

INTERNATIONALE VERDIENKANSEN IN DE ENERGIETRANSITIE

IDENTIFICATIEMETHODOLOGIE EN BEVINDINGEN

RAPPORT

seo • economisch onderzoek

AUTEURS

WOUTER ELSENBURG, DERCK STABLER, ROBERT RADEMAKERS, THIJS HOUBIERS, STEF KONIJN & JEROEN CONTENT (SEO), M.M.V. ANDRÉ FAAIJ (TNO/RUG)

IN OPDRACHT VAN

MINISTERIE VAN BUITENLANDSE ZAKEN

AMSTERDAM, JUNI 2024

Conclusies en aanbevelingen

Vraagstelling

Het handelsbeleid ondersteunt ondernemers bij verschillende fasen van internationalisering met financieringsinstrumenten en inzet van economische diplomatie via netwerken, informatievoorziening en belangenbehartiging. Daarbij geeft het beleid prioriteit aan kansen op het gebied van vergroening. Om haar instrumenten effectief in te zetten, heeft het ministerie van Buitenlandse Zaken (BZ) aan SEO Economisch Onderzoek (SEO) gevraagd een verkenning uit te voeren naar de internationale verdienkansen binnen de energietransitie.

Aanpak

Binnen het onderzoek zijn eerst zes verschillende energiesectoren geselecteerd voor verdieping met bureauonderzoek en interviews (elektriciteit, industrie, mobiliteit, landbouw, gebouwde omgeving en waterstof). Vervolgens is binnen deze sectoren gekeken op welke onderdelen internationale verdienkansen liggen. Bij verdienkansen is in de eerste plaats gekeken naar kansen voor het Nederlandse bedrijfsleven, maar is eveneens aandacht besteed aan de bijdragen die sectoren kunnen leveren aan de *Sustainable Development Goals* (SDG's) en CO₂-reductie. Dit resulteerde in acht kansrijke sectoren. Deze zijn vervolgens verder uitgediept waarbij steeds is gekeken naar kansen en bedreigingen en naar welke rol het Nederlandse beleid kan spelen, met specifiek aandacht voor het handelsinstrumentarium.

Conclusies en aanbevelingen per sector

Onderstaande Tabel S.1 geeft een overzicht van de verdienkansen van de acht geselecteerde sectoren. De schattingen van de marktomvang zijn gebaseerd op verschillende studies, zie daarvoor ook Box 3.2 in hoofdstuk 3.

Tabel S.1 Overzicht van kansrijke sectoren

	Huidige marktomvang	Potentiële marktomvang	Onzekerheid en tijdhorizon	Potentiële exportlanden
Waterstof handel	Klein Grijze waterstof is volwassen; groene waterstof nog onderontwikkeld	Groot Kans om waterstofhub te worden door haven en gasnetwerk	Hoog & lang Veel externe risico's. Markt is nog zeer beperkt	Noord-Afrika, Golfstaten, Zuid-Amerika, VS, EU voor aanleg exportinfrastructuur en/of import groene waterstof. Doorvoer naar West-Europa
Waterstof toepassingen	Klein Weinig praktijk-voorbeelden	Gemiddeld Veel toepassingen verwacht	Hoog & lang Prijonzekerheid; Markt is nog klein	Landen met geavanceerde scheepvaart en lange wegtransportafstanden, zoals Oost-Azië, West-Europa en Noord-Amerika
Biobrandstof	Groot Vraagtoename door regulering	Groot Relatief goede marktpositie	Gemiddeld Enige onzekerheid over EU-beleid	Brandstofexport vooral naar EU , export van installaties naar EU en landen met veel bio-productie, zoals Zuid-Amerika en Afrika
Wind op zee	Groot Toepassingen in veel landen	Groot Relatief goede marktpositie	Laag & kort Volwassen sector, vraag neemt snel toe	Baltische zee, Golf van Mexico VS, Japan, China
Specialistische zonnepanelen	Klein Niche in grote markt	Gemiddeld Sterke kennispositie maar veel concurrentie	Laag & kort Volwassen sector; vraag neemt snel toe	EU , in dichtbevolkte gebieden, VS en India , vanwege maatregelen tegen China

Batterijen	Klein Actief op deelterreinen in grote markt	Gemiddeld Sector groeit snel	Gemiddeld Enige onzekerheid over aansluiting op waardeketen	Partijen in de waardeketen in: Duitsland, Frankrijk, Zuid-Korea, VS, China en Japan
Laad-infrastructuur	Gemiddeld Nederland loopt voorop in bescheiden markt	Gemiddeld Bescheiden markt die wel snel groeit	Laag & kort Vraag is vrij zeker en ontwikkelt op korte termijn	Gebieden met sterk stijgende vraag naar EV zoals Oost-Azië, West-Europa en Noord-Amerika
CC(U)S	Klein Nederland loopt voorop in bescheiden markt	Gemiddeld Grote rol verwacht in klimaatbeleid	Hoog & lang Markt nog weinig ontwikkeld	EU en Canada, VS, Australië en Japan investeren in CCS

