeten keuzes gemaakt worden in welke activiteiten binnen en welke buiten het HIC een plaats krijgen. Nieuwe **conversieketens** en **opslag** krijgen bij voorkeur een plaats **binnen het HIC**. DAC zal geen plaats krijgen in het HIC; CO₂ uit DAC kan geïmporteerd worden.

Bij het stellen van **prioriteiten** zou in elk geval voor de volgende functies gekozen moeten worden: activiteiten waar de haven de **meeste toegevoegde waarde** creëert; first of a kind initiatieven die zich bezighouden met grondstoffentransitie en andere (bewezen) oplossingen die **bijdragen aan de transitie** (zie ook WP3C); activiteiten die **niet elders kunnen plaatsvinden**.

Managementsamenvatting (3)

Import van koolstofstromen kan in de vorm van grondstoffen, intermediates en producten. In de tabel worden voor elke categorie de belangrijkste opties voor import weergegeven. Daarnaast wordt voor elk onderdeel van de matrix aangegeven, wat de consequenties zijn voor de infrastructuur. Voor grondstoffen wordt daarnaast aangegeven, welke activiteiten binnen of buiten het HIC kunnen plaatsvinden.

	Grondstoffen	Intermediates	Producten
Bio-based	Suikers Vetten Ruwe en bewerkte biomassa Biomassa-fracties	Bio-pyrolyseolie Bio-char Bio-nafta Bio-ethanol Bio-gas / Groen gas FAME	HVO/HEFA Bio-diesel Bio-kerosine Bio-ethanol Bio-methanol Bio-LNG
Plastics (zowel fossiel als biobased)	Ongesorteerde afvalstromen Gesorteerde afvalstromen	Plastics pyrolyseolie Plastics char Functionele chemicaliën uit afvalplastics	Polyolefinen Polyesters
E-based	CO ₂ uit puntbronnen CO ₂ uit DAC	E-methanol E-FT liquids	E-diesel E-kerosine E-methanol E-DME
Non-carbon		H ₂ NH ₃	H ₂ NH ₃

Eerste verwerking van biomassa (pelletisering) gebeurt bij voorkeur vóór transport naar het HIC, zodat volumes beperkt worden. Wanneer biomassa wordt geïmporteerd, vindt vergassing bij voorkeur plaats in het HIC, zodat voor CO₂-opslag Porthos/Aramis infrastructuur gebruikt kan worden en syngas ter plaatse verwerkt kan worden. De behoefte aan doorvoer voor biomassa lijkt beperkt.

Import van intermediates beperkt enerzijds volumes t.o.v. grondstoffen (hogere energiedichtheid dan bijvoorbeeld biomassa), en geeft anderzijds de mogelijkheid om waarde toe te voegen in het HIC, meer dan bij import van producten. Hergebruiken en waar nodig aanpassen bestaande infrastructuur. Voor biogas zal bestaande (L)NG infrastructuur gebruikt kunnen worden.

Scheiden, sorteren, reinigen, en granuleren gebeurt bij voorkeur vóór transport naar het HIC, om transport te vereenvoudigen (zowel voor NL afvalstromen als import) en om ruimtegebruik in het HIC te beperken. Aangevoerd granulaat kan worden verwerkt in het HIC

Import uit regio's met lage kosten voor hernieuwbare energie is economische aantrekkelijker dan productie in NL. Hergebruiken en waar nodig aanpassen bestaande infrastructuur (pijpleiding, opslag, overslag, bunkerinfra, doorvoer naar ARRRRA).

NH₃: vereist aanleg van nieuwe infrastructuur (opslag, pijpleidingen). Omdat ammoniak giftig is, en gasvormig, is handling complex, waardoor extra aandacht nodig is voor veiligheid/vergunningverlening, en voor de technische eisen aan de infrastructuur. Naast direct gebruik kan NH₃ als carrier worden ingezet voor H₂ import. In dat geval zal de ammoniak gekraakt moeten worden in het HIC, vóór verder transport naar het achterland als waterstof.

Transport en opslag via Porthos en Aramis infrastructuur; op langere termijn eventuele import van CO₂ uit DAC per zeeschip; Voor CO₂ transport binnen het HIC (in eerste instantie uit puntbronnen; later wellicht uit import) kunnen bestaande pijpleidingen worden gebruikt en waar nodig uitgebreid.

Voor e-methanol kan bestaande infrastructuur hergebruikt worden. Import van ruwe FT liquids (waxes/syncrude) kan technisch uitdagend zijn.

H₂: bestaande LNG terminal kan worden uitgebreid en geschikt gemaakt voor H₂. Aansluiting op bestaande H₂ pijpleidingen in het HIC, en op Delta Rhine Corridor (na 2032). Import van H₂ zal noodzakelijk zijn, omdat de productiecapaciteit in NL niet aan de marktvaart zal kunnen voldoen. Import van H₂ kan in vloeibare vorm of in de vorm van een carrier (bv e-NH₃, e-MeOH).

Managementsamenvatting (4)

In WP3C (Potentiële rol Gemeente Rotterdam) is gekeken naar wat de rol van de gemeente kan zijn in het gezamenlijk optrekken richting een duurzame toekomst. Voor ervaren **belemmeringen rondom ruimte en vergunningen** doen de deelnemende partijen een beroep op de **gemeente als aanjager van de circulaire transitie**. De **gemeente opereert** voor de economie van de haven niet solitair, maar **in een groot ecosysteem** van lokale, regionale en nationale spelers. Ze heeft bij het maken van keuzes rondom de inzet van publieke middelen ook andere **publieke belangen te dienen**, zoals leefbaarheid, gezondheid en veiligheid. De gemeente zal de wensen van de bedrijven over de rol van de gemeente dus moeten afwegen en deze vervolgens samen met Havenbedrijf Rotterdam, DCMR, Deltalinqs en andere overheden invullen.

Deelnemende partijen doen voor **vergunningverlening** een beroep op de gemeente voor het versnellen van het vergunningetraject, het creëren van een gelijk speelveld en duidelijke en doelmatige wetgeving en governance. Voor **ruimtegebruik** doen de partijen een beroep op zowel de aandeelhoudersrol in de haven, het bevoegd gezag en de regionale samenwerking om ruimte voor circulariteit te creëren. Als **anjager** zou de gemeente volgens de partijen meer in moeten zetten op lobby bij het Rijk voor normering; op draagvlak onder bewoners en bedrijven voor circulariteit; het aantrekken van passende bedrijven in de keten; en het creëren van een markt voor de inkoop van duurzame producten door de gemeente.

In WP3D (Regulering en beleid) hebben de chemische en brandstofindustrie aangegeven adequate regelgeving en beleid te zien als een noodzakelijke motor voor de overgang naar duurzame chemicaliën en brandstoffen. Het **creëren van marktvrage naar duurzame chemicaliën en brandstoffen** is nodig om haalbare business cases te ondersteunen. Terwijl er regelgeving en beleid is die vraag creëert naar duurzame brandstoffen (bijv. REDII/III), is dit nauwelijks het geval voor duurzame chemicaliën. De sector ziet hier graag verandering in komen.

Geharmoniseerde duurzaamheidscriteria voor circulaire grondstoffen (biomassa, afval, CO₂) zijn gewenst door de industrie, ongeacht de toepassing in duurzame brandstoffen of chemicaliën. Deze moeten technologieneutraal zijn.

De industrie geeft aan dat de **Nederlandse overheid** vooral aandacht moet besteden aan: **versnelling van vergunningen**; afvalregelgeving (“**Einde afvalstatus**”), afval moet worden beschouwd als grondstof; **massabalans** (duurzaamheid van output moet worden beschouwd op basis van (gemengde) inputs); **chemische recycling** (moet even belangrijk worden geacht als mechanische recycling).

Gezamenlijke inspanningen van belanghebbenden uit de **industrie**, de **Europese Commissie** en **nationale overheden** moeten resulteren in beleid en regelgeving die de overgang naar duurzame chemicaliën en brandstoffen in de juiste richting sturen.

Werkpakket 3A

Roadmap chemie en brandstoffen

Projectteam:
Rebecca Dowling, Karin van Kranenburg, Frank Wubbolts





Managementsamenvatting WP3A

Managementsamenvatting (1)

De transitie naar een klimaatneutrale en circulaire chemie- en brandstoffensector is een grote uitdaging. De **productieketens van raffinage en basischemie**, gebaseerd op fossiele grondstoffen, zijn over de afgelopen 100 jaar sterk geïntegreerd en geoptimaliseerd, maar **zullen nu in hoog tempo omgevormd moeten worden tot duurzame ketens gebaseerd op circulaire grondstoffen** (gerecyclede plastics, biograndstoffen, en CO₂), op een moment dat de internationale concurrentiepositie van de sectoren onder druk staat.

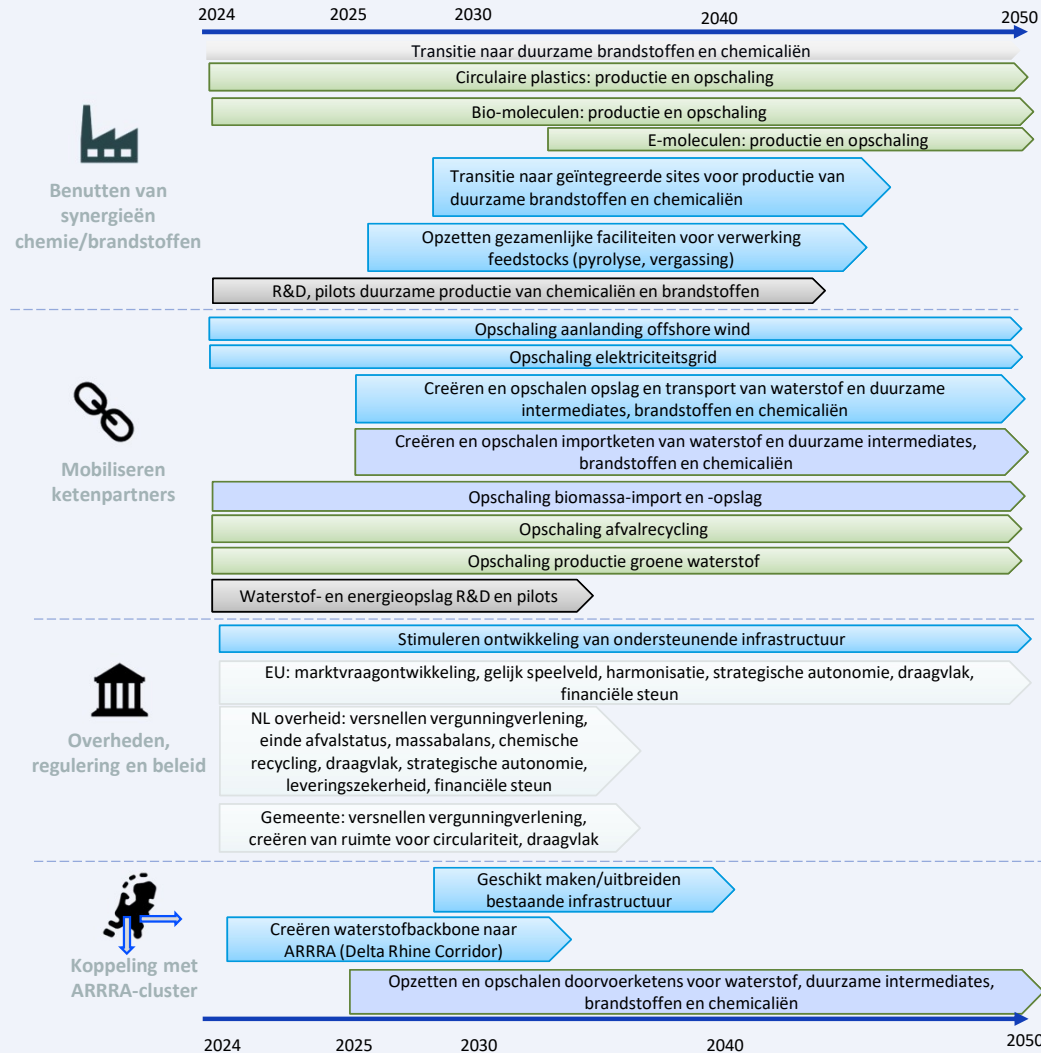
In dit werkpakket is samen met projectpartners en bedrijven uit de achterbannen van VNCI en VEMOBIN nagedacht over de **benodigde stappen die gezet moeten worden richting 2050**. Uit de workshop bleek dat deelnemende partijen uit beide sectoren elkaars behoeftes en belemmeringen in de transitie herkenden. Er zijn veel mogelijkheden voor synergie door stappen in gezamenlijkheid te zetten.

Belangrijkste inzichten uit de workshop:

- De **creatie van marktvraag** en betaalbaarheid voor duurzame brandstoffen en chemicaliën was volgens deelnemers de belangrijkste prioriteit om de transitie vooruit te helpen. Hierbij spelen de Europese en Nederlandse overheid een cruciale rol, door middel van beleidsinstrumenten zoals bijmengverplichtingen. De chemie- en brandstofbedrijven willen overheden op een constructieve manier betrekken.
- Het creëren van deze marktvraag kan niet los worden gezien van de opschaling van het aanbod van duurzame brandstoffen en chemicaliën. Daarom is het ook van belang om huidige **belemmeringen in vergunningsverlening** voor nieuwe projecten voor de verwerking van circulaire grondstoffen weg te nemen om de investeringsbereidheid van bedrijven in Nederland te verhogen. Volgens de workshopdeelnemers loopt de Nederlandse wetgeving (m.n. vergunningsverlening, einde afvalstatus, implementatie massabalans, chemische recycling) achter op de ontwikkelingen in de energie- en grondstoffentransitie, waardoor regelmatig innovatieve projecten struikelen over de letter van de wet en investeringen verschuiven naar andere landen. Een ministerie-overstijgende regiefunctie zou hier mogelijk een uitkomst kunnen bieden. Chemie- en brandstofbedrijven zouden gezamenlijk het gesprek aan kunnen gaan met overheden om het 'verhaal van de bedrijven' kenbaar te maken en te zoeken naar mogelijke oplossingen om vergunningsprocedures te versnellen.
- Ook is het **aantrekken van biograndstofstromen** naar Nederland van strategisch belang voor beide sectoren (zie ook rapportage WP2). De deelnemers verwachten dat deze schaarste verder zal toenemen, vooral als de vraag naar biograndstoffen mondiaal, en ook in de chemie, toeneemt en er steeds meer eisen gesteld worden aan wat de 'juiste' biomassa is. Meerdere industriële partijen zouden hun vraag naar biograndstoffen kunnen bundelen om biomassastromen naar Nederland aan te trekken.

Vervolgens zijn deze inzichten gecombineerd met de resultaten uit de andere deelwerkpakketten om te komen tot een roadmap met de belangrijkste stappen die op hoofdlijnen gezet moeten worden om de transitie naar duurzame brandstoffen en chemicaliën te realiseren (zie volgende slide).

Managementsamenvatting (2)



Hoewel er nog veel onzekerheden zijn, en barrières die moeten worden weggenomen, kan er niet gewacht worden met het versnellen van de transitie naar duurzame chemicaliën en brandstoffen. De tijd dringt inmiddels om te zorgen dat het halen van de klimaatdoelen niet buiten bereik raakt. In deze roadmap wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste **stappen die nodig** zijn om de **transitie naar duurzame brandstoffen en chemicaliën** te realiseren.

De **chemie- en brandstoffensector** (bovenste laag in het plaatje) zullen duurzame brandstoffen en chemicaliën moeten produceren. Daarnaast zullen **ketenpartners** gemobiliseerd moeten worden, voor bijvoorbeeld het opzetten van importketens en het realiseren van de benodigde infrastructuur. **Regelgeving en beleid** zijn een belangrijke drijvende kracht achter de transitie. Op verschillende overheidsniveaus zullen stappen gezet moeten worden om met een beleidsvisie te komen en voldoende faciliterend kader te bieden aan de industrie om de transitie te kunnen doormaken. Ten slotte is het van belang om de bestaande **koppeling met het ARRRR-cluster** voor fossiel, om te vormen naar stromen voor duurzame brandstoffen en chemicaliën.

De lagen in deze roadmap kunnen niet los van elkaar gezien worden: zo moeten, om duurzame brandstoffen en chemicaliën te kunnen produceren, importstromen worden opgezet met ketenpartners, en is regulering en beleid vanuit overheden nodig om vraag ernaar te creëren.

Legenda:

- Import en doorvoer
- Regulering/beleid
- Productie
- Infra
- R&D, pilots

Inhoudsopgave

1. Achtergrond en doel Slide 226
2. Aanpak Slide 227
3. Analyse en resultaten Slide 228
 - Barrières
 - Oplossingsrichtingen
 - Roadmap
4. Appendices Slide 239

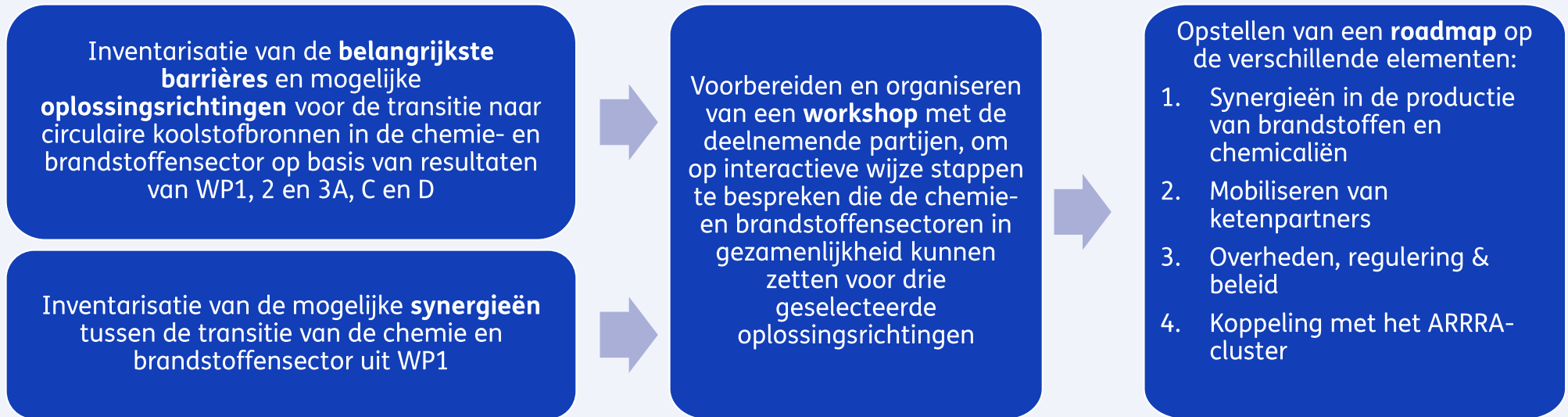
Achtergrond en doel

Het doel van dit werkpakket is om te komen tot een roadmap met daarin de **stappen** die door **partijen in de chemie- en brandstoffensector** in Nederland op hoofdlijnen gezet zullen moeten worden tot 2050 om de **geïdentificeerde synergieën** te benutten. De resultaten van werkpakket 1 en 2 vormen hiervoor de basis, aangevuld met de resultaten uit een workshop gehouden met de projectpartners en bedrijven uit de achterbannen van VNCI en VEMOBIN (zie Appendix A, slide 26).

In dit werkpakket (3B) staan de volgende vier vragen centraal:

1. Welke stappen moeten gezet worden om **synergieën in de productie van brandstoffen en chemicaliën** te benutten?
2. Welke stappen moeten gezet worden richting **ketenpartners en toeleveranciers**?
3. Hoe kunnen de behoeften aan strategische keuzes en bijbehorende risicodragende investeringen vanuit de **overheid, ondersteunend beleid en regelgeving**, in gang gezet worden? Welke acties kunnen VEMOBIN en VNCI en hun achterbannen hiervoor ondernemen?
4. Wat is nodig om de gewenste **koppeling met het ARRRRA-cluster** en het Europese netwerk te realiseren?

Aanpak



Belangrijkste barrières voor de transitie naar circulaire koolstofbronnen in de chemie- en brandstoffensector

Op basis van de resultaten uit eerdere werkpakketten hebben we een (niet uitputtende) lijst opgesteld van de belangrijkste barrières die chemie- en brandstoffenbedrijven ervaren in de transitie naar het gebruik van circulaire koolstofbronnen. Deze barrières hebben we tijdens de workshop besproken en aangevuld.

Economische haalbaarheid

- Marktvrageontwikkeling is onvoldoende: vraag naar duurzame brandstoffen en chemicaliën is nog beperkt en betalingsbereidheid vaak te laag.
- Productiekosten van duurzame brandstoffen en chemicaliën liggen hoger dan fossiel, dus in combinatie met bovenstaande geen haalbare business case.
- Een noodzakelijke beleidsvisie voor de Europese industrie, met bijbehorende vertaling naar Nederlands beleid om de realisatie van die visie te faciliteren, ontbreekt nog.

Infrastructuur en nieuwe productieketens

- Lange doorlooptijd bij verkrijgen van vergunningen voor het opzetten van nieuwe productieketens (bijv. recyclinginstallaties).
- Elektriciteitsgrid: onvoldoende capaciteit, lange doorlooptijd voor uitbreidingen.
- Benodigde infrastructuur voor duurzame koolstof slechts voor een deel in voldoende mate voorhanden.
- Beschikbare ruimte voor nieuwe infrastructuur en productieketens is beperkt.

Leveringszekerheid

- Tekort aan (betaalbare) elektriciteit uit duurzame bronnen op elk tijdstip.
- De toekomstige beschikbaarheid van alternatieve koolstofbronnen voor duurzame brandstoffen en chemicaliën kent een hoge mate van onzekerheid.

Technologie

- Nog niet alle benodigde technologieën zijn marktrijp (bv. CCU, DAC, chemische recycling)
- Veel technologieën kunnen nog niet voldoende worden opgeschaald

Mogelijke oplossingsrichtingen voor het overkomen van de barrières voor de transitie naar circulaire koolstofbronnen in de chemie- en brandstoffensector

Om te komen tot concrete stappen die door de bedrijven gezet zouden kunnen worden, zijn de barrières (slide 12) vertaald naar mogelijke oplossingsrichtingen die tijdens de workshop nader uitgewerkt konden worden.

Economische haalbaarheid

- Gezamenlijk agenderen van een Europese beleidsvisie op de verduurzaming van de chemie- en brandstoffensectoren, vertaald naar Nederlands beleid
- Creëren van marktvoorwaarden voor duurzame brandstoffen en chemicaliën
- Uniforme eisen vanuit overheden aan de duurzaamheid van circulaire grondstoffen
- Uniforme eisen vanuit overheden aan de duurzaamheid van producten die zowel als brandstof als voor chemie kunnen worden ingezet, ongeacht de toepassing (i.p.v. eisen aan productieproces, apart voor chemie en brandstoffen; bijvoorbeeld methanol)
- Herziening van wet- en regelgeving over de einde-afval status, zodat bedrijven die grondstoffen willen hergebruiken gefaciliteerd worden om dat te doen.

Infrastructuur en nieuwe productieketens

- Versnelling van vergunningsverleningsprocedures voor het opzetten van nieuwe productieketens voor duurzame chemicaliën en brandstoffen
- Beschikbaarheid en betaalbaarheid van het elektriciteitsnet vergroten
- De haven van Rotterdam omvormen tot circulaire koolstof hub (zie WP3B)

Leveringszekerheid

- Beschikbaarheid van hernieuwbare elektriciteit vergroten
- Biomassastromen aantrekken voor de Nederlandse chemie- en brandstoffensector

Technologie

- Gezamenlijke technologieontwikkeling voor bijv. CCU
- Gezamenlijke opschaling van duurzame technologie (bijv. pyrolyse, vergassing) en productieketens

Resultaten workshop (1): Prioritaire oplossingsrichtingen

Tijdens de workshop hebben de deelnemers drie barrières en bijbehorende oplossingsrichtingen geselecteerd die volgens hen met prioriteit aangepakt moeten worden en die in deze workshop zijn uitgewerkt (zie Appendix B, slide 25). Het resultaat was de volgende top 3:

1. Creëren van markt vraag naar duurzame brandstoffen en chemicaliën
2. Versnelling van vergunningsverleningsprocedures voor het opzetten van nieuwe productieketens voor duurzame chemicaliën en brandstoffen.
3. Biomassastromen aantrekken voor de Nederlandse chemie- en brandstoffensector

Economische haalbaarheid

1

- Gezamenlijk agenderen van een Europese beleidsvisie op de verduurzaming van de chemie- en brandstoffensectoren, vertaald naar Nederlands beleid
- **Creëren van markt vraag** naar duurzame brandstoffen en chemicaliën
- Uniforme eisen vanuit overheden aan de duurzaamheid van circulaire grondstoffen
- Uniforme eisen vanuit overheden aan de duurzaamheid van producten die zowel als brandstof als voor chemie kunnen worden ingezet, ongeacht de toepassing (i.p.v. eisen aan productieproces, apart voor chemie en brandstoffen; bijvoorbeeld methanol)
- Herziening van wet- en regelgeving over de einde-afval status, zodat bedrijven die grondstoffen willen hergebruiken gefaciliteerd worden om dat te doen.

Infrastructuur en nieuwe productieketens

2

- **Versnelling van vergunningsverleningsprocedures** voor het opzetten van nieuwe productieketens voor duurzame chemicaliën en brandstoffen
- Beschikbaarheid en betaalbaarheid van het elektriciteitsnet vergroten
- De haven van Rotterdam omvormen tot circulaire koolstof hub (zie WP3B)

Leveringszekerheid

3

- Beschikbaarheid van hernieuwbare elektriciteit vergroten
- **Biomassastromen aantrekken** voor de Nederlandse chemie- en brandstoffensector

Technologie

- Gezamenlijke technologieontwikkeling voor bijv. CCU
- Gezamenlijke opschaling van duurzame technologie (bijv. pyrolyse, vergassing) en productieketens

Het oplossen van een aantal van de overige barrières wordt overigens ook als zeer belangrijk ervaren door de industrie, zoals het beschikbaar komen van betaalbare hernieuwbare elektriciteit en transportcapaciteit van het elektriciteitsnet.

De volgende slides geven een samenvatting van de gevoerde discussie en mogelijke stappen per oplossingsrichting voor de 3 geselecteerde barrières.

Resultaten workshop (2): Creëren van marktvraag naar duurzame brandstoffen en chemicaliën

Hoofdpunten:

- **Topprioriteit:** De workshop deelnemers gaven aan dat het creëren van marktvraag topprioriteit heeft om de transitie naar duurzame brandstoffen en chemicaliën vooruit te helpen. Het creëren van deze marktvraag kan niet los worden gezien van de opschaling van het aanbod.
- **Rol van overheden cruciaal:** De rol van nationale en internationale overheden is cruciaal in het creëren van marktvraag naar duurzame brandstoffen en chemicaliën. Hier kunnen verschillende typen instrumenten voor worden ingezet, zoals het stellen van verplichtingen tot broeikasgasreductie voor sectoren, mandaten voor het gebruik van een bepaald percentage bio- of e-brandstoffen, en mandaten voor het gebruik van gerecyclede grondstoffen voor chemicaliën. Daarnaast zouden duurzame producten aantrekkelijker gemaakt kunnen worden door de accijns of BTW op duurzame producten te verlagen, naast het beprijzen van fossiele alternatieven. De beleidsinstrumenten voor het aanjagen van het aanbod en gebruik van duurzame chemicaliën loopt achter vergeleken met duurzame brandstoffen. Er is al veel Europese en Nederlandse regelgeving in ontwikkeling (bijv. REDIII), maar betaalbaarheid creëren bij consumenten is de moeilijkste stap.
- **Protectie:** Aangezien brandstoffen en chemicaliën wereldwijde markten betreffen, geven de bedrijven aan dat er naast mandatering ook een vorm van protectie nodig is.

Mogelijke stappen die gezet kunnen worden door bedrijven:

- De chemie- en brandstofbedrijven willen overheden op een constructieve manier betrekken. Zo zouden de VNCI en VEMOBIN gezamenlijk in gesprek kunnen gaan met overheden over een duidelijke industrievisie met bijbehorende regulering en beleid om die visie te faciliteren. Hierbij is lange termijn voorspelbaarheid van regulering zeer belangrijk om investeringen in nieuwe productieketens mogelijk te maken.
- Er zou een vergelijking gemaakt kunnen worden met de industrieaanpak in andere landen, bijvoorbeeld Duitsland, België en Frankrijk.
- Daarnaast zouden publieke instanties (bijv. Rijkswaterstaat, netbeheerders) gestimuleerd kunnen worden om in openbare aanbestedingen eisen te stellen aan duurzame producten of diensten om zo een markt te creëren voor duurzame chemicaliën en brandstoffen.

Resultaten workshop (3): Versnelling van vergunningsverleningsprocedures voor het opzetten van nieuwe productieketens

Hoofdpunten

- **Vertragende factor:** De huidige vergunningsverleningsprocedures, waaronder die rond einde-afvalstatus werd door alle workshop deelnemers herkend als vertragende of zelfs stoppende factor voor de transitie. Het gevolg is dat de investeringsbereidheid van bedrijven in Nederland omlaag gaat, dat nieuwe projecten vastlopen en dat bedrijven uitwijken naar andere landen binnen of buiten de EU.
- **Perfect is the enemy of good:** Volgens de deelnemers lopen innovatieve projecten vast vanwege te strenge eisen en compartimentering van milieudoelen (CO₂ neutraal, stikstofvrij, vrij van alle Zeer Zorgwekkende Stoffen (ZZS-en), etc.). Een ministerie-overstijgende regiefunctie zou een uitkomst kunnen bieden, die vanuit een afwegingskader kan beoordelen waar prioriteit aan gegeven moet worden.
- **Bewustwording:** Een aantal deelnemers gaf aan dat er maatschappelijke bewustwording nodig is dat chemische processen (zoals recycling), hoewel ze impact hebben op de directe omgeving, essentieel zijn voor een duurzame, circulaire economie. Ook is er gebrek aan kennis bij de overheid over het aantal duurzame initiatieven dat nu vastloopt. Hierdoor ontstaat een gebrek aan vertrouwen dat bedrijven bereidwillig zijn om te werken aan de transitie naar een klimaatneutrale en circulaire industrie.

Mogelijke stappen die gezet kunnen worden door bedrijven:

- Initiatiefnemers van nieuwe productiefaciliteiten zouden DCMR/milieudiensten vroeg moeten betrekken in een vergunningsaanvraag.
- Chemie- en brandstofbedrijven willen gezamenlijk het gesprek aan gaan met overheden om het 'verhaal van de bedrijven' kenbaar te maken en te zoeken naar mogelijke oplossingen om vergunningsprocedures te versnellen.
- Kennis over mogelijke oplossingen zou op nationaal niveau gedeeld kunnen worden met andere toezichthouders.
- Andere besproken voorstellen waren het instellen van een ministerie-overstijgende regisseur die afwegingen kan maken om vergunningsprocedures te versnellen, of het tijdelijk creëren van meer flexibiliteit ('speelruimte') in bepaalde regio's.

