

Een quickscan van vraag en aanbod van haventerreinen t.b.v. de ontwikkeling van duurzame (scheepvaart)brandstoffen.

Rapportage voor Ministerie van I & W
Dr. Peter de Langen, Ports & Logistics Advisory
Januari 2024



Ports & Logistics Advisory

1 Achtergrond en aanpak

De Nederlandse zeehavens vervullen een belangrijke rol bij de transitie naar duurzame brandstoffen. In de zeehavens vindt op- en overslag van grond- en brandstoffen plaats en vestigen zich bedrijven die duurzame brandstoffen gaan produceren. De mogelijke productielocaties voor duurzame brandstoffen in zeehavens zijn afhankelijk van de beschikbare (fysieke) ruimte en de gestelde milieu en veiligheidseisen. Verschillende bedrijven hebben gekozen voor een productielocatie in een Nederlands havencomplex, de verwachting is dat er meer vraag naar productielocaties voor duurzame brandstoffen in zeehavens zal ontstaan. Het doel van deze analyse is het scheppen van meer inzicht in de mogelijke omvang van deze vraag en hoe deze vraag zich verhoudt tot het bestaande aanbod van haventerreinen. Het doel is een beter ‘globaal overzicht’, van de balans tussen vraag en aanbod van haventerreinen voor productie van (scheepvaart)brandstoffen. De rapportage bevat een beeld op hoofdlijnen, op basis van deskresearch en informatie verkregen van de ontwikkelaars van de Nederlandse havens van nationaal belang (Groningen Seaports, Port of Amsterdam, Port of Rotterdam, Port of Moerdijk en North Sea Port).

Het onderzoek beperkt zich tot productielocaties (met bijbehorende opslag) voor duurzame brandstoffen. De vraag naar op- en overslagfaciliteiten voor duurzame brandstoffen wordt niet meegenomen. Voor deze afbakening is gekozen omdat de op- en overslag van brandstoffen in elk geval deels kan plaatsvinden op al bestaande terminals¹.

Alle ‘transportbrandstoffen’ worden in de analyse meegenomen. Het gaat daarbij onder meer om, bio-diesel (geproduceerd met afval of biomassa), methanol, waterstof, ammonia en ‘e-kerosine’ en ‘e-diesel’ geproduceerd met methanol of waterstof². Deze brandstoffen zullen naar verwachting zowel in de scheepvaart als in andere transportmodaliteiten worden gebruikt.

¹ Deze afbakening is gekozen om de focus in deze rapportage geheel te kunnen leggen op de productie van duurzame brandstoffen, maar de afbakening is ‘problematisch’ in de zin dat er soms een samenhang is tussen productie, overslag en bunkering van duurzame transportbrandstoffen. Daarnaast is het relevant te vermelden dat de transitie naar duurzame brandstoffen kan leiden tot een toenemende ruimtevraag voor overslagactiviteiten, omdat nieuwe brandstoffen vaak een lagere energiedichtheid hebben dan fossiele brandstoffen. Ook is de risicocontour bij het bunkeren van LNG, Ammonia en waterstof hoger dan bij traditionele ‘marine diesel’.

² Deze laatste worden soms aangeduidt als ‘Renewable Fuels of Non-biological Origin (RFNBOs)’.

Een aantal van de bovengenoemde brandstoffen kan ook gebruikt worden in andere eindmarkten. Zo kan waterstof ook gebruikt worden als grondstof in de (bio)chemische industrie. Bij de analyse van de vraag naar productielocaties in de Nederlandse zeehavens wordt geen onderscheid naar de omvang van potentiële eindmarkten qua geografie (bijvoorbeeld bunkering in Nederlandse of in andere Europese Zeehavens) en toepassing (transportbrandstof of grondstof)³, omdat betrouwbare informatie hierover niet voorhanden is. Wel is duidelijk dat de productie van bijvoorbeeld waterstof in elk geval op korte termijn vooral gedreven wordt door het gebruik ervan in industriële processen.

In de aanpak staat *desk research* en een uitvraag voor informatie bij de Nederlandse havenontwikkelaars centraal. De gevraagde informatie omvat zowel de beschikbaarheid van haventerreinen ten behoeve van (de ontwikkeling van) duurzame (scheepvaart)brandstoffen als de vraag naar dergelijke terreinen.

2 Een overzicht van het speelveld op basis van bestaande studies en rapporten

2.1 De huidige Nederlandse positionering in productie en afzet van transportbrandstoffen
Nederland speelt een grote rol in de handel, logistiek en productie van transportbrandstoffen. Grote volumes fossiele brandstoffen worden ingevoerd en uitgevoerd. De raffinagecapaciteit in Nederland is meer dan 60 Miljoen ton per jaar, ca 10% van de Europese productiecapaciteit. De uitvoer van aardolieproducten is meer dan 100 miljoen ton en omvat ca 24 miljoen ton benzine, 24 miljoen ton diesel, 23 miljoen ton stookolie en 8 miljoen kerosine (CBS, 2024A). Een deel van deze uitvoer betreft ‘wederuitvoer’: brandstoffen die door in Nederland gevestigde partijen worden gekocht en in Nederland opgeslagen, om vervolgens te worden geëxporteerd.

Op basis van cijfers voor 2022 van het CBS is het ‘binnenlands verbruik’ van fossiele transportbrandstoffen ca 8.5 miljoen ton, grotendeels in het wegtransport (CBS, 2024B). De internationale bunkering van fossiele transportbrandstoffen is ongeveer 16 miljoen ton, waarvan ca 3 miljoen ton luchtvaart en het restant zee- en binnenvaart. Van deze 13 miljoen ton bunkering vind ca. 10 miljoen ton in Rotterdam plaats (Port of Rotterdam 2023);

³ Een eventueel stimulerend beleid van overheden voor het gebruik van duurzame brandstoffen in het transport kan een grote impact hebben op de brandstofmix en daarmee de vraag naar duurzame transportbrandstoffen.

Rotterdam is daarmee de grootste bunkerhaven van Europa en bevindt zich in de top 3 wereldwijd. De transitie naar duurzame brandstoffen verandert het speelveld ingrijpend.

2.2 *De veranderende brandstofmix*

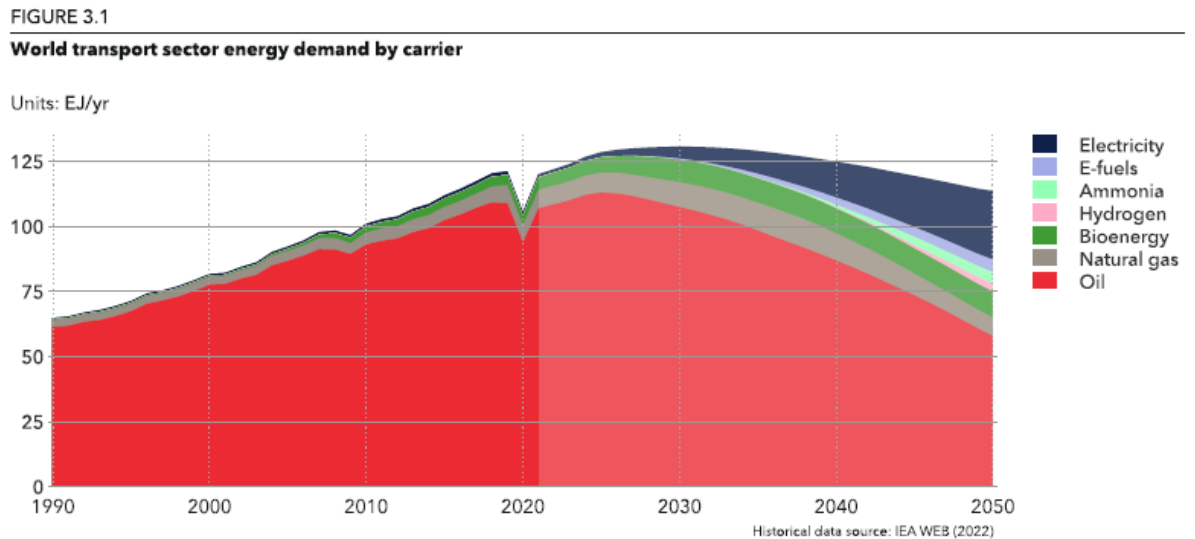
Om de klimaatdoelstellingen van het Parijs-akkoord en van de EU (een 55% reductie van GHG emissies in 2030 t.o.v. 1990 en 'nett zero' in 2050) te halen is een drastische verandering van de brandstofmix in de transportsector noodzakelijk. Verschillende beleidsinitiatieven, zoals de door IMO vastgestelde emissieplafonds, het opnemen van de scheepvaart in het EU 'emission trading scheme' (ETS) waardoor vervoerders moeten betalen voor de emissies, en een verbod op de verkoop van (vracht)auto's met benzine/dieselmotoren, moeten ervoor zorgen dat de gestelde doelen gehaald worden.

Of de bovengenoemde maatregelen genoeg zijn om de doelen te halen is onzeker, maar de energietransitie in volle omvang gaande (IEA, 2023). Dit zal leiden tot een radicaal andere brandstofmix in de transportsector. Uit recente rapporten van de toonaangevende organisaties als DNV, Lloyds Register, TNO en IEA, zijn de volgende gegevens te destilleren.