Bron: SEO Economisch Onderzoek (2024)

Noot: Inschattingen (Laag/Gemiddeld/Groot) vergeleken met de andere fiches

Nederlandse hubfunctie voor de import van groene waterstof

Door de wereldwijde omschakeling van fossiele naar duurzame energie zal waterstof naar verwachting een belangrijke energiedrager worden. Hoewel een deel van de processen waar nu fossiele brandstoffen voor worden ingezet in de toekomst geëlektrificeerd zullen worden, zal waterstof naar verwachting een belangrijke rol vervullen in bepaalde deelmarkten. Daarbij gaat het om waterstof als brandstof voor industriële processen die hogere temperaturen vereisen, waterstof als basis voor brandstoffen (e-fuels) voor vliegtuigen en schepen en waterstof als medium voor energieopslag voor langere duur, waar batterijen minder geschikt voor zijn.

Naar verwachting zal op termijn een mondiale markt ontstaan voor waterstof die met groene energie is opgewekt (groene waterstof), al is de omvang van deze markt nog zeer onzeker. Reden is dat de productie van groene waterstof duidelijk goedkoper is op plekken met een overschot aan zon-, wind- of waterkracht, terwijl het gebruik vooral zal plaatsvinden in industriële en dichtbevolkte gebieden. Tegen deze achtergrond heeft de Nederlandse overheid de ambitie om een importhub te worden voor groene waterstof en speelt de vraag hoe buitenlands beleid daaraan kan bijdragen.

Vraag en aanbod van waterstof

Hoewel de vraag naar waterstof naar verwachting zal toenemen, heerst nog grote onzekerheid over de omvang van deze toename. Zo schat de Europese Unie in dat uiteindelijk zo'n 20 procent van onze totale energiemix afkomstig zal zijn uit groene waterstof, waar dit momenteel slechts 2 procent is. Anderen schatten de vraag lager in. In een prognose van IRENA (2023) is de rol van groene waterstof in 2050 minder dan 10 procent van de energiemix. Dit illustreert de grote onzekerheid over de toekomstige omvang van de markt. De stijgende vraag in de EU wordt voornamelijk gedreven door normering vanuit Europese doelstellingen, zoals de RED III-regulering. Voor de Nederlandse hubfunctie is vooral de vraag vanuit West-Europa relevant. Momenteel bevindt zich juist in dit gebied veel industrie die al waterstof gebruikt en dus in potentie overstapt naar groene waterstof.

Naast groene waterstof is blauwe waterstof een alternatief voor bedrijven om CO₂ te reduceren. Blauwe waterstof wordt gemaakt uit fossiele brandstof, waarbij de CO₂-uitstoot wordt afgevangen en opgeslagen. Momenteel is blauwe waterstof goedkoper dan groene waterstof. Daarmee ligt omschakeling naar blauwe waterstof voor de hand voor een deel van de bedrijven, mogelijk als tussenstap naar groene waterstof. In Nederland zijn verschillende plannen voor de productie van blauwe waterstof, wat ook past bij bestaande projecten (zoals Porthos, zie ook hieronder) om CO₂ af te vangen en op te slaan.

Mocht de vraag naar waterstof inderdaad sterk toenemen dan is lokale productie in West-Europa onvoldoende om hierin te voorzien. Dan is import nodig vanuit andere delen van Europa (Scandinavië, Spanje) waar in potentie een overschot is aan groene waterstof. Daarnaast zal dan waarschijnlijk ook import nodig zijn van landen buiten de EU. Landen die al op kortere termijn een overschot aan groene waterstof kunnen produceren zijn de Golfstaten en mogelijk ook de VS. Daarnaast hebben vooral ook landen in Noord-Afrika veel potentie als waterstofexporteur gezien de hoeveelheid zon en de ligging dicht bij Europa.

Qua timing ligt het voor de hand dat waterstof in eerste instantie via schepen wordt geïmporteerd, aangezien dit een flexibele oplossing is, die al in de praktijk wordt toegepast en ook over lange afstanden mogelijk is. Op de langere termijn is echter import van waterstof voor de EU via pijpleidingen vanuit Noord-Afrika een logische vervolgstap. Er liggen momenteel al gasleidingen tussen Noord-Afrika en verschillende Zuid-Europese landen. Deze kunnen worden omgebouwd tot waterstofleiding of waterstofleidingen kunnen aan het netwerk worden toegevoegd.