Resultaten workshop (4): Biomassastromen aantrekken voor de Nederlandse chemie- en brandstoffensector

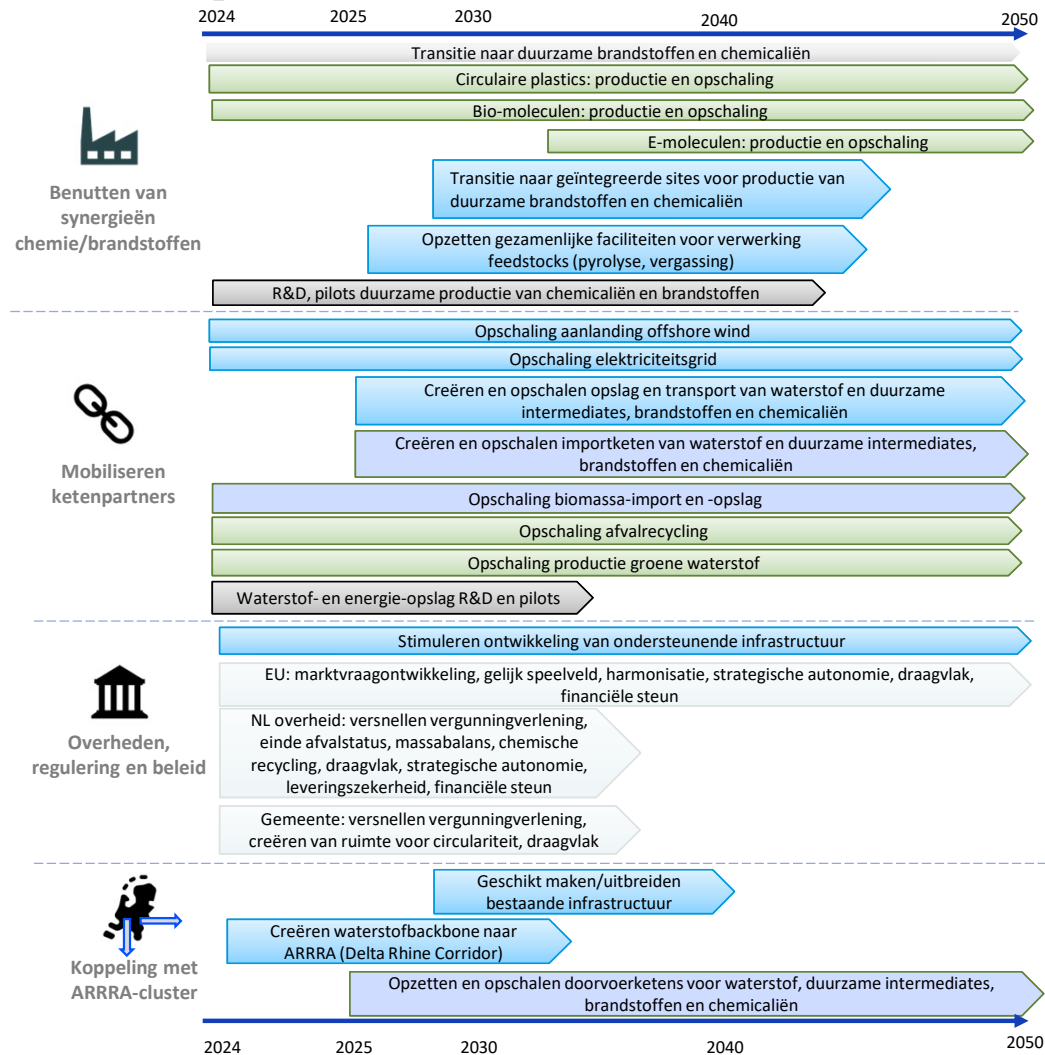
Hoofdpunten

- **Schaarste:** Er is nu al een schaarste aan bepaalde soorten biomassa, vooral afvalstromen (REDIII, Annex 9A). De deelnemers verwachten dat deze schaarste verder zal toenemen, vooral als de vraag naar biograndstoffen in de chemie toeneemt en er steeds meer eisen gesteld worden aan wat de 'juiste' biomassa is.
- **Gezamenlijke vraag:** Voor de biobrandstoffen is er al een markt, dus biograndstoffen worden op korte termijn voornamelijk ingezet voor de brandstofproductie, en gaan niet naar de chemie. Mogelijk zouden bedrijven hun vraag naar biograndstoffen kunnen bundelen om in de toekomst importstromen naar Nederland aan te trekken en supply chains te ontwikkelen.
- **Langetermijnbeleid:** De bedrijven geven aan behoefte te hebben aan duidelijk strategisch beleid van de overheid om de levering van biomassa langjarig vast te leggen. Daarbij moet bewaakt worden, dat beide sectoren voldoende circulaire grondstoffen ter beschikking krijgen.
- **Circulaire koolstofhub:** Het idee werd naar voren gebracht om het HIC in Rotterdam als circulaire koolstofhub te positioneren, inclusief de opslag van biomassa op locaties waar nu kolen worden opgeslagen.
- **Maatschappelijke discussie:** Er bestaan nog steeds bedenkingen over de duurzaamheid van het gebruik van biograndstoffen. Het is van belang dat deze discussies zoveel mogelijk gevoerd worden op basis van feiten.

Mogelijke stappen die gezet kunnen worden door bedrijven:

- Meerdere industriële partijen zouden hun vraag naar biograndstoffen (en in bredere zin circulaire koolstofstromen, inclusief plastic afval) kunnen bundelen om stromen naar Nederland aan te trekken (binnen de kaders van de mededingingswet).
- Bedrijven kunnen de overheid betrekken om mogelijk strategisch beleid te bespreken (zoals bij waterstof) om biomassastromen naar Nederland te trekken en zo te zorgen dat beide sectoren voldoende circulaire grondstoffen ter beschikking krijgen.

Roadmap voor transitie naar duurzame brandstoffen en chemicaliën

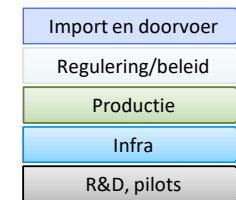


Hoewel er nog veel onzekerheden zijn, en barrières die moeten worden weggenomen, kan er niet gewacht worden met het versnellen van de transitie naar duurzame chemicaliën en brandstoffen. De tijd dringt inmiddels om te zorgen dat het halen van de klimaatdoelen niet buiten bereik raakt. In deze roadmap wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste **stappen die nodig** zijn om de **transitie naar duurzame brandstoffen en chemicaliën** te realiseren.

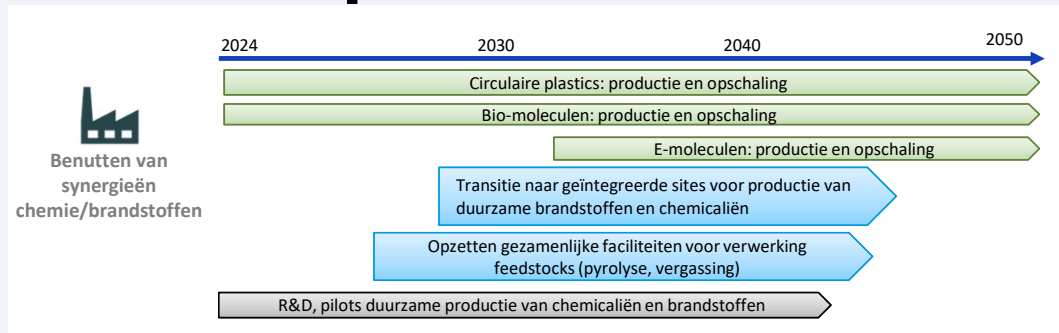
De **chemie- en brandstoffensector** (bovenste laag in het plaatje) zullen duurzame brandstoffen en chemicaliën moeten produceren. Daarnaast zullen **ketenpartners** gemobiliseerd moeten worden, voor bijvoorbeeld het opzetten van importketens en het realiseren van de benodigde infrastructuur. **Regelgeving en beleid** zijn een belangrijke drijvende kracht achter de transitie. Op verschillende overheidsniveaus zullen stappen gezet moeten worden om met een beleidsvisie te komen en voldoende faciliterend kader te bieden aan de industrie om de transitie te kunnen doormaken. Ten slotte is het van belang om de bestaande **koppeling met het ARRRR-cluster** voor fossiel, om te vormen naar stromen voor duurzame brandstoffen en chemicaliën.

De lagen in deze roadmap kunnen niet los van elkaar gezien worden: zo moeten, om duurzame brandstoffen en chemicaliën te kunnen produceren, importstromen worden opgezet met ketenpartners, en is regulering en beleid vanuit overheden nodig om vraag ernaar te creëren. Op de volgende slides wordt de roadmap per laag toegelicht, en wordt aangegeven welke gezamenlijke acties van de chemie- en brandstoffensector nodig zijn.

Legenda:



Roadmap – benutten van synergieën in brandstof- en chemicaliënproductie

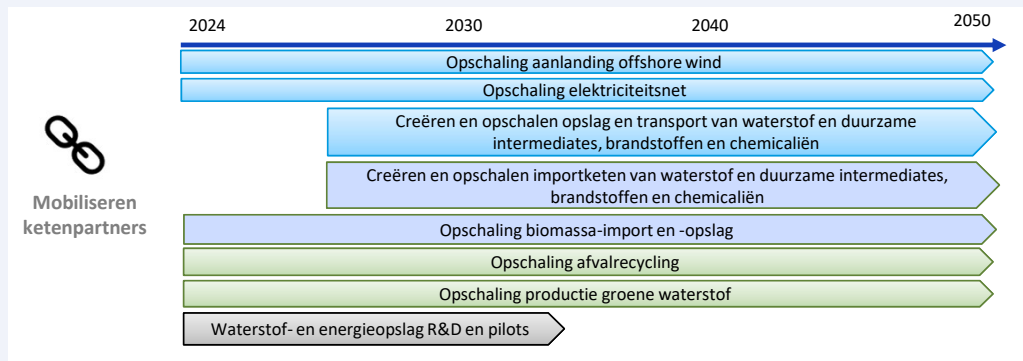


Toelichting bij roadmap en te zetten stappen door de sectoren:

- In de transitie naar de productie van duurzame brandstoffen en chemicaliën zullen productieketens gebaseerd op circulaire plastics en biograndstoffen naar verwachting eerder van de grond komen dan de productie van e-moleculen. Voor de productie van e-SAF (Sustainable Aviation Fuel) zijn er wel reeds concrete plannen*. De opschaling van nieuwe productieketens moet in de pas lopen met marktcreatie voor duurzame brandstoffen en chemicaliën (zie slide 21). Omdat er op dit moment nog veel onzeker is rondom welke grondstoffen, technologieën en producten uiteindelijk ingezet zullen worden, is het raadzaam om in eerste instantie een breed scala aan productieroutes te ontwikkelen. Op deze manier kan flexibiliteit gecreëerd worden in de mogelijke commoditystromen die geïmporteerd worden en in de productieroutes voor duurzame brandstoffen en chemicaliën.
- Bij het opzetten van nieuwe waardeketens is het belangrijk om kansen te identificeren voor industriële symbiose, en deze te implementeren op geïntegreerde sites voor productie van duurzame brandstoffen en chemicaliën. Deze integratie kan bijdragen aan efficiëntie, onder andere voor het gebruik van grondstoffen. Een voorbeeld hiervan is het inzetten van niet-recyclebare fracties uit mechanische en chemische recyclingprocessen voor de productie van brandstoffen.
- Gezien de mogelijke overlap in de benodigde productieprocessen voor duurzame brandstoffen en chemicaliën (geïdentificeerd in WP1 en 2) zou het interessant kunnen zijn om gezamenlijk faciliteiten voor de verwerking van circulaire grondstoffen op te zetten, zoals pyrolyse- en vergassingsinstallaties, om schaalvoordelen te realiseren.
- Gezamenlijk onderzoek en ontwikkeling (R&D) is cruciaal om de ontwikkeling van een breed scala aan nieuwe technologieën te versnellen die nodig zijn voor een klimaatneutrale en circulaire industrie.

* Zie <https://advorio.com/a-world-scale-e-saf-hub-in-the-port-of-rotterdam/>

Roadmap – acties richting ketenpartners



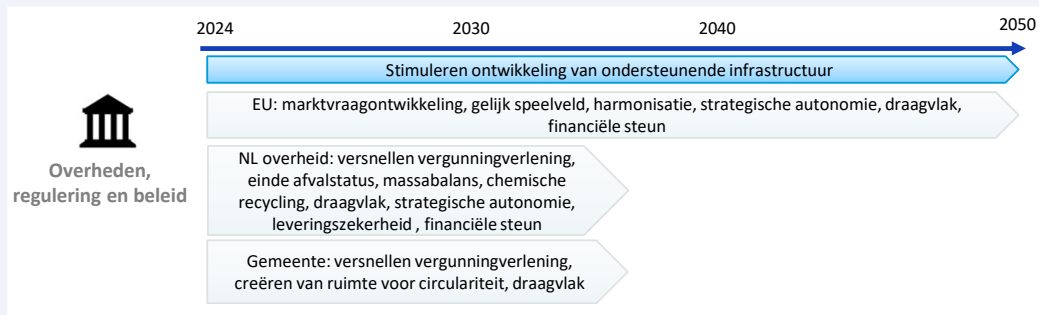
Mogelijkheden voor chemie- en brandstoffensector om gezamenlijk stappen te zetten:

- Voor de opschaling van hernieuwbare elektriciteitsopwekking kunnen de brancheverenigingen voor chemie- en brandstoffenbedrijven actief hun gezamenlijk belang vertegenwoordigen in gesprekken met netbeheerders over de planning en investeringen in netuitbreidingen.
- Ook zouden beide sectoren vraag naar energiebronnen en grondstoffen kunnen bundelen. Zo zou bijvoorbeeld het gezamenlijk afsluiten van langetermijncontracten (binnen de kaders van de mededingingswet) met producenten van hernieuwbare energie kunnen bijdragen aan het creëren van langjarige zekerheid in de energievraag, wat weer kan leiden tot nieuwe investeringen in hernieuwbare energieprojecten. Op vergelijkbare wijze zouden chemiebedrijven en raffinaderijen samen contracten kunnen afsluiten met leveranciers van biomassa of intermediates. Het gezamenlijk opzetten van import en verwerkingsstromen voor circulaire koolstof kan helpen “battle for feedstocks” te voorkomen, door vanuit een gezamenlijk belang genoeg koolstof aan te trekken. Hierbij kan gebruik gemaakt worden van de hubfunctie van de haven, waarbij schaalvoordelen en efficiëntie kunnen worden gerealiseerd.

Toelichting bij roadmap:

- Om de transitie naar klimaatneutrale en circulaire productie te realiseren, moeten chemie- en brandstofbedrijven nauw samenwerken met hun ketenpartners en toeleveranciers. Deze stappen zijn gebaseerd op de gemeenschappelijke randvoorwaarden die de chemie- en brandstoffensector nodig hebben in de transitie: de leveringszekerheid van alternatieve koolstofbronnen en betaalbare hernieuwbare energiedragers (zoals elektriciteit en waterstof), evenals de facilitering van ketenpartners, waaronder grondstofterminals, biomassa-voorbewerkers, afvalverwerkingsbedrijven, CO₂-puntbronnen, netbeheerders en producenten van groene stroom en waterstof.
- Een belangrijke, no-regret-stap die gezet moet worden is het opschalen hernieuwbare elektriciteitsopwekking (waaronder offshore wind) en het uitbreiden van transportcapaciteit op het elektriciteitsnet. Deze elektriciteit zal, naast de toenemende elektriciteitsvraag in sectoren als mobiliteit en huishoudens, ook nodig zijn voor de elektrificatie van industriële processen en de productie van groene waterstof als grondstof voor o.a. de productie van ammoniak en andere e-moleculen zoals e-methanol en e-SAF. Naast leveringszekerheid is betaalbaarheid belangrijk voor de concurrentiepositie.
- Daarnaast is het nodig om de infrastructuur voor opslag en transport van waterstof (o.a. Delta Rhine Corridor), evenals duurzame intermediates en eindproducten, te gaan opschalen. Naast lokale productie van groene waterstof zal het waarschijnlijk nodig zijn om waterstof te importeren. Dat kan bijvoorbeeld in de vorm van ammoniak of als vloeibare waterstof. De import en opslag van biomassa moet ook worden vergroot, om alternatieve koolstofbronnen beschikbaar te maken als grondstof voor beide sectoren (zie ook WP3B: Consequenties voor de haven).
- Parallel hieraan dient de opschaling van afvalrecyclingprocessen te worden versneld om de circulariteit van materialen te bevorderen.
- Onderzoek en ontwikkeling (R&D) naar de opslag van waterstof en energie, gecombineerd met pilotprojecten, spelen een belangrijke rol in het verbeteren van de betrouwbaarheid en efficiëntie en het omlaag brengen van de kosten.

Roadmap – overheden, regulering en beleid



Mogelijkheden voor chemie- en brandstoffensector om gezamenlijk stappen te zetten:

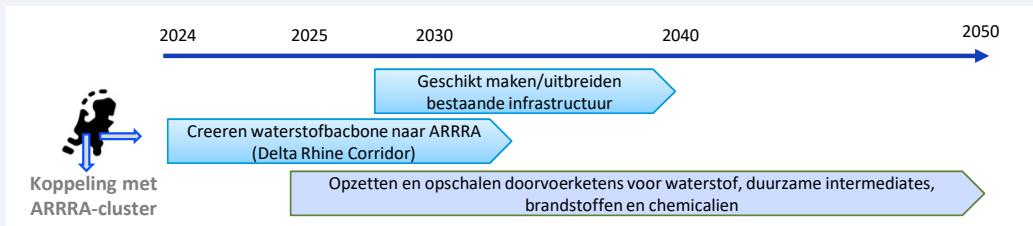
- De chemie- en brandstoffensector kunnen gezamenlijk optrekken richting overheden op de verschillende niveaus. Daardoor staan de afzonderlijke partijen sterker om gemeenschappelijke belangen, zoals leveringszekerheid en harmonisatie van eisen aan grondstoffen en producten, onder de aandacht te brengen bij overheden.
- Richting de EU kunnen vanuit CEFIC en FuelsEurope gezamenlijke stappen gezet worden om de punten die in de roadmap genoemd worden te adresseren. Ook acties in breder verband, zoals de Antwerp Declaration, kunnen bijdragen aan het stimuleren en versnellen van het komen tot passende regelgeving en beleid vanuit de EU.
- Richting de NL overheid kan gezamenlijk opgetrokken worden om te pleiten voor ministerie-overstijgend beleid (zie slide 16) en om de punten uit de roadmap gerealiseerd te krijgen. Vanuit de ministeries van Klimaat en Groene Groei en Infrastructuur en Waterstaat wordt reeds een Externe Klankbordgroep Duurzame Koolstof in de chemie georganiseerd. Daarnaast kan een bijeenkomst georganiseerd worden met de sectoren en betrokken ministeries om de resultaten uit het project Circulaire Koolstof in Systeemperspectief te delen en gezamenlijk te kijken welke stappen, die van belang zijn voor zowel de chemie als de brandstofsector, gezet moeten worden door ministeries voor nationaal beleid en regelgeving, maar ook richting EU.

Toelichting bij roadmap:

Overheden op alle niveaus hebben een sleutelrol te spelen in de transitie (zie ook WP3C en WP3D Regulering en beleid):

- Op alle overheidsniveaus (EU, NL, provincies, gemeente) zal de ontwikkeling van ondersteunende infrastructuur (zoals het elektriciteitsnet en de aanleg van pijpleidingen) moeten worden gestimuleerd en ondersteund. Ook technologiebeleid, in de vorm van innovatiemiddelen en subsidieregelingen om investeringsrisico's in nieuwe technologieën te mitigeren, kan vanuit alle niveaus bijdragen aan de transitie. Overheden zullen, onder andere vanuit het oogpunt van strategische autonomie, moeten bepalen welke activiteiten in Nederland en de EU behouden moeten blijven, en op welke schaal. Maatschappelijk draagvlak, voor duurzame brandstoffen en chemicaliën in het algemeen en voor de inzet van biomassa in het bijzonder, is een vereiste om de transitie te laten slagen, en verdient dan ook aandacht op alle overheidsniveaus. Het versnellen van vergunningverlening speelt met name op nationaal en lokaal niveau.
- Op EU-niveau is het van belang dat markt vraag naar duurzame brandstoffen en chemicaliën wordt gecreëerd (in REDII/III gebeurt dit reeds voor brandstoffen). Het creëren van deze markt vraag is noodzakelijk om tot opschaling te komen. Ook is een gelijk speelveld van belang, tussen fossiel versus circulair, en tussen landen onderling. De sectoren vragen om harmonisatie van duurzaamheidscriteria voor feedstocks en producten tussen chemie en brandstoffen.
- Vanuit de Nederlandse overheid zal aandacht moeten worden besteed aan het versnellen van vergunningverlening, o.a. in relatie tot de problematiek rond "einde afvalstatus" wetgeving, die hergebruik als grondstof in de weg staat. Ook is er behoefte aan het invoeren van een massabalansbenadering, onder andere om hergebruik van afval te stimuleren, met name voor chemische recycling. Een ander belangrijk onderwerp waar de NL overheid een rol kan spelen is leveringszekerheid, met name van elektriciteit, maar ook van circulaire grondstoffen.
- De gemeente Rotterdam kan met name een rol spelen bij het creëren van ruimte voor productie van duurzame brandstoffen en chemicaliën, naast de zaken die hierboven al genoemd zijn.

Roadmap – koppeling met het ARRRRA-cluster



Mogelijkheden voor chemie- en brandstoffensector om gezamenlijk stappen te zetten:

- De chemie- en brandstoffensector kunnen gezamenlijk met andere betrokken partijen in de keten, inclusief potentiële afnemers van duurzame brandstoffen en chemicaliën, om tafel gaan zitten om de toekomstige vraag helder te krijgen. Op basis daarvan kunnen doorvoerketens worden opgezet en kan de bestaande infrastructuur worden aangepast en waar nodig uitgebreid.

Toelichting bij roadmap:

- Op dit moment is de haven van Rotterdam een belangrijke doorvoerhaven voor fossiele grondstoffen, brandstoffen en chemicaliën. De koppeling met het ARRRRA-cluster is daarin belangrijk, en zal naar verwachting in de toekomst ook een belangrijke rol spelen voor duurzame brandstoffen en chemicaliën. Rotterdam kan als logistieke hub voor het hele ARRRRA-cluster, en ook voor de EU, fungeren en zo schaalgroottes creëren (zie ook WP3A Consequenties voor de haven).
- De reeds geplande Delta Rhine Corridor zal een belangrijke rol spelen voor het transport van waterstof naar bedrijven in het ARRRRA-cluster. Op dit moment is de verwachting, dat deze op zijn vroegst in 2032 gereed zal zijn.
- Zoals nu olie en op fossiele grondstoffen gebaseerde brandstoffen en chemicaliën worden doorgevoerd naar bedrijven in het ARRRRA-cluster, zullen in de toekomst waarschijnlijk ook op circulaire grondstoffen gebaseerde intermediates en producten worden doorgevoerd. Een deel hiervan zal direct worden doorgevoerd, een ander deel zal in het HIC worden bewerkt (bijvoorbeeld het produceren van pyrolyseolie, brandstoffen en chemicaliën uit geïmporteerde biomassa). In de rapportage van WP3A Consequenties voor de haven is een overzicht te vinden van welke stromen dit kan betreffen. Omdat nu nog niet duidelijk is om welke stromen het zal gaan, is het nodig flexibiliteit te behouden om op toekomstige vraag vanuit het ARRRRA-cluster te kunnen inspelen. Wel is het verstandig, om vroegtijdig met betrokken partijen in de keten (o.a. producenten van brandstoffen en chemie in het HIC, de haven, en potentiële afnemers in het ARRRRA-cluster) de toekomstige vraag zo helder mogelijk te krijgen, de betreffende ketens op te zetten en vervolgens richting 2050 op te schalen.
- De bestaande infrastructuur voor in het ARRRRA-cluster voor fossiele producten, met name voor transport en opslag, kan waarschijnlijk voor een groot deel worden hergebruikt en aangepast voor op circulaire koolstof gebaseerde producten (zie ook WP3A Consequenties voor de haven).

WP3A

Appendices



Workshop: algemene informatie

TNO heeft een online workshop georganiseerd op 21 augustus 2024 voor WP3B.

De volgende vragen zijn besproken tijdens de workshop:

- Welke stappen zijn er nodig om de in WP1 geïdentificeerde synergiën in een duurzame toekomst te benutten?
- Welke stappen moeten gezet worden richting ketenpartners en toeleveranciers?
- Hoe kunnen de behoeften aan strategische keuzes en bijbehorende risicodragende investeringen vanuit de overheid, ondersteunend beleid en regelgeving, in gang gezet worden? Welke acties kunnen VEMOBIN en VNCI en hun achterbannen hiervoor ondernemen?
- Wat is nodig om de gewenste koppeling met het ARRRA cluster en het Europese netwerk te realiseren?

Aanwezigen:

Mark Intven (VNCI)

Marnix Koopmans (VEMOBIN)

Noah Verel (SmartPort)

Eline van Krimpen (Deltalinqs)

Erik Geensen (Varo Energy)

Peter Remco Vellinga (BASF)

Wouter Jongepier (Westlake)

Maarten Kooijman (Zeeland Refineries)

Mattijs Ruitenbeek (DOW)

Arjan van Vliet (Shell)

Karin van Kranenburg, Caroline Schipper, Rebecca Dowling (TNO)

Workshop resultaten: prioritering oplossingsrichtingen

Tijdens de workshop is gebruik gemaakt van Mentimeter om tot een top 3 van prioritaire oplossingsrichtingen te komen. De resultaten van de prioritering is weergegeven in onderstaand figuur.



Werkpakket 3B

Consequenties voor de haven

Projectteam:
Rebecca Dowling, Karin van Kranenburg, Frank Wubbolts





Managementsamenvatting WP3B

Managementsamenvatting (1)

De Rotterdamse haven speelt een belangrijke rol in de transitie naar duurzame brandstoffen en chemie. Waar de haven op dit moment een belangrijke koolstofhub is voor fossiele koolstofstromen, heeft de haven een goede uitgangspositie om zich om te vormen tot een **duurzame koolstofhub voor chemie- en brandstofbedrijven in het haven-industriële cluster**, richting andere clusters binnen **ARRRA** en richting clusters in **Europa**. Duitsland en België zijn de belangrijkste exportpartners voor koolstofhoudende grondstoffen en producten. In 2022 werden respectievelijk 115 en 73 Mt aan koolstofhoudende stromen naar deze landen geëxporteerd, op een totaal van ~340 Mt aan export van koolstof.

Importstromen

Nederland heeft zelf onvoldoende biograndstoffen, nodig voor de productie van biomoleculen, en hernieuwbare elektriciteit, nodig voor de productie van groene waterstof en e-moleculen, om in de toekomstige vraag naar duurzame brandstoffen en chemicaliën te voorzien. Daarom zal **import noodzakelijk** zijn, in de vorm van grondstoffen, intermediates en/of producten (brandstoffen en chemicaliën). In de tabel op slide 30 worden voor elke categorie de belangrijkste opties voor import weergegeven. Bij de keuze tussen import van grondstoffen, intermediates of producten spelen verschillende **afwegingen** een rol:

- **Praktische haalbaarheid** van import: de ene stof is makkelijker te transporteren en op te slaan dan de andere. Onder andere technische eigenschappen, energiedichtheid en veiligheidsaspecten spelen een rol.
- Behouden van **economische bedrijvigheid**: Bij import van grondstoffen kan meer waarde toegevoegd worden in het HIC, dan bij import van intermediates en producten. Vanuit kosten oogpunt is het echter niet altijd haalbaar om een competitieve positie te verwerven.
- **Leveringszekerheid** en **strategische autonomie**: Vanuit het oogpunt van leveringszekerheid en strategische autonomie kan het een overweging zijn om, ondanks hogere kosten, er toch voor te kiezen om productie zoveel mogelijk in NL en de EU te doen.

Gezien de huidige onzekerheden, onder andere in regelgeving en beleid, markt vraag, diversiteit in koolstofstromen en productietechnologieën is het van belang om **flexibiliteit** te behouden in de mogelijke commoditystromen waar de haven zich op richt. Deze flexibiliteit kan worden behouden door te **diversificeren in grondstoffen, importketens, toepassing en technologie**. Havenbedrijf, producenten en overheden hebben een belangrijke rol bij deze diversificatie (zie ook WP3A). Gelijktijdig moet gewerkt worden aan het **wegnemen van onzekerheden**, zodat er op termijn geconvergeerd kan worden. Dat kan, door met ketenpartners te werken aan het opzetten van ketens op basis van het brede palet aan opties. Dan zullen de “winnende” opties komen bovendrijven. Overheden hebben een belangrijke rol in het wegnemen van onzekerheden en het versnellen van de transitie (zie ook WP3C en WP3D).

Managementsamenvatting (2)

Doorvoer naar Duitsland en België

Systeemmodellen voor **Duitsland** en **België** schetsen mogelijke ontwikkelingen van de **vraag naar en productie van duurzame chemicaliën en brandstoffen** in deze landen en mogelijke bandbreedtes voor **exportstromen vanuit het HIC**. Alhoewel deze modellen een wisselend beeld geven, is duidelijk dat zowel bio- als e-moleculen (inclusief H₂) een belangrijke rol zullen gaan spelen om te voorzien in de grondstoffenbehoefte voor de industrie en voor de energiebehoefte van luchtvaart en scheepvaart, en met name voor Duitsland ook voor het zwaar wegtransport. Er wordt zowel voor België als Duitsland een **rol voor import van e-moleculen voorzien**. De behoefte aan **doorvoer van biograndstoffen** naar Duitsland en België lijkt **beperkt** te zijn.

Infrastructuur

Bij de tabel op slide 30 worden voor de verschillende stromen de **consequenties voor infrastructuur** weergegeven. Voor koolstofhoudende producten is **hergebruik van bestaande infrastructuur meestal mogelijk**.

De eerder genoemde onzekerheden hebben grote invloed op de behoefte aan faciliterende infrastructuur. Op basis van de diverse systeemanalyses en scenario's, beschreven in de rapportage van WP2, kan geconcludeerd worden dat in elk geval aandacht nodig is voor:

- Aanlanding van elektriciteit uit wind op zee
- Elektriciteitsgrid
- Waterstoftransport (Delta Rhine Corridor) en -opslag
- Opslag en verwerking biomassa
- CCS

Managementsamenvatting (3)

Ruimtegebruik

Keuzes in de haven hebben grote invloed op het tempo van de transitie, maar de **ruimte in de haven is schaars**. Daarom moeten prioriteiten gesteld worden, welke activiteiten binnen en welke buiten het HIC een plaats krijgen. Vooral nieuwe conversieketens, opslag van grondstoffen en Direct Air Capture hebben een groot ruimtebeslag. Nieuwe **conversieketens** en **opslag** krijgen bij voorkeur een plaats **binnen het HIC**. CO₂ uit DAC kan geïmporteerd worden.

Bij het stellen van **prioriteiten**, zou gekozen moeten worden voor in elk geval de volgende functies:

- Activiteiten waar de haven de **meeste toegevoegde waarde** creëert.
Denk hierbij aan beschikbaarheid van infrastructuur, hernieuwbare elektriciteit, duurzame waterstof, duurzame koolstof en clusterintegratie. Chemie en brandstoffen zullen in de transitie nog meer geïntegreerd raken, en van dezelfde stromen en dezelfde faciliterende infrastructuur gebruik maken. Deels zal door de politiek bepaald worden, wat gezien wordt als toegevoegde waarde: denk aan strategische autonomie en industriepolitiek en de vanuit de politiek gewenste (omvang van) de toekomstige industrie in NL, ARRRRA en EU.
- First of a kind initiatieven die zich bezighouden met grondstoffentransitie en andere (bewezen) oplossingen die **bijdragen aan de transitie**.
Zie hiervoor ook WP3C Potentiële rol Gemeente Rotterdam.
- Activiteiten die **niet elders kunnen plaatsvinden**.
Activiteiten die niet aan bovengenoemde criteria voldoen, zouden elders kunnen plaatsvinden. Elders moeten dan wel geschikte locaties beschikbaar zijn, waarbij het risicoprofiel van de activiteit passend moet zijn. Afstemming met gemeente en/of provincie is hiervoor wenselijk.

Managementsamenvatting (4)

Import van koolstofstromen kan in de vorm van grondstoffen, intermediates en producten. In de tabel worden voor elke categorie de belangrijkste opties voor import weergegeven. Daarnaast wordt voor elk onderdeel van de matrix aangegeven, wat de consequenties zijn voor de infrastructuur. Voor grondstoffen wordt daarnaast aangegeven, welke activiteiten binnen of buiten het HIC kunnen plaatsvinden.