1. De hoeveelheid transportbewegingen op mondiaal niveau zal de komende 30 jaar aanzienlijk groeien (volgens het DNV rapport ongeveer een verdubbeling van het aantal wegvoertuigen, een groei van 130% van het aantal passagiersreizen per vliegtuig en een groei van 35% van het aantal tonkilometers in de scheepvaart). In Nederland en Europa zal er naar verwachting sprake zijn van een meer beperkte groei. Zo heeft havenbedrijf Rotterdam scenario's ontwikkelt voor de overslagvolumes in 2050, waarbij de totale overslag in 2 van de 4 scenarios lager uitkomt dan in 2021 -en in de andere 2 hoger. De totale vraag naar transportbrandstoffen in Europa zal vanaf ca 2030 gaan dalen door de toenemende efficiency en het toenemende aandeel elektriciteit⁴.

⁴ De totale mondiale vraag naar energie voor het vervoer neemt slechts licht toe, van 105 EJ/jaar in 2020 tot 114 EJ/jaar in 2050 volgens DNV, voornamelijk vanwege de efficiëntie die gepaard gaat met de elektrificatie van het wegvervoer.

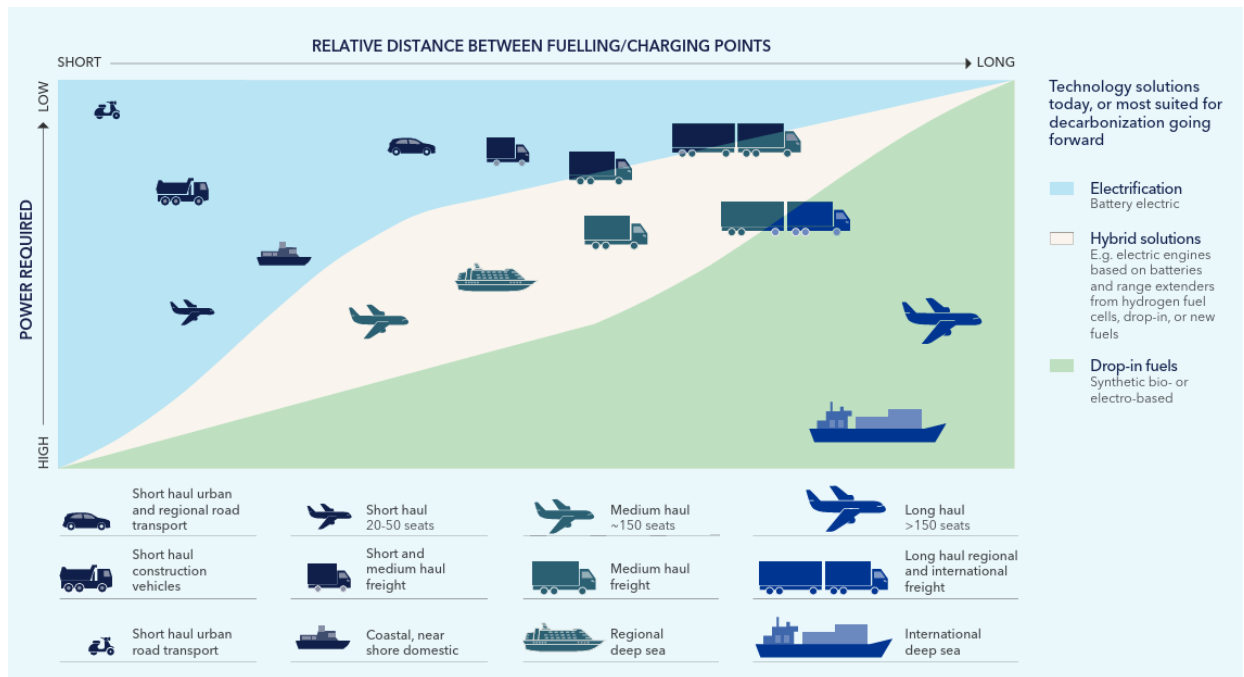
Figuur 1: de wereldwijde vraag naar transportbrandstoffen per type



Bron: DNV (2023)

2. Voor transportmiddelen zoals wegvervoer waar elektrificatie relatief eenvoudig mogelijk is, zal elektrificatie dominant worden en zullen de brandstofkosten dalen, zonder dat ingrijpend aanvullend overheidsbeleid nodig zal zijn (zie figuur 2). Volgens DNV zal het aandeel van elektriciteit in het vervoer zal groeien van 1% nu tot 4% in 2030 en 23% in 2050, voornamelijk in wegvervoer; voor de luchtvaart en het zeevervoer voorziet DNV een aandeel van elektriciteit van 2% respectievelijk 4% in 2050.
3. Voor transportmiddelen waar elektrificatie lastig is, zoals 'deepsea scheepvaart' en vliegverkeer is er behoefte aan waterstof en duurzame biobrandstoffen. Echter, deze schone brandstoffen kunnen qua kosten niet concurreren met olie; er zijn dus beleidsinitiatieven nodig voor succesvolle opschaling.

Figuur 2: globale inschatting meest geschikte duurzame brandstof per segment

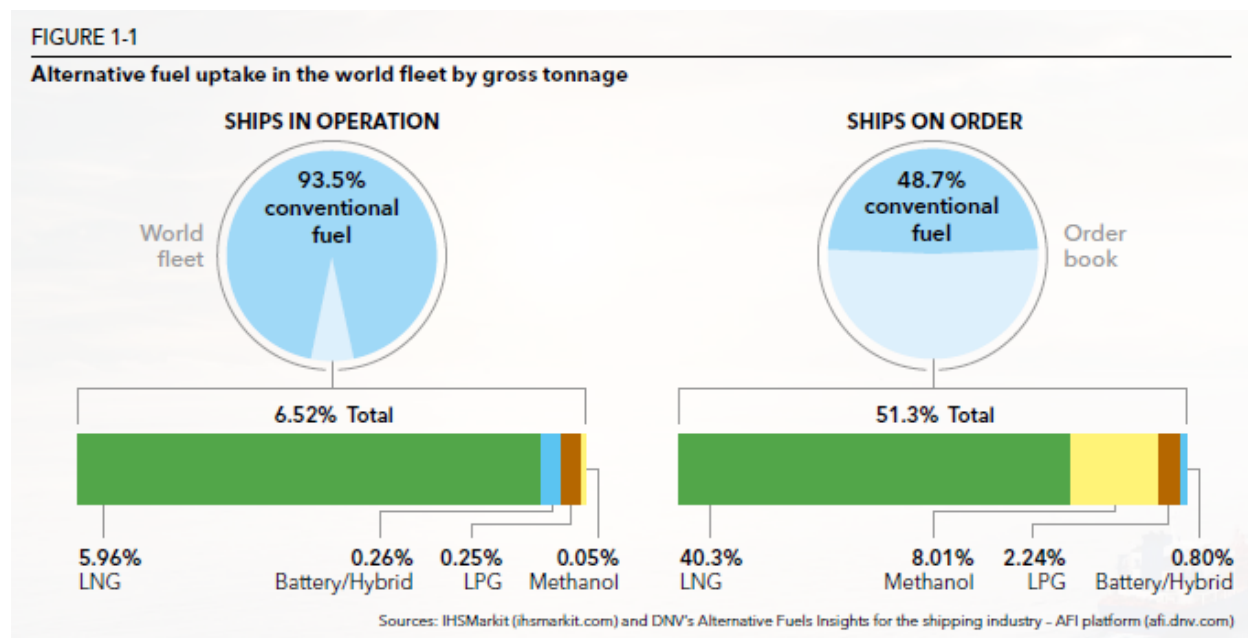


Bron: DNV (2023).

- In 'deepsea' scheepvaart, is elektrificatie niet efficiënt, en zijn er globaal 2 typen duurzame brandstoffen die samen het grootste deel van de energiemix zullen gaan uitmaken: enerzijds 'drop in' biobrandstoffen en anderzijds brandstoffen op basis van waterstof (zoals ammoniak en methanol), die vragen om aangepaste motoren. Deze laatste groep zal volgens DNV tegen 2050 ca. 50% van de brandstofmix in de scheepvaart uitmaken (zie figuur 3, methanol is voorlopig de meest gekozen duurzame optie voor schepen die niet ontworpen zijn voor conventionele brandstoffen). Het aandeel van brandstoffen o.b.v. waterstof zal in de beginperiode (2023-2030) relatief langzaam groeien⁵. 'Advanced biofuels' (dwz geproduceerd o.b.v. afvalstromen) zullen ook een substantieel deel van de vraag naar transportbrandstoffen voor de sloop- en luchtvaart invullen. In 2050 gaat het om ca. 20% van de brandstofbehoefte in de scheepvaart en ca 25% in de luchtvaart.

⁵ Dit komt mede omdat de scheepsvloot maar langzaam verandert en omdat het produceren van waterstof als brandstof met behulp van duurzame stroom alleen zinvol is als er voldoende stroom is om én in de primaire vraag naar electriciteit te voorzien én waterstof te produceren.

Figuur 3: gekozen brandstoftechnologie van bestaande en nieuw bestelde schepen



Bron: DNV (2023)

Onderstaand worden de 2 grootste typen duurzame brandstoffen voor de scheepvaart nader beschreven.