Comparatief voordeel Nederland

Nederland heeft een goede uitgangspositie om een waterstofhub te worden. Hierbij speelt een aantal zaken mee. Zo zal naar verwachting een deel van de waterstof via schepen worden aangevoerd. Nederlandse havens beschikken momenteel al over de capaciteit om waterstofdragers, zoals ammoniak, te ontvangen en op te slaan. Nederland beschikt daarnaast over een fors aantal bedrijven dat ervaring heeft met transport en opslag van brandstoffen, die in staat zijn hun diensten uit te breiden naar het verwezenlijken van waterstofinfrastructuur. Ook kent Nederland nu al een goed waterstofnetwerk en wordt dit met investeringen vanuit de overheid verder uitgebreid. Tevens biedt het uitgebreide Nederlandse gasnetwerk een goed uitgangspunt. Een deel hiervan kan worden omgezet naar transport van waterstof. Daarnaast zal Nederland waarschijnlijk zelf producent worden van groene waterstof, op basis van (periodieke) overschotten van elektriciteit vanuit de windparken op de Noordzee. Ook zijn er plannen om vanuit potentiële overschotlanden in Scandinavië waterstofpijpleidingen richting Nederland aan te leggen. Daarbij bieden de zoutcavernes en lege gasvelden rond vooral Groningen, maar ook onder de Noordzee, een potentieel goede opslagmogelijkheid voor waterstof. Tot slot beschikt Nederland over een uitstekende kennispositie op basis van de verschillende technische universiteiten. Mocht Nederland zich inderdaad ontwikkelen tot waterstofhub, dan zal het onderdeel zijn van de verschillende waterstofcorridors die binnen de EU zijn gepland.

Tegelijkertijd zijn er ook kanttekeningen te plaatsen bij de visie dat Nederland een waterstofhub zal worden. Ten eerste is de positieve Nederlandse uitgangspositie voor een deel gekoppeld aan het transport van waterstof per schip, maar is onzeker in hoe maritieme routes zich op termijn zullen verhouden tot transport door pijpleidingen. Enerzijds is transport per schip flexibel en is al op korte termijn in te zetten, anderzijds is transport per pijpleiding duidelijk kostenefficiënter. Tegelijkertijd is de vraag of zulke pijpleidingen snel gerealiseerd zullen worden. Voor Noord-Afrika geldt bijvoorbeeld dat dit technisch goed mogelijk is, maar dat het gaat om landen met minder stabiele overheden waardoor investeren minder aantrekkelijk kan zijn. Mocht het zover komen dat er pijpleidingen vanuit Noord-Afrika of de Golfstaten naar de EU worden aangelegd, dan zal Nederland duidelijk minder belangrijk zijn als doorvoerland van groene waterstof. Een tweede onzekerheid betreft de mate waarin de huidige industrie in West-Europa zal blijven. Een deel van de industriële bedrijven heeft immers voor deze locatie gekozen vanwege de ruime aanwezigheid van fossiel gas. Dit geldt bijvoorbeeld voor kunstmestproducenten. Mocht een deel van dergelijke bedrijven kiezen voor een andere locatie, dan zal ook de Nederlandse hubfunctie kleiner zijn.

Verdienkansen

Als Nederland zich ontwikkelt tot waterstofhub dan heeft dit een aantal voordelen. Zo zorgt het voor diversifiëring van de aanvoer van waterstof voor Nederlandse gebruikers en daarmee voor grote energiezekerheid. Daarnaast ligt het in de rede dat kosten van waterstof binnen Nederland dan iets lager zijn dan op plekken verderop in de waterstoftransportketen, al is dit verschil waarschijnlijk beperkt. Daarnaast zorgt ruime aanvoer van groene waterstof ervoor dat de grote bestaande Nederlandse raffinage-industrie gedeeltelijk kan omschakelen van fossiele raffinage en opslag naar opslag van waterstof en mogelijk ook de productie van op waterstof gebaseerde brandstoffen (e-fuels). Tot slot biedt een goede waterstofinfrastructuur binnen Nederland en via verschillende routes naar Nederland (schip, pijplijn) een goede basis voor Nederlandse bedrijven die zich willen ontwikkelen in het transport en de opslag van waterstof. Voor deze bedrijven liggen er vervolgens ook kansen bij de export van expertise over en de aanleg van waterstofinfrastructuur.

Ook biedt de ontwikkeling van een internationale waterstofmarkt de mogelijkheid voor de Nederlandse overheid om bij te dragen aan verschillende SDG's en ODA-doelstellingen. Zo kan Nederland door een actieve rol in de waterstofhandel bijdragen aan SDG's door met Nederlandse steun waterstofinfrastructuur in lage- en middeninkomenslanden op te zetten. Deze landen kunnen dan groene waterstof exporteren naar Nederland en de EU in bredere zin.