	Grondstoffen	Intermediates	Producten
Bio-based	Suikers Vetten Ruwe en bewerkte biomassa Biomassa-fractionen	Bio-pyrolyseolie Bio-char Bio-nafta Bio-ethanol Bio-gas / Groen gas FAME	HVO/HEFA Bio-diesel Bio-kerosine Bio-ethanol Bio-methanol Bio-LNG
Plastics (zowel fossiel als biobased)	Ongesorteerde afvalstromen Gesorteerde afvalstromen	Plastics pyrolyseolie Plastics char Functionele chemicaliën uit afvalplastics	Polyolefinen Polyesters
E-based	CO ₂ uit puntbronnen CO ₂ uit DAC	E-methanol E-FT liquids	E-diesel E-kerosine E-methanol E-DME
Non-carbon		H ₂ NH ₃	H ₂ NH ₃

Eerste verwerking van biomassa (pelletisering) gebeurt bij voorkeur vóór transport naar het HIC, zodat volumes beperkt worden. Wanneer biomassa wordt geïmporteerd, vindt vergassing bij voorkeur plaats in het HIC, zodat voor CO₂-opslag Porthos/Aramis infrastructuur gebruikt kan worden en syngas ter plaatse verwerkt kan worden. De behoefte aan doorvoer voor biomassa lijkt beperkt.

Import van intermediates beperkt enerzijds volumes t.o.v. grondstoffen (hogere energiedichtheid dan bijvoorbeeld biomassa), en geeft anderzijds de mogelijkheid om waarde toe te voegen in het HIC, meer dan bij import van producten. Hergebruiken en waar nodig aanpassen bestaande infrastructuur. Voor biogas zal bestaande (L)NG infrastructuur gebruikt kunnen worden.

Scheiden, sorteren, reinigen, en granuleren gebeurt bij voorkeur vóór transport naar het HIC, om transport te vereenvoudigen (zowel voor NL afvalstromen als import) en om ruimtegebruik in het HIC te beperken. Aangevoerd granulaat kan worden verwerkt in het HIC

Import uit regio's met lage kosten voor hernieuwbare energie is economische aantrekkelijker dan productie in NL. Hergebruiken en waar nodig aanpassen bestaande infrastructuur (pijpleiding, opslag, overslag, bunkerinfra, doorvoer naar ARRRRA).

NH₃: vereist aanleg van nieuwe infrastructuur (opslag, pijpleidingen). Omdat ammoniak giftig is, en gasvormig, is handling complex, waardoor extra aandacht nodig is voor veiligheid/vergunningverlening, en voor de technische eisen aan de infrastructuur. Naast direct gebruik kan NH₃ als carrier worden ingezet voor H₂ import. In dat geval zal de ammoniak gekraakt moeten worden in het HIC, vóór verder transport naar het achterland als waterstof.

Transport en opslag via Porthos en Aramis infrastructuur; op langere termijn eventuele import van CO₂ uit DAC per zeeschip; Voor CO₂ transport binnen het HIC (in eerste instantie uit puntbronnen; later wellicht uit import) kunnen bestaande pijpleidingen worden gebruikt en waar nodig uitgebreid.

Voor e-methanol kan bestaande infrastructuur hergebruikt worden. Import van ruwe FT liquids (waxes/syncrude) kan technisch uitdagend zijn.

H₂: bestaande LNG terminal kan worden uitgebreid en geschikt gemaakt voor H₂. Aansluiting op bestaande H₂ pijpleidingen in het HIC, en op Delta Rhine Corridor (na 2032). Import van H₂ zal noodzakelijk zijn, omdat de productiecapaciteit in NL niet aan de marktvraag zal kunnen voldoen. Import van H₂ kan in vloeibare vorm of in de vorm van een carrier (bv e-NH₃, e-MeOH).

Inhoudsopgave

- | | |
|---|-----------|
| 1. Achtergrond en doel | Slide 249 |
| 2. Aanpak | Slide 250 |
| 3. Analyse en resultaten | |
| 1) Kansen om nieuwe commoditystromen aan te trekken | Slide 251 |
| 2) Behoefte aan faciliterende infrastructuur in het havengebied | Slide 287 |
| 3) Organisatie van het faciliteren van de transitie in de haven | Slide 290 |

Achtergrond en doel

De Rotterdamse haven speelt een belangrijke rol in de transitie naar duurzame brandstoffen en chemie. Waar de haven op dit moment een belangrijke koolstofhub is voor fossiele koolstofstromen, heeft de haven een goede uitgangspositie om zich om te vormen tot een duurzame koolstofhub voor chemie- en brandstofbedrijven in het haven-industriële cluster (HIC), richting andere clusters binnen ARRA en richting clusters in Europa.

In dit werkpakket staan de volgende vragen centraal:

1. Welke **kansen** liggen er voor de haven om **nieuwe (commodity)stromen aan te trekken** en naar het achterland te transporteren, om de ontwikkeling van circulaire bedrijvigheid in de haven te faciliteren?
 - A. Op welke nieuwe commoditystromen rond circulaire koolstof moet de haven zich richten?
 - B. Welke van deze stromen kunnen in het HIC geproduceerd worden, welke zullen geïmporteerd worden en welke doorgevoerd?
 - C. Welke stappen moeten daarvoor gezet worden? Met welke partijen?
2. Wat betekent **het systeembeeld**, met bijbehorende stromen en volumes, voor de behoefte aan faciliterende infrastructuur in het havengebied voor energie, infrastructuur voor o.a. transport, terminals, opslag, etc.?
3. Hoe zou het faciliteren van deze transitie binnen de haven **georganiseerd** moeten worden? Welke **activiteiten** in de waardeketen passen binnen het HIC, en welke moeten elders plaatsvinden?

Aanpak

Inventarisatie van resultaten uit de eerdere werkpakketten die relevant zijn voor de rol van de haven. Met name WP2AB en de roadmap uit WP3A zijn daarbij van belang.



Vorbereiden en organiseren van workshops met de deelnemende partijen (en eventuele achterban), waarin op interactieve wijze ingegaan is op de onderzoeksvragen en de geformuleerde werkhypotes



Verdere analyse (desk research en resultaten workshops) en beantwoording van de onderzoeksvragen

1A. Op welke nieuwe commoditystromen rond circulaire koolstof moet de haven zich richten?

- **Er is op dit moment nog veel onzekerheid over welke op circulaire koolstof gebaseerde waardeketens opgebouwd zullen worden in Europa, Nederland en het HIC, in de transitie naar circulaire brandstoffen en chemicaliën.** Veel van de benodigde technologische oplossingen zijn nog in ontwikkeling (first-of-a-kind initiatieven, maar nog niet op industriële schaal). Maar ook locatie specifieke factoren spelen mee, zoals de mate waarin ter plekke industriële en infrastructurele voorzieningen al aanwezig zijn of moeten worden opgebouwd. Deze onzekerheden leiden er voornamelijk toe dat investeerders terughoudendheid zijn om écht grootschalig te investeren. De overheid heeft een belangrijke rol in het beïnvloeden van deze factoren door middel van regelgeving en beleid.
- **De haven van Rotterdam heeft de kans zich om te vormen tot een duurzame koolstofhub voor Europa.** Waar de haven op dit moment een belangrijke koolstofhub is voor fossiele koolstofstromen, heeft de haven een goede uitgangspositie om deze rol ook in de toekomst vervullen voor duurzame koolstofstromen richting de chemie- en brandstofclusters binnen het haven-industriële cluster, richting andere clusters in ARRA en richting clusters in Europa.
- **Systeemmodellen voor Duitsland en België schetsen mogelijke ontwikkelingen van de vraag naar en productie van duurzame chemicaliën en brandstoffen in deze landen en mogelijke bandbreedtes voor exportstromen vanuit het HIC.** Alhoewel dit een wisselend beeld geeft, is duidelijk dat zowel bio- als e-moleculen (incl. H₂) een belangrijke rol zullen gaan spelen voor de energiebehoefte voor de transportsectoren, en de grondstoffenbehoefte voor de industrie.
- **Gezien de onzekerheden en diversiteit in koolstofstromen is het van belang om flexibiliteit te behouden** in de mogelijke commoditystromen waar de haven zich op richt. Zowel voor biobased, plastics als e-based routes kunnen grondstoffen, intermediates en producten worden geïmporteerd. Gezien de onzekerheden is het van belang flexibiliteit te behouden in keuzes voor mogelijke importstromen, productietechnologieën en faciliterende infrastructuur.

Er is op dit moment nog veel onzekerheid over welke op circulaire koolstof gebaseerde waardeketens opgebouwd zullen worden in Europa, Nederland en het HIC

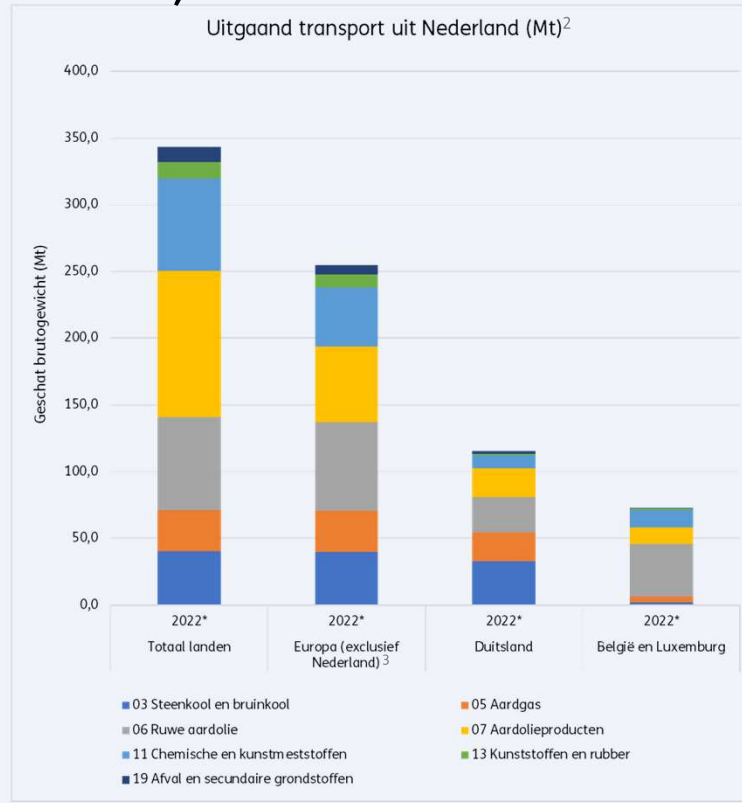
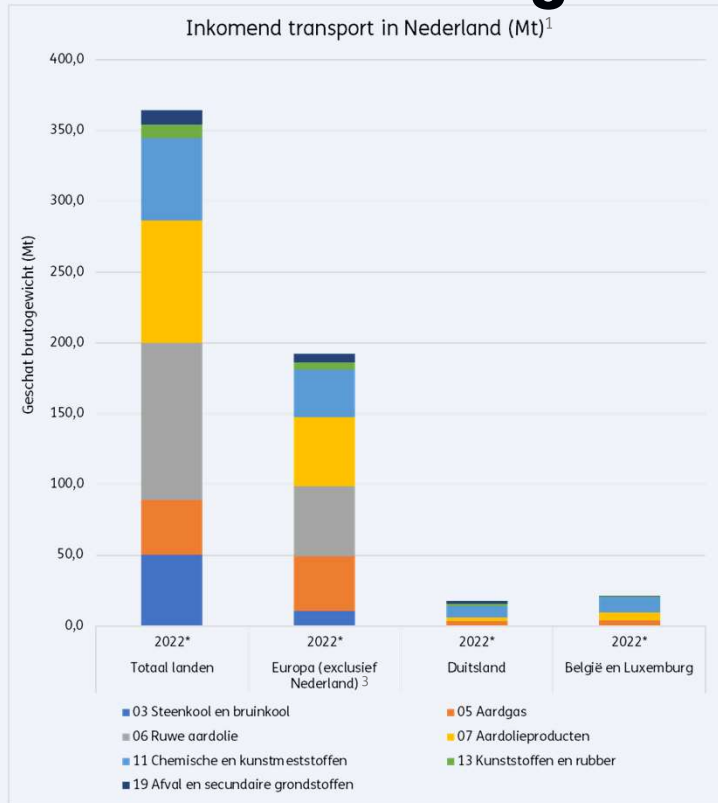
Het beoordelen van de geschiktheid van nieuwe op circulaire koolstof gebaseerde waardeketens voor de productie van duurzame brandstoffen en chemicaliën is een complexe puzzel. Het is het resultaat van verschillende (onzekere) factoren die relateren aan de verschillende actoren in de waardeketen. De overheid heeft een belangrijke rol in het beïnvloeden van deze factoren door middel van regelgeving en beleid.

	Importoverwegingen	Havenbedrijf	Industrie	Marktvraag brandstoffen en chemicaliën	Maatschappij
Factoren	<ul style="list-style-type: none"> • Kosten en baten van de import grondstoffen van ten opzichte van tussenproducten en eindproducten. • Mate waarin keten leidt tot CO₂ reductie. • Compliance aan Europese wetgeving. • Strategische autonomie / afhankelijkheid andere landen. • Energiedichtheid van de geïmporteerde stof en daarmee benodigde ruimte voor opslag in de haven. 	<ul style="list-style-type: none"> • Beschikbare ruimte voor productie-, import- en opslagfaciliteiten. • Mate waarin ter plekke infrastructurele voorzieningen al aanwezig zijn of moeten worden opgebouwd. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aanwezigheid op lange termijn van chemie- en brandstoffenindustrie in NL die grondstoffen en/of tussenproducten kan omzetten. • Snelheid van technologische ontwikkeling en opschaling van benodigde conversietechnologie. 	<ul style="list-style-type: none"> • Marktvraagontwikkeling naar duurzame brandstoffen en chemicaliën/producten binnen Nederland. • Marktvraagontwikkeling in ARRR, de EU en wereldwijd. 	<p>Publieke perceptie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Waterstof • Biomassa • Import van afvalplastics • Prioriteit duurzaamheid <p>Gedragsverandering, o.a.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sorteren/inzamelen plastic voor recycling • Gebruik plastic wegwerpproducten • Gebruik vervoersmodaliteiten
Relevante regelgeving en beleid	<ul style="list-style-type: none"> • Eisen aan duurzaamheid van feedstocks en intermediates • CBAM 	<ul style="list-style-type: none"> • NOVEX • Visie van regionale & nationale overheden op rol van haven • Import- en exportrestricties 	<ul style="list-style-type: none"> • Nederlandse visie op chemie & brandstoffen • Industriebeleid: welke industrie wil NL/EU behouden en welk stimuleringsbeleid wordt daarvoor geïmplementeerd? • Doorlooptijd vergunningsprocedures 	<ul style="list-style-type: none"> • Beleid dat leidt tot marktvraagcreatie voor duurzame brandstoffen en chemicaliën in NL en EU 	<ul style="list-style-type: none"> • Beïnvloeding publieke perceptie • Beïnvloeding van consumptiegedrag

De haven van Rotterdam heeft de kans zich om te vormen tot een duurzame koolstofhub voor Europa

- Nederland speelt vandaag de dag een grote rol in de wereldwijde handel van koolstofhoudende grondstoffen, halffabricaten en eindproducten. Rotterdam is momenteel de belangrijkste doorvoerhaven van Europa, dankzij de strategische ligging, met directe toegang tot de Noordzee, centraal Europa via de Rijn en het bestaande distributienetwerk van pijpleidingen, wegen en spoorwegen. Daarom is de haven momenteel al een belangrijke koolstofhub: koolstofhoudende materialen maken een groot deel uit van de stromen die door de haven van Rotterdam lopen.
- De integratie met het ARRRRA-cluster maakt dat België en Duitsland nu al belangrijke afzetmarkten zijn. De Duitse en Belgische chemie- en brandstoffensectoren zullen net als in Nederland een transitie naar duurzame chemicaliën en brandstoffenproductie moeten doormaken, om aan de klimaatdoelen te voldoen. Daarom is het mogelijk dat het haven-industrieel cluster ook in de toekomst een belangrijke rol inneemt in het leveren van duurzame grondstoffen producten aan deze landen.
- Wanneer het haven-industrieel cluster in de toekomst niet alleen duurzame koolstofstromen levert aan de andere Nederlandse clusters, maar aan de hele Europese markt, kunnen de benodigde waardeketens sneller en op grotere schaal ontwikkeld worden, wat schaalvoordelen oplevert.

Nederland speelt een grote rol in de wereldwijde handel van koolstofhoudende grondstoffen, halffabricaten en eindproducten

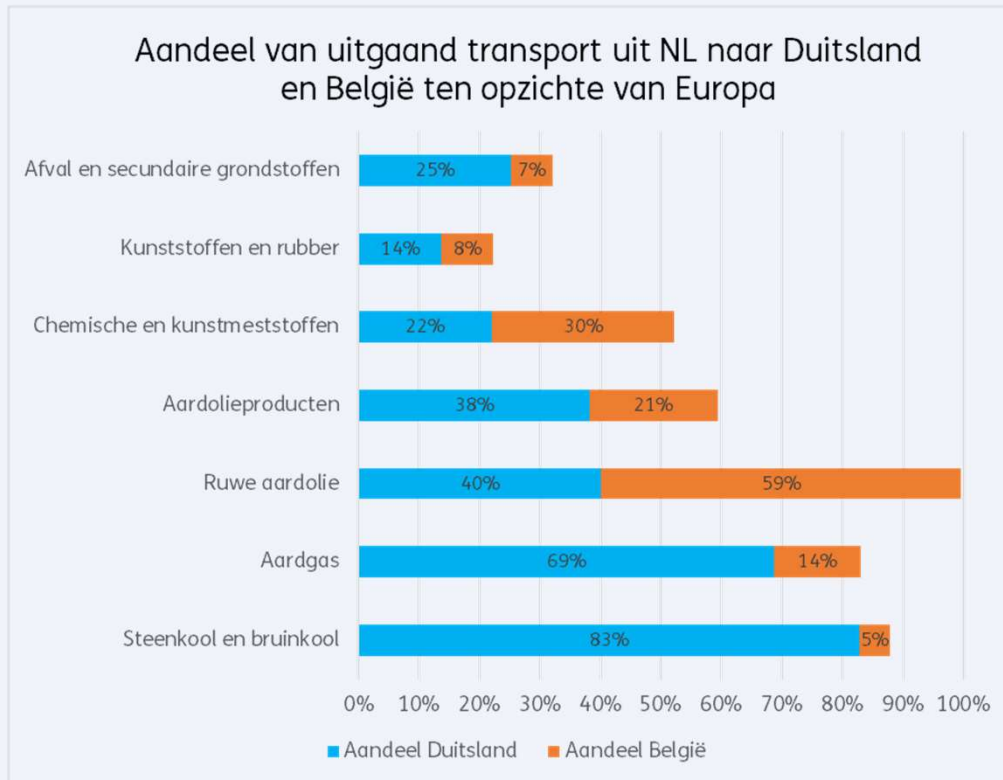


- Nederland is wereldwijd een belangrijk handelsland, voor onder andere de import en export van fossiele grondstoffen als kolen, olie en aardgas, als ook basischemicaliën en hogere waarde chemicaliën. In 2022 kwam ~360 Mt aan koolstofhoudende stromen Nederland binnen, en werd er ~340 Mt uitgevoerd.
- Het aandeel van Europa in het totale uitgaande transport uit Nederland was in 2022 ongeveer driekwart van de koolstofhoudende stromen.
- Duitsland en België zijn de belangrijkste exportpartners voor koolstofhoudende grondstoffen en producten (zie ook de volgende slide). In 2022 werden respectievelijk 115 en 73 Mt aan koolstofhoudende stromen naar deze landen geëxporteerd.

- Inkomend transport** is het totaal aan goederen dan binnen het grondgebied van Nederland is gebracht. Het is de som van invoer, inkomende quasi-doorvoer, inkomende transportdoorvoer en het saldo entrepotopslag.
- Uitgaand transport** is het totaal aan goederen dat vanuit het grondgebied van Nederland naar het buitenland is gebracht. Dit is de som van uitvoer, quasi-doorvoer, uitgaande transportdoorvoer en entrepot doorvoer.
- Europa** omvat alle landen in het werelddeel Europa, ongeacht het lidmaatschap aan de Europese Unie. Hier zijn dus Rusland, Turkije en het Verenigd Koninkrijk o.a. bij inbegrepen.

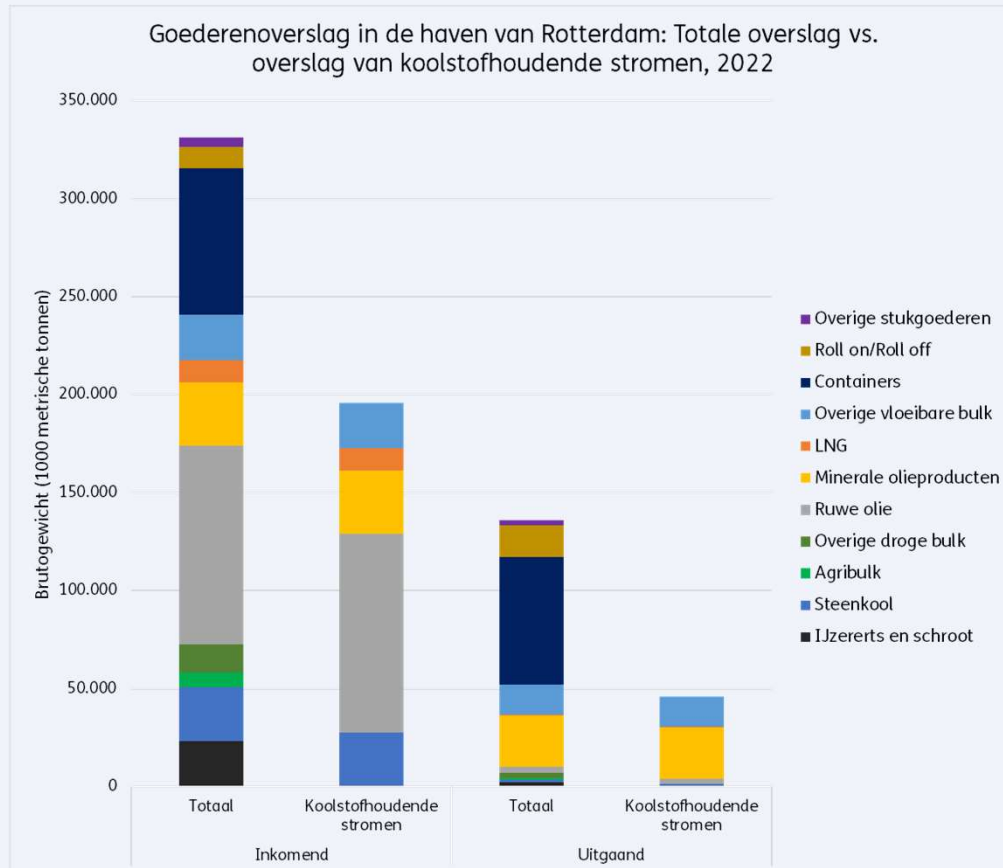
Bron: CBS (2023) Internationale handel en doorvoer. [StatLine - Internationale handel en doorvoer: waarde, gewicht, goederen, vervoerwijze \(cbs.nl\)](https://www.cbs.nl/StatLine)

Duitsland en België zijn voor Nederland de belangrijkste exportpartners voor koolstofhoudende grondstoffen en producten



- Gezamenlijk ontvangen Duitsland en België in 2022 99% van de geëxporteerde ruwe olie, 88% van de kolen, 83% van het aardgas en 59% van de aardolieproducten, ten opzichte van de export naar andere Europese landen.

Koolstofhoudende materialen maken een groot deel uit van de goederenoverslag in de haven van Rotterdam



- De totale goederenoverslag in de Rotterdamse haven bedroeg in 2022 in totaal 467 Mt (inkomend + uitgaand).
- Koolstofhoudende stromen vertegenwoordigen een groot deel van de goederenoverslag in de haven:
 - Van het inkomende transport, was in 2022 59% toe te schrijven aan koolstofhoudende stromen. Ruwe olie was daarvan de grootste inkomende stroom.
 - Van het uitgaande transport was in 2022 34% toe te schrijven aan koolstofhoudende stromen. Minerale olieproducten (bijv. stookolie, benzine, nafta) zijn daarvan de grootste uitgaande stroom.

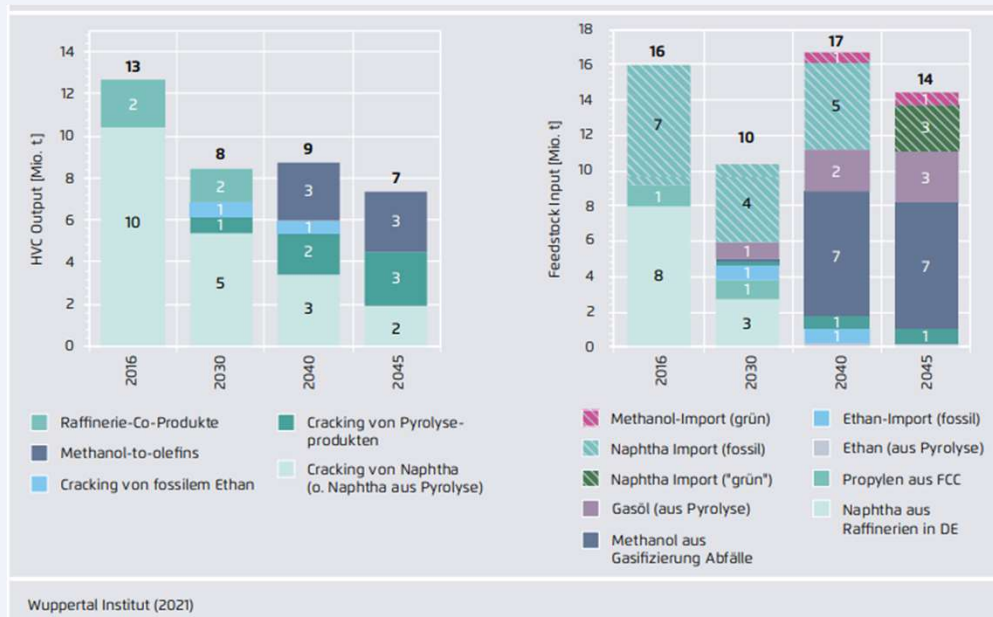
Systeemmodellen voor Duitsland en België schetsen mogelijke ontwikkelingen van de vraag naar en productie van duurzame chemicaliën en brandstoffen in deze landen en mogelijke bandbreedtes voor exportstromen vanuit het HIC

Om een indicatie te geven van de mogelijke commoditystromen waar de haven van Rotterdam zich op zou kunnen richten, is hier een overzicht gegeven van verschillende toekomstbeelden voor de marktvoortgang van duurzame grondstoffen, halffabricaten en eindproducten voor de chemie- en brandstoffensectoren in Duitsland en België. Dit biedt een aanvullend beeld op de toekomstbeelden voor Nederland (zoals beschreven in WP2AB). Hierbij is het belangrijk te benadrukken dat de geanalyseerde scenariostudies van elkaar verschillen wat betreft de gehanteerde aannames en de scope van de gemodelleerde processen en sectoren, waardoor de resultaten niet direct vergelijkbaar zijn. Deze analyse geeft daarom alleen een beeld van de **mogelijke ontwikkelingen** van de vraag naar en productie van duurzame chemicaliën en brandstoffen in deze landen en mogelijke **bandbreedtes**. De geanalyseerde rapporten zijn:

Land	Scenariostudie	Beschrijving en belangrijkste aannames
Duitsland	Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut (2021): Towards a Climate-Neutral Germany by 2045.	<ul style="list-style-type: none"> In opdracht van Agora Energiewende en Agora verkehrswende, onafhankelijke denktanks in Duitsland die zich respectievelijk richten op energie- en transportbeleid. Studie beschrijft één scenario om te komen tot een klimaatneutraal energiesysteem in Duitsland in 2045 (KN2045 scenario). De scope omvat de binnenlandse industrie inclusief niet-energetisch verbruik en beschrijft ook brandstofbehoefte voor nationaal en internationaal transport. Er wordt niet uitgegaan van gedragsveranderingen in de vorm van consumptievermindering. Geen import van biograndstoffen.
	Fraunhofer (2023) Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland 3	<ul style="list-style-type: none"> In opdracht van het Duitse ministerie voor economische zaken en klimaat (BMWK) . Studie beschrijft drie scenario's om te komen tot een klimaatneutraal energiesysteem in Duitsland in 2045. De scenarios verschillen in de mate waarin elektrificatie, PtL en PtG moleculen of waterstof een hoofdrol zullen spelen. De focus van de analyse is niet de ontwikkeling van één "leidend scenario", maar eerder het onderzoeken van verschillende scenariowerelden om inzicht te krijgen in de voor- en nadelen van alternatieve paden voor de transformatie van het energiesysteem door middel van vergelijkende analyses. Geen import van biograndstoffen.
België	CLIMACT, Vito (2021) Scenarios for a climate neutral Belgium by 2050	<ul style="list-style-type: none"> Draagt bij aan de verdere uitwerking van een langetermijn strategie voor de decarbonisatie van België, die in 2021 is gepubliceerd door de Belgische overheid. De scope omvat de binnenlandse industrie inclusief niet-energetisch verbruik, maar beschrijft alleen de brandstofbehoefte voor nationaal transport. De scenario's zijn niet voorschrijvend van aard, maar moeten worden beschouwd als een reeks verhalen die een concreet begrip mogelijk maken van de mogelijke implicaties van de transitie in België.
	EnergyVille (2023) PATHS 2050 - Scenarios towards a carbon-neutral Belgium by 2050.	<ul style="list-style-type: none"> EnergyVille is een samenwerking van de onderzoekspartners KU Leuven, VITO, imec and U Hasselt In alle scenario's wordt verondersteld dat de industriële productieniveaus in België gelijk blijven tot 2050. In alle scenario's bereikt het Belgische energiesysteem netto nul emissies in 2050. De systeemanalyse omvat het Belgische energie- en industriesysteem (inclusief grondstoffen), en werd gemodelleerd met het TIMES-BE model.

Duitsland: De chemie schakelt volgens het KN2045 scenario om naar circulaire grondstoffen en geïmporteerde e-nafta

Productie van high-value chemicals in Duitsland per productieroute.



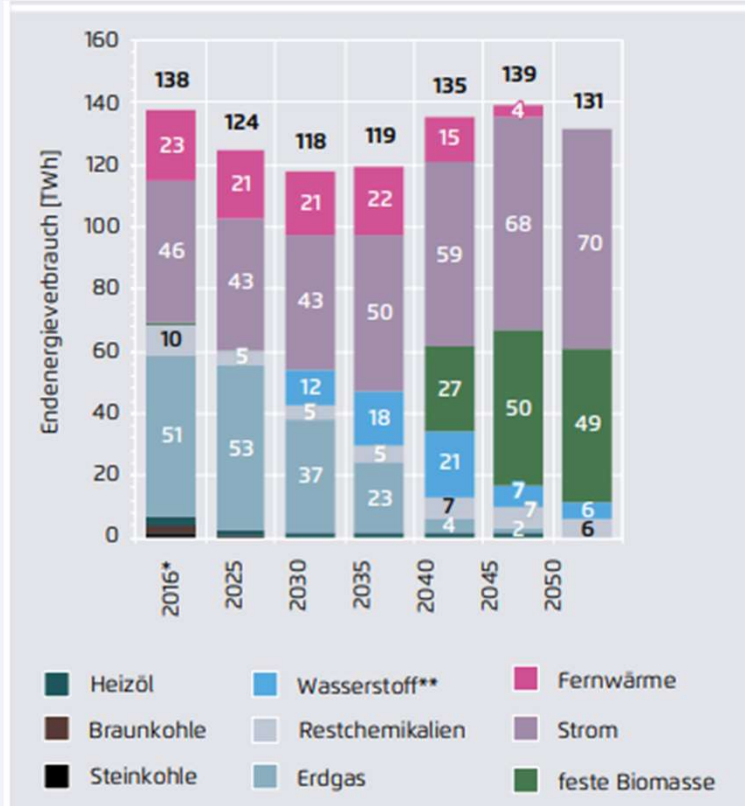
Grondstoffenbehoefte voor de kraakinstallaties en MtO fabrieken

Scenarioresultaten voor de Duitse chemische industrie:

- Productie van hoogwaardige chemicaliën in Duitsland neemt af van 13 Mt in 2016 naar 7 Mt in 2045.** Simulaties laten zien dat Duitse productielocaties een deel van de productie van platform chemicaliën zullen afstaan aan Europese kustlocaties (met name Antwerpen en Rotterdam), omdat de kustlocaties op middellange termijn gemakkelijker kunnen overschakelen op duurzame grondstoffen, vergeleken met de Duitse raffinaderijen in het binnenland.
- Alternatieven voor conventionele stoomkrakers worden ontwikkeld:** In het KN2045 scenario zal 36% van de hoogwaardige chemicaliën geproduceerd worden via de Methanol to Olefins-route, 33% via het kraken van pyrolyseproducten van kunststofafval en 31% via het kraken van (geïmporteerde) synthetische nafta. Ondanks de opkomst van nieuwe technieken zoals MtO en pyrolyse, blijven stoomkrakers van groot belang. Deze moeten echter worden aangepast om een breder scala aan grondstoffen, waaronder groene nafta en pyrolyseproducten, te kunnen verwerken.
- Afval wordt de belangrijkste koolstofbron voor de chemie:** Goed gesorteerd afval wordt gepyrolyseerd en gemengd afval wordt in het scenario vergast en omgezet naar methanol. Biogene grondstoffen worden geen rol toebedeeld als grondstof voor de chemie in het KN2045 scenario.
- Ook wordt in 2045 een rol voor e-nafta (“groene nafta”) voorzien,** dat wordt geproduceerd door middel van direct air capture en Fischer-Tropsch synthese. Het scenario gaat ervanuit dat groene nafta op de wereldmarkt wordt verhandeld en via bestaande infrastructuur goedkoop kan worden geïmporteerd.