2.2 De toekomst van 'drop in' brandstoffen

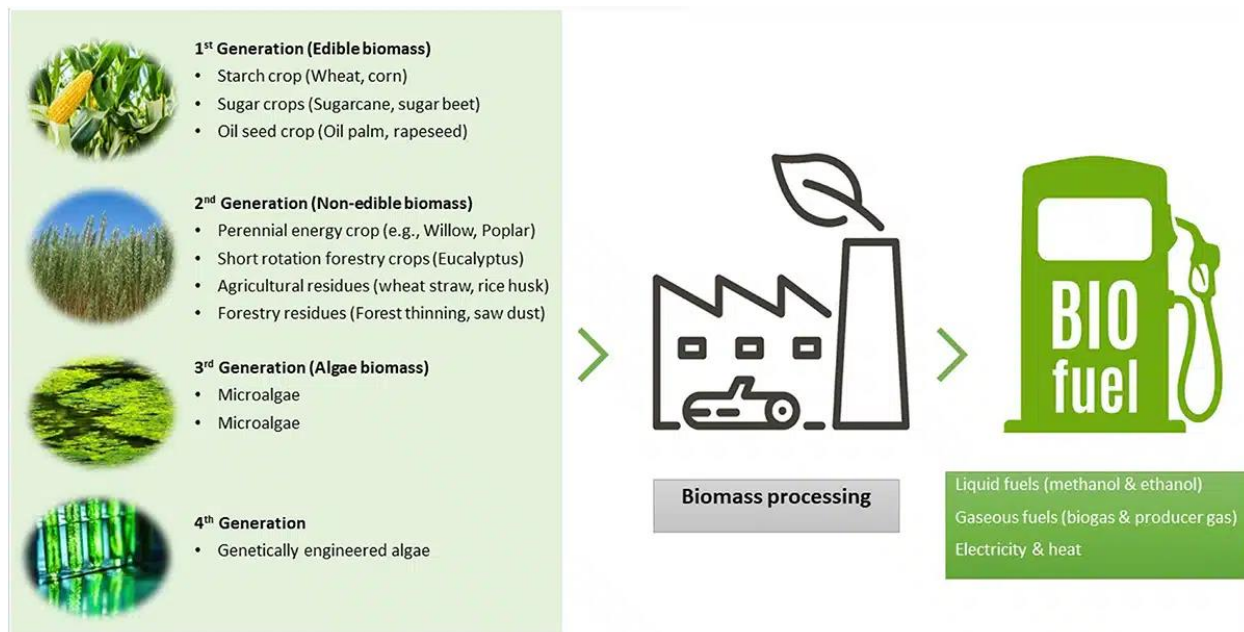
Drop-in brandstoffen hebben als voordeel dat ze in bestaande schepen kunnen worden gebruikt. De drop-in brandstoffen kunnen worden geproduceerd met behulp van bio-grondstoffen, maar ook op basis van waterstof (de zogenaamde RFNBO's ook wel 'e-fuels' genoemd).

De Europese Commissie zet in op een beperkt gebruik van 'e-fuels' in (weg)transport, o.a. middels een verbod op de registratie van nieuwe auto's met diesel/benzine motoren vanaf 2035. Maar ook zonder dit verbod is grootschalige toepassing van e-fuels voor het wegtransport niet waarschijnlijk⁶. De EU zet vooral in op de productie van biofuels op basis

⁶ Het produceren van e-fuels is een complex en energie-intensief proces (elektrolyse tot waterstof en complexe chemische reacties zoals Fischer-Tropsch om een vloeibare brandstof te maken), wat betekent dat ze duur zijn om te maken. De meeste auto-producenten zien geen grote rol voor e-fuels op de lange termijn.

van afvalmaterialen en -stromen (2^e 3^e en 4^e generatie biofuels zie figuur 4). Dit blijkt duidelijk uit de EU Green Deal en het Fit-for-55-wetgevingspakket.

Figuur 4: onderscheid in generaties biofuels



Source: <https://www.biomassconnect.org> ⁷

DNV en anderen voorzien een forse groei van de Europese markt⁸ voor biofuels, mede op basis van wettelijk vastgelegde bijmengverplichtingen. Voor biofuels wordt een gebruik voorzien in wegtransport (met name op tot 2035 à 2040), zeevaart en luchtvaart.

2.3 De toekomst van waterstof en waterstof-derivaten

Waterstof en de 'derivaten' ammoniak (NH₃), en e-methanol wordt breed een grote rol toegedicht in de toekomstige brandstofmix, met name in segmenten die zich niet lenen voor elektrificatie. Vanwege de lage energiedichtheid is waterstof in gasvorm ongeschikt als

⁷ Biobrandstoffen van de derde generatie hebben betrekking op biobrandstoffen die uit algen worden geproduceerd. Algen kunnen worden gekweekt in een breed scala aan omgevingen, waaronder niet-bouwhand en afvalwater. Ondanks hun potentieel zijn biobrandstoffen van de derde generatie nog niet op de markt gebracht. Het concept van biobrandstoffen van de vierde generatie is gebaseerd op het idee dat algen genetisch worden gemanipuleerd om hun fotosynthetische efficiëntie te optimaliseren.

⁸ De biofuel geproduceerd op basis van landbouwproductie zal volgens EU regels niet kwalificeren als een duurzame brandstof.

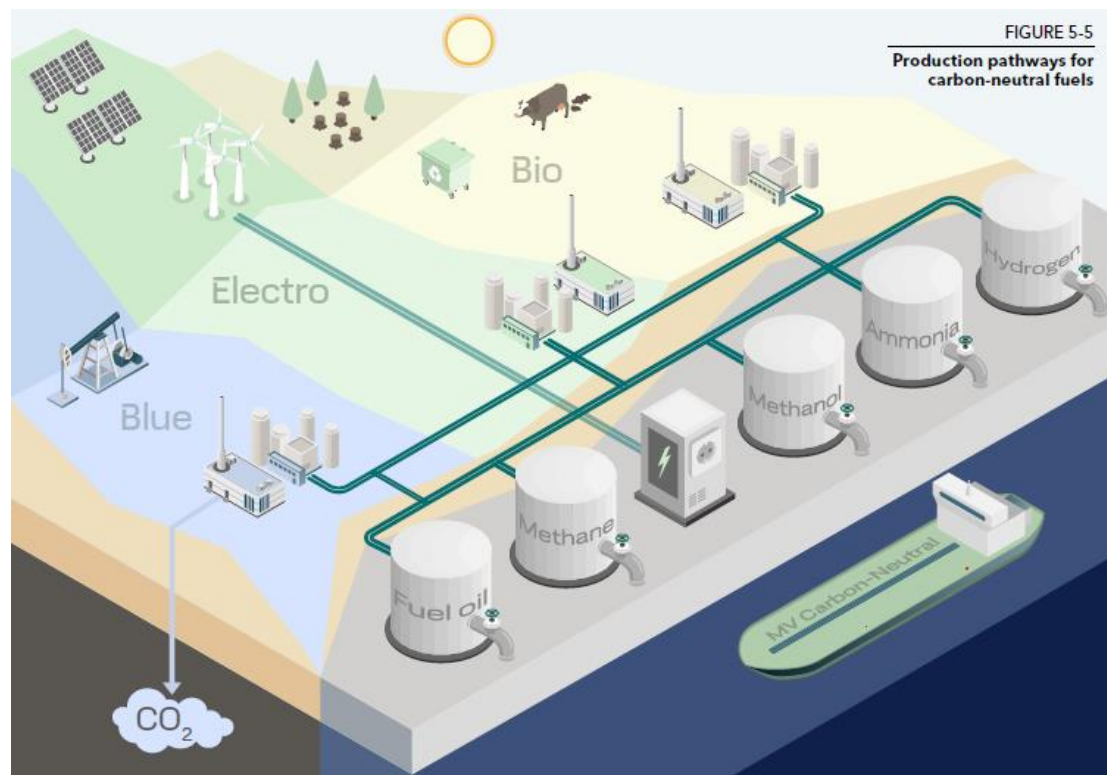
brandstof. De oplossing is om waterstof om te zetten in derivaten zoals ammoniak en methanol. Dit vraagt het ontwikkelen van gehele nieuwe waardeketens van productie tot opslag en distributie en daarnaast nieuwe of aangepaste (scheeps)motoren. Voor E-methanol is geen geheel nieuwe bunker infrastructuur nodig, het kan worden toegevoegd aan bestaande infrastructuur. In de scheepvaart begint het gebruik van waterstof derivaten (met name methanol) langzaam⁹, experts voorzien een langzaam groeipad.

Ook in de luchtvaart wordt opschaling van het gebruik van 'e-kerosine' gemaakt van waterstof pas na 2030 voorzien. Deze introductie kan worden versneld met bijmengverplichtingen.

2.4 Een globaal overzicht van brandstofproductie en afzet in NW Europa en Nederland

De bovenstaande beschrijving maakt duidelijk dat er een forse groei te verwachten is van de vraag naar duurzame transportbrandstoffen. Om aan deze vraag te voldoen zijn investeringen in de productie van duurzame transport brandstoffen nodig. Figuur 5 geeft de productieketens van verschillende duurzame brandstoffen weer.