Externe dreigingen

Bij de ontwikkeling van een Nederlandse waterstofhub speelt een aantal bedreigingen. Ten eerste heerst nog grote onzekerheid over de rol die groene waterstof gaat spelen in de economie. Ten tweede kan de omschakeling van fossiele naar duurzame energie in Europa een reden zijn voor delen van de industrie om te vertrekken uit de huidige locaties in West-Europa. Ten derde speelt de vraag hoe aanvoer van waterstof over maritieme routes zich zal verhouden tot de aanvoer per pijpleiding.

Handelingsperspectief

- Momenteel richt het waterstofbeleid van de Nederlandse overheid zich op een heel breed palet aan landen¹. Dit past bij de visie dat diversifiëren belangrijk is voor leveringszekerheid en nog onzeker is welke landen uiteindelijk de belangrijkste exporteur van waterstof zullen worden. Een punt van aandacht hierbij is dat ook wordt ingezet op landen waarvan het minder waarschijnlijk is dat ze een overschot aan groene waterstof zullen produceren (bijvoorbeeld omdat de eigen economie nog grotendeels op fossiele energie draait) en landen die zo ver weg liggen dat Nederland niet de meest logische bestemming lijkt voor hun groene waterstof. Tegelijkertijd is concurrentie aan het ontstaan tussen potentiële importlanden voor de gunst van potentiële exporteurs. Zo werken het VK en Marokko aan een onderzeese transportkabel voor groene energie. Daarom is te overwegen om meer focus aan te brengen binnen de internationale waterstofdiplomatie. Voor BZ en EZK betekent dit dat vooral ingezet zou moeten worden op landen buiten de EU, waar zo'n overschot waarschijnlijk is en waar (op kortere termijn) maritieme routes meer voor de hand liggen dan een pijpleiding, zoals Noord-Afrika, Zuid-Amerika, de Golfstaten en mogelijk ook de VS. Binnen een meer gefocust beleid past ook dat de handelsinstrumenten van BZ prioriteit geven aan de inzet in een kleinere groep landen met duidelijk potentieel op het terrein van waterstofexport naar Nederland.
- Om de positie van Nederland als potentiële waterstofhub te ondersteunen is het van belang om de huidige coördinatie binnen West-Europa, en in het bijzonder met Duitsland, op het terrein van waterstof te bestendigen. Daarbij gaat het om projecten, zoals H2Global, om de markt voor waterstof op gang te brengen, het

¹ Zie ook de brief van aan de Tweede Kamer over waterstofdiplomatie: <https://open.overheid.nl/documenten/3b08e36c-7e15-430b-a5c6-2577fa9ca05f/file>

Pentalaterale Energieforum, om onder meer regulering van waterstofstandaarden te harmoniseren en een samenhangende internationale infrastructuur te ontwikkelen en om gezamenlijke inkoop van groene waterstof. Op het terrein van handelsinstrumenten kan de samenwerking de vorm krijgen van gezamenlijke handelsmissies² of gezamenlijke financiering van waterstofprojecten in (potentiële) exportlanden.

- De markt voor groene waterstof kenmerkt zich momenteel nog door grote onzekerheden. Hierdoor is het voor individuele bedrijven vaak niet aantrekkelijk om grote investeringen te doen. Tegelijkertijd zijn deze investeringen wel nodig om het potentieel van groene waterstof als bijdrage aan de energietransitie te benutten. Daarom past een aanjagende rol van de overheid. Dit geldt ook voor investeringen van Nederlandse bedrijven in waterstofprojecten in het buitenland, bijvoorbeeld in haveninfrastructuur. Daarom is van belang dat hiervoor de juiste instrumenten beschikbaar zijn. Momenteel stimuleert de Nederlandse overheid op verschillende manieren de internationale investeringen van bedrijven, onder meer met de inzet van Invest International en de exportkredietverzekeringsfaciliteit van Atradius DSB en via Europese projecten³. Het is echter de vraag of deze instrumenten voldoende gericht zijn om het verschil te maken in die landen die voor Nederland van belang zijn voor de import van groene waterstof.
- Waterstofexport biedt kansen voor sommige lage- en middeninkomenslanden. Tegelijkertijd heeft het ministerie van Buitenlandse Zaken een coherentieverantwoordelijkheid jegens deze landen om ervoor zorgen dat dit niet ten koste gaat van andere ODA- en SDG-doelstellingen. Zo is in Zuidelijk Afrika de binnenlandse energievoorziening nog ontoereikend en grotendeels afhankelijk van fossiele brandstoffen. De productie en export van groene waterstof uit deze regio kan daarom op gespannen voet staan met de bredere welvaartsdoelstellingen van deze landen, zoals een schone energievoorziening.