Duitsland: De chemie schakelt volgens het KN2045 scenario om naar elektriciteit, vaste biomassa en waterstof voor de energielevering

Energetisch verbruik per energiedrager in de basischemie, KN2045 scenario

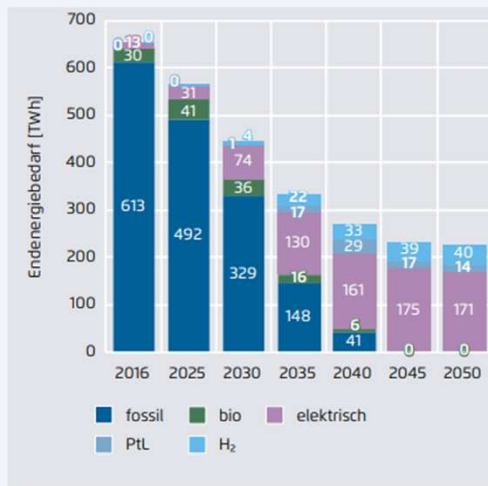


Scenarioresultaten voor de Duitse chemische industrie:

- **Elektriciteit** wordt de belangrijkste energiebron: De toename in elektriciteitsverbruik is toe te schrijven aan de vervanging van stoomopwekking d.m.v. WKK-centrales door elektrische ketels en hoge temperatuur warmtepompen. Elektrificatie van stoomkrakers kan volgens de studie economisch niet uit. Alle krakers die in 2045 overblijven worden uitgerust met CO₂ afvang en aangesloten op CO₂ infrastructuur.
- **Vaste biomassa** zal een belangrijke energiebron worden voor hoge temperatuur warmtevoorziening vanaf 2040. Het scenario voorziet het gebruik van biomassa om negatieve emissies te bereiken door een combinatie met CCS.
- **Waterstof** wordt al vanaf 2030 ingezet als energiebron vanwege de schaarste aan elektriciteit en de geconcentreerde energievraag voor stoomproductie voor industrieparken in Duitsland. Deze kan volgens de studie op kosteneffectieve wijze via pijpleidingen worden geleverd.

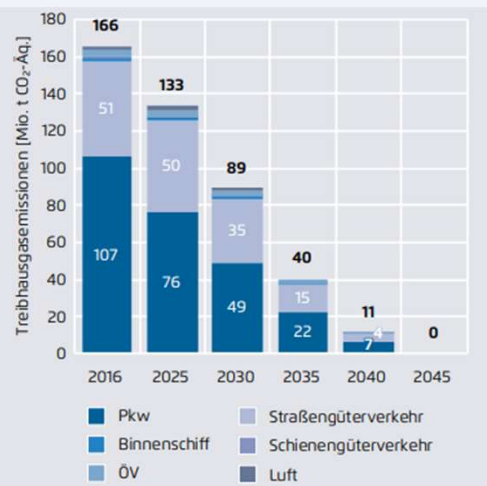
Duitsland: Sterke toename van batterij-elektrische voertuigen in het nationale wegverkeer, terwijl 24% van de energiebehoefte in 2045 wordt ingevuld door waterstof en e-fuels voor zwaar wegtransport

Ontwikkeling van het eindverbruik in het nationale verkeer per energiedrager



Öko-Institut (2021)

Ontwikkeling van de broeikasgasemissies in het nationale verkeer per modaliteit

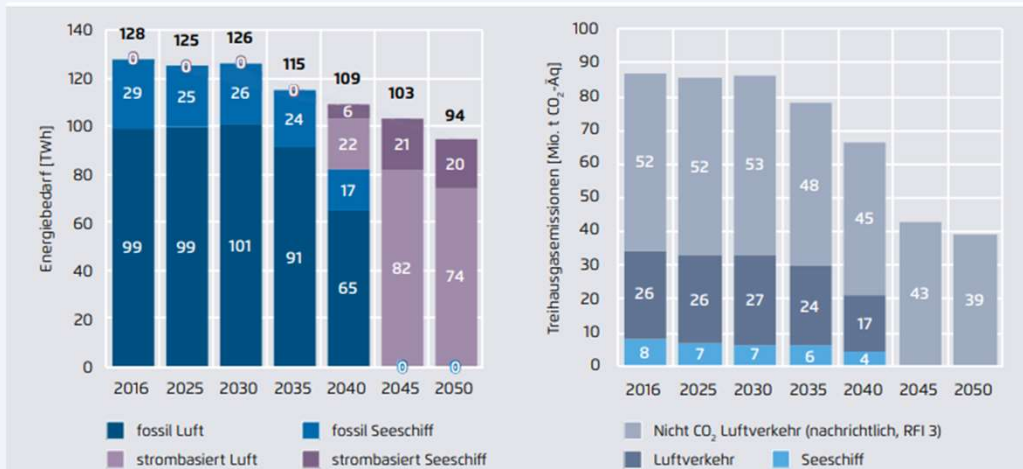


Scenarioresultaten voor het Duitse weg-, trein- en luchtverkeer:

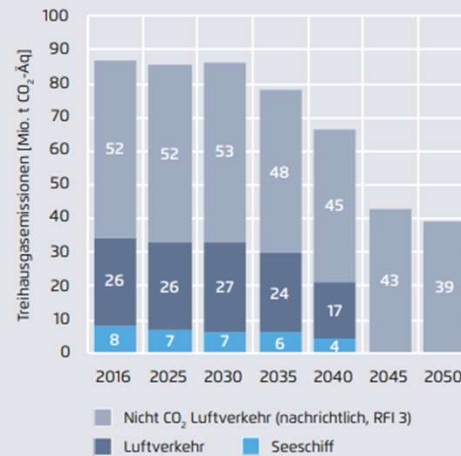
- De energiebehoefte daalt van 655 TWh naar 331 TWh in 2045 tot 225 TWh in 2050
- Aandeel fossiele energiedragers neemt af: In 2045 worden geen fossiele brandstoffen meer gebruikt in de transportsector.
- Sterke toename van elektriciteitsverbruik vanwege elektrificatie van het wagenpark.
- In 2045 worden voertuigen op brandstofcellen en de resterende verbrandingsmotoren in het nationale verkeer voorzien van e-fuels (39 TWh waterstof en 17 TWh vloeibare e-fuels).

Duitsland: Internationale lucht- en scheepvaart stappen volgens het KN2045 scenario helemaal over op CO₂-vrije e-fuels

Ontwikkeling van het eindverbruik in het internationale verkeer per energiedrager en modaliteit



Ontwikkeling van de broeikasgasemissies in het nationale verkeer per modaliteit



Scenarioresultaten voor de internationale bunkers voor scheep- en luchtvaart:

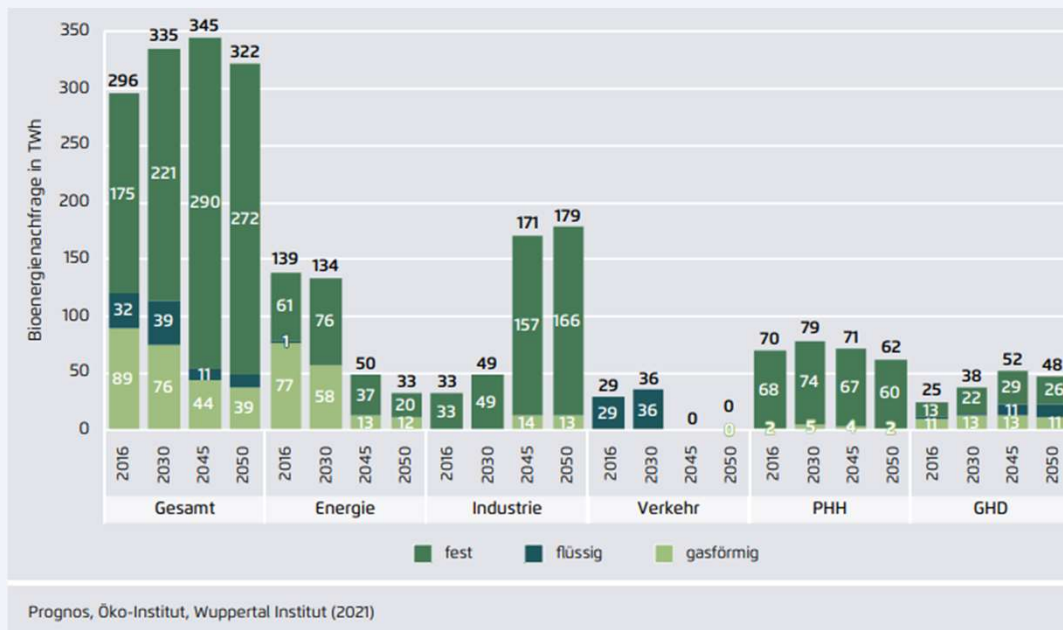
- Luchtverkeer en goederenvervoer over zee neemt toe naar 2045, maar door efficiëntieverbeteringen blijft de energiebehoefte tot 2030 constant op ~126 TWh. Daarna daalt de energiebehoefte, dankzij een combinatie van toenemende energie-efficiëntie en de afname van het luchtverkeer.
- In 2040 maken e-fuels ongeveer een kwart van de gebruikte energie uit, en vanaf 2045 wordt het gebruik van fossiele brandstoffen volledig vermeden.
- Bij het gebruik van CO₂-vrije brandstoffen blijven niet-CO₂ effecten bestaan: dit omvat onder andere de uitstoot van stikstofoxiden, roetdeeltjes en waterdamp. Deze zijn in de rechter figuur weergegeven.

Öko-Institut (2021)

Bron: Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut (2021): Towards a Climate-Neutral Germany by 2045.

Duitsland: Het binnenlandse biomassapotentieel wordt voornamelijk ingezet voor de productie van hoge temperatuur warmte in de industrie

Biomassa inzet per sector, uitgesplitst in vaste vloeibare en gasvormige biomassa

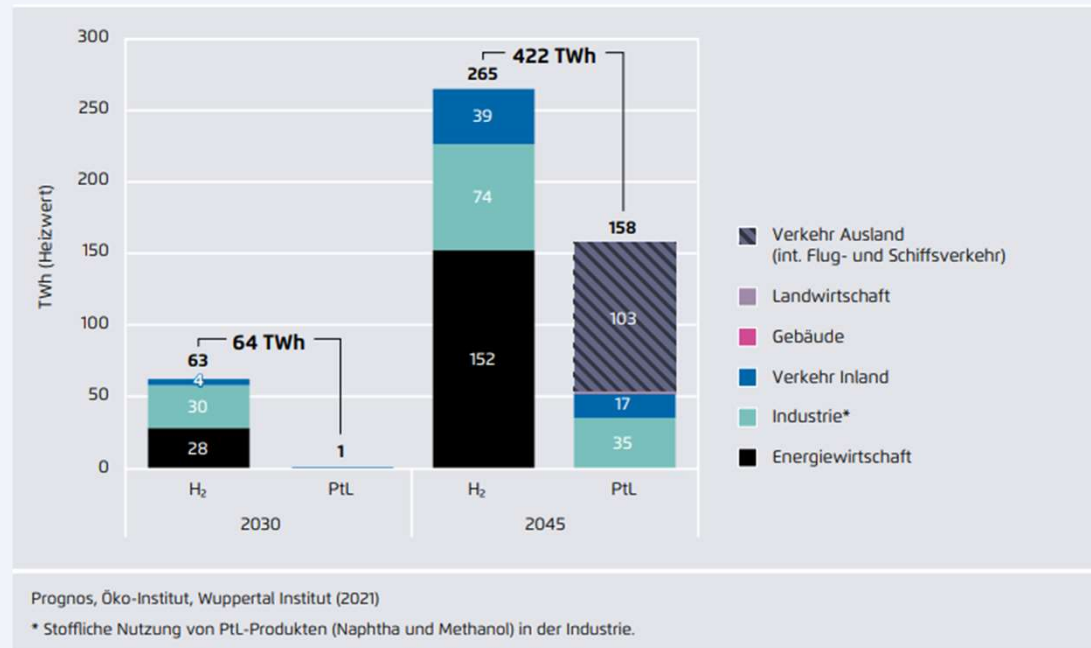


Scenarioresultaten voor de inzet van biomassa per sector:

- Opmerkelijk in het KN2045 scenario zijn de afwijkende resultaten wat betreft biomassa inzet in de industrie en transportsector, ten opzichte van de resultaten van het OPERA model voor Nederland. Een belangrijk verschil is dat er in het KN2045 alleen uitgegaan wordt van het binnenlandse biomassa potentieel.
 - Energetische inzet in de industrie:** Biomassa wordt in toenemende mate ingezet voor de productie van hoge temperatuur warmte, omdat er hiervoor volgens de studie geen adequate alternatieven beschikbaar zijn. Bovendien wordt de biomassa zo in grote centrale installaties gebruikt, zodat de CO₂-stromen van de biomassa later beschikbaar zijn voor BECCS (Bio-Energy with Carbon Capture and Storage).
 - Geen gebruik van biofuels in de transportsector:** omdat hier geschikte alternatieven voor beschikbaar zullen zijn (e-fuels).
 - Bio-energie in de landbouwsector** (onderdeel van GHD (bedrijvigheid, handel, diensten)): verdubbelt tegen 2045, onder andere door de toename van het gebruik van biogas uit mest om in de eigen warmtebehoefte te voorzien.
 - Huishoudens:** De vraag naar biomassa in persoonlijke huishoudens (PHH) blijft ongeveer constant ten opzichte van 2016.

Duitsland: Grote importstromen van e-moleculen zijn nodig voor de inzet als bunkerbrandstoffen en als grondstof voor de industrie

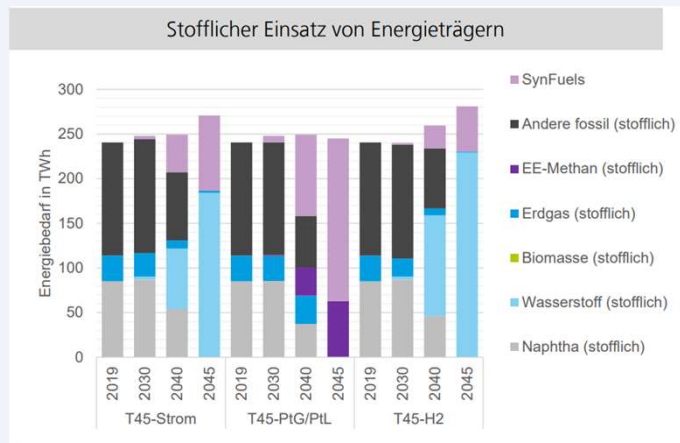
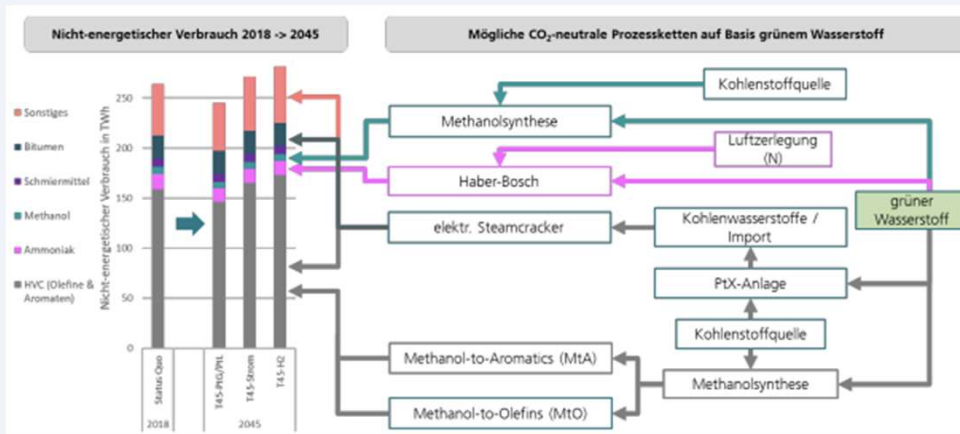
Totale waterstof en Power-to-Liquid inzet in Duitsland in 2030 en 2045



Scenarioresultaten voor de inzet van e-moleculen per sector:

- Opmerkelijk in het KN2045 scenario is de sterke inzet op e-moleculen (PtL) voor de internationale lucht- en scheepvaart en als grondstof voor de industrie.
- Volgens het KN2045 scenario is er in 2045 een totale behoefte aan waterstof en andere e-brandstoffen en grondstoffen van 422 TWh, waarvan 326 TWh geïmporteerd zal worden (waarvan 160 TWh e-fuels en e-nafta)

Duitsland: Andere scenariostudies laten ook een grote rol voor e-moleculen zien voor de decarbonisatie van de Duitse industrie



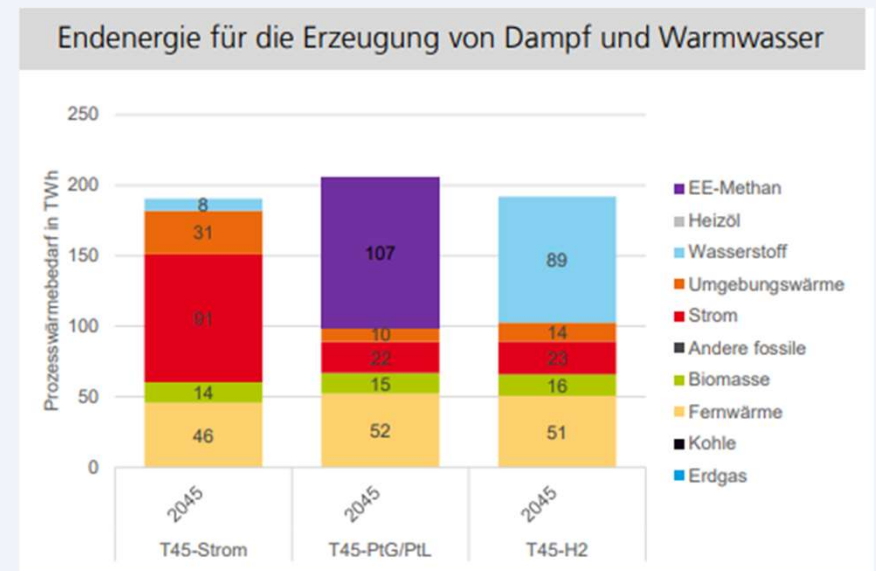
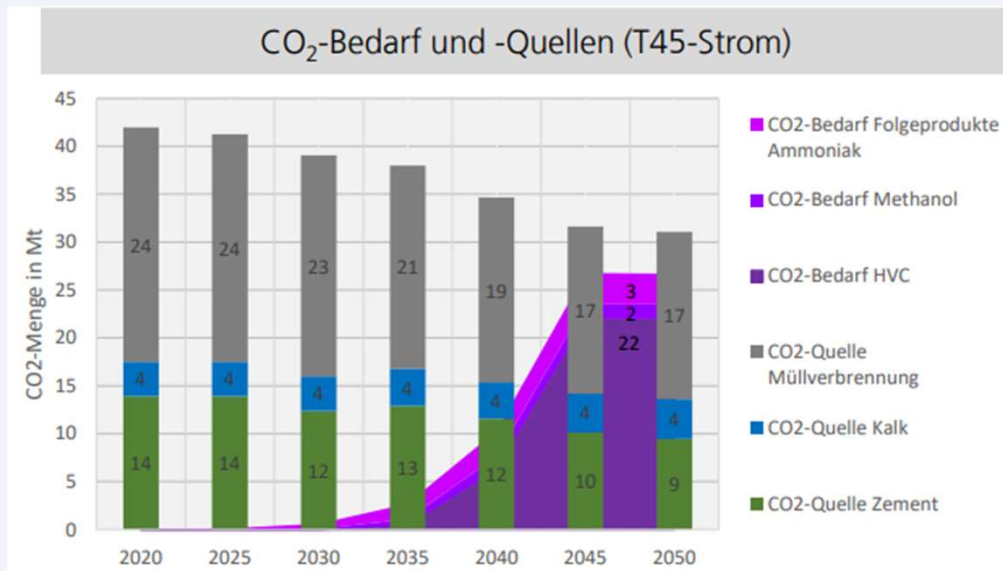
Scenarioresultaten voor de Duitse chemische industrie – “Langfristszenarien”:

- In het (momenteel lopende) onderzoeksproject “Langfristszenarien”, onder leiding van het Fraunhofer Instituut, worden in opdracht van het Duitse ministerie voor economische zaken en klimaat (BMWK) lange termijn scenario’s ontwikkeld op de energie- en grondstoffen transitie van Duitsland.
- In deze studie omvat de chemische industrie de productie van aromaten, olefinen, ammoniak en methanol. De gemodelleerde klimaatneutrale productieroutes voor olefinen en aromaten zijn Methanol-to-Olefins, Methanol-to-Aromatics en elektrisch kraken van synthetische koolwaterstoffen.
- Het gevolg van de gehanteerde scenario aannames is dat er alleen waterstof en e-moleculen (PtL en PtG) als grondstof ingezet worden voor de chemische industrie. Biomassa heeft alleen een kleine rol voor de productie van warmte en stoom.

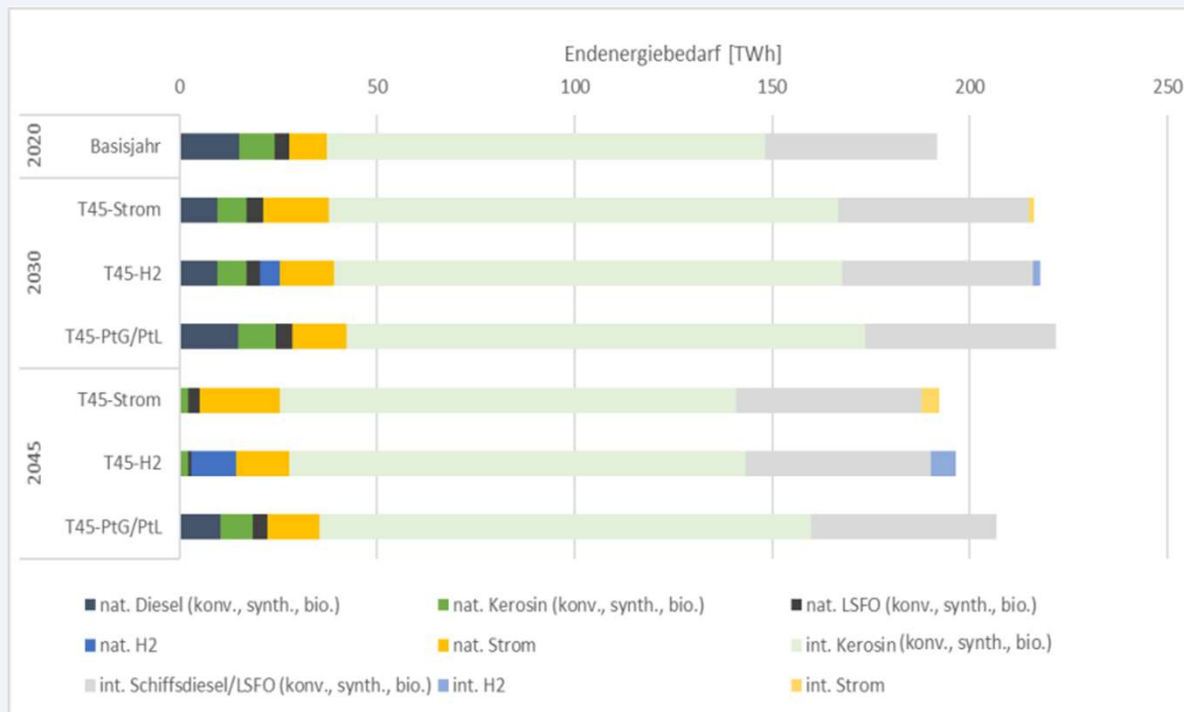
Duitsland: De Fraunhofer scenariostudie gaat ervan uit alle benodigde koolstof wordt gewonnen uit CO₂ puntbronnen van andere Duitse industrieën. Biomassa wordt alleen energetisch ingezet

CO₂ voor de productie van de benodigde e-fuels in de chemische industrie wordt volgens de studie gewonnen uit de Duitse cementindustrie, kalkindustrie en afvalverbrandingsinstallaties.

Biomassa heeft in 2045 in alle scenario's alleen een relatief kleine rol voor de productie van warmte en stoom. (De onderstaande data beschrijft het eindverbruik van de hele Duitse industrie, incl. staal, cement, papier, machines etc.)



Duitsland: Voor het zware wegtransport, en voor nationaal en internationaal lucht- en zeevaart verwacht Fraunhofer een overstap naar synthetische en biogene brandstoffen



Endenergiebedarf der Verkehrsträger Bus, Bahn, Binnenschiff-, Hochseeschiff- und Luftverkehr

Scenarioresultaten voor de Duitse transportsector – “Langfristszenarien”:

- De studie acht het gebruik van biogene en synthetische brandstoffen voor lucht- en zeevaart op middellange termijn waarschijnlijker dan alternatieve aandrijfvormen.
- Er wordt geen expliciet onderscheid gemaakt tussen het aandeel biogeen en synthetisch brandstoffen.

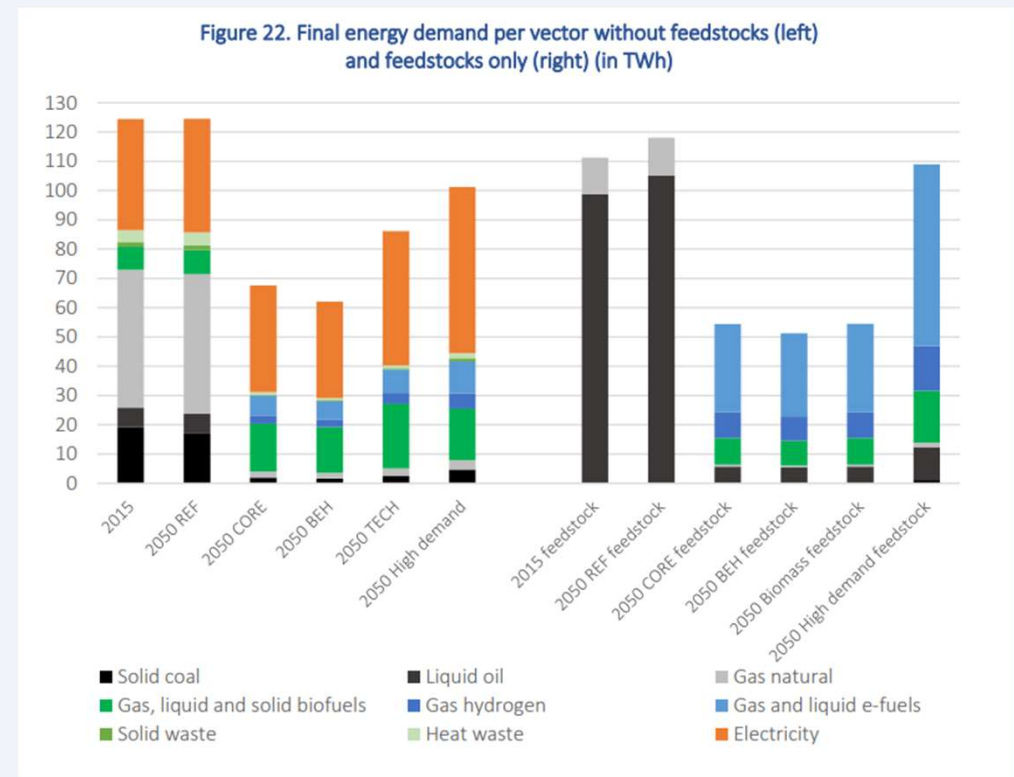
Duitsland: Samenvattende inzichten en kansen voor het HIC

- **Chemie:**
 - **Export door HIC van e-nafta:** Beide Duitse scenariostudies voorzien een rol voor geïmporteerde e-nafta als grondstof voor de chemische industrie.
 - **Export door HIC van platformchemicaliën:** Simulaties van Prognos (2021) laten zien dat Duitse productielocaties een deel van de productie van platformchemicaliën af zullen staan aan Europese kustlocaties, omdat deze op middellange termijn gemakkelijker kunnen overschakelen op duurzame grondstoffen, vergeleken met de Duitse raffinaderijen in het binnenland.
 - **Beperkte rol voor biograndstoffen:** Biomassa wordt in beide scenario's niet ingezet als feedstock in de chemische industrie, maar heeft alleen een rol als energiebron. In het KN2045 scenario (Prognos, 2021) wordt dit verklaard doordat er volgens de studie geen adequate alternatieven beschikbaar zijn voor de productie van hoge temperatuur warmte en door het bijkomende voordeel om centraal CO₂ uitstoot af te kunnen vangen ter compensatie van onvermijdelijke CO₂ emissies (BECCS). Hierbij wordt aangenomen dat alleen het binnenlandse biomassapotentieel beschikbaar is, en wordt import dus niet overwogen. In de drie toekomstscenario's van Fraunhofer (2021) is de beperkte inzet van biomassa het gevolg van de gehanteerde aannames voor de chemische industrie.
 - **Verskillende resultaten circulaire grondstoffen:** Circulaire grondstoffen spelen een grote rol in het KN2045 scenario, waarbij het binnenlandse afvalpotentieel wordt ingezet voor pyrolyse en vergassing. Deze mogelijkheid wordt niet meegenomen in de scenariostudie van Fraunhofer.
- **Brandstoffen:**
 - **Export door HIC van synthetische en biogene brandstoffen voor zwaar wegtransport, lucht- en scheepvaart:** Beide scenariostudies voorzien nog een rol voor brandstoffen (waterstof, synthetische en/of biogene brandstoffen) in het zware wegtransport. Opmerkelijk in het KN2045 scenario is de volledige inzet op e-moleculen (PtL) voor de internationale lucht- en scheepvaart. Dit is waarschijnlijk het gevolg van aannames over het biograndstoffen potentieel. Deze e-fuels worden volgens de studie allemaal geïmporteerd. In de Fraunhofer studie maakt de nationale en internationale lucht- en zeevaart in alle scenario's een overstap naar synthetische én biogene brandstoffen. De precieze verhoudingen worden echter niet expliciet gemaakt.