Figuur 5: de productieketens van verschillende duurzame brandstoffen



⁹ In Rotterdam werd ca 1500 ton methanol gebunkerd, nog geen 0.2% van de totale bunkermarkt

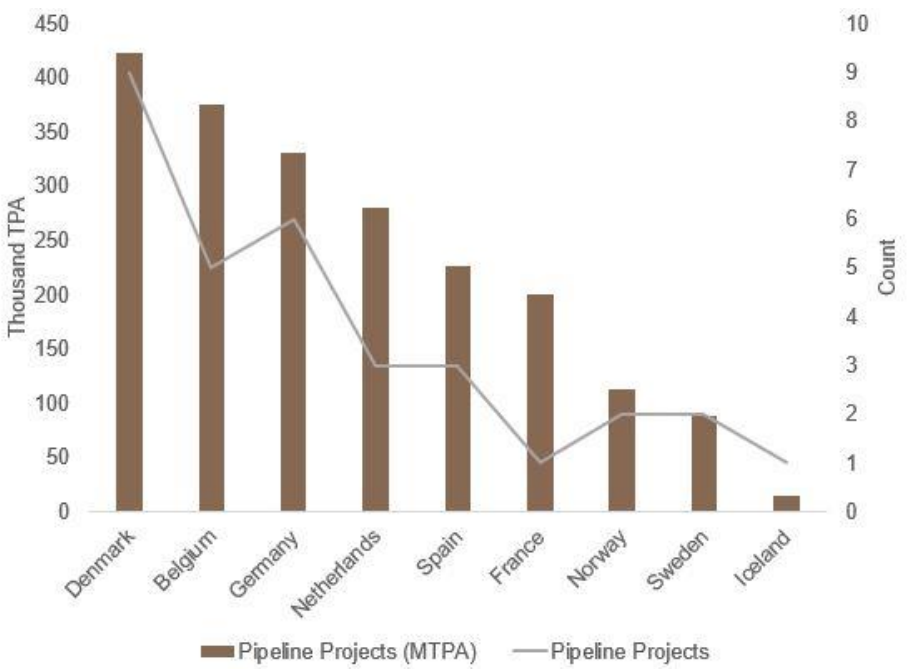
Elektriciteit kan rechtstreeks via grid en een OPS installatie (onshore power supply) geleverd worden, de andere brandstofdragers moeten geproduceerd worden. Dat gebeurt in productiefaciliteiten voor het omzetten van ofwel biomassa/afval of elektriciteit (evt. in combinatie met CO₂) in transportbrandstoffen¹⁰. Naast productie in Europa zal er ook sprake zijn van import van (grondstoffen voor) duurzame brandstoffen.

Waterstof

Duurzame waterstof wordt geproduceerd middels elektrolyse, waarbij (duurzame) elektriciteit wordt gebruikt om water te splitsen in waterstof en zuurstof. Vanwege de stijgende marktvraag naar waterstof (als transportbrandstof maar hoofdzakelijk in industriële processen) is er een forse pijplijn met investeringen in 'electrolysers' en andere vormen voor de productie van waterstof (zie figuur 6).

¹⁰ In de onderstaande analyse van duurzame transportbrandstoffen wordt geen aandacht besteed aan LNG, omdat LNG breed gezien wordt als een niet duurzame 'transitiebrandstof. Het is wel mogelijk om 'groen gas' te maken o.b.v. biomassa maar grootschalig gebruik daarvan als scheepsbrandstof licht niet voor de hand. In Nederland is het bedrijf Perpetual Next in Moerdijk en Eemshaven actief in het produceren van biogas o.b.v. voedselreststromen.

Figuur 6: een overzicht van de investeringspijplijn voor waterstof productie in Europa



Bron: Hydrogen Europe (2023).

Europa zal naar verwachting een substantieel gedeelte van de waterstof gaan importeren. In de waterstofstrategie van de EU (o.a. REPowerEU) wordt uitgegaan van ongeveer 10 miljoen ton hernieuwbare waterstof productie in de EU en ongeveer 10 miljoen ton import in 2030. Landen als Canada, Noorwegen, Brazilië en landen in het Midden Oosten zijn relevante potentiële waterstofexporteurs naar Europa¹¹.

Bestaande en gecommiteerde investeringen in electrolyzers in Nederland zijn weergegeven [Missie H2 & TKI Waterstofkaart](#). Van deze kaart zijn de volgende conclusies af te leiden.

Ten eerste is er de komende jaren een sterke ontwikkeling van investeringen in waterstofproductie (zie figuur 7).

¹¹ een memorandum van overeenstemming tussen Duitsland en Saoedi-Arabië over groene waterstofexport naar Duitsland.

Figuur 7: de investeringspijplijn van waterstofproductie in Nederland.



Bron: [Missie H2 & TKI Waterstofkaart](#)

Ten tweede kan geconcludeerd worden dat de productie van waterstof zich sterk concentreert in de Nederlandse havenindustriële clusters: in totaal 30 van de 64 voorziene investeringen in productie vindt plaats in de Nederlandse zeehavens van nationaal belang. Deze productie-investeringen zijn gericht op energievoorziening en/of levering van waterstof aan de industrie - die ook sterk in de havens vertegenwoordigd is. De in de database opgenomen projecten zijn per haven onderstaand weergegeven.

Tabel 1: waterstof productie projecten in North Sea Port (Nederlandse deel)

Project	Investeerder/consortium
ELYgator	Air Liquide
VoltH2 -Terneuzen	VoltH2
H2ero	Equinor
VoltH2 -Vlissingen	VoltH2
Haddock	Ørsted
SeaH2Land	Ørsted

Tabel 2: waterstof productie projecten in Rotterdam

Project	Investeerder/consortium
H2Maasvlakte	Uniper
CurtHyl	Air Liquide
AmpHytrite	Pondera
Shell Hydrogen Holland I	Shell
H2 ConversionPark	Port of Rotterdam
Onyx Power blauwe waterstoffabriek	Onyx Power
MULTIPLHY	CEA
H2-Fifty	BP
H-vision	H-Vision consortium

Tabel 3: waterstof productie projecten in Amsterdam

Project	Investeerder/consortium
Hy4Am	Vattenfall
H2era	HyCC
H2ermes	HyCC

Tabel 4: waterstof productie projecten in Groningen Seaports

Project	Investeerder/consortium
Eemshydrogen	RWE
NorthH2	Shell, RWE, Equinor, Eneco
HyNetherlands	ENGIE
Battolyser 1	Battolyser Systems
Energiepark Eemshaven-West	Vattenfall
Djewels-1	HyCC
H2eron	HyCC
VoltH2 - Delfzijl	VoltH2
LHYFE waterstoffabriek	LHYFE
Hycarb	TorrGas
Oosterhorn Hydrogen	Eurus Energy Europe
H2M	Equinor
HKW 7	RWE

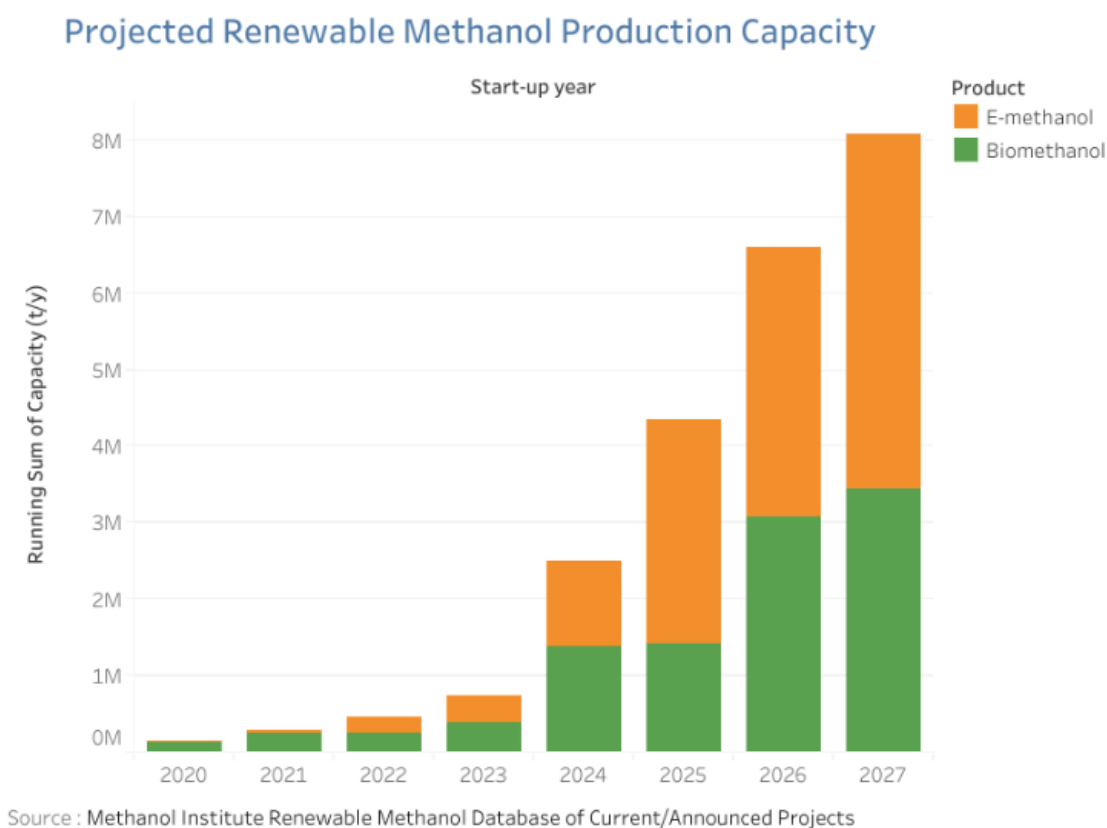
De omvang van bovenstaande pijplijn met potentiële investeringen is fors, en voor een deel ervan is de definitieve investeringsbeslissing al genomen. Echter, voor een ander deel is dat niet het geval en is afstel/uitstel niet uit te sluiten¹².