Waterstoftoepassingen

Naast de potentieel belangrijke positie van Nederland binnen de internationale transportketen voor waterstof, zoals hierboven beschreven, zijn er ook kansen voor Nederlandse bedrijven bij de productie en het gebruik van waterstof. Op beide vlakken zullen de komende tijd naar verwachting grote technische verbeteringen plaatsvinden.

Veranderende vraag

De verwachte toename van de vraag naar groene waterstof leidt logischerwijs tot extra vraag naar electrolysercapaciteit voor omzetting van elektriciteit in waterstof. In het verlengde hiervan zal ook de vraag toenemen naar innovatieve technieken voor omzetting van waterstof in waterstofdragers (zoals ammoniak of *liquid organic hydrogen carriers*, LOHCs) en vice versa terug naar waterstof. Daarnaast opent zicht ook een markt voor de toepassing van waterstof(dragers) in de industrie, mobiliteit, elektriciteitssector en gebouwde omgeving. Dit biedt kansen voor Nederlandse bedrijven, ook op markten buiten Nederland.

Comparatief voordeel Nederland

Nederland kent geen grote producenten van electrolyzers, maar wel een cluster van bedrijven dat gespecialiseerd is in het vervaardigen van componenten van electrolyzers of die belangrijk zijn voor techniek daaromheen. Hierbij gaat het om electrolyzer-componenten, zoals: membranen, bipolaire platen, coating en elektrochemische katalysatoren, en ketencomponenten, zoals: waterzuivering, gasverwerking, koeltechnieken, meet- en regelsystemen. Daarnaast zijn bij de toepassing van groene waterstof verschillende Nederlandse bedrijven actief. Zij zijn vooral actief in de scheepvaart, zwaar en speciaal transport en het aanleggen van waterstoftanknetwerken. Ook kent Nederland een aantal innovatieve projecten voor de toepassing van waterstof in de luchtvaart.

² Een recentelijk voorbeeld hiervan is dat Duitsland in zeer korte navolging van Nederland haar eigen handelsmissie tbv waterstof heeft opgezet naar Afrika.

³ Important Project of Common European Interest (IPCEI), Connecting Europe Facility (CEF) en het Innovation Fund

De bestaande clusters bedrijven profiteren van de goede kennisinfrastructuur in Nederland op het terrein van waterstof. Nederland beschikt namelijk over toonaangevende kennisinstututen op het terrein van electrolyzers en brandstofcellen. Dit blijkt bijvoorbeeld uit het aantal patenten op het terrein van waterstof. Nederland loopt samen met Duitsland en het Verenigd Koninkrijk voorop bij deze kennisontwikkeling.

Verdienkans

Internationale verdienkans voor Nederlandse bedrijven liggen op het terrein van export van onderdelen van electrolyzers naar landen met een sterke positie in de productie van electrolyzers. Dit zijn Duitsland, China, Noorwegen, Frankrijk, de VS en het VK. In totaal zijn er zo'n vijftig bedrijven in Nederland, variërend van multinationals tot startups, die een bijdrage kunnen leveren aan deze export, waarvan een deel al internationaal actief is. Het comparatieve voordeel van Nederland in deze sectoren is kennis-gedreven en daarom vooralsnog duurzaam.

Daarnaast zou Nederland als nichespeler een rol kunnen spelen in de toepassing van groene waterstof. Daarbij gaat het vooral om de scheepvaart (zoals fuel-cell aangedreven schepen) en zwaar transport. Ook liggen er internationaal kans voor bedrijven die gespecialiseerd zijn in het aanleggen van een waterstoftankinfrastructuur. Nederlandse bedrijven beschikken hierbij over expertise in het aanleggen van zulke infrastructuur in dichtbevolkte gebieden. Op de iets langere termijn kunnen Nederlandse projecten voor toepassing van waterstof in de luchtvaart ook tot exportmogelijkheden leiden.

Externe bedreigingen

De markt voor waterstoftoepassingen (productie en gebruik) kent verschillende bedreigingen. Zo hangen de Nederlandse exportkans sterk af van de omvang van de markt voor waterstof en is deze nog zeer onzeker. Daarnaast is sprake van sterke concurrentie met landen zoals Duitsland en China op het gebied van electrolyzertechnologie. Deze landen zijn al actief in de productie van electrolyzers, wat de positie van Nederland op de internationale markt kan beïnvloeden. Ook op het terrein van waterstofgebruik is de concurrentie sterk. Zo zijn ook in Japan en China waterstofscheperen in ontwikkeling. Daarnaast brengt de snelle ontwikkelingen in waterstoftechnologie onzekerheid met zich mee over de juiste investeringen. Tot slot speelt het spreekwoordelijke kip-ei-probleem binnen verschillende subsectoren. Een voorbeeld is de wisselwerking tussen de aantrekkelijkheid van waterstofvoertuigen en de ontwikkeling van een tankinfrastructuur. Door de wederzijdse afhankelijkheid treden coördinatievraagstukken op die tijd kunnen kosten om op te lossen.