België: In alle gemodelleerde scenario's is een rol weggelegd voor bio-based en e-moleculen, zowel voor energetisch als niet-energetisch gebruik in de Belgische industrie

Scenarioresultaten voor de Belgische industrie - CLIMACT

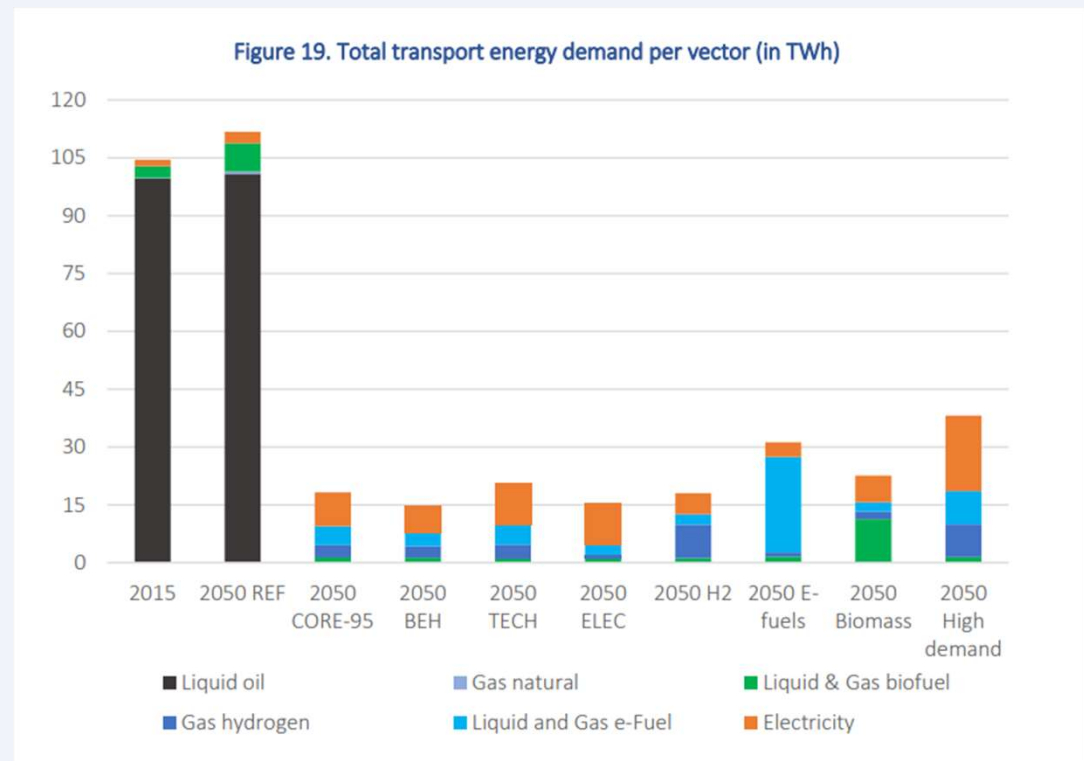
- Industriële productievolumes dalen in de meeste scenario's, met uitzondering van het 2050 referentiescenario en het "high demand" scenario.
- Voor het industriële energiegebruik laten de scenario's een sterke focus op elektrificatie van warmteprocessen zien, als ook de vervanging van fossiele brandstoffen door e-brandstoffen, waterstof en biomassa.
- Voor grondstoffen moeten de fossiele grondstoffen worden vervangen door e-brandstoffen, waterstof en biomassa.
- NB: De studie heeft geen gedetailleerde analyse gedaan van de potentie van materialen recycling.



België: Verschillende scenario's tonen een focus op elektrificatie van het wegtransport in België, met een variërende rol voor e- en biobrandstoffen afhankelijk van het scenario

Scenarioresultaten voor de Belgische transportsector - CLIMACT

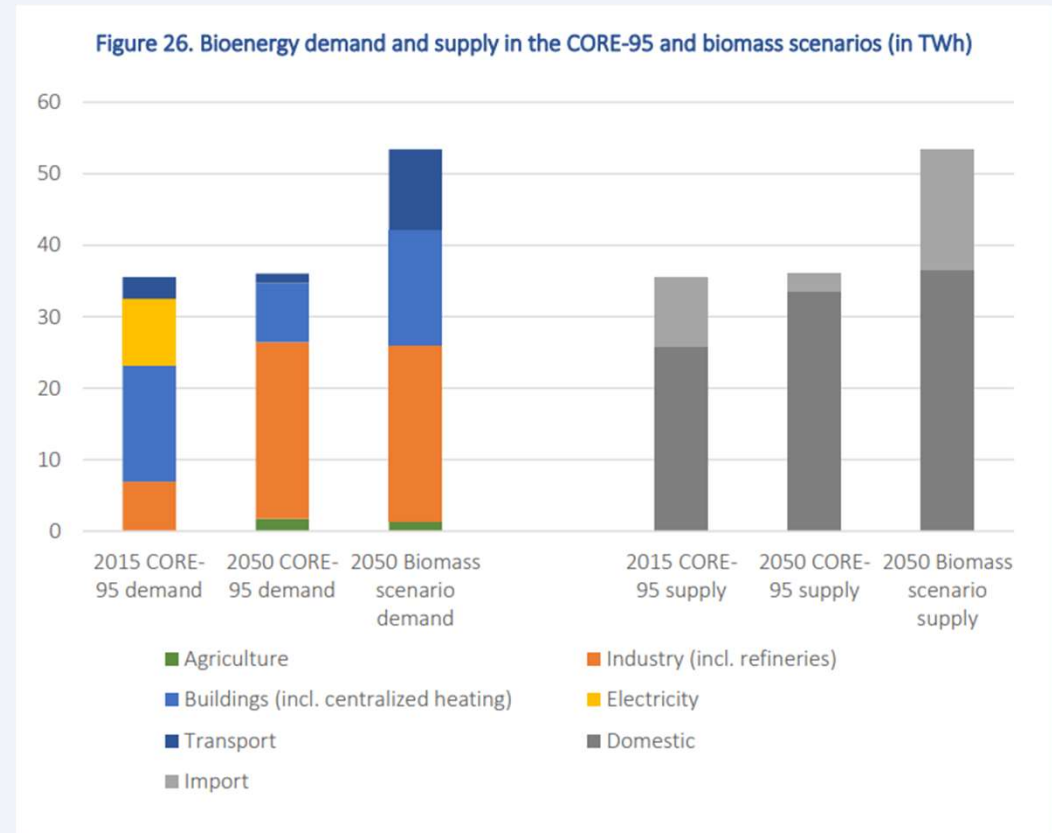
- De totale energievraag in de nationale transportsector daalt drastisch tegen 2050 in alle scenario's, met een afname van 60-90% vergeleken met het referentiescenario.
- Verschillende scenario's laten variaties in de brandstoffenmix in België zien, waarbij de vraag naar elektriciteit, groene waterstof, e-fuels of biomassa aanzienlijk stijgt ten opzicht van het referentiescenario.
- NB: De vraag naar duurzame brandstoffen voor de internationale lucht- en scheepvaart is niet meegenomen in deze studie.



België: De geschatte behoefte aan import van biograndstoffen voor de Belgische industrie en transportsectoren ligt tussen de 2-20 TWh

Scenarioresultaten voor de inzet van biomassa - CLIMACT

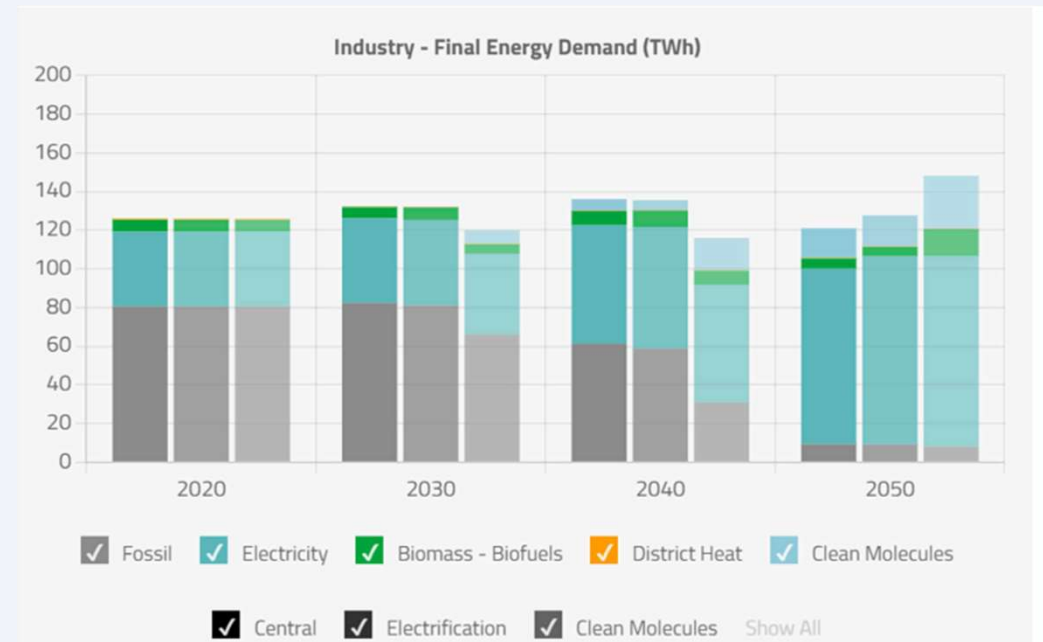
- De totale biomassavraag in 2050 is vergelijkbaar met die van 2015, door een afname in vraag naar biomassa voor elektriciteit en warmteproductie en een toename in vraag voor industriële grondstoffen.
- De vraag naar biomassa kan in de verschillende scenario's voor een groot deel worden ingevuld door het binnenlandse potentieel, aangevuld met geïmporteerde van biograndstoffen tussen de 2-20 TWh.



België: De Path2050 scenario's tonen een potentieel voor import van e-moleculen voor energetisch gebruik in de industrie

Scenarioresultaten voor de Belgische industrie – Paths2050

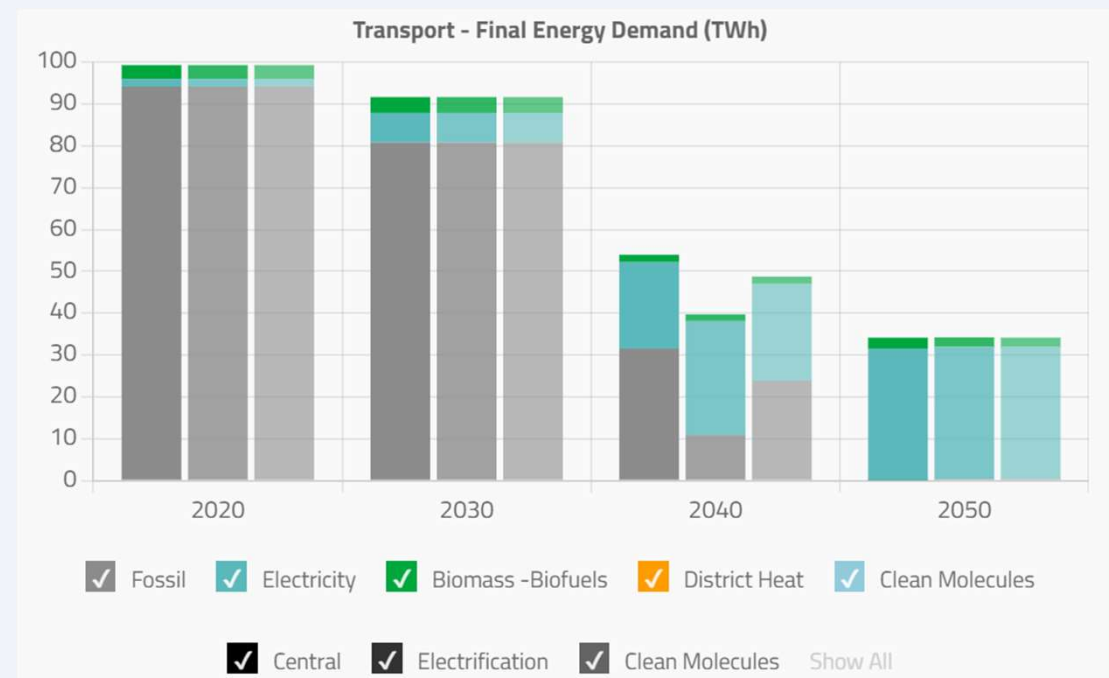
- Alhoewel de studie de mogelijke productieprocessen voor hogere waarde chemicaliën beschrijft (ethyleen, propyleen, BTX, C4s) worden geen resultaten weergegeven voor de optimale mix van grondstoffen voor de chemie.
- Het eindverbruik van energie in de industrie (alle sectoren) wordt vanaf 2040 in alle scenario's voor het grootste deel ingevuld door elektriciteit.
- In 2050 worden 15-27 TWh 'Clean molecules' (H₂, e-NH₃, e-MeOH en e-CH₄) gebruikt voor hoge temperatuur processen in de chemische, glas en staalindustrie. Het grootste deel hiervan wordt geïmporteerd uit het buitenland.
- Daarnaast heeft biomassa volgens de studie een relatief kleine rol in het energetische eindverbruik van de industrie.



België: De Path2050 resultaten voorspellen volledige elektrificatie van het weg- en treinverkeer, met een kleine rol voor biobrandstoffen in nationale scheep- en luchtvaart

Scenarioresultaten voor de Belgische industrie – Paths2050

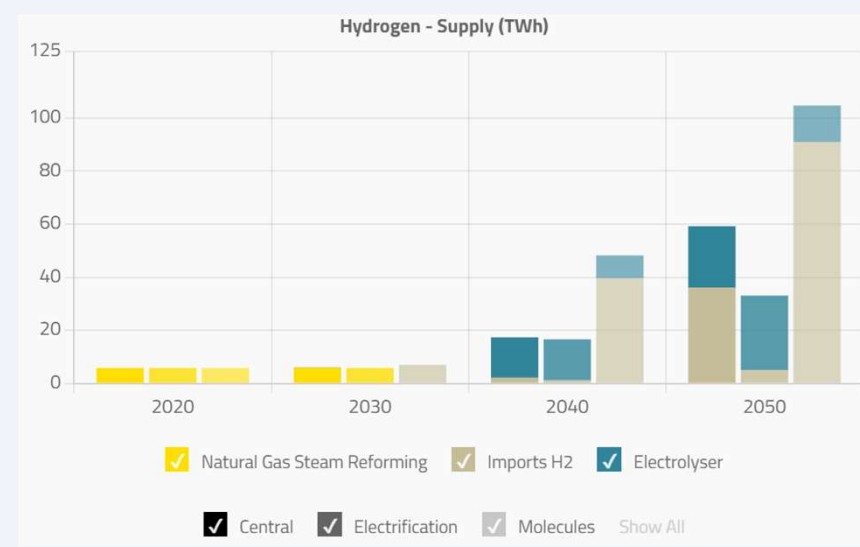
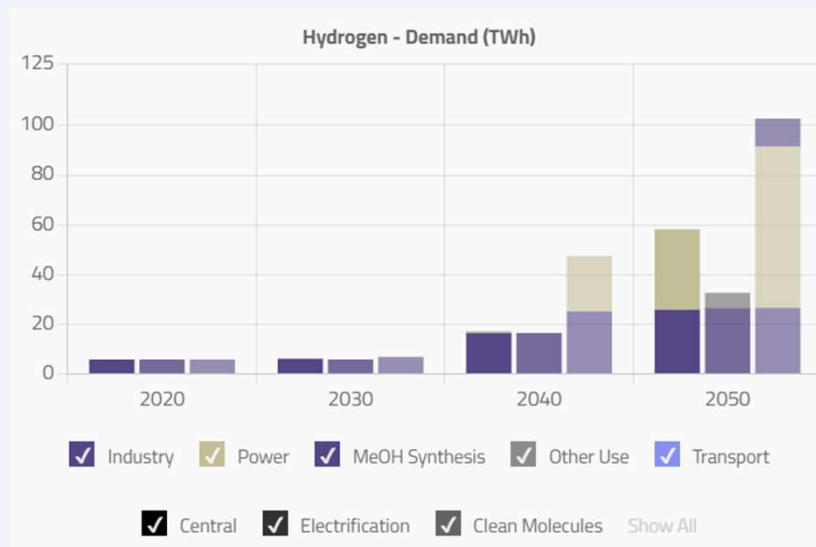
- In alle drie de scenario's wordt volledige elektrificatie van het transport tegen 2050 (30 TWh) als de meest kosteneffectieve oplossing gekozen. Het kleine energieaandeel van binnenvaart en binnenlandse luchtvaart schakelt respectievelijk over op biobrandstoffen en waterstof.
- NB: De vraag naar duurzame brandstoffen voor de internationale lucht- en scheepvaart is niet meegenomen in deze studie.



België: De scenarioresultaten tonen een grote bandbreedte voor de vraag naar waterstof, afhankelijk van de mate van elektrificatie of gebruik van waterstof voor de productie van elektriciteit

Scenarioresultaten over waterstof vraag en aanbod – Paths2050

- In het Central & Clean Molecules scenario stijgt de vraag naar waterstof in 2050 sterk, door het gebruik van waterstof voor de productie van elektriciteit op piekmomenten.
- De productie van groene waterstof begint na 2035 in alle drie de scenario's. De binnenlandse electrolysercapaciteit groeit naar 8-10 GW in 2050 met een productie tussen de 14-23 TWh groene waterstof, afhankelijk van het scenario.
- De scenario's tonen een grote bandbreedte in de hoeveelheid waterstof die geïmporteerd wordt: tussen de 5-91 TWh.



België: Samenvattende inzichten en mogelijke kansen voor het HIC

- **Chemie:**
 - **Focus op bio- en e-routes:** In alle geanalyseerde scenario's is een rol weggelegd voor zowel bio-based als e-moleculen in de industrie. De rol van plastics recycling komt in beide studies niet naar voren.
 - **Export door HIC van biograndstoffen:** Volgens de CLIMACT studie, ligt de geschatte behoefte aan import van biograndstoffen voor de Belgische industrie en transportsectoren tussen de 2-20 TWh.
 - **Export door HIC van waterstof en e-fuels:** Beide scenariostudies voorspellen een relatief grotere rol voor waterstof en e-moleculen dan voor biograndstoffen in de industrie. De Paths2050 verwacht een behoefte van tussen de 15-27 TWh aan 'Clean molecules' (H₂, e-NH₃, e-MeOH en e-CH₄) voor hoge temperatuur processen in de chemische, glas en staalindustrie, waarvan een groot deel wordt geïmporteerd uit het buitenland.
- **Brandstoffen:**
 - **Beperkte scope:** Geen van de studies heeft een analyse gedaan van de verduurzaming van bunkerbrandstoffen voor internationale lucht- en scheepvaart. Hier kan dus nog geen conclusie over getrokken worden.
 - **Kleine rol voor bio- en e-brandstoffen in het nationale verkeer:** De verschillende scenario's tonen een focus op elektrificatie van het lichte wegtransport in België, met een variërende rol voor waterstof, e- en biobrandstoffen voor zwaar transport en binnenvaart.

Gezien de onzekerheden en diversiteit in koolstofstromen is het van belang om flexibiliteit te behouden in de mogelijke commoditystromen waar de haven zich op richt

Voor productieprocessen op basis van biograndstoffen, als op basis van plastic afval of CO₂ (e-moleculen) kunnen (secundaire) grondstoffen, intermediates en producten worden geïmporteerd (zie tabel). Gezien de onzekerheden is het van belang flexibiliteit te behouden in keuzes voor mogelijke importstromen, productietechnologieën en faciliterende infrastructuur.

	Grondstoffen	Intermediates	Producten
Bio-based	Suikers Vetten Ruwe en bewerkte biomassa Biomassa-fracties	Bio-pyrolyseolie Bio-char Bio-nafta Bio-ethanol Biogas/Groengas FAME	HVO/HEFA Bio-diesel Bio-kerosine Bio-ethanol Bio-methanol Bio-LNG
Plastics (zowel fossiel als biobased)	Ongesorteerde afvalstromen Gesorteerde afvalstromen	Plastics pyrolyseolie Plastics char Functionele chemicaliën uit afvalplastics	Polyolefinen Polyesters
E-based	CO ₂ uit puntbronnen CO ₂ uit DAC	E-methanol FT liquids	E-diesel E-kerosine E-methanol E-DME
Non-carbon		H ₂ NH ₃	H ₂ NH ₃

Deze tabel is niet uitputtend, maar geeft een overzicht van de belangrijkste kandidaten voor import. Een aantal stoffen kan zowel ingezet worden als product, als als intermediaat. Bio-ethanol kan bijvoorbeeld worden ingezet als brandstof (product), maar ook als intermediaat voor de productie van bioplastics. De producten polyolefinen en polyesters vallen in de categorie "Plastics", maar kunnen ook biobased zijn.

NB: in de scenario's ADAPT en TRANSFORM (WP2) is alleen de import van biomassa en waterstof meegenomen in de modellering.

1B. Welke van deze stromen kunnen in het HIC geproduceerd worden, welke zullen geïmporteerd worden en welke doorgevoerd?

Nederland heeft zelf **onvoldoende biograndstoffen** en hernieuwbare elektriciteit om in de toekomstige vraag naar duurzame brandstoffen en chemicaliën te voorzien. Daarom zal **import** noodzakelijk zijn.

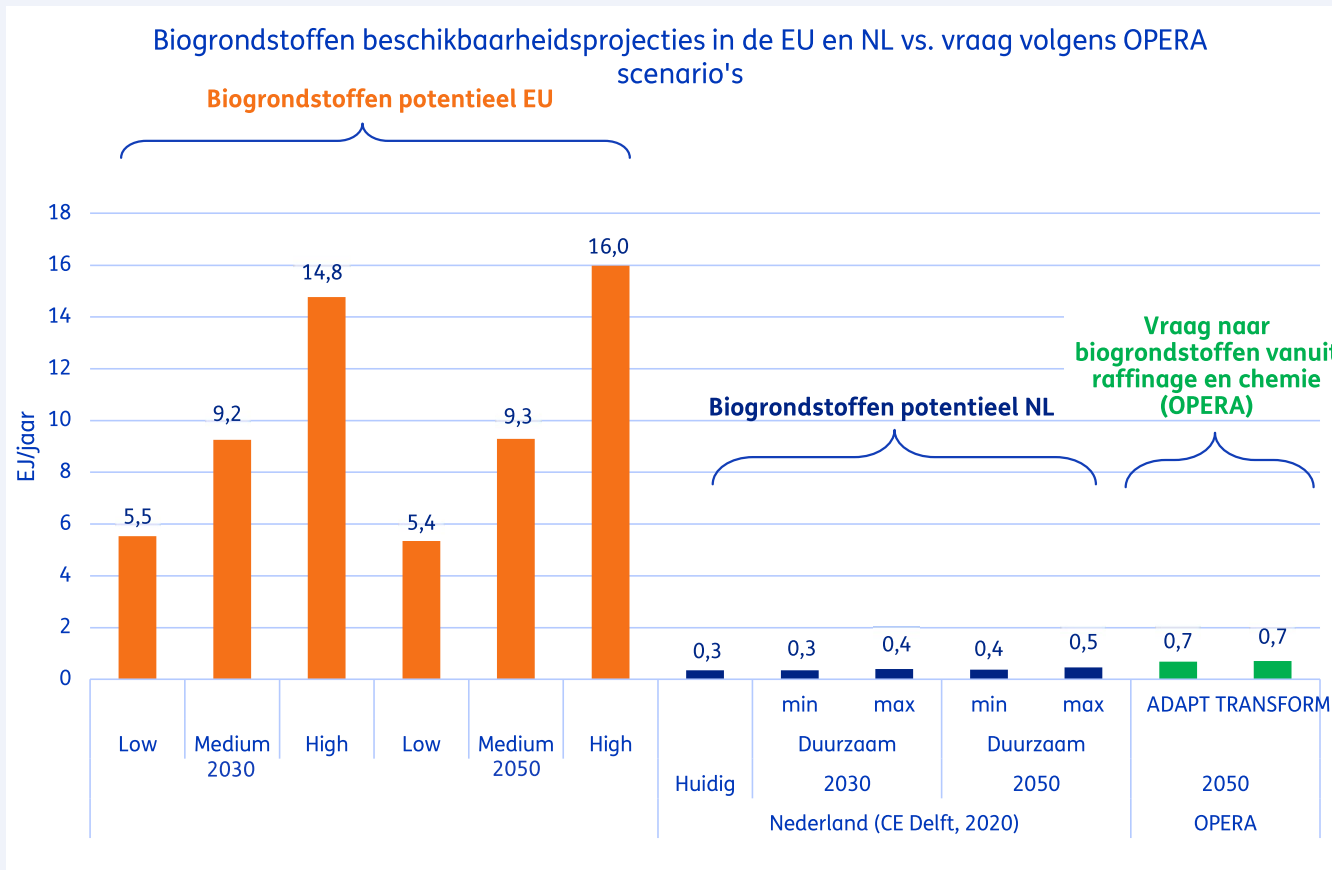
Vanuit **kostenoogpunt** lijkt import van brandstoffen (m.n. MeOH, en ook voor inzet in chemie) gunstiger dan productie in NL.

Er spelen echter ook andere belangen: behoud van **economische bedrijvigheid** en **strategische autonomie**.

Import van intermediates als pyrolyseolie zou een **compromis** kunnen zijn tussen praktische haalbaarheid en behoud van economische bedrijvigheid.

Nederland heeft zelf onvoldoende biograndstoffen en hernieuwbare elektriciteit. Daarom zal import noodzakelijk zijn

- In de OPERA scenario's worden zowel groene waterstof als biograndstoffen geïmporteerd.

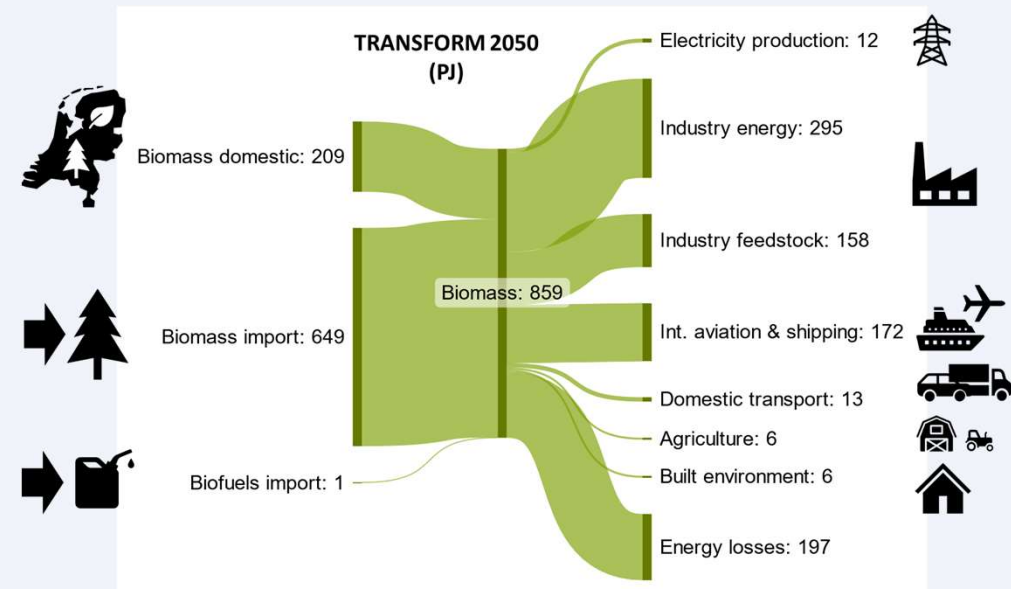
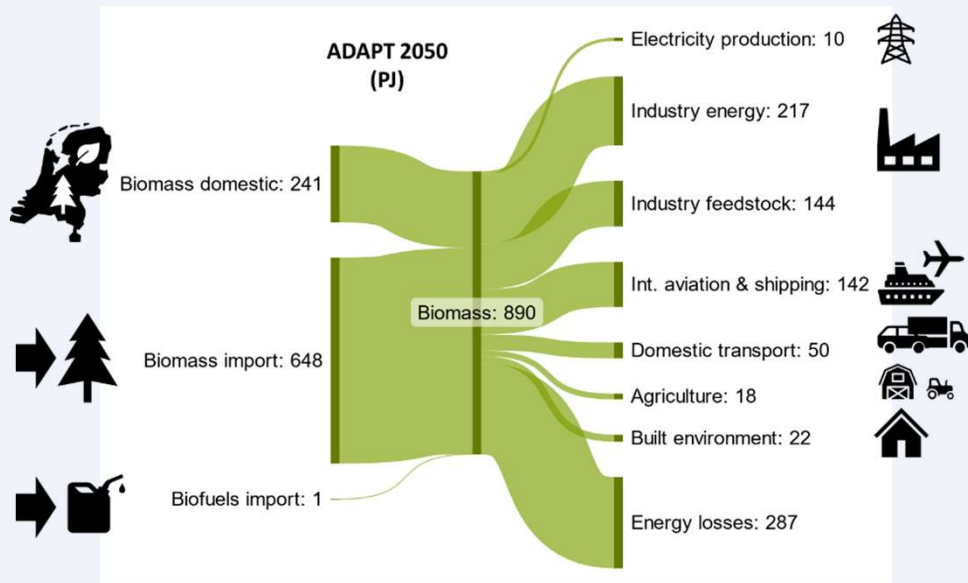


- De totale verwachte behoefte aan biograndstoffen in de chemie- en brandstoffensector volgens OPERA scenario's ligt lager dan de totale verwachte beschikbaarheid in de EU28 en een stuk lager dan de beschikbaarheid mondiaal.
- NB: Deze vergelijking is indicatief. Er is niet gekeken naar de specifieke typen biograndstoffen en in hoeverre deze overeenkomen met de specifieke vraag uit de sectoren in OPERA.
- Naar verwachting zal Nederland dus een importeur van duurzame biograndstoffen zijn.
- Er zal echter ook vraag zijn vanuit andere landen en sectoren, zowel in de EU als mondiaal. Wanneer het gaat over de verdeling van schaarse biograndstoffen, wordt vaak gesproken over het "fair share" principe. Beleid zal ook bij de verdeling van biomassa een belangrijke rol spelen. Daarnaast betreft het een mondiale markt, waarin economische principes als marktdynamiek en kosten van substituten als e-moleculen een rol spelen.

Bronnen: Leguijt, C. (2020). Bio-Scope-Toepassingen en beschikbaarheid van duurzame biomassa. CE Delft.
 European Commission (2024) Development of outlook for the necessary means to build industrial capacity for drop-in advanced biofuels Annex 2 Report on Task 2.
 TNO (2024) OPERA model.

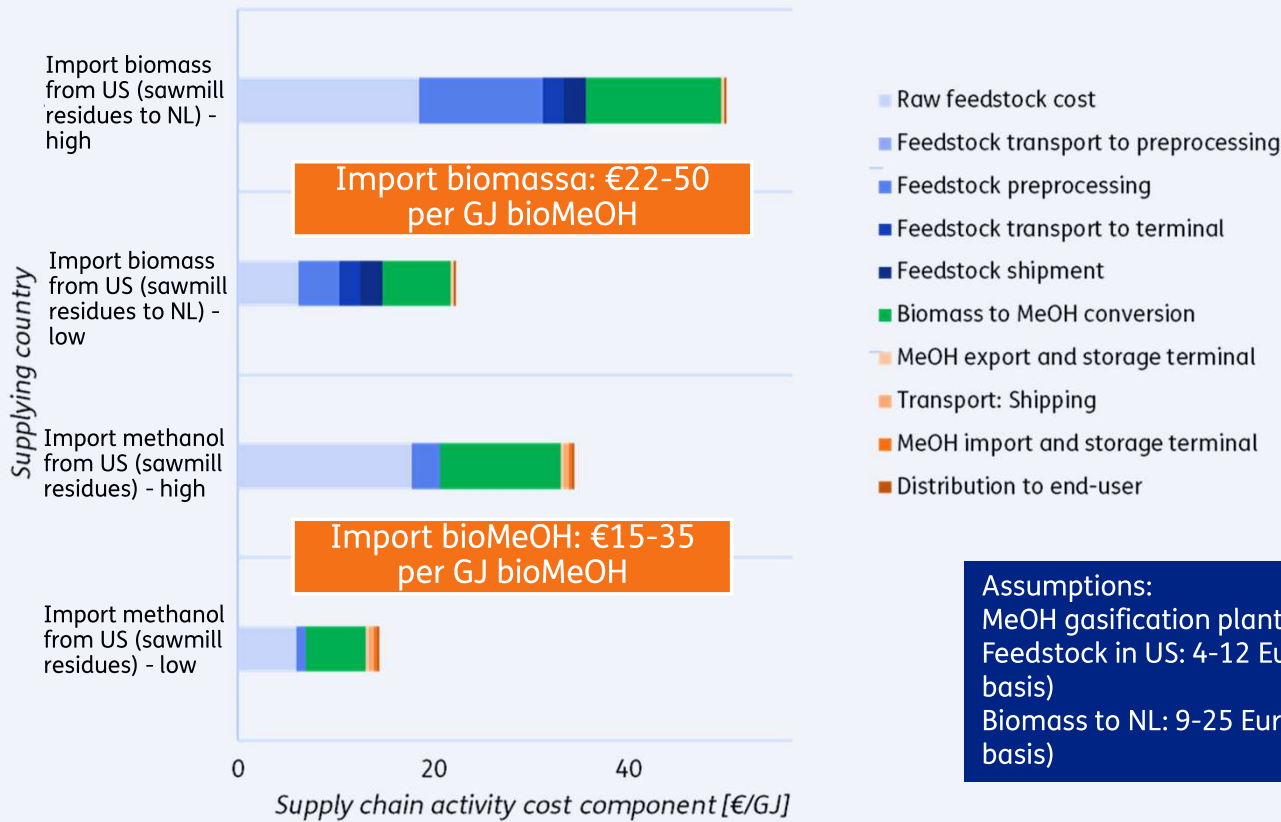
Nederland heeft zelf onvoldoende biograndstoffen Daarom zal import noodzakelijk zijn

Biomassastromen in OPERA in 2050:



Vanuit kostenoogpunt lijkt import van brandstoffen (m.n. MeOH) gunstiger dan productie in NL: biomethanol

Bio-MeOH supply costs [€/GJ], 2030, based on LHV (lower heating value)



In de grafiek hiernaast zijn de kosten voor biomethanol te zien van twee situaties:

- Import van biomassa uit de VS, die in NL wordt omgezet naar biomethanol
- Import van biomethanol uit de VS

Voor beide situaties is gerekend met hoge en lage kosten voor biomassa (zie kader assumptions).