¹² Als voorbeeld is recent (december 2023) besloten HyCC uit te stellen.

Methanol

Voor Methanol is er een publieke database met productie-investeringen beschikbaar (zie <https://www.methanol.org/renewable/>). Figuur 8 bevat een overzicht van de ontwikkeling van de totale productiecapaciteit.

Figuur 8: een overzicht van de ontwikkeling van de methanol productiecapaciteit.



Voor Nederland zijn op basis van publiek beschikbare gegevens de volgende initiatieven relevant¹³:

¹³ In Gent (onderdeel van North Sea Port) is North-C-Methanol in ontwikkeling; een electrolyse eenheid die water splitst in groene waterstof en zuurstof, gebruikmakend van energie van windparken op zee. De zuurstof kan lokaal gebruikt worden in de staalindustrie, de groene waterstof zal gecombineerd worden met afgevangen CO₂ afkomstig van industriële puntbronnen en omgezet in methanolsynthese. De

- OCI Methanol Europe produceert biomethanol, een 2e generatie biobrandstof op basis van natuurlijke, duurzame grond- en hulpstoffen. De faciliteit in Delfzijl bestaat al enkele jaren.
- Als doorontwikkeling van de bovenstaande faciliteit willen ENGIE, OCI and EEW (in een consortium genaamd HyNetherlands) aan de Eemshaven waterstof produceren en een deel gebruiken voor de productie van duurzame e-methanol, door hernieuwbare waterstof en CO₂ afkomstig van niet-recyclebaar afval te combineren.
- Gidara energy Amsterdam: GIDARA Energy heeft in 2021 aangekondigd op een terrein een geavanceerde biobrandstoffenfaciliteit in de haven van Amsterdam te ontwikkelen, die niet-recyclebaar afval zal omzetten in methanol, die als transportbrandstof zal worden afgezet. De capaciteit is ongeveer 90.000 ton hernieuwbare methanol per jaar.
- Gidara energy Rotterdam: GIDARA Energy heeft in 2022 aangekondigd op een terrein van negen hectare een geavanceerde biobrandstoffenfaciliteit in de haven van Rotterdam te ontwikkelen, die niet-recyclebaar afval zal omzetten in methanol, die als transportbrandstof zal worden afgezet. Het is een ‘zusterfaciliteit’ van de bovenstaande faciliteit in Amsterdam. De capaciteit is ongeveer 90.000 ton hernieuwbare methanol per jaar.

Uit deze inventarisatie blijkt dat in dit segment alle (totnutoe geplande) investeringen in Nederland plaatsvinden in de zeehavencomplexen.

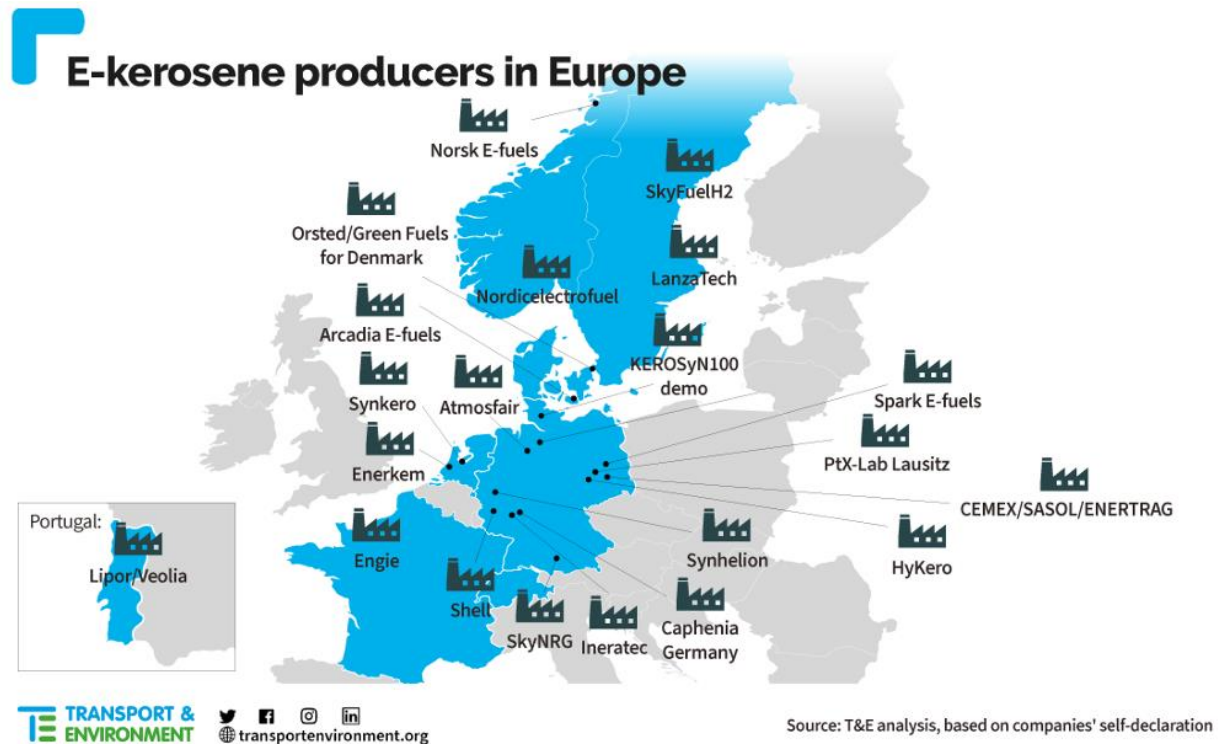
Sustainable aviation fuels

Voor E-kerosine is geen publiek beschikbaar overzicht van bestaande en toekomstige investeringsplannen. Er is wel een overzicht van bestaande producenten en faciliteiten voor e-kerosine in Europa (zie figuur 9)¹⁴.

productiecapaciteit is 45.000 ton methanol per jaar. Dit project is relevant voor het gehele grensoverschrijdende havencomplex.

¹⁴ Dit overzicht lijkt niet helemaal accuraat te zijn, voor de mogelijke Enerkem investering in Rotterdam is geen investeringsbesluit genomen, terwijl de investering in Delfzijl (zie onder) niet is opgenomen.

Figuur 9: e-kerosine producenten in Europa



Bron: Transport & Environment (2023).

In Nederland zijn er verschillende initiatieven voor de ontwikkeling van SAF; allemaal met de (voorgenomen) vestiging in een havencomplex.

- In Delfzijl is een project van SkyNRG (DSL-01) voor de productie van duurzame vliegtuigbrandstof (SAF) in ontwikkeling. De productiefaciliteit zal per jaar 100.000 ton duurzame kerosine produceren en als bijproduct 35.000 ton duurzame propaan en nafta, waarbij voornamelijk regionale afval- en reststromen worden gebruikt.
- In Amsterdam zal Synkero synthetische kerosine gaan produceren met groene waterstof en CO₂. De fabriek, die naar verwachting in 2027 klaar moet zijn, zal jaarlijks 50.000 ton SAF produceren. Door de ligging in de Amsterdamse haven kan de bestaande kerosineleiding naar Schiphol gebruikt worden.
- In Rotterdam produceert Koole Tankstorage Botlek sinds drie jaar SAF, de productiefaciliteit wordt uitgebreid tot een capaciteit van ongeveer 650.000 ton feedstock per jaar. Ook NESTE produceert SAF in Rotterdam. VARO Energy (in

partnership met Gunvor) heeft ook een investeringsbeslissing genomen voor de productie van SAF in Rotterdam¹⁵.

2.6 *De ontwikkelambities van de Nederlandse zeehavens*

De Nederlandse zeehavenontwikkelaars hebben allen een havenvisie opgesteld, naast andere documenten die de ontwikkelambities bevatten. Op basis van deze documenten vat tabel 5 de ontwikkelambities m.b.t. duurzame transportbrandstoffen samen.

¹⁵ In Rotterdam hebben ook Enkema, Shell en Havenbedrijf Rotterdam gewerkt aan een fabriek voor SAF o.b.v. recycling van afval. Er is geen investeringsbeslissing genomen, het doorgaan van dit project lijkt niet waarschijnlijk.