Handelingsperspectief

- Veelbelovende bedrijven in de waterstofsector zijn vaak relatief klein en beschikken over beperkte ervaring met buitenlandse investeringen, export en het aanvragen van Europese subsidies. De Nederlandse overheid speelt hierbij op verschillende elementen al een faciliterende rol (e.g. handelsmissies). Daarnaast zou de overheid kunnen overwegen om meer actief ondersteuning te bieden bij het aanvragen van Europese subsidies.
- Duitsland is in potentie een belangrijke afzetmarkt voor Nederlandse bedrijven die componenten voor electrolyzers of ketenapparatuur rond electrolyzers produceren. Daarom is van belang om ook vanuit dit oogmerk de reeds goede relatie met Duitsland op het terrein van waterstof te bestendigen. Nederlandse bedrijven kunnen in belangrijke mate complementair zijn aan de Duitse producenten van electrolyzers.
- Nederland kan zich inzetten voor samenwerkingsprojecten met naburige landen om grensoverschrijdende tankinfrastructuur te ontwikkelen voor zowel schepen als wegtransport en op termijn mogelijk ook voor luchtvaart. Hoewel de Nederlandse overheid al subsidies hiervoor heeft vrijgemaakt en reeds Europese projecten zijn uitgevoerd of nog lopen (bijvoorbeeld het H2ME-initiatief), is het belangrijk om de tankmogelijkheden te verbeteren om de economische potentie van waterstof in de mobiliteit te realiseren.

- Op dit moment worden Nederlandse subsidies ingezet voor een groot palet aan waterstof-gerelateerde producten. Dit draagt bij aan diversificatie, maar kent als risico dat door beperkte focus Nederlandse bedrijven duidelijk minder steun ontvangen dan buitenlandse concurrenten. Daarom is te overwegen om op het terrein van waterstof meer focus aan te brengen in het subsidie-instrumentarium.
- Nederlandse bedrijven zijn zich momenteel sterk aan het ontwikkelen in een aantal nichemarkten. Daarom kunnen handelsmissies effectief worden ingezet door deze specifiek te richten op deze niches. Daarbij gaat het om scheepvaart en zwaar transport, in landen die beschikken over een goede toevoer van waterstof, zoals de VS, Canada, Japan en China, waar transport over lange afstanden plaatsvindt. Daarnaast kunnen Nederlandse bedrijven een rol spelen bij de aanleg van waterstoftankinfrastructuur in dichtbevolkte gebieden. Voor de componenten van electrolyzers kan Nederland zich strategisch positioneren in landen waar deze electrolyzers worden geproduceerd, zoals Duitsland, Frankrijk, de VS, het VK en China.

Biobrandstoffen

Biobrandstoffen hebben als kenmerk dat ze niet gebaseerd zijn op fossiele energie, maar gewonnen worden uit organisch materiaal (biobrandstoffen) of gebaseerd zijn op groene waterstof (e-fuels). Hoewel bij de verbranding van deze brandstoffen CO₂ vrijkomt, dragen ze bij aan vermindering van de CO₂-uitstoot, omdat de uitgestoten CO₂ eerder uit de atmosfeer is weggenomen. Daarmee draagt vervanging van fossiele brandstoffen door biobrandstoffen bij aan vermindering van de CO₂-uitstoot. Een belangrijk voordeel van biobrandstoffen is dat ze snel inzetbaar zijn in de luchtvaart en scheepvaart, waarvoor op korte termijn weinig alternatieven beschikbaar zijn. Daarnaast stellen biobrandstoffen Nederland in staat de energiemix te diversifiëren, waardoor de strategische autonomie toeneemt en de gevoeligheid voor brandstofprijsschommelingen afneemt.

Een belangrijke voorwaarde voor de duurzame inzet van biobrandstoffen is wel dat de herkomst van de biomassa aan stringente eisen voldoet, zodat het gebruik ervan niet leidt tot ontbossing of onwenselijke concurrentie met voedselproductie. Binnen de EU gelden hiervoor strikte regels.

Biobrandstoffen kunnen worden opgedeeld in verschillende typen, namelijk 1) biobrandstoffen geproduceerd uit voedselgewassen, 2) biobrandstoffen die voornamelijk uit residuen en afvalproducten worden verkregen en 3) brandstoffen gebaseerd op groene waterstof (e-fuels).