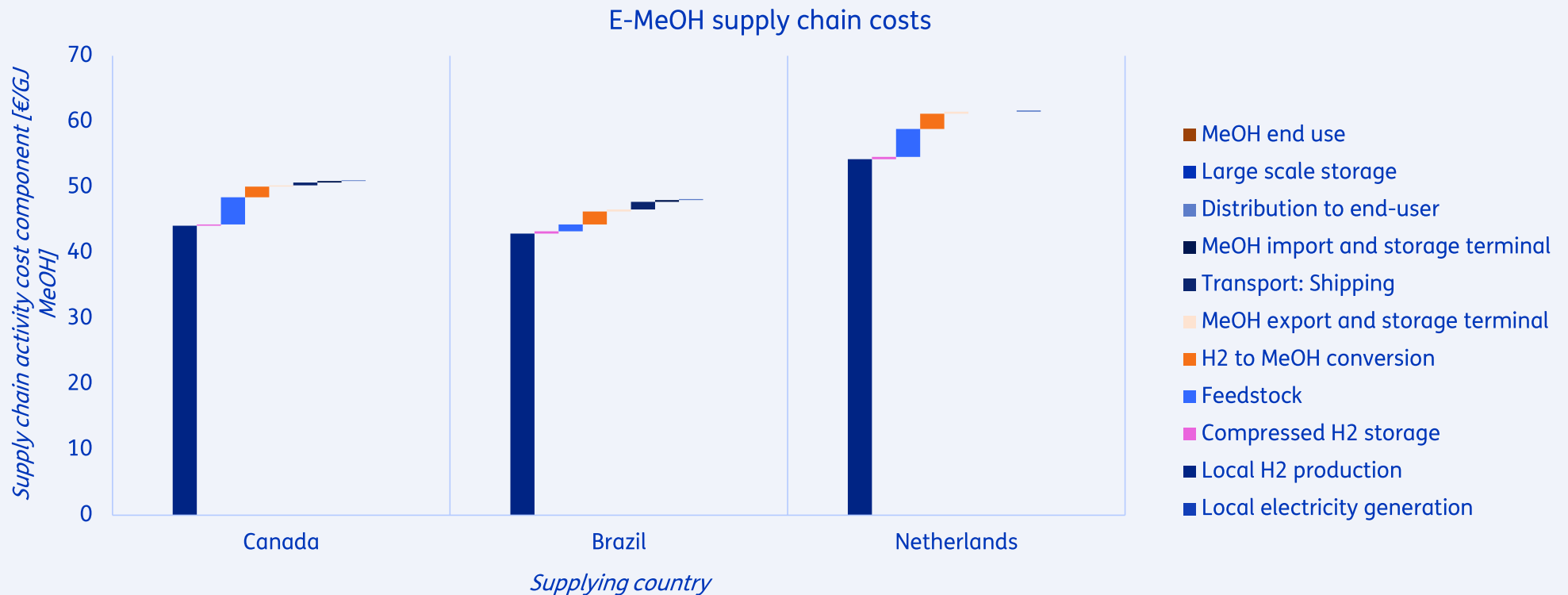
Zowel bij hoge als lage kosten voor biomassa heeft import van biomethanol lagere totale kosten dan import van biomassa en omzetting in NL. Het grootste verschil zit in de hogere kosten voor preprocessing van de biomassa. Daarnaast worden hogere transportkosten gemaakt, wat verklaard wordt door het hogere volume van de biomassa.

Assumptions:
 MeOH gasification plant scale: 700 ktpa, CAPEX 0.5-1 BEur
 Feedstock in US: 4-12 Euro/GJ biomass (calorific value on dry basis)
 Biomass to NL: 9-25 Euro/GJ biomass (calorific value on dry basis)

Bron: TNO (2024) Supply chain model

Vanuit kosten oogpunt lijkt import van brandstoffen (m.n. MeOH) gunstiger dan productie in NL: e-methanol

E-methanol importeren heeft lagere kosten dan e-methanol in NL produceren, vanwege H₂ productiecosten (hogere LCoE; levelised cost of energy).



Bron: TNO (2024) Supply chain model

Bij de keuze tussen import van grondstoffen, intermediates of producten spelen verschillende afwegingen een rol

- **Praktische haalbaarheid** van import
 - In het algemeen zijn vloeistoffen makkelijker te transporteren dan gassen. Het vloeibaar maken van waterstof is lastig: het zal gekoeld moeten worden tot zeer lage temperatuur, of het moet getransporteerd worden door middel van een “carrier” als ammoniak of LOHC, en na import weer vrijgemaakt worden. Dat maakt import van waterstof extra kostbaar.
 - Ook vloeistoffen moeten aan randvoorwaarden voldoen voor transport. Bij FT liquids (syncrude of FT-wax) moet bijvoorbeeld precipitatie worden voorkomen. Daarom ligt het voor de hand, dat deze FT liquids vóór transport reeds omgezet worden naar brandstof(componenten) als kerosine of diesel¹. Ook pyrolyseolie kent uitdagingen: er kan polymerisatie optreden, en het kan corrosief zijn. Hydrotreatment vóór transport kan de pyrolyse-olie stabiel maken.
 - Vanuit veiligheidsoogpunt is het onwenselijk om CO of syngas per schip te importeren. Andere producten, zoals ammoniak, kennen veiligheidsrisico's, maar deze zijn beter te beheersen. CO₂ kan wel veilig per zeeschip getransporteerd worden: het is niet toxisch, niet brandbaar, en in het Northern Lights project zijn schepen voor transport van vloeibare CO₂ ontwikkeld (zie <https://www.offshore-energy.biz/northern-lights-first-of-their-kind-liquid-co2-carriers-launched-in-china/>).
 - Hoe hoger de energiedichtheid van een product, des te aantrekkelijker het is om te importeren. Biomassa heeft een relatief lage energiedichtheid per volume-eenheid, en neemt dus veel ruimte in, zowel tijdens transport als bij opslag. Door de biomassa te bewerken, bijvoorbeeld door het te drogen en tot pellets te persen, kan de energiedichtheid toenemen. Door chemische bewerkingen als pyrolyse of torrefactie ontstaan intermediates, die een aanzienlijk hogere energiedichtheid hebben.
 - De mate waarin industriële voorzieningen en infrastructuur al aanwezig zijn op zowel de oorspronkelijke locatie als in het HIC Rotterdam zullen ook van invloed zijn bij de keuze of er grondstoffen, intermediates of producten geïmporteerd worden.
- Behouden van **economische bedrijvigheid**:
 - Vanuit economisch oogpunt is het aantrekkelijk om zoveel mogelijk toegevoegde waarde in NL en het HIC Rotterdam te creëren. Bij import van grondstoffen kan meer waarde toegevoegd worden, dan bij import van intermediates en producten.
 - Vanuit kosten oogpunt is het echter niet altijd haalbaar om een competitieve positie te verwerven. Elektriciteitskosten zijn in NL bijvoorbeeld relatief hoog. Daarnaast is elektriciteit uit hernieuwbare bronnen schaars in NL. Vanuit kosten oogpunt zal daarom bijvoorbeeld e-methanol eerder geïmporteerd worden, dan lokaal geproduceerd.
- **Leveringszekerheid** en **strategische autonomie**:
 - Vanuit het oogpunt van leveringszekerheid en strategische autonomie kan het een overweging zijn om, ondanks hogere kosten, toch te kiezen om productie zoveel mogelijk in NL en de EU te doen. Hiervoor is beleid vanuit overheden nodig. Vanuit het oogpunt van leveringszekerheid kan er ook voor gekozen worden, om te diversificeren in importketens (zowel bio- al e-routes, en uit diverse landen).

¹ Bron: Evaluation of different routes for e-diesel and e-kerosine supply in the port of Rotterdam. Extension to CHAIN project 2021, TNO

Import van intermediates als pyrolyseolie zou een compromis kunnen zijn tussen praktische haalbaarheid en behoud van economische bedrijvigheid

Bij import van biomassa gebeurt eerste verwerking (pelletisering) bij voorkeur vóór transport naar het HIC om volume en massa te reduceren. De behoefte aan doorvoer voor biomassa lijkt beperkt (zie slide 51 en 58)

Import van intermediates beperkt enerzijds volumes t.o.v. grondstoffen (hogere energiedichtheid dan bijvoorbeeld biomassa), en geeft anderzijds de mogelijkheid om waarde toe te voegen in het HIC, meer dan bij import van producten..

Scheiden, sorteren, reinigen, en granuleren gebeurt bij voorkeur vóór transport naar het HIC, om transport te vereenvoudigen (zowel voor NL afvalstromen als import) en om ruimtegebruik in het HIC te beperken. In geval van import kan vervolgens in het HIC waarde worden toegevoegd.

	Grondstoffen	Intermediates	Producten
Bio-based	Suikers Vetten Ruwe biomassa (lignocellulose) Bewerkte biomassa (bv. houtpellets)	Bio-pyrolyseolie Bio-char Bio-nafta Bio-ethanol Biogas/Groengas	FAME HYO HEFA Biodiesel Biokerosine Bio-ethanol Bio-methanol Bio-LNG
Plastics (zowel fossiel als biobased)	Ongesorteerde afvalstromen Gesorteerde afvalstromen	Plastics pyrolyseolie Plastics char	Polyolefinen Polyesters
E-based	CO ₂ uit puntbronnen CO ₂ uit DAC	E-methanol FT liquids	E-diesel E-kerosine E-methanol E-DME
Overig		H ₂ NH ₃	H ₂ (als brandstof) NH ₃ (als brandstof)

Import uit regio's met een lage LCoE is economische aantrekkelijker dan productie in NL (bron: Supply Chain Model TNO)

Import van H₂ kan in vloeibare vorm of in de vorm van een carrier (bv e-NH₃, e-MeOH). Import van H₂ zal noodzakelijk zijn. Afhankelijk van de toepassing, zal het vaak logischer zijn om de carrier te importeren en deze verder te verwerken (bv. productie van kerosine uit e-MeOH) dan om de H₂ eruit vrij te maken en te verwerken. Er zal echter, naast productie in NL, ook import nodig zijn van H₂. In dat geval kan het toch nodig zijn om H₂ uit een carrier vrij te maken.

1C. Welke stappen moeten daarvoor gezet worden? Met welke partijen?

Zolang er nog veel onzekerheid is, is het raadzaam om te **diversificeren** in

- **Grondstoffen:** productie op basis van zowel bio-, plastics recycling als e-routes;
- **Importketens:** import van grondstoffen, intermediates en producten;
- **Toepassing:** zowel MeOH als NH₃ voor de zeevaart; mogelijke rol voor H₂ en brandstoffen voor wegtransport en binnenvaart;
- **Technologie-ontwikkeling:** breed scala aan technologieroutes ontwikkelen voor bio-, plastics- en e-routes.

Gelijktijdig moet gewerkt worden aan het wegnemen van de genoemde onzekerheden, zodat er op termijn geconvergeerd kan worden op bovengenoemde punten.

Veel verschillende partijen hebben een rol in de transitie. **Havenbedrijf, producenten** en **overheden** hebben een belangrijke rol bij alle punten van diversificatie.

Zolang er nog veel onzekerheid is, is het raadzaam om te diversificeren

Op slide 252 zijn onzekere factoren weergegeven. Zolang deze onzekerheden significant zijn, is het raadzaam breed in te zetten op diverse gebieden:

Grondstoffen: productie op basis van zowel bio-, plastics recycling als e-routes

Importketens: import van grondstoffen, intermediates en producten

Toepassing: zowel MeOH als NH₃ voor de zeevaart; mogelijke rol voor H₂ en brandstoffen voor wegtransport en binnenvaart

Technologie-ontwikkeling: breed scala aan technologieroutes ontwikkelen voor bio-, plastics- en e-routes

Ook voor de benodigde infrastructuur en ruimte zullen voorlopig opties open gehouden moeten worden.

Gelijktijdig moet gewerkt worden aan het wegnemen van de genoemde onzekerheden, zodat er op termijn geconvergeerd kan worden, er meer zekerheid ontstaat voor investeerders en het tempo van de transitie opgevoerd kan worden.

- Dat kan, door met ketenpartners te werken aan het opzetten van ketens op basis van het brede palet aan opties. Dan zullen de “winnende” opties komen bovendrijven. Deze winnende opties kunnen vervolgens opgeschaald worden.
- Gelijktijdig hebben overheden (m.n. op EU niveau, maar ook NL overheden in de doorvertaling van EU beleid naar de NL situatie) een belangrijke rol in het wegnemen van onzekerheden en het versnellen van de transitie → zie hiervoor WP3A Roadmap chemie en brandstoffen en WP3D Regulering en beleid.
- In de uitwerking van de roadmap in WP3A (slide 15 tm 22) zijn stappen benoemd die door de verschillende partijen gezet kunnen worden.

Veel verschillende partijen hebben een rol in de transitie



* OEM = Original Equipment Manufacturer; EPC = Engineering, Procurement and Construction

Havenbedrijf, producenten en overheden hebben een belangrijke rol bij alle punten van diversificatie

Vlakken voor diversificatie

Belangrijkste partijen die daarin een rol spelen

Grondstoffen: productie op basis van zowel bio-, plastic- als e-routes	Havenbedrijf	Overheden	Leveranciers van technologie (OEMs*, EPCs*)	Leveranciers van elektriciteit	Opslagbedrijven
	Producenten van duurzame brandstoffen en chemicaliën	Leveranciers van grondstoffen, intermediates en producten	Ontwikkelaars van technologie, kennisinstellingen	Leveranciers van infrastructuur	Investeerders
Importketens: import van grondstoffen, intermediates en producten	Havenbedrijf	Overheden	Transporteurs van grondstoffen en intermediates	Leveranciers van infrastructuur	
	Producenten van duurzame brandstoffen en chemicaliën	Leveranciers van grondstoffen, intermediates en producten	Opslagbedrijven	Investeerders	
Toepassing: zowel MeOH als NH ₃ voor de zeevaart; mogelijke rol voor H ₂ en brandstoffen voor wegtransport en binnenvaart	Havenbedrijf	Overheden	Leveranciers van technologie (OEMs*, EPCs*)	Leveranciers van elektriciteit	Investeerders
	Producenten van duurzame brandstoffen en chemicaliën	Eindgebruikers	Ontwikkelaars van technologie, kennisinstellingen	Leveranciers van infrastructuur	
Technologie-ontwikkeling: breed scala aan technologieroutes ontwikkelen voor bio-, plastics- en e-routes	Havenbedrijf	Overheden	Ontwikkelaars van technologie, kennisinstellingen		
	Producenten van duurzame brandstoffen en chemicaliën	Leveranciers van technologie (OEMs*, EPCs*)			

2. Wat betekent het systeembeeld voor behoefte aan faciliterende infrastructuur?

Welke nieuwe infrastructuur, of uitbreiding van bestaande infrastructuur is nodig? En wat is niet meer nodig, of minder?

Voor koolstofhoudende producten is **hergebruik van bestaande infrastructuur** meestal mogelijk. De productieprocessen zullen wel sterk veranderen en vereisen deels aanpassing van bestaande plants, maar ook grotendeels nieuwe productiefaciliteiten.

De eerder genoemde **onzekerheden** rondom wat geïmporteerd wordt en wat geproduceerd wordt in NL, onzekerheden in regelgeving en beleid, marktvrage en volumes, het type grondstoffen (aandeel bio- en e-moleculen) en de productietechnologieën hebben grote **invloed op de behoefte aan faciliterende infrastructuur**.

Op basis van de diverse systeemanalyses en scenario's kan geconcludeerd worden dat in elk geval aandacht nodig is voor:

- Aanlanding van elektriciteit uit wind op zee
- Elektriciteitsgrid
- Waterstoftransport (Delta Rhine Corridor) en -opslag
- Opslag en verwerking biomassa
- CCS

Voor koolstofhoudende producten is hergebruik van bestaande infrastructuur meestal mogelijk

Eerste verwerking van biomassa (pelletisering) gebeurt bij voorkeur vóór transport naar het HIC, zodat volumes beperkt worden. Wanneer biomassa wordt geïmporteerd, vindt vergassing bij voorkeur plaats in het HIC, zodat voor CO₂-opslag Porthos/Aramis infrastructuur gebruikt kan worden en syngas ter plaatse verwerkt kan worden.

Hergebruiken en waar nodig aanpassen bestaande infrastructuur. Voor biogas zal bestaande (L)NG infrastructuur gebruikt kunnen worden.

	Grondstoffen	Intermediates	Producten
Bio-based	Suikers Vetten Ruwe en bewerkte biomassa Biomassa-fracties	Bio-pyrolyseolie Bio-char Bio-nafta Bio-ethanol Bio-gas / Groen gas FAME	HVO/HEFA Bio-diesel Bio-kerosine Bio-ethanol Bio-methanol Bio-LNG
Plastics (zowel fossiel als biobased)	Ongesorteerde afvalstromen Gesorteerde afvalstromen	Plastics pyrolyseolie Plastics char Functionele chemicaliën uit afvalplastics	Polyolefinen Polyesters
E-based	CO ₂ uit puntbronnen CO ₂ uit DAC	E-methanol E-FT liquids	E-diesel E-kerosine E-methanol E-DME
Non-carbon		H ₂ NH ₃	H ₂ NH ₃

Wanneer granulaat wordt aangevoerd, kan deze worden verwerkt in het HIC.

Hergebruiken en waar nodig aanpassen bestaande infrastructuur (pijpleiding, opslag, overslag, bunkerinfra, doorvoer naar ARRA)

Eventuele import van CO₂ uit DAC per zeeschip; transport en opslag via Porthos en Aramis infrastructuur;
Voor CO₂ transport binnen het HIC (in eerste instantie uit puntbronnen; later wellicht uit import) kunnen bestaande pijpleidingen worden gebruikt en waar nodig uitgebreid.

Voor e-methanol kan bestaande infrastructuur hergebruikt worden. Import van ruwe FT liquids (waxes/syncrude) kan technisch uitdagend zijn.

H₂: bestaande LNG terminal kan worden uitgebreid en geschikt gemaakt voor H₂. Aansluiting op bestaande H₂ pijpleidingen in het HIC, en op Delta Rhine Corridor (na 2032).
NH₃: vereist aanleg van nieuwe infrastructuur (opslag, pijpleidingen). Omdat ammoniak giftig is, en gasvormig, is handling complex, waardoor extra aandacht nodig is voor veiligheid/vergunningverlening, en voor de technische eisen aan de infrastructuur. NH₃ kan als carrier worden ingezet voor H₂ import. In dat geval zal de ammoniak gekraakt moeten worden in het HIC, vóór verder transport naar het achterland als waterstof.

Ondanks onzekerheden is het duidelijk dat er geïnvesteerd zal moeten worden in infrastructuur voor elektriciteit, waterstof, biomassa en CCS

De eerder genoemde onzekerheden rondom wat geïmporteerd wordt en wat geproduceerd wordt in NL, onzekerheden in regelgeving en beleid, marktvraag en volumes, het type grondstoffen (aandeel bio- en e-moleculen) en de productietechnologieën (zie slide 252) hebben grote invloed op de behoefte aan faciliterende infrastructuur.

In sommige gevallen kan de transitie van fossiel naar duurzaam geleidelijk plaatsvinden, zonder dat er direct grote investeringen gedaan hoeven worden. Denk het hergebruik van opslagtanks voor fossiele brandstoffen voor de duurzame varianten, of aan het bijmengen waterstof in het gasgrid. In andere gevallen, bijvoorbeeld voor ammoniak, zijn wel grote investeringen ineens nodig, terwijl er nog geen duidelijkheid is over toekomstige volumes en toepassingen (kraken naar waterstof, brandstof voor scheepvaart, kunstmestproductie). In deze gevallen is diversificeren in faciliterende infrastructuur lastig, en zullen investeerders vragen om meer zekerheid.

Op basis van de diverse systeemanalyses (waaronder ADAPT en TRANSFORM voor Nederland) en de resultaten van deze studie kan geconcludeerd worden dat voor zowel de brandstof- als chemiesector in elk geval aandacht nodig is voor betaalbare infrastructuur voor:

- **Aanlanding van elektriciteit uit wind op zee:** de systeemanalyses laten zien dat in alle sectoren van de samenleving de vraag naar hernieuwbare elektriciteit sterk zal stijgen van nu tot 2050, om zo nationale emissiereductiedoelstellingen te behalen. Voor de chemie- en brandstoffensectoren wordt een grote toename in de elektriciteitsbehoefte voorzien, met name voor elektrisch kraken en de productie van synthetische brandstoffen en chemicaliën op basis van groene waterstof (zie rapport WP2AB Plaatsen van de toekomstige behoefte aan duurzame koolstofbronnen in systeemperspectief, slide 33).
- **Elektriciteitsgrid:** in de diverse workshops hebben bedrijven aangegeven, dat uitbreiding van de gridcapaciteit een groot knelpunt is in de transitie. Voor de concurrentiepositie is betaalbaarheid van de infrastructuur belangrijk.
- **Waterstofopslag en -transport:** omdat in NL niet genoeg hernieuwbare elektriciteit beschikbaar zal zijn voor de productie van de benodigde hoeveelheden groene waterstof voor de industrie (waaronder chemie en brandstoffen), en tegelijk ook nog te voorzien in buitenlandse vraag vanuit het ARRRRA-cluster, is het noodzakelijk importketens voor waterstof op te zetten en de bijbehorende infrastructuur tijdig beschikbaar te hebben. De Delta Rhine Corridor zal een belangrijke rol spelen bij het transport van waterstof naar de diverse industriële clusters binnen ARRRRA. Het recente uitstel tot 2032 wordt als een groot probleem ervaren door de industrie. Ook grootschalige opslag van waterstof is nodig, maar hoeft niet binnen het HIC plaats te vinden wanneer de Delta Rhine Corridor beschikbaar als verbinding tussen opslag en HIC.
- Opslag en verwerking **biomassa:** hoewel er nog onzekerheid is over de hoeveelheid biomassa die ingezet zal worden, en de vorm waarin deze geïmporteerd zal worden, speelt het in alle scenario's voor Nederland een belangrijke rol. De stromen voor doorvoer lijken beperkt te zijn (zie slide 51 en 58). De verwerking van biomassa van Nederlandse oorsprong lijkt een goed uitgangspunt.
- **CCS:** met name in het ADAPT scenario wordt een grote rol voorzien voor CCS. Daarnaast zou infrastructuur voor CCS (Porthos, Aramis) op langere termijn gebruikt kunnen worden voor transport van geïmporteerde CO₂ uit DAC, waarbij de geïmporteerde CO₂ gebruikt wordt voor CCU.

3. Hoe zou het faciliteren van deze transitie binnen de haven georganiseerd moeten worden?

Welke activiteiten in de waardeketen passen binnen het HIC? En welke moeten elders plaatsvinden?

Keuzes in de haven hebben grote invloed op het tempo van de transitie, maar de **ruimte in de haven is schaars**.

Daarom moeten **prioriteiten** gesteld worden, welke activiteiten binnen en welke buiten het HIC een plaats krijgen.

Vooraf nieuwe conversieketens, opslag van grondstoffen en Direct Air Capture hebben een groot ruimtebeslag. **Nieuwe conversieketens** en **opslag** krijgen bij voorkeur een plaats binnen het HIC. CO₂ uit DAC kan geïmporteerd worden.

Keuzes in de haven hebben grote invloed op het tempo van de transitie, maar de ruimte in de haven is schaars

De faciliteiten in de haven zijn van groot belang voor de transitie naar duurzame brandstoffen en chemicaliën, en daarmee mede tempobepalend voor de transitie.

- Grootschalige ontsluiting van de duurzame koolstof uit import, noodzakelijk voor de transitie, is alleen mogelijk indien dit via de haven kan worden aangevoerd.
- Hernieuwbare elektriciteit is van groot belang voor duurzame productie van brandstoffen en chemicaliën. De strategische ligging van de haven, met de mogelijkheden voor aanlanding van grote hoeveelheden elektriciteit uit offshore wind, is essentieel voor het beschikbaar maken daarvan in het HIC.
- De beschikbaarheid van duurzame waterstof (blauw en groen) in de haven, via lokale productie en import, is noodzakelijk voor de transitie.
- De verbinding van het HIC met ARRRRA en de EU kan bijdragen aan het sneller opschalen van de benodigde waardeketens voor duurzame brandstoffen en chemicaliën.

De ruimte in de haven is echter beperkt:

- Op de afbeelding hiernaast is te zien, dat er nog slechts beperkt **fysieke** ruimte vrij is. De groene gebieden “binnen scope” zouden vrij kunnen komen wanneer de bestaande fossiele activiteiten worden afgebouwd. In de transitieperiode zal in de praktijk een fossiele activiteit pas kunnen worden afgebouwd, wanneer deze vervangen is voor een duurzame activiteit: “de winkel moet open blijven”.
- Daarnaast is ook de **energetische ruimte** (beschikbaarheid van hernieuwbare elektriciteit) en de **milieuruimte** (stikstof, geluid) beperkt



Figuur 11: Verdeling ruimte binnen scope, buiten scope en vrije ruimte (in hectare) over de Rotterdamse haven

Bron: Ruimtelijke effecten van de energietransitie: casus Rotterdam, Smarport/TNO, 2021

Daarom moeten prioriteiten gesteld worden, welke activiteiten binnen en welke buiten het HIC een plaats krijgen

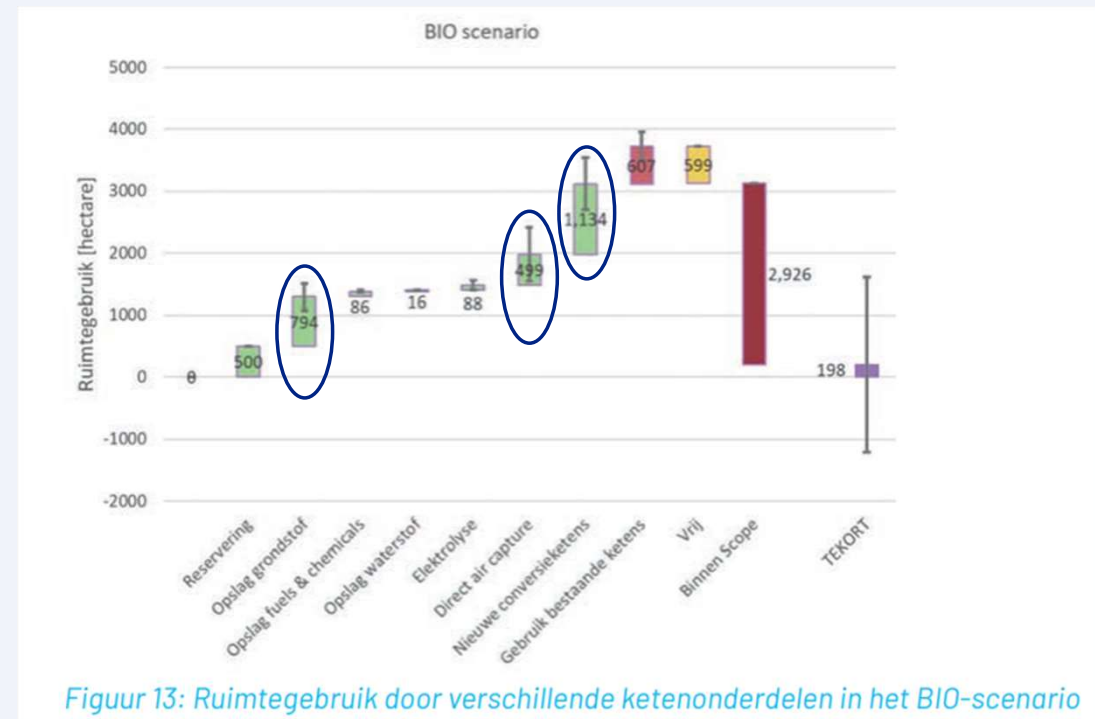
Bij het stellen van prioriteiten, zou gekozen moeten worden voor in elk geval de volgende functies:

- Activiteiten waar de haven de **meeste toegevoegde waarde** creëert.
Denk hierbij aan beschikbaarheid van infrastructuur, hernieuwbare elektriciteit, duurzame waterstof, duurzame koolstof en clusterintegratie. Chemie en brandstoffen zullen in de transitie nog meer geïntegreerd raken, en van dezelfde stromen, en van dezelfde faciliterende infrastructuur gebruik maken.
Deels zal door de politiek bepaald worden, wat gezien wordt als toegevoegde waarde: denk aan strategische autonomie en industriepolitiek en de vanuit de politiek gewenste (omvang van) de toekomstige industrie in NL, ARRRRA en EU.
- First of a kind initiatieven die zich bezighouden met grondstoffentransitie en andere (bewezen) oplossingen die **bijdragen aan de transitie**.
Zie hiervoor ook WP3C Potentiële rol Gemeente Rotterdam.
- Activiteiten die **niet elders kunnen plaatsvinden**.
Activiteiten die niet aan bovengenoemde criteria voldoen, zouden elders kunnen plaatsvinden. Elders moeten dan wel geschikte locaties beschikbaar zijn, waarbij het risicoprofiel van de activiteit passend moet zijn. Afstemming met gemeente en/of provincie is hiervoor wenselijk.

Vooraf nieuwe conversieketens, opslag van grondstoffen en Direct Air Capture hebben een groot ruimtebeslag. DAC hoeft echter geen plaats in het HIC te krijgen

Uit de studie “Ruimtelijke effecten van de energietransitie: casus Rotterdam” blijkt dat vooral opslag van grondstoffen (biomassa en plastics), Direct Air Capture en nieuwe conversieketens veel ruimte vragen.

- In het BIO scenario, dat voornamelijk gebaseerd is op import van biomassa, wordt vooral ruimte gebruikt voor opslag van grondstoffen, Direct Air Capture en nieuwe conversieketens.
- Nieuwe conversieketens worden bij voorkeur binnen het HIC opgebouwd, in verband met o.a. aanvoer van duurzame koolstof en waterstof, aanwezige infrastructuur en clusterintegratie.
- De opslag van grondstoffen zou bij voorkeur in het HIC gebeuren, zeker wanneer de biomassa wordt vergast; transport van het resulterende syngas levert hoge risico's op. Productie van syngas gebeurt dan ook bij voorkeur nabij de plaats van verwerking. In geval van pyrolyse zou overwogen kunnen worden de biomassa buiten het HIC te pyrolyseren.
- Direct Air Capture zal bij voorkeur buiten het HIC en buiten NL gebeuren, op locaties waar hernieuwbare elektriciteit en ruimte goedkoop zijn. Vervolgens kan CO₂ per schip geïmporteerd worden.
- NB: in het BIO scenario wordt veel meer biomassa verwerkt dan in ADAPT en TRANSFORM (~2600 PJ in BIO, versus ~890 PJ in ADAPT en ~860 PJ in TRANSFORM. Voor een verdere vergelijking van aannames, en voor de resultaten van de twee andere scenario's (SYN en CYC) wordt verwezen naar het rapport “Ruimtelijke effecten van de energietransitie: casus Rotterdam”.