Tabel 5: de ambities m.b.t. duurzame transportbrandstoffen van de Nederlandse havens

Haven	ontwikkelambities duurzame transportbrandstoffen
Groningen Seaports	Groningen Seaports heeft ‘Groene groei’ en duurzame energie als speerpunt. De productie van groene brandstoffen past daar goed in; er zijn in de afgelopen jaren verschillende projecten gerealiseerd. Via de recent ontwikkelde EemsEnergyTerminal kan in de toekomst ook groene waterstof per schip worden geïmporteerd. Groningen Seaports streeft ernaar om vroegtijdig gereed te zijn om de vraag naar de mix van nieuwe brandstoffen voor de scheepvaart te kunnen faciliteren.
Amsterdam	De Amsterdamse haven wil een energiehaven blijven, maar overgeschakeld naar duurzame energie. Het opschalen van duurzame energieproductie en opslag en meer specifiek het aantrekken en faciliteren van de productie van duurzame brandstoffen zijn centrale onderdelen van de strategie van Port of Amsterdam. Bijpassende initiatieven zijn onder meer H2avennet (een publiek waterstofdistributienet in het havengebied) en H2A, een consortium om de import van een miljoen ton groene waterstof te realiseren ¹⁶ .
Rotterdam	De Rotterdamse Havenvisie stelt ‘Rotterdam is dé hub voor de meest klimaatvriendelijke transportbrandstoffen; in 2050 vindt in het haven- en industriecomplex op grote schaal conversie plaats van synthetische grond- en brandstoffen op basis van hernieuwbare energie’ ¹⁷ . Rotterdam richt zich daarom op steeds betere beschikbaarheid van duurzame brandstoffen (biofuels, synthetic fuels, waterstof, elektriciteit, en groene LNG).
Moerdijk	Voor Port of Moerdijk is ‘Vooroplopen in Duurzaamheid & Circulariteit’ een belangrijke doelstelling. Op het gebied van emissies neemt CCS een belangrijke plaats in, t.a.v. duurzame energiebronnen voor de industrie ligt het zwaartepunt bij elektrificatie. Port of Moerdijk heeft geen expliciete ambitie uitgesproken t.a.v. het aantrekken van brandstofproductie.
North Sea Port	North Sea Port positioneert zich als grootste waterstofhub van de Benelux, en zet in op het aantrekken van toekomstige waterstoffabrieken, o.a. door de aanwezigheid van voldoende capaciteit in het hoogspanningsnetwerk en de beschikbaarheid van infrastructuur voor CCS en een open grensoverschrijdend pijpleidingnetwerk voor waterstof. NSP zet ook in op een rol de productie en distributie van andere schone (transport)brandstoffen, bijvoorbeeld SAF.

Op basis van het overzicht zoals gepresenteerd in dit hoofdstuk is duidelijk dat de transitie naar duurzame transportbrandstoffen gaande is en heeft geleid tot forse investeringen in de productie van deze brandstoffen in Nederland. Deze al gedane/gecommitteerde investeringen vinden grotendeels plaats in de havencomplexen.

¹⁶ Het consortium bestaat uit Port of Amsterdam, Evos Amsterdam, Zenith Energy Terminals Hydrogenious (Duitsland), Electriq Global (Israël), Gemeente Amsterdam, SkyNRG en Programmabureau Noordzeekanaalgebied.

¹⁷ Rotterdam is nu een van de grootste bunkerhavens ter wereld en streeft ernaar om deze positie te behouden in een ‘zero emission’ toekomst van de scheepvaart. Via verschillende pilots wordt gewerkt aan koploperschap t.a.v. aanbod en aantrekkelijkheid van duurzame scheepsbrandstoffen. Zo vond in 2021 's werelds eerste ship-to-ship methanol bunkering plaats en worden de nieuwe duurzame schepen van Maersk gebunkerd in Rotterdam.

Deze havens zetten in op het aantrekken van aanvullende investeringen in de productie van duurzame brandstoffen. Inzicht in de balans tussen vraag en aanbod van haventerreinen voor deze activiteiten is daarmee relevant voor de toekomstige havenontwikkeling.

3 De balans tussen vraag en aanbod van haventerreinen voor de productie van schone brandstoffen

In dit hoofdstuk wordt op basis van gegevens versterkt door North Sea Port, Port of Rotterdam, Port of Amsterdam en Groningen Seaports een inschatting gemaakt van de balans tussen vraag en aanbod van haventerreinen voor de productie van schone brandstoffen. Port of Moerdijk wordt niet meegenomen, vanwege de beperkte rol van Moerdijk als productie/afzetlocatie van schone transportbrandstoffen¹⁸.

3.1 De transitie-uitdaging; de ‘coherentie’ van transitie-paden

Een relevante overweging bij de analyse van de balans tussen vraag en aanbod is, in terminologie gebruikt door CIEP (Clingendael International Energy Program, zie CIEP, 2022) de *coherentie* van transitiepaden. CIEP schetst aan het ene extreem een ‘coherent’ transitieproces waarbij mede door consequent overheidsbeleid bestaande en nieuwe investeerders bereid zijn samen te werken is aanwezig bij de bedrijven die actief zijn in de HIC. Het gevolg hiervan is dat veel vernieuwing plaatsvindt op de bestaande ‘sites’ van bedrijven, met veel uitwisselingen van grondstoffen en *utilities*. Aan het andere uiterste is het veranderingsproces ‘niet-coherent’ en leiden (belangen)conflicten tot het vermijden/vertragen van investeringen. Een consequentie daarvan is dat vernieuwing maar zeer beperkt plaatsvindt op al uitgegeven sites (vaak met faciliteiten ontwikkeld o.b.v. ‘fossiele waardeketens’). Nieuwe investeringen (bijvoorbeeld in duurzame brandstoffen) vinden in hoofdzaak plaats op nieuw uit te geven haventerreinen. In de praktijk zal de transitie zich ergens tussen beide extremen afspelen. Dat impliceert dat de havenontwikkelaars een strategische voorraad aan beschikbare havengrond zullen moeten

¹⁸ In dit haven-industriële complex speelt productie van chemicaliën een grote rol, maar brandstofproductie niet, is elektrificatie belangrijker voor verduurzaming dan het gebruik van schone energiedragers zoals waterstof, en zijn de bunkervolumes zeer gering. Daarom hebben er in het verleden geen omvangrijke investeringen in brandstofproductie plaatsgevonden. Er zitten geen omvangrijke investeringen in de pijplijn, voor eventuele investeringen zou binnen randvoorwaarden wel terrein beschikbaar zijn.

hebben om duurzame investeringen aan te kunnen trekken - ook als een afbouw van fossiele activiteiten in het verschiet ligt.

3.2 Een overzicht van de ruimtelijke impact van de meest relevante al gedane of in uitvoering zijnde investeringen in brandstofproductie in de Nederlandse zeehavens.

Zoals in hoofdstuk twee al is geschetst zijn er in North Sea Port, Rotterdam, Amsterdam en Groningen in de achterliggende periode investeringen in brandstofproductie gedaan danwel is de definitieve investeringsbeslissingen genomen en zijn de projecten in uitvoeren. Tabel 6 vat op hoofdlijnen samen wat de ruimtelijke impact van de gedane / lopende projecten is.

Tabel 6 de ruimtelijke impact van lopende projecten voor productie van duurzame brandstof

Haven	Ruimtelijke impact gedane / lopende projecten
North Sea Port	In North Sea Port zijn verschillende projecten gerealiseerd/in uitvoering, voor de productie van bio-diesel, bio-ethanol en ammoniak. Daarbij gaat het vooral om projecten die leiden tot een intensiever gebruik van al uitgegeven terreinen, in het geval van Ammoniak-productie van Yara in Sluiskil gaat het daarbij om de intensivering van het gebruik van een fors terrein.
Rotterdam	In Rotterdam zijn verschillende projecten gerealiseerd/in uitvoering voor de productie van biodiesel en waterstof. In sommige gevallen ging het daarbij om de uitgifte van nieuwe terreinen, zoals de uitbreiding van Neste, die op de Maasvlakte een investering van ca. 1.5 miljard doet waarmee de productiecapaciteit voor duurzame brandstoffen en grondstoffen in Nederland verdubbelt. In andere gevallen gaat het om herontwikkeling van bestaande terreinen en intensivering van het gebruik van bestaande terreinen, zoals de investering van Shell in de productie van SAF om het 'Shell Energy and Chemicals Park Rotterdam'.
Amsterdam	In Amsterdam zijn verschillende projecten gerealiseerd/in uitvoering voor de productie van biodiesel en bio-gas. In sommige gevallen ging het daarbij om de uitgifte van nieuwe terreinen met een beperkte (<5ha) omvang, in andere gevallen om herontwikkeling van bestaande terreinen en intensivering van het gebruik van bestaande terreinen.
Groningen	In Groningen zijn verschillende projecten gerealiseerd/in uitvoering voor de productie van biodiesel en bio-gas. In sommige gevallen ging het daarbij om de uitgifte van nieuwe terreinen met een beperkte (<5ha) omvang, in andere gevallen om herontwikkeling van bestaande terreinen en intensivering van het gebruik van bestaande terreinen.