Veranderende vraag

De vraag naar biobrandstoffen is in potentie zeer hoog. Belangrijk is vooral de additionele bijmengverplichting, die volgt uit EU-wetgeving (RED III). Op basis van deze richtlijn is de verplichting voor inzet van biobrandstoffen in het vervoer uitgebreid, waardoor ook bunkerbrandstoffen voor de internationale lucht- en scheepvaart onder de richtlijn vallen. Ook buiten de EU is duidelijk sprake van vraag naar biobrandstoffen. Onder meer de VS, Brazilië en India zetten duidelijk in op de productie en het gebruik van biobrandstoffen. Ook blijkt uit analyses van het IEA dat inzet op biobrandstoffen nodig is om emissiedoelstellingen te behalen.

Comparatief voordeel Nederland

Nederland is wereldwijd de achtste producent van biobrandstoffen. Dit hangt samen met de omvangrijke raffinage- en chemische industrie. De sector bestaat echter uit een grote variëteit aan bedrijven. Een aantal grote bedrijven produceert uit gewassen en gebruikte oliën op grote schaal een breed scala aan biobrandstoffen, zoals biodiesel, bio-ethanol en bio-kerosine. Ook zijn er enkele bedrijven die e-fuels produceren, onder meer als vliegtuigbrandstof. Daarnaast zijn er bedrijven die zich richten op het produceren van biogas op basis van vergistingstechnieken. Andere bedrijven richten zich op de verkoop van fabrieken die biologische reststoffen omzetten in pyrolyse-olie of in hoogwaardig vloeibaar gas (Bio LNG). Daarnaast bestaan er verschillende bedrijven, die de productie van

biobrandstof verder ontwikkelen, met als doel om op basis van relatief laagwaardige restproducten (zoals maïsstengels), zeer hoogwaardig gas (bio-syngas) te produceren. Nederland is bovendien een belangrijk knooppunt voor biobrandstoffen. Dit laatste ligt in het verlengde van de grote rol die Nederland speelt in de distributie van andere brandstoffen.

Nederland heeft ook een stevige kennisbasis als het gaat om biobrandstoffen. Kennisinstanties zoals de universiteiten in Wageningen en Delft en TNO behoren op dit terrein tot de Europese kopgroep, al was deze positie enige jaren geleden nog sterker.

Verdienkanssen

Gezien de verwachte groei van de sector liggen er verdienkanssen op verschillende terreinen. Ten eerste kunnen gevestigde partijen profiteren van de additionele vraag naar biobrandstoffen. Ten tweede is er een aantal Nederlandse bedrijven die innovatieve technieken toepast om meer laagwaardige restproducten op te werken tot hoge kwaliteit brandstof. Deze bedrijven verkeren in verschillende fase van ontwikkeling (startup, scale up) en kunnen profiteren van de toenemende vraag naar en toegenomen aandacht voor duurzaamheid. Ten derde zijn er verschillende bedrijven die biomassa-installaties leveren die op veel plekken in de wereld kunnen bijdragen aan een betere benutting van biologische restproducten. Deze bedrijven zijn daarmee ook in staat om al op korte termijn een bijdrage te leveren aan de energietransitie in minder ontwikkelde landen. Daarmee zijn er ruime groeikansen voor de sector.

Daarnaast speelt, op de iets langere termijn, de vraag in hoeverre de sector erin slaagt om mondiaal restproducten in te zamelen voor de productie van biobrandstoffen en aanverwante producten en daarbij CO₂ te besparen. Hier ligt een groot potentieel, maar het vraagt een aantal stappen om zover te komen.

Externe bedreigingen

Biobrandstoffen zijn in zekere mate aan het concurreren met voedselproductie. Land dat voor voedselproductie wordt gebruikt kan ook voor biobrandstoffen worden ingezet. Daarbij geldt dat biobrandstoffen in potentie ook leiden tot ontbossing en daarmee schadelijk zijn voor het klimaat. Deze nadelen zijn te voorkomen, maar vereisen streng beleid. Als het niet lukt om streng beleid te handhaven dan nemen de voordelen van biobrandstoffen af. Een andere bedreiging is het negatieve sentiment rond biobrandstoffen. Dit is gedeeltelijk te begrijpen vanuit misstanden uit het verleden. Hoewel de huidige regelgeving ervoor zorgt dat de productie in Nederland voldoet aan duidelijke eisen en zo bijdraagt aan CO₂-reductie, kan negatief sentiment de kansen van deze sector beperken. De relatief hoge kosten van biobrandstoffen zijn eveneens een bedreiging. Hierdoor is de productie van deze brandstoffen afhankelijk van regulering. De sector is daarmee gevoelig voor beleidswijzigingen.