Bron: Smartport/TNO, 2021

Werkpakket 3C

Potentiële rol Gemeente Rotterdam

Projectteam:
Caroline Schipper, Nienke Maas





Managementsamenvatting WP3C

Managementsamenvatting

Het chemie- en brandstoffencluster in de Rotterdamse haven ziet kansen om gezamenlijk op te trekken richting een duurzame chemietoekomst. Zij ziet synergie en mogelijkheden om gezamenlijk toegang te krijgen tot schaarse bronnen van circulaire koolstof. Zij ervaart ook een aantal **belemmeringen rondom ruimte en vergunningen** en doet een beroep op de **gemeente als aanjager van de circulaire transitie**. Betrokken partijen stellen zich daarbij constructief op, om de transitie te stimuleren. De **gemeente opereert** voor de economie van de haven niet solitair, maar **in een groot ecosysteem** van lokale, regionale en nationale spelers. Ze heeft bij het maken van keuzes rondom de inzet van publieke middelen van geld, tijd en mensen, ook andere **publieke belangen te dienen**, zoals leefbaarheid, gezondheid en veiligheid. De gemeente zal de wensen van de bedrijven over de rol van de gemeente dus moeten afwegen en deze vervolgens samen met Havenbedrijf Rotterdam, DCMR, Deltalinqs en andere overheden invullen.

Voor **vergunningverlening** gaat het om het versnellen van het vergunningentraject, het creëren van een gelijk speelveld en duidelijke en doelmatige wetgeving en governance. Voor **ruimtegebruik** doen de bedrijven een beroep op zowel de aandeelhoudersrol in de haven, het bevoegd gezag en de regionale samenwerking om ruimte voor circulariteit te creëren. Als **anjager** zou de gemeente volgens de bedrijven meer in moeten zetten op lobby bij het Rijk voor normering; op draagvlak voor circulariteit onder bewoners en bedrijven; het aantrekken van passende bedrijven in de keten; en het creëren van een markt voor de inkoop van duurzame producten door de gemeente.

Inhoudsopgave

- | | |
|-------------------------------|-----------|
| 1. Achtergrond en doel | Slide 298 |
| 2. Aanpak | Slide 299 |
| 3. Analyse | Slide 300 |
| 4. Resultaten | Slide 308 |
| 5. Conclusies & aanbevelingen | Slide 316 |
| 6. Appendix | Slide 317 |

Achtergrond en doel

Dit werkpakket heeft als doel om in kaart te brengen wat de potentiële rol van de gemeente Rotterdam kan zijn in het faciliteren van een transitie naar circulaire koolstof.

De resultaten van WP1 (integrale visie) en WP2 (behoefte en stromen, waarde-proposities en business modellen) vormen de basis voor een vertaling naar mogelijke implicaties voor verschillende partijen in de ketens en clusters (haven, gemeente, brandstofcluster en chemiecluster), alsmede de noodzaak van en behoefte aan regelgeving die de ontwikkeling van circulaire ketens kan versnellen.

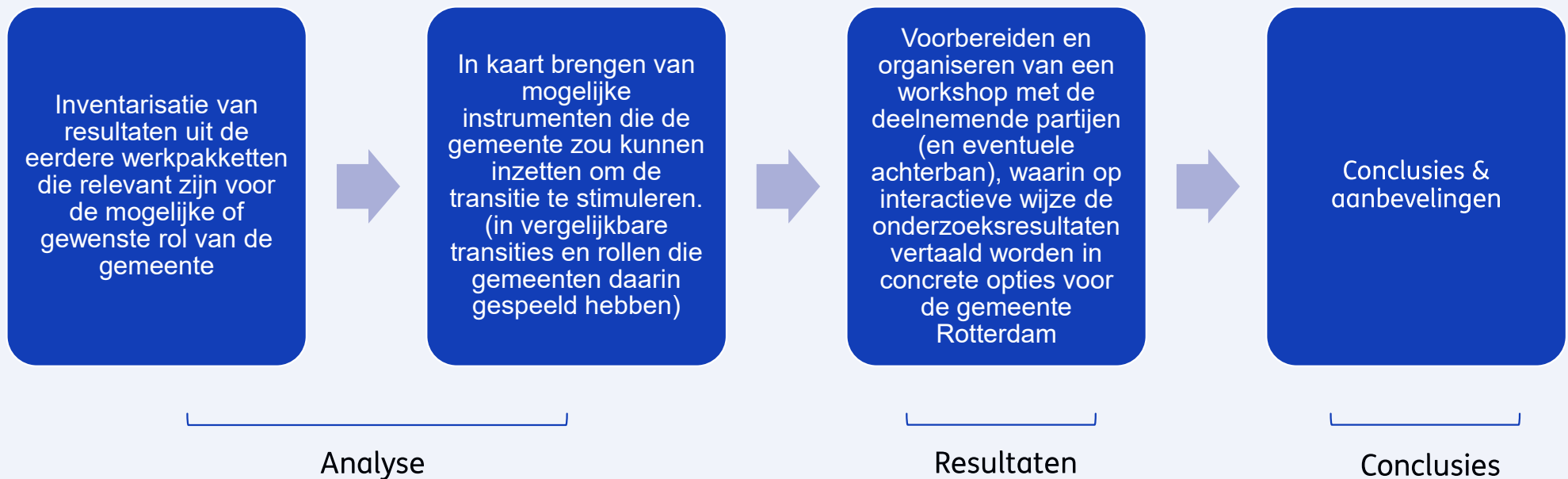
In dit werkpakket (3C) staan drie vragen centraal:

1. Wat is de rol van de gemeente Rotterdam in de transitie? Hoe kan zij de verschillende stappen in het proces en de betrokken partijen ondersteunen?
2. Wat zijn, op basis van de behoeftes van bedrijven, de mogelijkheden voor de gemeente om de transitie en bijbehorende opschaling te stimuleren en faciliteren? Wat zijn hierbij de economische kansen en hoe kunnen die verzilverd worden?
3. Wat zijn momenteel belemmeringen (bijv. wat weerhoudt bedrijven om naar Rotterdam te komen?) en hoe kunnen die weggenomen worden?

Door deze vragen met de verschillende consortiumdeelnemers, alsmede enkele marktpartijen, te beantwoorden, wordt inzicht verkregen in economische kansen en belemmeringen voor bedrijven m.b.t. de transitie, de behoeften van bedrijven richting de gemeente, en suggesties voor de gemeente Rotterdam om de transitie en opschaling te faciliteren.

Voor de gemeente specifiek is dit onderzoek een middel om zicht te krijgen op de visie en wensen van de huidige industrie. Deze inzichten worden door de gemeente meegenomen bij het herzien/opstellen van een grondstoffenvisie.

Aanpak



Analyse

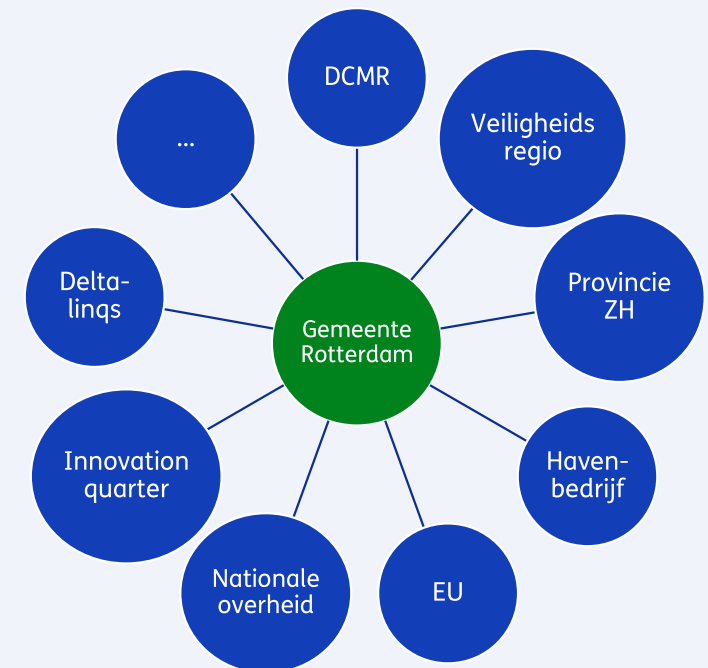
Om inzicht te krijgen in de potentiële rol voor de gemeente Rotterdam, hebben we diverse onderwerpen geanalyseerd die daartoe relevant zijn. Deze analyse dient tevens als basis voor de workshop met de deelnemende en marktpartijen, om zo tot een geïntegreerd (deskresearch en praktijk) beeld te komen.

De onderwerpen die we in deze analysefase nader bekeken hebben zijn:

- Rol van gemeente (Rotterdam); nu en in de transitie
- Voorbeelden van instrumenten
- Wensen van bedrijven ten aanzien van de transitie
- Belemmeringen

Huidige rol van gemeente Rotterdam in havenbeleid

- Samen met provincie Zuid-Holland, Rijksoverheid en Havenbedrijf Rotterdam heeft de gemeente Rotterdam in 2019 een havenvisie opgesteld. Naar verwachting wordt deze in 2025 herzien. De transities (energie, grondstoffen) zullen daar zeker in terugkomen.
- De gemeente heeft energietransitiebeleid opgesteld met inbreng van tal van actoren, zowel overheden als marktpartijen. Meerdere sturingselementen worden toegepast. Dit is ook van toepassing op de haven, waar de gemeente samen met Havenbedrijf Rotterdam de bedrijven vooral faciliteert.
- Het beleid van de gemeente Rotterdam ten aanzien van de energietransitie kent duidelijke doelstellingen, die in lijn zijn met het Klimaatakkoord van Parijs. Daarin heeft Nederland met andere EU-lidstaten een gezamenlijk EU klimaatdoel afgesproken: de EU wil in 2050 klimaatneutraal zijn. De klimaatdoelen voor Nederland zijn daarvan afgeleid en verder uitgewerkt in nationale, regionale en lokale kaders zoals het Nationale Klimaatplan, de Regionale Energiestrategie, het Raadsakkoord Energietransitie van de Gemeente Rotterdam en de strategie van het Havenbedrijf Rotterdam N.V.
- Voor de Gemeente Rotterdam speelt de haven een belangrijke rol in het realiseren van haar (duurzame) doelstellingen. Deze doelstellingen dienen in de haven niet alleen door de industrie behaald te worden, maar tevens door de scheepvaart (waarbij de CO₂emissies van de internationale zeescheepvaart niet onder de nationale en EU-doelstelling vallen).
- De gemeente werkt hiertoe nauw samen met andere overheden en organisaties (zie ecosysteemfiguur hiernaast)

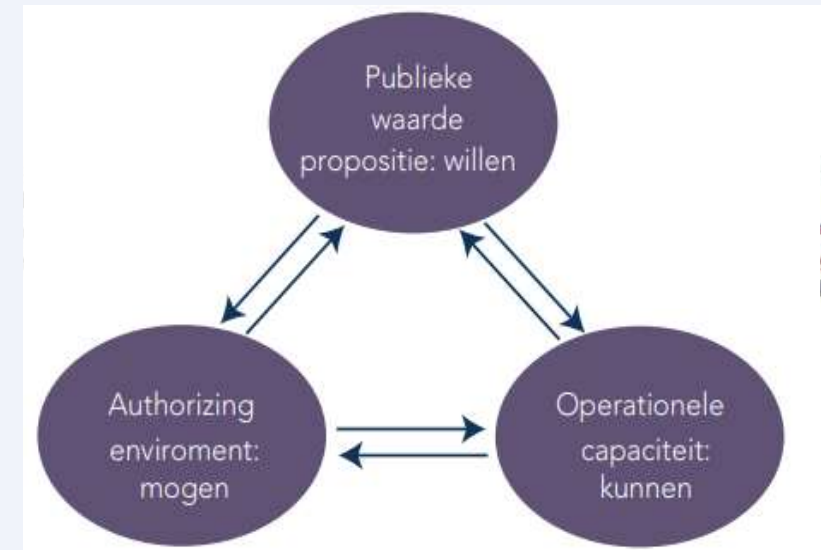


Publieke belangen waar gemeente voor staat

- Bij het vervullen van haar rol in het havenbeleid heeft de gemeente rekening te houden met diverse publieke belangen die zij dient te borgen:



- Daarbij wordt de gemeente begrensd door autorisatie (wat mogen we) en capaciteit (wat kunnen we)
- Deze studie naar circulaire koolstof raakt voornamelijk aan de lichtblauwe publieke belangen



De transformatieve overheid

Om de transitie te kunnen versnellen is een andere aanpak van de overheid (nationaal en decentraal) nodig dan ze gewend is, bv omdat er veel onzekerheden zijn en effecten niet vooraf gededuid kunnen worden. Dat noemen we een transformatieve overheid. De overheid heeft 5 **hoofdtaken** in transitie (Braams, 2024):

- richting geven: bv stip op de horizon zetten en concretiseren, leiderschap
- een governancestructuur creëren: bv communities betrekken via netwerkgovernance
- het nieuwe ondersteunen: bv via subsidies en (ruimte voor) pilots
- het dysfunctionele afbreken: bv niet-duurzame activiteiten ontmoedigen of niet langer steunen
- interne capaciteiten en structuren ontwikkelen: bv regels en procedures en mandaten opstellen

Om deze hoofdtaken goed uit te kunnen voeren zijn er 4 **aanbevelingen**:

1. Zet transitieopgaven op de (interne en externe) agenda en operationaliseer deze in actieplannen en roadmaps
2. Maak een diagnose van institutionele structuren die transitietaken belemmeren
3. Investeer in relaties met actoren die cruciaal zijn voor fundamentele veranderingen in het beleid
4. Begrijp de mogelijke tegenstand van actoren die de situatie vanuit andere publieke waarden bekijken en daarom op hun hoede zijn

Lees meer: [Transformatie overheid magazine - Rik Braams](#)

Beleidsinstrumenten naar type

Naast het uitvoeren en handhaven van wet- en regelgeving heeft een gemeente een heel scala aan andere instrumenten die ze kan inzetten. De verschillende typen instrumenten met enkele voorbeelden per type worden hieronder genoemd. Door de breedte van de mogelijke instrumenten te schetsen, verruimen we het denken over mogelijke opties en voorkomen we een te smalle scope. In zeer veel gevallen wordt een combinatie van typen instrumenten ingezet.

Type instrument	Voorbeelden
Communicatie	Bestuurlijk overleg, feedback, omgevingsprikkel, voorlichting
Financieel	Belasting, accijns, heffing, subsidie, voucher
Juridisch	Arbitrage, beleidsregels, convenant, handhaving, protocol, vergunningen
Organisatie	Decentralisatie, delegatie bevoegdheid, mandaat, privatisering
Co-/zelfregulering	Benchmarking, keurmerk, visitatie, gedragscode
Ondersteunend	Handhaving, overgangsrecht, experiment, launching customership

Concrete instrumenten

Op basis van deskresearch hebben we een aantal concrete instrumenten geïdentificeerd en getypeerd die een mogelijke bijdrage aan de circulaire transitie kunnen leveren en ter inspiratie voor de discussie kunnen dienen:

- De gemeente Rotterdam heeft een subsidieregeling voor innovatieve circulaire ondernemers (van startup tot gevestigd MKB)
- Advies aan Noordzeekanaalgebied: Neem als regio een actieve rol in het stimuleren van innovaties, b.v. door ruimte, financiële middelen of de juiste infrastructuur te waarborgen, met demonstraties en pilots (*financieel, ondersteunend*)
- Havenbedrijf Amsterdam en gemeente Amsterdam: identificeren van kansen om als launching customer specifieke ketens versneld circulair te ontwikkelen (*ondersteunend*)
- Gemeente Het Hogeland zet in op meer gebruik van externe financieringsbronnen, zoals bijvoorbeeld Nationaal Programma Groningen (NPG), Just Transition Fund (JTF), regiofondsen, regiodeals en dergelijke (*communicatie, financieel, organisatie*)
- Gemeente Het Hogeland zet in op actieve participatie met inwoners; ze willen dat inwoners meer voelen dat ze invloed hebben op hun leefomgeving (*communicatie, organisatie*)

Tevens noemen we enkele algemene mogelijkheden voor gemeenten om concreet bij te dragen aan de transitie, voortkomend vanuit onderzoek naar een 'transformatieve overheid' (Braams, 2024):

- Gemeente stuurt actief op het stoppen van activiteiten die niet passen in de transitie, via normering, zonerings, én handhaving, met inachtneming van een overgangsfase.
- Gemeente fungeert als verbindende schakel tussen bedrijf, gemeente, provincie en Rijk en faciliteert samenwerking tussen overheid en bedrijfsleven.
- Gemeente formuleert richtinggevende stip op de horizon en analyseert wat er niet-duurzaam is in het systeem.

Wat willen bedrijven

In eerdere werkpakketten hebben deelnemende partijen onderstaande wensen geuit ten aanzien van de transitie. Deze staan niet op volgorde van prioriteit, die is pas op een later moment in een van de andere workshops bepaald. Tijdens de workshop hebben we enkele wensen nader onder de loep genomen en gekeken wat een mogelijke rol van de gemeente zou kunnen zijn (zie tabel op slide 93).

- Kijken hoe **wet- en regelgeving** kan bijdragen aan de haalbaarheid van de transitie.
- **Heldere eisen voor duurzaamheid van biomassa**, en **vergroting van maatschappelijk draagvlak** voor gebruik van biomassa voor brandstoffen en chemie
- **Voldoende capaciteit op het elektriciteitsnetwerk** is cruciaal voor ontwikkeling van de ketens.
- Als overheid **langjarige zekerheid bieden** en zorgen dat er aan de benodigde **randvoorwaarden voldaan** wordt: leveringszekerheid van duurzame grondstoffen, hernieuwbare energie, en benodigde infrastructuur
- Ruimte- en energiegebruik ook in de transitie optimaliseren in gezamenlijke clusters, waarbij **faciliteiten en platformen** waar mogelijk **gezamenlijk** worden **opgezet en gedeeld**
- **Transparant systeem van koolstofboekhouding** waarbij alle vormen van CO₂ reductie als zodanig worden erkend (ook de minder populaire, zoals CCU en CCS van fossiele puntbronnen, en negatieve emissies van biogene CO₂)
- Technologiebeleid, in de vorm van **innovatiemiddelen en subsidieregelingen** om investeringsrisico's in nieuwe technologieën te mitigeren, die nog niet competitief zijn met huidige fossiele routes.
- Een deel van de **bestaande infrastructuur** voor fossiel kan worden **hergebruikt**.
- Overwegen om **aparte pijpleidingen** aan te leggen **voor transport van groene methanol**. Haalbaarheid, o.a. economisch, fysieke ruimte en regelgeving, is daarbij van belang.
- De overheid zal, vanuit het oogpunt van strategische autonomie, moeten **bepalen welke activiteiten in Nederland en de EU behouden** moeten blijven, en op welke schaal.
- Er zullen steeds **afwegingen** gemaakt moeten worden tussen energie-efficiëntie, efficiënt gebruik van grondstoffen, waardecreatie, duurzaamheid, al dan niet prioriteit geven aan gebruik van schaarse middelen voor “hard-to-abate” toepassingen, enzovoort.

Belemmeringen

Op basis van desk research en input vanuit eerdere werkpakketten hebben we een (niet uitputtend en niet op volgorde van belangrijkheid) overzicht opgesteld van belemmeringen die bedrijven kunnen ervaren in een transitie. Deze hebben we tijdens de workshop besproken en de resultaten verwerkt in Hoofdstuk 4 'Resultaten' (zie volgende slides).

- Milieuwet- en regelgeving die beperkend werkt voor circulariteit
- Onduidelijkheid over richting van de transitie
- Gebrek aan coördinatie van beleidsmaatregelen voor de transitie
- Een te beperkt ondersteunend overheidsbeleid
- Circulaire innovatie is nog te weinig gestimuleerd
- True pricing (milieubelastende effecten productie onvoldoende in rekening gebracht)
- Schommelende energie- en grondstofprijzen
- Circulaire businessmodellen passen niet binnen traditionele financieringsvoorwaarden
- Nog onvoldoende vraag naar circulaire producten (ontbreken van maatschappelijk draagvlak)
- Aanbod van secundaire grondstoffen, producten en materialen onvoldoende voorspelbaar (kwantiteit, kwaliteit, timing)
- Aanhoudende krapte op de arbeidsmarkt
- Verstoringen in de logistiek
- Tekort aan ruimte

Resultaten

Aan de hand van de documentanalyse en de wensen van de bedrijven, alsmede op basis van de discussie tijdens de workshop hebben we de rol van de gemeente benoemd voor een aantal wensen (slide 301) en deze ook afgezet tegen de publieke belangen van de gemeenten (slide 302). De wensen van de bedrijven ten aanzien van de rol van de gemeente laten steeds 3 thema's terugkomen:

- Vergunningverlening
- Ruimtegebruik
- Overheid als aanjager van de transitie

Op slide 311 tot en met 314 lichten we deze thema's verder toe. Daarna volgt nog een overzicht van genoemde onderwerpen die niet onder deze 3 thema's vallen.

WP3C: Potentiële rol Gemeente Rotterdam 4. Resultaten

Wensen van bedrijven	Wat zou volgens de bedrijven de rol van gemeente kunnen zijn?	Betrokken derden (naast gemeente)
Delen en opzetten van gezamenlijke platformen	Er bestaat een Versnellingshuis, geïnitieerd door de gemeente, waarin verschillende organisaties met elkaar samenwerken. Blijf wel goed monitoren of dergelijke platforminitiatieven niet verzanden in praatgroepen. In dat geval zou het beter zijn de tijd die aan het betreffende platform besteed wordt te gebruiken om concreet aan de slag te gaan	DCMR, Deltalinqs, Havenbedrijf, IQ, overheid
Langjarige zekerheid door bieden juiste randvoorwaarden	Om de zoveel jaar plannen en richting aanpassen is funest voor bedrijven. Belangrijk om als gemeente duidelijk te maken welke doelen je met je beleid dient.	Nationale overheid
Draagvlak vergroten voor gebruik biomassa	Gemeente moet duidelijke visie neerzetten; meer op de feiten en minder op de emotie. Rol voor gemeente als inkooporganisatie en afvalinzamelaar. Gemeente en regio zouden eigen stromen terug kunnen laten vloeien in regionale projecten. EU tenders maken dat soms lastig.	Regio / EU
Investeringsrisico's mitigeren via subsidies en fondsen	Via transitiefonds van Innovation Quarter (IQ) ondersteunt de gemeente al grote partijen in hun ontwikkeling om deze in de regio te laten landen.	ROMs
Fossiele infrastructuur hergebruik mogelijk maken (dedicated) Infrastructuur realiseren	Rol gemeente is geen leidende rol. De gemeente kan wel kijken naar welke ervaringen er al zijn of welke referenties er zijn om bestaande infra op andere manier in te zetten. Haal het net op bij andere regio's. Dit zou ook vergunningtraject kunnen versnellen.	DCMR, Havenbedrijf
Behouden cruciale activiteiten	Infrastructuur faciliteren die voor cruciale activiteiten voor de keten van circulaire koolstof nodig is.	Rijk en regio
Wet- en regelgeving	In afbouwfase zou de gemeente strengere regels mogen stellen. In opbouwfase van overgang naar circulariteit niet.	Nationale overheid
Prioriteren van schaarse middelen	Neem in havenbeleid op dat vrijgekomen ruimte alleen uitgegeven wordt aan first of a kind initiatieven die zich bezighouden met grondstoffentransitie en andere (bewezen) oplossingen die bijdragen aan de transitie.	Havenbedrijf
Transparant boekhoudsysteem van CO ₂	Geen rol voor gemeente	Nationale overheid / EU
Normeren van duurzaamheid biomassa	Geen rol voor gemeente	Nationale overheid / EU

Als je de belangen van de gemeente afzet tegenover de belangen van de industrie bij de genoemde wensen van de bedrijven dan zijn er een aantal wensen die goed aansluiten bij de belangen van de gemeente. In dat geval is het belangrijk om te kijken of deze wensen ook ingevuld mogen en kunnen worden. Er zijn ook een aantal wensen die niet direct aansluiten op de belangen van de gemeente. Dat vraagt zorgvuldigheid bij het al dan niet vervullen van deze wensen.



Vergunningverlening (1)

Rondom het thema **vergunningverlening** zijn door de bedrijven de volgende wensen geuit ten aanzien van de gemeente in haar rol als bevoegd gezag:

- ❖ Doorlooptijd van vergunningstrajecten inkorten
 - Het ontbreekt aan referenties van vergelijkbare bedrijven en processen. Gemeente zou kunnen helpen referenties te vinden en ontsluiten voor de partijen in het ecosysteem.
- ❖ Kwaliteit van vergunningstraject verbeteren
 - Als initiatiefnemer tijdig aankloppen bij de Gemeente/bevoegd gezag, vóór het indienen van de aanvraag. Dan kan onder andere worden voorkomen dat de vergunning wordt afgegeven voor een andere installatie dan er daadwerkelijk gebouwd wordt, en er op verkeerde gronden en met onjuiste eisen een vergunning wordt verleend.
 - Geef ruimte aan innovatie in de vergunningen (bv pyrolyse installatie niet beoordelen als afvalverbrandingsinstallatie)
- ❖ Opschalen en versnellen
 - Investerings door bedrijven hebben lange doorlooptijd waarbij er in het proces van gedachte naar financiering naar vergunning naar bouw altijd wel ergens complicaties zijn door een vergunningsprocedure. Koepelvergunningen kunnen versnellend werken.
 - Experimenteerregeling creëert ruimte voor versnellen en opschalen.

Goed voorbeeld: Vergunningenloods

Gemeente Rotterdam heeft recent (in samenwerking met Deltalinqs en het havenbedrijf) een Vergunningenloods opgericht - iemand die bedrijven helpt met informatie over vergunningstrajecten aan de voorkant en evaluatie aan de achterkant (om uiteindelijk te leren en te verbeteren). Dit betreft vooral milieuvergunningen waar provincie en gemeente bevoegd gezag zijn (voor de kleinere industrie en voor Seveso-bedrijven).

Vergunningverlening (2)

Ook doen bedrijven een beroep op de gemeente als het gaat om de andere rollen van de gemeente in vergunningverlening (lobby, informatievoorziening)

- ❖ Speelveld van vergunningverlening effenen om ruimte voor duurzame bedrijvigheid te maken:
 - Eenduidige interpretatie van 'einde afval status' door milieudiensten, in relatie tot vergroting van de markt. Dit zal op supragemeentelijk niveau plaats moeten vinden.
 - Richting DCMR uitdragen dat duurzame bedrijvigheid minstens een gelijk speelveld met fossiele activiteiten moet hebben.
 - Proactief kijken of er wet-/regelgeving is die circulaire ontwikkelingen in de weg staat. Met vergunningen kun je als gemeente gericht keuzes maken.
 - Zorg dat wet- en regelgeving het gebruik van afval- en reststromen en innovatieve nieuwe grondstoffen stimuleert.
- ❖ Governance
 - Zorg voor duidelijke regels, niet per se strengere regels. Wat is nog uitvoerbaar, en welke risico's ben je dan bereid om te accepteren als gemeente (bv de verplichte biofeedstock-test door een dierenarts wat niet past bij de circulaire activiteit).
 - Maak duidelijk onderscheid tussen wet- en regelgeving voor een fabriek of wet- en regelgeving die bedoeld is om een markt te creëren.
 - Mandatering (van bv. afvalbeleid) ligt op het niveau van EU of NL. Uitvoering van dit beleid zou naar gemeentelijk niveau kunnen.

Ruimtegebruik

Rondom het thema ruimtegebruik zijn door de bedrijven de volgende wensen geuit. De gemeente heeft in die wensen verschillende rollen.

- ❖ Via aandeelhoudersrol in havenbedrijf Rotterdam
 - Neem in havenbeleid op dat vrijgekomen ruimte alleen gegund wordt aan initiatieven die zich bezighouden met de grondstoffentransitie. Momenteel ligt de focus meer op sectoren en ketens, dat zou ook op stand alone of first of a kind bedrijven mogen zijn.
 - Als er ruimte gecreëerd is voor start ups, wil je uiteindelijk ook dat de scaleups voor de regio behouden blijven. Dat is misschien niet zo makkelijk op gemeenteground, meer een rol voor de haven.
 - Grond is een schaars goed. Bedrijven die grond over hebben willen die niet afstaan omdat ze het ooit zelf nog nodig kunnen hebben. Haven voert hier al jarenlang actief beleid op, maar blijft een uitdaging.
- ❖ Als bevoegd gezag in bestemmingsplannen
 - Gemeente zou de verplaatsing kunnen financieren van kleine bedrijven vanaf locaties met milieucategorie 4 (haven) naar locaties met een lagere milieucategorie (overige bedrijventerreinen). Deze bedrijven hebben daar zelf vaak niet de financiële middelen voor. Dit kan ingestoken worden als het actief creëren van ruimte door bestaande activiteiten te verplaatsen en niet als financiële support aan bedrijven.
 - Kijk goed of bio-feedstock en afval voor de bio-raffinaderijen binnen het bestemmingsplan past. Dit geldt ook voor het verwerken van geur in de vergunningen.
- ❖ Via regionale samenwerking
 - Is er voldoende ruimte (fysiek en milieu) voor de import van ammoniak (als basis voor duurzame waterstof). Dit geldt ook voor veiligheidseisen, infrastructuur en logistiek. Hier is inzet van de gemeente nodig: die moet beschikken over een visie op en kennis over dit vraagstuk.
 - Nader verkennen van het idee van satellietlocaties rond de haven waar voorbereidingen van ruwe circulaire en biograndstoffen worden gedaan, waarvoor in de haven geen plaats is, met de daarbij behorende verbindende infrastructuur met de haven. Dit vraagt mogelijk ook om strategische allianties met andere gemeenten, binnen en buiten de provincie.

Overheid als aanjager van de transitie

Rondom het thema **overheid als aanjager van de transitie** zijn de volgende wensen ten aanzien van een potentiële rol van de gemeente belicht:

- Continuïteit van beleid is een belangrijke basis voor het realiseren van de transitie. De gemeente kan hier voor wat betreft gemeentelijk beleid een belangrijke rol in spelen.
- In de keten zijn zowel aan de voor- als achterkant van de keten kansen voor de gemeente om een voortrekkersrol te spelen.
 - Aan de voorkant kan de gemeente een rol spelen door te lobbyen voor normering op het grondstoffenstuk. De rol aan de voorkant leidt tot directere invloed omdat je dan rechtstreeks de producerende industrie ondersteunt.
 - De gemeente kan een rol spelen in UPV's (Uitgebreide Producentenverantwoordelijkheid) en de afspraken die daar worden gemaakt over inzameling en verwerking. Voorbeelden hiervan zijn handhaving, samenwerking, educatie en inzameling.
 - Aan de achterkant kan de gemeente circulaire keuzes maken bij de inkoop van materialen (bv circulair of biobased bouw materiaal in aanbestedingen) en inkoop van duurzame brandstof (duurzame diesel in wagenpark van gemeenten en aan de gemeente gelieerde organisaties (circle of influence)).
- Gemeenten kunnen ook bronscheiding faciliteren van PMD en GFT, omdat we die koolstofatomen moeten hergebruiken. Betekent dus gescheiden ophalen van huishoudelijk afval en publiekscampagnes zodat huishoudens beter leren hoe ze dat moeten doen.
- Gemeenten kunnen krachten bundelen met bedrijven om circulariteit onder de aandacht te brengen. Een gezamenlijke boodschap werkt versterkend. Een voorbeeld is de end-of-waste status, waar Nederland achter lijkt te gaan lopen op andere landen. Gemeenten kunnen aangeven dat dit ook belangrijk is voor circulaire activiteiten in hun plannen.
- Gemeenten kunnen kijken of ze spelregels zodanig kunnen formuleren dat bedrijven vrijheid hebben om technologiekeuzes te kunnen maken.
- Naast de kringlopen in de stad en binnen de gemeente, kan de gemeente samen met het havenbedrijf ook het aan- en doorvoeren van circulaire grondstoffen aanjagen door juist die bedrijven naar de Rotterdamse haven te trekken en te zorgen dat er ook circulaire ketens ontstaan.
- Vergroot het draagvlak bij burgers voor circulaire (biobased) oplossingen; doe mee in de discussies over de transformatie van de industrie en zet daarbij bijv. in op een volledig fossielvrije Rotterdamse haven in 2050, met behoud van industrie.