In het algemeen zijn de gerealiseerde en invoer zijnde projecten veelal gekoppeld aan al bestaande faciliteiten in de havencomplexen. Daarnaast is er in het algemeen vaak sprake van 'clustervoordelen' bijvoorbeeld omdat input lokaal beschikbaar zijn danwel goedkoop kunnen worden aangeleverd of omdat de productie (deels) een lokale vraag bedient. Zo wordt in Amsterdam bio-LNG geproduceerd door Nordsol, op basis van door Renewi op dezelfde site

geproduceerd bio-gas. Een deel van de bio-LNG wordt lokaal afgezet, o.a. als transportbrandstof voor schepen en trucks. Ook de Shell investeringen in Rotterdam (in de productie van waterstof en SAF) zijn sterk geïntegreerd met andere activiteiten, zo wordt de waterstoffabriek of de Maasvlakte via de ‘waterstof backbone’ verbonden met het energie- en chemiepark van Shell (Shell Pernis).

Uit deze cases kan geconcludeerd worden dat het herontwikkelen van bestaande fossiele productielocaties in het algemeen kansrijk is, vanwege aanwezige voorzieningen en kracht van bestaande geïntegreerde cluster. Meer in het algemeen zijn havens kansrijke en logische productielocaties van duurzame (transport)brandstoffen vanwege de beschikbaarheid van open overslag faciliteiten, de aanwezigheid van grondstoffen en de beschikbaarheid van ruimte (fysiek en qua milieu- en risico regelgeving).

3.3 Vraag van haventerrein t.b.v. de productie van duurzame brandstoffen, huidige pijplijn van mogelijke projecten

Op basis van informatie aangeleverd door de havenontwikkelaars (vanwege vertrouwelijk op hoofdlijnen en zonder specifieke bedrijfsnamen) is het ook mogelijk een beeld op hoofdlijnen te schetsen van de ‘pijplijn’ van mogelijke projecten. Dat is gedaan in tabel 7.

Tabel 7: de pijplijn met mogelijke brandstofproductieprojecten

Haven	Pijplijn met mogelijke projecten op gebied van biobrandstoffen, met globale inschatting van de ruimtelijke implicaties
North Sea Port	In North Sea Port zijn vele projecten op het gebied van waterstofproductie in de planfase, die indien allemaal uitgevoerd zouden leiden tot meer dan 3.5 GW aan waterstofproductie. Daarnaast zijn er plannen voor SAF productie en de productie van bio-diesel en bio-LNG in North Sea Port, dat laatste specifiek gericht op afzet als scheepsbrandstof. De projecten in de pijplijn impliceren een behoorlijk ruimtebeslag (>100 ha) in North Sea Port, waarvan globaal de helft in het Nederlandse deel van NSP.
Rotterdam	In Rotterdam zitten er verschillende projecten voor SAF productie, in de pijplijn, onder andere een grootschalig (>25 ha.) ‘greenfield’ project, via pijpleidingen aangesloten op industriecluster en ‘brownfield’ projecten waarbij nieuwe investeringen gebruik maken van bestaande assets. De pijplijn omvat ook projecten voor electrolyzers om waterstof te maken, met substantiele (>10 ha) nieuwe gronduitgiftes.
Amsterdam	In Amsterdam zitten er projecten in de pijplijn voor de productie van bio-LNG, biogas, e-SAF, (E-)methanol en waterstof. Het merendeel van deze projecten, waarvoor in de komende 3 jaar een finale investeringsbeslissing wordt verwacht, omvat een nieuwe gronduitgifte. Het gezamenlijke aanvullende ruimtebeslag van deze projecten is meer dan 50 hectare (verdeeld over 7 projecten). Naast deze projecten waarvan binnen drie jaar een investeringsbeslissing wordt verwacht, zijn er ook ‘leads’ die kunnen resulteren in investeringen op wat langere termijn (>3 jaar). Ook deze projecten omvatten verschillende duurzame transportbrandstoffen zoals bio-ethanol, bio-kerosine, e-methanol en waterstof. De inschatting van nieuw uit te geven ruimte voor deze projecten is globaal tussen de 40 en 60 hectare.
Groningen	In beide Groningse havens spelen meerdere initiatieven voor de productie van transportbrandstoffen. Meer dan 150 hectare is voorzien voor investeringen in de waterstofproductie (zie 2.6 voor een overzicht van lopende projecten, NorthH2 en H2M zijn projecten met een fors aanvullend ruimtebeslag, een aantal andere projecten zal leiden tot een intensivering van het gebruik van al uitgegeven grond). Van de waterstofproductie zal het grootste volume worden ingezet voor de chemie en maakindustrie, een naar verwachting klein is beschikbaar als transportbrandstof. Voor de productie van schone brandstof o.b.v. bio-based materialen wordt de meeste ruimtevrage verwacht voor bio-gas ¹⁹ . Globaal kunnen bestaande ‘leads’ worden vertaald in een ruimtebeslag van ongeveer 100 hectare.

¹⁹ Deze projecten zijn hoofdzakelijk gericht op het vergroenen van het gasnetwerk voor de andere sectoren, naar verwachting zal maar een klein deel worden aangewend als transportbrandstof.

Op basis van bovenstaande tabel is duidelijk dat er in alle vier de havens forse pijplijn met mogelijke/verwachte investeringen in de productie van duurzame (transport)brandstoffen is, en dat deze projecten naar verwachting zullen leiden tot het uitgeven van nog beschikbare grond in de havencomplexen.

De bovenstaande conclusie sluit aan bij analyses in het kader van het ‘Ontwerp-Programma Energiehoofdstructuur; Ruimte voor een klimaatneutraal energiesysteem van nationaal belang’ van Juli 2023, waarin een inschatting is gemaakt van de ruimtebehoefte voor energie-activiteiten in de zeehavencomplexen. Deze inschatting is weergegeven in tabel 8.

Tabel 8: geschatte ruimtebehoefte voor energie-activiteiten in de zeehavencomplexen

Haven	Inschatting ruimtebehoefte voor een klimaatneutraal energiesysteem	
	‘Robuust’ (i.e. minimaal) in ha.	Maximaal in ha.
North Sea Port (Nederlandse deel)	100	325
Rotterdam	160	530
Amsterdam (NZKG)	60	350
Groningen	40	410

Bron: Rijksoverheid (2023).

3.4 Een globale schatting van de voorziene ruimtevraag en beschikbare ruimte voor de ‘zichtjaren’ 2030 en 2050.

Op basis van de door de havens aangeleverde informatie en eerdere studies kan een globale schatting van de voorziene ruimtevraag en beschikbare ruimte voor 2030 en 2050 gemaakt worden.

Groningen Seaports

Groningen Seaports heeft circa 600 hectare grond beschikbaar, ongeveer 365 hectare in en Delfzijl en 232 in de Eemshaven. De huidige ‘projectenpijplijn’ zorgt ervoor dat een fors gedeelte van de beschikbare ruimte zal worden ingevuld met de productie van duurzame (transport)brandstoffen. De geplande uitbreiding van de Eemshaven (Oostpolder) voorziet in

de toekomstige ruimtebehoefte voor verschillende sectoren waaronder brandstofproductie. Deze uitbreiding omvat ca. 600 hectare, waarvan ongeveer 2/3 deel gereserveerd is voor bedrijfsvestigingen. Deze uitbreiding is o.a. voor het kunnen aantrekken van investeringen in de productie van duurzame brandstoffen nodig. Indien de Oostpolder beschikbaar komt zijn er geen knelpunten voorzien in het aanbod van terreinen.

Amsterdam

In Amsterdam is de verwachting dat er op relatief korte termijn (2030) schaarste van terreinen zal zijn, terwijl op lange termijn (2050) de balans tussen vraag en aanbod waarschijnlijk beter is omdat er dan via de transitie van fossiele bedrijvigheid ruimte beschikbaar komt voor nieuwe bedrijvigheid, waaronder de productie van duurzame brandstoffen²⁰. Echter, vanwege de onzekere gevolgen van de ruimtelijke visievorming in het kader van NOVEX, is een onderbouwde schatting van de beschikbaarheid van geschikte terreinen voor de productie van duurzame brandstoffen op dit moment niet voorhanden.

Rotterdam

Op de totale 6250 ha grond in de Rotterdamse haven is nog ca. 520 ha terrein vrij uit te geven; een deel hiervan is al gereserveerd voor diverse lopende opportuniteiten. Ca. 180 ha is indicatief aangewezen voor de productie van duurzame grond- en brandstoffen. De verwachte groei van ruimte aangewend voor duurzame brandstofproductie tot 2030 zal naar verwachting tussen de 190 en 325 ha liggen, deels door ontwikkeling van greenfield lokaties (van de eerdergenoemde 180 ha aanbod) en deels via herontwikkeling bij bestaande (fossiele) productielocaties (zoals die van Shell en Neste). Daarmee is de verwachting dat er tot 2030 voldoende ruimte is om verwachte ontwikkelingen te accommoderen. De succesvolle ontwikkeling van (greenfield)terreinen is in Rotterdam net als in andere havens mede afhankelijk van tijdige beschikbare milieu/stikstofruimte en elektriciteit.

²⁰ Deze inschatting sluit globaal aan bij een niet naar segmenten gedifferentieerde inschatting van de ruimtevrage in het Noordzeekanaalgebied, van TNO, hoofdzakelijk o.b.v. ramingen t.a.v. werkgelegenheidsgroei, van de ruimtevrage voor niet kadegebonden activiteiten. Deze schatting komt uit op een additionele vraag van tussen de 78 en 168 hectare in 2040, afhankelijk van het gekozen scenario. Als grond met opties en reserveringen niet beschouwd wordt als uitgeefbaar aanbod is er in alle scenario's en gevoeligheidsanalyses een ruimtetekort tot 2040.