Overige onderwerpen

Naast de verschillende thema's zijn nog enkele **andere onderwerpen** ter sprake gekomen ten aanzien van een gewenste potentiële rol van de gemeente. Die worden hieronder belicht:

- Bedrijven hebben vooral indirect contact met de gemeente, wel veel contact met partijen in het ecosysteem (bv Deltalinqs, HbR, DCMR, Nationaal, EU). Gemeente zou kunnen kijken waar ze het proces kan stimuleren en helpen daar waar contacten in het ecosysteem tot problemen leiden. Kijk wat escalatieniveaus kunnen zijn.
- Gemeente geeft aan dat ze via transitiefonds van Innovation Quarter ook grote partijen in hun ontwikkeling ondersteunt om deze in de regio te laten landen.
- Stimulering op innovatie door gemeente wordt op prijs gesteld, maar is niet zaligmakend. Stimulering kan beslissingen van bedrijven beïnvloeden.
- Het gaat niet alleen om welke middelen gemeenten hebben voor korte termijn innovatie, maar ook om het behouden van de innovatie voor de gemeente als deze succesvol blijkt. Dit stimuleert werkgelegenheid en dat mensen in en rond Rotterdam willen wonen.
- Bij ieder project worden vanuit silo's afwegingen gemaakt, en eisen gesteld. Deze kunnen elkaar in de uitvoering van de projecten ook tegenspreken. Met een meer systematische/holistische blik van de gemeente, worden afwegingen en eisen meer in balans gebracht.
- Voor de toekomstvisie van de gemeente zou met relevante partijen in beeld gebracht kunnen worden welke niches en onderscheidende sectoren de basis kunnen zijn voor de economie van de regio in de toekomst. Men kan zich dan ook buigen over de vraag welke technologie en innovatie daarvoor nodig is. En welke investeringen daarvoor nodig zijn.
- Let op dat we niet risico-avers worden en wel keuzes durven blijven maken, ook onder onzekerheid zoals die geldt bij transities. Er wordt van bedrijven verwacht dat zij 'lef' tonen en in onzekere periodes risicovolle duurzame investeringen doen, dan moet de overheid dat ook durven doen.
- De gemeente speelt een belangrijke rol in het ruimte laten aan bedrijven om zelf met oplossingen te komen.
- Door zich te verdiepen in de belevingswereld van doelgroepbedrijven kan de gemeente in het ecosysteem een indirecte rol vervullen richting HbR/DCMR/Lobby/etc.

Conclusies en aanbevelingen

- Gemeente en bedrijven hebben constructieve houding in het zoeken naar mogelijkheden om gezamenlijk de transitie te stimuleren.
- Vergunningverlening en ruimtegebruik blijken hierbij cruciale thema's te zijn.
- Diverse belangen van bedrijven blijken in lijn te liggen met het belang / de publieke rol van de gemeente.
- De gemeente kan hierin een typische voorbeeldrol vervullen: zij staat immers het dichtst bij de burger, dus dat ziet iedereen op dagelijkse basis.
- Vanuit bedrijven is er behoefte aan concreetheid en duidelijkheid, zowel in normering als keuzes in het licht van een toekomstvisie.
- Gemeente moet daarentegen wel voldoende ruimte aan bedrijven laten om zelf met oplossingen of tot technologiekeuzes te komen.
- Veel wensen van bedrijven liggen niet binnen de invloedssfeer van de gemeente maar bij andere organisaties in het ecosysteem. Het is daarom belangrijk dat bedrijven het ecosysteem goed kennen en de gemeente kijkt of ze in het faciliteren van de samenwerking in dat ecosysteem een bijdrage kan spelen.

WP3C

Appendix



Workshop: algemene informatie

TNO heeft een online workshop georganiseerd op 27 augustus 2024 voor WP3C.

De volgende vragen zijn besproken tijdens de workshop:

1. Wat is de rol van de gemeente Rotterdam in de transitie? Hoe kan zij de verschillende stappen in het proces en de betrokken partijen ondersteunen?
2. Wat zijn, op basis van de behoeftes van bedrijven, de mogelijkheden voor de gemeente om de transitie en bijbehorende opschaling te stimuleren en faciliteren? Wat zijn hierbij de economische kansen en hoe kunnen die verzilverd worden?
3. Wat zijn momenteel belemmeringen (bijv. wat weerhoudt bedrijven om naar Rotterdam te komen?) en hoe kunnen die weggenomen worden?

Aanwezigen:

Mark Intven (VNCI)

Ruud Melieste, Monique de Moel (HbR)

Hijmen van Twillert, Liza van der Aa (Gem R'dam)

Fred Akerboom (Deltalinqs)

Nicole van Klaveren (&Flux)

Erik Geensen (Varo Energy)

Eelco Dekker (Conker)

Caroline Schipper, Nienke Maas (TNO)

Werkpakket 3D

Regulering en beleid

Projectteam:
Karin van Kranenburg, Karina Veum





Managementsamenvatting WP3D

Management summary

- The chemical and fuel industry see adequate **regulations and policy** as a necessary **driving force for the transition** to sustainable chemicals and fuels.
- **Creation of market demand** for sustainable chemicals and fuels is **needed to support** feasible business cases. While regulations and policies creating demand for sustainable fuels are in place (e.g. REDII/III), this is hardly the case for sustainable chemicals.
 - Regulations and policies for sustainable fuels are more targeted at suppliers and end users (thus creating market demand) and focus mainly on feedstocks;
 - Regulations and policies for sustainable chemicals are targeted more at producers (compared to fuels), and focus more on circularity, e.g. plastics recycling, recycled content requirements.
 - Market demand for sustainable chemicals should be stimulated by regulations and policies, as for fuels in mobility.
- **Harmonised sustainability criteria for circular feedstocks** (biomass, waste, CO₂) are desired by industry, regardless of application in sustainable fuels or chemicals. These should be technology neutral.
- Industry indicates that **NL government** should pay special attention to:
 - Acceleration of **permitting**
 - Waste regulation (“**Einde afvalstatus**”), which is currently hindering raw materials use for production of sustainable fuels and chemicals. Waste should be regarded as feedstock.
 - **Mass balancing**: sustainability of output should be considered based on (mixed) inputs
 - **Chemical recycling**: should be considered equally important as mechanical recycling (technology neutral)
- Joint efforts by **industry stakeholders**, **European Commission** and **national governments** should result in policy and regulations that drive the transition to sustainable chemicals and fuels into the right direction.

Management summary

Mapping EU circular carbon policy instruments along the supply chain

impacts:

x -fuels

x -chemicals/materials

Policy instrument	Who needs to take action				What is being targeted		
	Producer/importer (incl. fuels, chemicals)	Supplier	End user	Governments/ local authorities	Feedstock input (biomass, waste, CO ₂ , RES, reduce fossil)	Circularity (e.g. reuse, recycle)	Removal and/or storage
REDII (RES, transport targets, RFNBO)		x (art 25)			x	(x)	
REEDIII (RES, transport, industry, RFNBO targets)	x (art 22a)	x (art 25)			x	(x)	
EU ETS I (carbon pricing)	x x				x x		
EU ETS II (carbon pricing)		x			x		
CBAM (carbon pricing)	x				x		
ReFuelEU Aviation (e-fuel targets)		x			x		
FuelEU Maritime (GHG intensity targets)			x		x		
Energy Taxation Directive (tax on energy, incl. fuels)		x			x		
SUPD (bans targeting single-use plastic products)	x	x	x				x
PPWR (min. recycled content, re-use, etc.)	x				x x	x	
WFD (targets on MSW recycling)				x x		x x	
LD (restriction of MW to landfills)				x x	x x	x x	
ESPR (sustainable product design)	x					x	
CRCF proposal (carbon market)					x		x x
CSRD (reporting, scope 3 emissions)	x x	x x				x x	

Report outline

- | | |
|---|-----------|
| 1. Background and objectives | Slide 324 |
| 2. Approach | Slide 325 |
| 3. Analysis (including input from Dutch stakeholders and implications for Dutch industry) | Slide 326 |
| 4. Way forward | Slide 334 |
| 5. Appendix | Slide 335 |

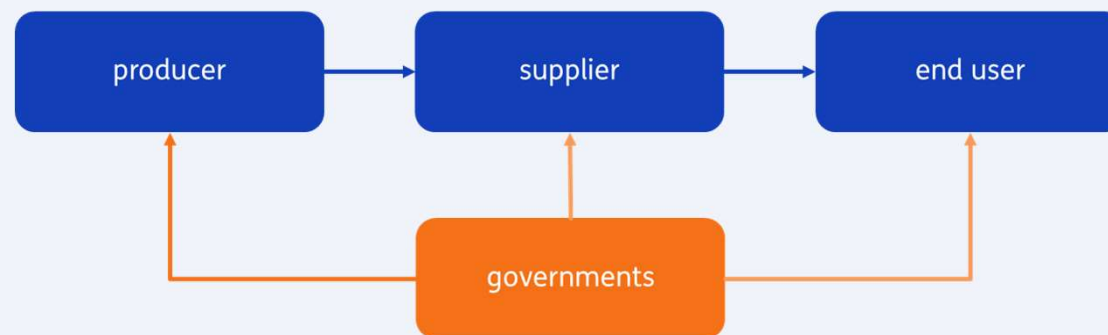
Background and objectives

EU policy and regulations are key driving forces behind a system transition to circular carbon and reducing EU dependency on fossil resources and critical raw materials from outside Europe. There are ambitious goals at various levels, from EU to national to company level, reflecting EU's Green Deal aims to address climate change and environmental deterioration.

Legislative initiatives to lead EU on a carbon neutrality track for industry include, among others, the 2021 Communication of Sustainable Carbon Cycles and the FitFor55 package (July 2021), the REPowerEU package, and a new Clean Industrial Deal, which is key to the European Commission's 2024-2029 work programme.

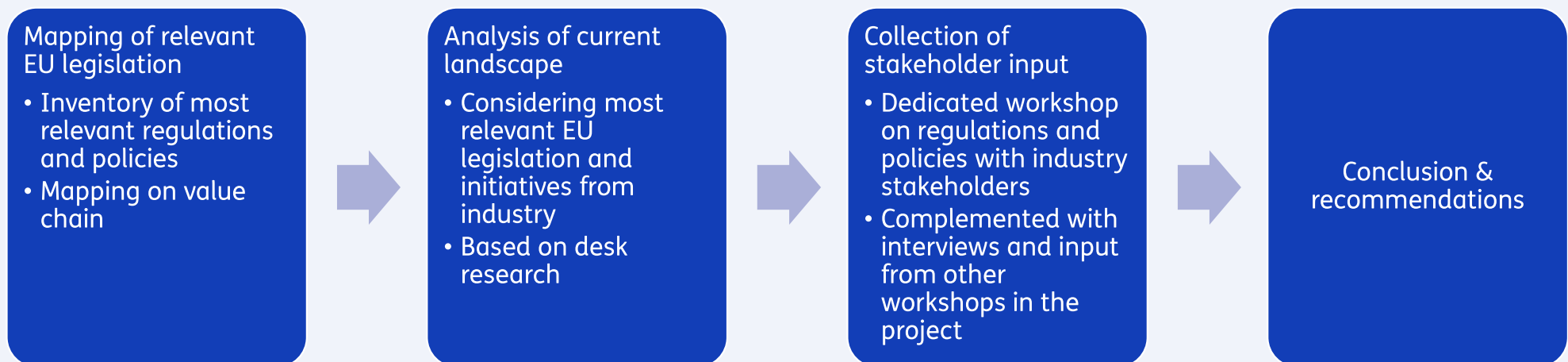
This work package will analyze where the chemical and fuels industry has a need for guidance for regulations and policy and where they have common interests to achieve that. The following elements are covered:

- Starting from **EU policy** and regulations; **translation to Dutch situation**
- Mapping on **value chain**
- Potential **synergies** between fuels and chemicals: availability, production, market stimulation

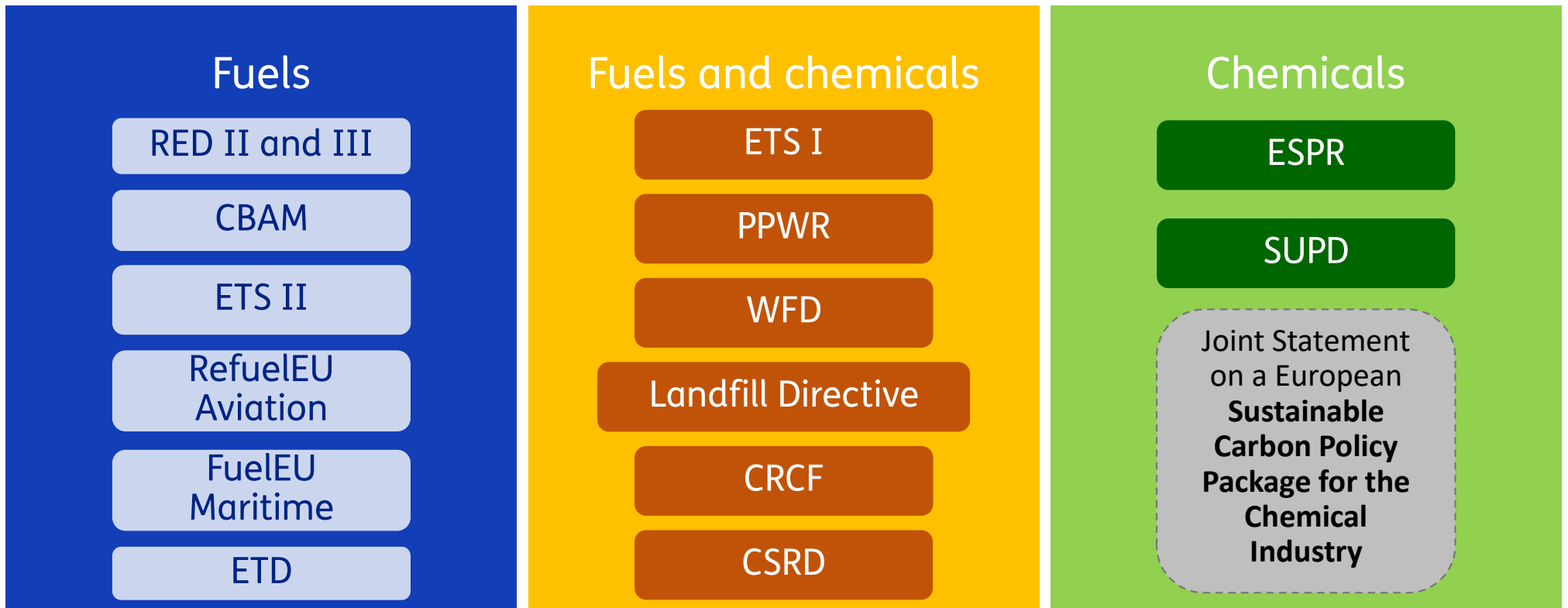


Approach

This workpackage was executed by doing desk research, and by involving companies from the chemical and fuel industry in the following manner:



Mapping EU circular carbon policy instruments along the supply chain (1)



Mapping circular carbon policy instruments along the supply chain (2)



Policy instrument

- Targets, criteria obligations & mandates
- Bans
- Standards
- Carbon pricing
- Subsidies
- Product design
- ESG reporting requirements



Who needs to take action

- Producer/importer
- Supplier
- End user
- Governments / local authorities



What is being targeted

- Feedstock input (biomass, waste, CO₂, electricity from RES)
- Circularity (e.g. reuse, recycling)
- Carbon removal & storage

Mapping circular carbon policy instruments along the supply chain

impacts: **x** –fuels, **x** –chemicals/materials

Policy instrument	Who needs to take action				What is being targeted		
	Producer/importer (incl. fuels, chemicals)	Supplier	End user	Governments/ local authorities	Feedstock input (biomass, waste, CO ₂ , RES, reduce fossil)	Circularity (e.g. reuse, recycle)	Removal and/or storage
REDII (RES, transport targets, RFNBO)		x (art 25)			x	(x)	
REEDIII (RES, transport, industry, RFNBO targets)	x (art 22a)	x (art 25)			x	(x)	
EU ETS I (carbon pricing)	x				x		
EU ETS II (carbon pricing)		x			x		
CBAM (carbon pricing)	x				x		
ReFuelEU Aviation (e-fuel targets)		x			x		
FuelEU Maritime (GHG intensity targets)			x		x		
Energy Taxation Directive (tax on energy, incl. fuels)		x			x		
SUPD (bans targeting single-use plastic products)							
PPWR (min. recycled content, re-use. Etc.)	x				x x	x	
WFD (targets on MSW recycling)				x		x	
LD (restriction of MW to landfills)				x x	x x	x x	
ESPR (sustainable product design)						x	
CRCF proposal (carbon market)					x		x x
CSRD (reporting, scope 3 emissions)	x	x				x	

Current landscape (1)

Highlights:

- EC has put in place legislation to stimulate the uptake of renewable e-based and bio-based carbon fuels over fossil fuels by setting binding targets for the share of renewable energy and sustainable fuels for transport purposes, similar legislation is missing for carbon for chemicals and materials use.
- Current incentives are insufficient to stimulate the substitution of virgin fossil carbon with recycled materials, sustainable biomass and captured CO₂.
- While EU ETS focuses on limiting GHG emissions, additional incentives and measures are needed for circular carbon processes (e.g. using recycled carbon in products) to encourage broader adoption of circular carbon.
- Attention needs to be paid to the availability of sustainable carbon sources, e.g. attracting biomass and plastic waste streams, and incentivising carbon capture (on short term from point sources; from DAC on longer term) to boost carbon supplies and secure key input for carbon-based products.
- Some EU legislations are in place that could create market stimuli, e.g. PPWR and ESPR, however, they are not considered sufficient for creating a functioning market for sustainable carbon sources. Policy instruments are needed to create demand for products containing sustainable carbon.
- REDII identifies mass balancing as the most feasible way of ensuring sustainable biofuel production, and therefore, used to maintain a record of the chain of custody, material composition, and GHG emissions of biofuels produced. A mass balance approach is lacking for recycled chemical intermediates and products.

Current landscape (2)

Highlights:

- Dutch ministries (EKZ & I&W) have developed a proposal for an **Industrial Sustainable Carbon Regulation** in the EU, which includes, among others, an obligation for a minimum share of sustainable carbon in the chemical industry (to complement/match the existing legislation on sustainable fuels).
- Antwerp declaration: In February 2024, numerous businesses call for a European Industrial Deal, given the current challenges being faced by Europe's industries. Von der Leyen's programme for 2024-2029 includes a European Industrial Deal, with emphasis on additional funds for innovation and infrastructure, increased efforts to secure EU's raw material needs and enforce the Single Market.
- No methodology exists yet for calculating the share of sustainable non-fossil carbon in chemicals and plastic products, nor a definition of sustainable non-fossil carbon (which according to Cefic should cover all sustainable circular feedstocks, i.e. bio-based, recycled (mechanically and chemically) and CO₂-capture based materials).

Input from stakeholders

TNO organised an online workshop on 1 July 2024 for WP3D.

The following questions were discussed during the workshop:

1. Discussion on three key questions with regard to the existing EU policy framework:
 - a) what policy instruments do we need but don't yet have?
 - b) what policy instruments do we have but we don't need?
 - c) what policy instruments do we have that we need less/more of?
2. Do we need a better integration of policies and regulations targeting fuels and chemicals? If so, what connectivity is needed?

Besides this online workshop, relevant input from interviews with industrial stakeholders and from other workshops within the project were used.

Policy changes needed

During the workshop, participants highlighted that the following policy changes are needed:

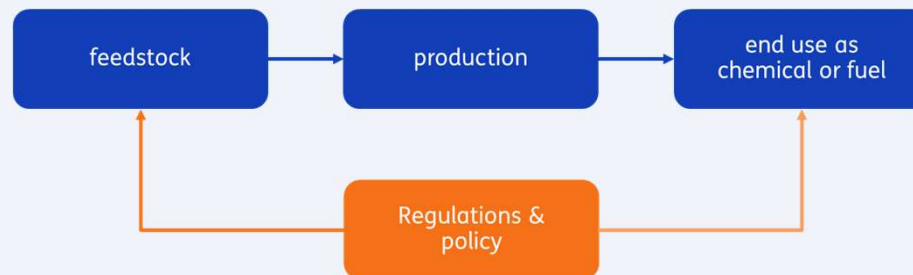
- An **overarching EU policy and legislative framework** covering sustainable circular carbon should be developed in context of EU's 2040 climate target. This framework should preferably not favour one application (e.g. fuels) over another (e.g. materials)*.
- Furthermore, a sustainable circular carbon legislative framework should:
 - include **targets/obligations and financial support** (e.g. using CCfD or equivalent (e.g. SDE++)), additionally, **technology neutrality** should be ensured (e.g. mechanical vs. chemical recycling).
 - provide incentives to support the **electrification of transport**, where possible, and where **use of circular carbon is prioritized for use in hard-to-abate applications** like aviation, maritime, chemicals and materials. This is particularly important in the likelihood of scarce renewable resources and/or supply deficit of circular carbon.
- Implement **mass balancing requirements** in both EU and NL legislation:
 - mass balancing 'regulation' currently prohibits 'chemical recycling' companies to separate 'fossil' from 'renewable' products in the market, requirements introduced should be revised, so that a company can claim sustainable output based on non-fossil input.
 - there is a need for **harmonized calculation rules** in the EU for recycled content in products accepting mass balance approach.
- The NL government should pay special attention to revision of rules for use of waste (Einde Afvalstatus), to issues related to **permitting procedures** and **chemical recycling as complementary to mechanical recycling**.

* Though some individual stakeholders expressed preference for favouring fuels or chemicals, most participants in the workshops supported a common approach for both chemicals and fuels for hard-to-abate applications.

How to connect regulations and policies for fuels and chemicals?

Stakeholders stressed that a better integration of policies and regulations targeting fuels and chemicals is needed:

- An **overarching policy** is needed, with **harmonised criteria** for circular carbon feedstocks, regardless of application in sustainable fuels or chemicals.



- **Market demand** for sustainable chemicals **should be stimulated** by regulations and policies, in a similar way as for fuels in mobility (RED3/RefuelEU Aviation, FuelEUMaritime). Lessons learned from mobility can be applied in regulations and policies for chemicals.
- **Investment subsidies** are needed, e.g. for the technologies listed in the national technology strategy (process technology, conversion of waste). Extend NZIA to include non-energy technologies.
- **Circular carbon** is scarce and needed both for sustainable chemicals and fuels. The chemicals and fuels sector and governments should **cooperate in acquiring them**, create public awareness and acceptance regarding use of biomass and using waste to create value.
- Focus and clarity is needed for EU's desired level of **strategic autonomy** in production of sustainable chemicals and fuels: what (minimum share) does the EU want to produce itself, and what feedstocks are needed for that?

Way forward

The following actions should be taken by different stakeholders to come to policy and regulations that drives the transition to sustainable chemicals and fuels into the right direction:

1. **Industry** stimulates **European Commission** for policy/regulatory changes (e.g. by Antwerp declaration).
2. **European Commission** initiates work on an EU-wide comprehensive and holistic regulatory framework for promoting non fossil-based carbon, whilst ensuring broader policy alignment. Create focus and clarity for EU's desired level of strategic autonomy in production of sustainable chemicals and fuels. Create a level-playing-field between fossil and circular carbon, between use of circular carbon for fuels and chemicals, and between EU countries.
3. Consultations with **national governments**, **industry** and **relevant stakeholders** on the development of an EU-wide regulatory framework (bullet 2 above).
4. **National government** translates EU policies and regulations into national policies and regulations, and pays special attention to acceleration of permitting, waste regulation, implementation of mass balancing, and chemical recycling.
5. In parallel, cross-sector collaborations should be initiated/exploited between e.g. **national governments**, **industry** & **research organisations**, examples of such collaborations include:
 - Public-Private Partnerships to leverage strengths of each to drive innovation and commercialisation
 - Setting up innovation networks to share knowledge, best practices and technological/business model advancements
 - Using Horizon Europe & other EU-funding instruments & national funding schemes to initiate **industry**-driven pilot projects that demonstrate feasibility of non fossil-based carbon production/use at scale
6. Also in parallel, **industry**, with support from **European Commission** and **national governments should** develop standards to further stimulate a market for sustainable circular carbon.

WP3D

Appendices



What are possible policy options to promote circular carbon?

Circular carbon can be promoted through a number of different policy options, we have listed some examples here:

1. **Carbon pricing on circular carbon processes**, e.g. introduce differentiated carbon pricing mechanisms specifically for circular carbon activities (e.g. CCUS, BECCS, DACs, circular carbon-based products (e.g. plastics, chemicals), waste-to-carbon, industrial symbiosis)
2. **Circular carbon product certification** (promote consumer awareness and demand for circular carbon products by creating market differentiation, i.e. with the help of certification and labelling systems for products that are made using circular carbon processes or materials)
3. **Carbon take-back obligations**, i.e. legal obligation on carbon producers (e.g. fossil fuel companies) to capture/recycle a given amount of carbon they produce, this would shift the burden of circular carbon implementation to producers, pushing them to adopt circular models and/or invest in carbon management technologies
4. **Circular carbon innovation fund**, i.e. dedicated fund similar to EU Innovation Fund, but with specific focus on circular carbon activities
5. **Circular carbon procurement**, create demand for CO₂-based products through public procurement (governments are major purchasers of fuels, chemicals and building materials)
6. **Carbon circularity credits**, i.e. system for trading carbon circularity credits where companies would earn credits for R's (reducing, recycling, reusing carbon), similar to carbon credits under EU ETS, circularity credits could reward circular carbon practices, such as using captured CO₂ in manufacturing, helping to create a new market for carbon circularity
7. **Circular carbon industrial clusters**, e.g. could be based on various incentives (funding, tax credits, etc.) focused on the promotion of establishing industrial clusters dedicated to circular carbon practices, where companies within a geographical area share resources and technologies to implement circular carbon solutions

Workshop: general info

TNO organised an online workshop on 1 July 2024 for WP3D.

The following questions were discussed during the workshop:

1. Discussion on three key questions with regard to the existing EU policy framework:
 - a) what policy instruments do we need but don't yet have?
 - b) what policy instruments do we have but we don't need?
 - c) what policy instruments do we have that we need less/more of?
2. Do we need a better integration of policies and regulations targeting fuels and chemicals? If so, what connectivity is needed?

Attendants:

Mark Intven (VNCI)

Jan Bessembinder, Marnix Koopmans (Vemobin)

Ruud Melieste, Monique de Moel (HbR)

Nicole van Klaveren (&Flux)

Hijmen van Twillert, Alyssa Akkerman (Gem R'dam)

Djoeke Altena (Neste)

Eline van Krimpen (Deltalinqs)

Heleen Koopal (Gidara Energy)

Friso Doelman (LyondellBasell)

Harmen Huiskens (Finco Energies)

Arjan van Vliet (Shell)

Matthijs Ruitenbeek (Dow)

Erik Geensen (Varo Energy)

Ferdy de Leeuw (Zeeland Refinery)

Karina Veum, Frank Wubbolts, Caroline Schipper, Karin van Kranenburg (TNO)

What policy instruments do we need but don't yet have?

- **Market stimulation:** create a market for sustainable materials, like it is created for sustainable fuels. Mandates/norms/obligations/targets are needed also for chemicals to create market demand; current regulations for chemicals focus only on safety, waste, packaging, etc.
- **Mass balancing:**
 - Harmonised calculation rules in the EU for recycled content in products, accepting mass balance approach.
 - Sustainability of output should be regarded based on (mixed) inputs, regardless of use as a fuel or chemical (book & claim).
 - Calculation rules should stimulate use of existing infrastructure for sustainable alternatives.
- **Chemical recycling:**
 - Mechanical and chemical recycling should be regarded equally important; both are needed to realise higher recycling rates. Instruments for upscaling are needed.
 - Currently NL makes a distinction between chemical and mechanical recycling, but regulation should be based on outcome and be technology unaware. National addition in LAP4, making a hierarchic distinction between chemical and mechanical recycling, should be taken out and be in line with WFD that makes a distinction between reuse, recovery and recycling (instead of between technologies).
 - Support inclusion of chemical recycling in EU Taxonomy for sustainable investment.
- **Waste (Einde Afvalstatus) :** Waste should be regarded as a feedstock. Current regulation is hindering using raw materials for production of sustainable fuels and chemicals (both for processing and for import). Permitting procedures are too complicated.
- Carbon contracts for difference to stimulate EU production of circular carbon.
- Policy instruments stimulating usage of lower quality waste and residue streams are needed, e.g. in the form of an EU raw materials strategy.

What policy instruments do we have but we don't need?

- Waste legislation:
 - End-of-waste regulation is outdated
 - Outdated legislation preventing waste to be used as feedstock (LAP3)
 - LAP4 distinction between chemical and mechanical recycling
- Restrictions on import and export of plastic waste and pyrolysis oil
- Complex requirements on mass balancing for fuels
- Dutch national circular polymer tax

What policy instruments do we have that we need more of?

- Incentives for end users to buy circular products (market creation policies). Obligations/norms for material use.
- Raw materials strategy, enabling usage of lower quality waste and residues, also unlocking new (innovative) feedstocks, also in the light of strategic autonomy.
- Acceptance of all circular methods for recycling, including mechanical and chemical recycling, gasification and bio
- Minimum circular (non primary fossil) targets, assuring security of supply, both for fuels and materials
- RED4, including a 2040 target. EC envisions to have a proposal in 2027, but this is too late for investments decisions in new technology and installations, chains for feedstock, etc.
- RED for chemicals/materials (a “Renewable Materials Directive”)
- Additional costing support for sustainable chemicals, like for energy in fuels in SDE++ and NIKI (Nationale Investeringsregeling Klimaatprojecten Industrie). Can be at EU/NL/regional/local level.
- Harmonised criteria on feedstock and traceability for (all) feedstock
- Carbon recycling at system level rather than P2P
- Hierarchical approaches for carbon use, to avoid competition for the same carbon
- Circular carbon mandates for more product groups than packaging, ELV, EPR, textile
- Dedicated CE policy instrumentation
- Inflation Reduction Act

Do we need a better integration of policies and regulations targeting fuels and chemicals? If so, what connectivity is needed?

- An overarching policy is needed, with harmonised criteria for circular carbon feedstocks, regardless of application in sustainable fuels or chemicals.
 - Feedstocks and production processes for sustainable fuels and chemicals are largely the same and need the same regulatory framework.
 - Mass balancing, allowing multiple feedstock input, and output that can be used both as a fuel and chemical, is desired.
 - Since plants both sustainable fuels and chemicals will be produced in the same plants, also permitting has to be harmonised between fuels and chemicals.
 - Enabling both sectors to cooperate can help to make solutions competitive and scalable.
- Market demand for sustainable chemicals should be stimulated by regulations and policies, in a similar way as for fuels in mobility (RED3/RefuelEU Aviation, FuelEUMaritime). Lessons learned from mobility can be applied in regulations and policies for chemicals.
- Investment subsidies are needed, e.g. for the technologies listed in the national technology strategy (process technology, conversion of waste). Extend NZIA to non-energy technologies.
- Circular carbon is scarce and needed both for sustainable chemicals and fuels. The chemicals and fuels sector and governments should cooperate in acquiring them, create public awareness and acceptance regarding use of biomass and using waste to create value.
- Focus and clarity is needed for EU's desired level of strategic autonomy in production of sustainable chemicals and fuels: what (minimum share) does the EU want to produce itself, and what feedstocks are needed for that?



TNO innovation
for life