Voor de periode 2030-2050 is het aanvullende ruimtebeslag ingeschat tussen de 270 en 810 ha. De verwachting is dat, afhankelijk van marktontwikkelingen, de beschikbare vrij uitgeefbare ruimte voor productie van biobrandstoffen (de eerdergenoemde 180 ha.) relatief snel na 2030 geheel uitgegeven zal zijn. De verdere groei van ruimte voor productie van duurzame brandstoffen zal gevonden moeten worden in het herontwikkelen van bestaande fossiele productie- of overslaglocaties. Deze ‘herontwikkelingsruimte’ is vooral afhankelijk van het tijdspad van de afbouw van fossiele productie en de snelheid waarmee herontwikkeld kan worden. Deze hangt mede af van randvoorwaarden als voldoende milieu- en stikstofruimte en maatschappelijke acceptatie van productie van opslag van hernieuwbare brandstoffen (met name Ammoniak, vanwege de giftige eigenschappen ervan). Bij de herontwikkelingsopgave is het realiseren van een zo ‘coherent’ mogelijke transitie van deze terreinen de centrale uitdaging (zie het rapport van CIEP, 2023 hierover). Bij een ‘incoherente ontwikkeling’ zal een tekort aan ruimte ontstaan.

North Sea Port

Voor de eerder beschreven plannen in de pijplijn zijn locaties beschikbaar, maar de ruimte voor aanvullende investeringen in productie van duurzame (transport)brandstoffen is beperkt, terwijl een aanvullende ruimtevraag wel verwacht wordt. Zo is bijvoorbeeld voor de lange termijn een lokale waterstof vraag van ca 1100 kiloton ingeschat, en een ambitie uitgesproken om ca. 900 kiloton groene waterstof lokaal te produceren. Dat staat gelijk aan ongeveer 6 GW electrolyse capaciteit. De bijbehorende ruimtevraag is niet in detail in kaart gebracht maar is in elk geval fors. De noodzaak, wenselijkheid en mogelijkheden tot uitbreiding van het zeehavenareaal worden de komende tijd onderzocht, met de uitdaging rondom het kunnen aanbieden van ‘milieugebruiksruimte’ voor de inpassing van nieuwe activiteiten als aandachtspunt.

3.5 Conclusies

Op basis van de voorgaande analyse zijn een aantal conclusies te trekken. Ten eerste, een strikte afbakening van investeringen in productie van duurzame transportbrandstoffen is niet te maken. Producten zoals waterstof, ammonia en bio-gas kunnen zowel gebruikt worden als transportbrandstof als voor andere doeleinden. Investerings in waterstof en bio-gas zijn in de huidige situatie maar beperkt gedreven door de vraag naar duurzame brandstoffen, andere afzetmarkten (zoals gebruik in de industrie in het geval van waterstof) zijn belangrijker.

Ten tweede, in alle grote Nederlandse zeehavens m.u.v. Moerdijk hebben al investeringen in de productie van duurzame (transport)brandstoffen plaatsgevonden. Veel van deze investeringen zijn deels te verklaren uit de aanwezigheid van bestaande industriële activiteiten in de Nederlandse zeehavens. De Nederlandse havens lopen internationaal gezien voorop in het aantrekken van investeringen in de productie van duurzame (transport)brandstoffen.

Ten derde, de grote Nederlandse zeehavens zetten allen in op het aantrekken van aanvullende investeringen in de productie van duurzame (transport)brandstoffen, vanwege het belang ervan in de transitie naar een duurzaam energiesysteem en meer in het bijzonder een duurzaam transport. Alle havens (weer m.u.v. Moerdijk) hebben een substantiële ‘pijplijn’ met projecten in de ontwikkelingsfase. Deze pijplijn omvat verschillende soorten duurzame brandstoffen, waterstof en bio-gas nemen een prominente plaats in, daarnaast gaat het ook om projecten voor de productie van e-methanol, en bio-kerosine. De Nederlandse zeehavenontwikkelaars maken ook specifieke investeringen mede gericht op het aantrekken van duurzame brandstofproductie, onder andere via verbindende pijpleidinginfrastructuur. Ten vierde, de ruimtelijke impact van de investeringen in duurzame (transport)brandstoffen is groot. In sommige gevallen worden bestaande faciliteiten getransformeerd, in andere gevallen wordt het ruimtegebruik van bestaande al uitgegeven terreinen geïntensiveerd, en daarnaast geven de havenontwikkelaars nieuwe havengrond uit aan investeerders in duurzame (transport)brandstofproductie. Mede vanwege de lagere energie-inhoud van duurzame brandstoffen is relatief veel ruimte benodigd. De hoeveelheid havengrond in Nederland waarop duurzame brandstofproductie zal plaatsvinden, zal naar verwachting snel meer dan 1000 hectare betreffen.

Ten vijfde, mede vanwege de investeringen in duurzame (transport)brandstofproductie is er in elk geval de komende 10 a 15 jaar sprake van schaarste aan haventerreinen. In alle betrokken havens is het garanderen van voldoende aanbod van bedrijventerreinen (incl. milieuruimte en netcapaciteit) om te voldoen aan de vraag, en daarmee bij te dragen aan het verduurzamen van de economie, en meer specifiek transport, een uitdaging. In het geval van NSP is de vraag naar lokaties voor brandstofproductie mede aanleiding voor het onderzoeken van eventuele mogelijkheden het nieuwe haventerreinen te ontwikkelen, in Groningen is dit ‘segment’ relevant voor de grote in ontwikkeling zijnde havenuitbreiding (Oostpolder), in Amsterdam en Rotterdam ligt (voorlopig) de focus op intensievere benutting en herontwikkeling van het bestaande havengebied.

Tenslotte, het overheidsbeleid (internationaal, Europees en nationaal) is een belangrijke driver van zowel de investeringen in schone brandstoffen als het gebruik ervan in specifieke deelmarkten. Het verzilveren van de goede uitgangspositie van de Nederlandse havens in de productie (en op- en overslag) van hernieuwbare energie en grondstoffen vraagt beleid (op Europees en Nederlands niveau) om de concurrentiepositie van duurzame brandstoffen t.o.v. fossiele brandstoffen te versterken. Daarnaast is overheidsbeleid van grote invloed op de mate waarin de Nederlandse havens investeringen in duurzame brandstoffen kunnen aantrekken. Vooral milieuruimte (inclusief stikstof) en de beschikbaarheid van voldoende electriciteit zijn daarbij van belang.

Gebruikte bronnen

Bureau Buiten (2022) Vraagaming Plabeka 2022-2040

CBS (2024A) Handels- en productiestatistieken

CBS (2024B) Statistiek 'Uitstoot en brandstofverbruik'

CIEP (2023) The Energy and Feedstock Transition in the Port of Rotterdam Industrial Cluster

Dawud Ansari & Jacopo Maria Pepe (2023) Toward a hydrogen import strategy for Germany and the EU Priorities, countries, and multilateral frameworks, SWP Working Paper

DNV (2023) Energy Transition Outlook 2023; maritime forecast to 2050

DNV (2023) Ammonia as a marine fuel, whitepaper.

DNV (2023) The future is hybrid - A guide to use of batteries in shipping

Ecorys (2023) Transitie naar een circulaire economie in het Noordzeekanaalgebied

Englert, Dominik; Losos, Andrew; Raucci, Carlo; Smith, Tristan (2021). The Potential of Zero-Carbon Bunker Fuels in Developing Countries. © World Bank, Washington, DC.
<http://hdl.handle.net/10986/35435>

Gemeente Amsterdam (2023) Gemeentelijke Visie Haven 2020-2040

Global Maritime Forum (2023) Annual Progress Report on Green Shipping

Groningen Seaports (2023) Havenvisie 2030

HCSS & CE Delft (2023), Decarbonising maritime bunkering in the Netherlands and the embargo on Russian oil

ICCT Refueling Assessment of a Zero-Emission Container Corridor Between China and the United States: Could Hydrogen Replace Fossil Fuels?

Industriecluster Rotterdam-Moerdijk (2023) Cluster Energie Strategie

International Energy Agency (IEA, 2023) Global Hydrogen Review 2023

International Energy Agency (2023) World Energy Outlook 2022

IRENA (2021) A pathway to decarbonise the shipping sector by 2050, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

Lloyd's Register (2023) The future of maritime fuels; What you need to know, Lloyd's Register Maritime Decarbonisation Hub, September 2023

Lloyd's Register (2023) First Movers in Shipping's Decarbonisation

Nana Afranaa Kwapong (2023) Does production of biofuel mean less food production? Biomass Connect.

Port of Amsterdam (2023) Visie 2030

Port of Rotterdam (2023) Bunker sales port of Rotterdam 2022

Port of Rotterdam (2023) Havenvisie Rotterdam

Port of Rotterdam (2023) Voortgangsrapportage Herijkte Havenvisie

TNO (2023) Transition to e-fuels: a strategy for the Harbour Industrial Cluster Rotterdam

TNO (2023) Ruimtelijke effecten van de energietransitie: casus Haven Rotterdam

Transport & Environment (2022) Analysis of green jet fuel production in Europe