Handelingsperspectief

- Regulering op het terrein van biobrandstoffen binnen de EU is veranderlijk. Dit gebrek aan langetermijnperspectief ontmoedigt investeringen, die wel nodig zijn om de EU-streefcijfers te halen. Een stabiel beleid kan dus bijdragen aan de verdere ontwikkeling van biobrandstoffen. De Nederlandse overheid kan hieraan bijdragen, door te zorgen voor een heldere visie over de voorwaarden waar biobrandstoffen aan moeten voldoen. Zo'n *principle based* benadering ontbreekt momenteel in de EU, waardoor het huidige beleid een minder duidelijke basis kent.
- Nederland en de EU in zijn geheel zijn importeurs van groente, fruit en andere biologische producten uit landen in Afrika, Azië en Zuid-Amerika. Bij de productie hiervan ontstaan restproducten die zich goed lenen voor omzetting in energie en nutriënten. Ook is het relatief eenvoudig om vanuit voedselafval energie te produceren en kan dit al op kleine schaal. Stimulering van deze exportmogelijkheden kan via handelsmissies en het ICEP-

programma. Daarnaast kan Invest International hierbij een rol spelen, door bij te dragen aan de financiering van de internationale plannen van Nederlandse bedrijven.

- De overheid kan bijdragen aan het (internationaal) tot wasdom komen van innovatieve bedrijven binnen de biobrandstofsector. In de sector zijn op verschillende terreinen innovatieve Nederlandse bedrijven actief, die gemeen hebben dat ze brandstof maken uit restproducten. Dit type biobrandstoffen draagt bij aan de afname van CO₂-uitstoot en concurreert niet met voedingsgewassen. Hoewel sommige bedrijven het eigenstandig redden, zijn er ook signalen dat sommige bedrijven het moeilijk vinden om de stap te zetten van innovatie naar werkend concept op grote schaal (scale-up). Dit is een punt dat ook elders wordt genoemd (zie bijvoorbeeld WRR 2023). Additionele middelen om door deze fase te komen zijn daarom welkom en moeilijk te vinden bij commerciële financiers, omdat de risico's vaak nog hoog zijn. Hier ligt dus in potentie een rol voor de overheid. Andere innovatieve bedrijven lukt het om internationaal stappen te zetten. Hulp vanuit het handelsinstrumentarium kan hier een goede bijdrage aan leveren. Denk aan het organiseren van een handelsmissie, subsidiëren van een marktstudie of financiering door Invest International van de internationale uitbreiding.
- De Nederlandse overheid kan bijdragen aan de totstandkoming van een internationale markt voor tussenproducten (*commodities*) op basis van biomassa. De beste bijdrage aan verduurzaming leveren biobrandstoffen die van restproducten zijn gemaakt. Wereldwijd liggen veel restproducten te vergaan en stoten zo CO₂ uit. In theorie kunnen hier brandstoffen van worden gemaakt. De kunst is om deze restproducten efficiënt om te zetten in tussenproducten van een gelijke kwaliteit, die vervolgens op industriële schaal de aanvoerbron kunnen worden van biobrandstofproducenten. Nederland kan gezien de grote biobrandstofsector en sterke kennisbasis op het terrein van land- en bosbouw een nuttige bijdrage leveren aan deze discussie. Bovendien kan Nederland hiervan profiteren, zowel op het terrein van handel als vanwege de behoefte aan biomassa voor de chemische industrie ter vervanging van fossiele basischemicaliën.

Wind op zee

Gedreven door de sterke vraag naar groene stroom groeit het aantal windturbines op zee en is op meerdere plekken in de wereld vraag naar bedrijven die windparken kunnen aanleggen. Nederland kent binnen de sector op onderdelen een sterke marktpositie.

Veranderende vraag

Het aantal windturbines neemt snel toe, waaronder op de Nederlandse territoriale wateren in de Noordzee. Gezamenlijk met Duitsland, Denemarken en het Verenigd Koninkrijk gaat het om een beoogd vermogen op de Noordzee van 65 GW in 2030, waarvan 21 GW door Nederland. Dit is een verdriedubbeling van de huidige Nederlandse capaciteit. Ook in andere delen van de wereld neemt, gedreven door vergroening en elektrificatie, de vraag naar windenergie sterk toe.

Comparatief voordeel Nederland

De Noordzee biedt Nederland een gunstige locatie voor offshore-windenergie. Deze is relatief ondiep, de wind is hard en grote energiegebruikers liggen nabij. Nederland heeft geen comparatief voordeel op alle aspecten van de offshore-windindustrie, maar springt er voor twee subsectoren wel bovenuit, namelijk de plaatsing van windturbines (natte waterbouw) en het ontwerp van windparken op zee door ingenieurs. Daarentegen geldt juist voor de productie van windturbines zelf geen comparatief voordeel voor het Nederlandse bedrijfsleven.

Daarnaast heeft Nederland een sterke kennispositie op het gebied van offshore-technologieën. Een voorbeeld is de ontwikkeling van een drijvende windturbine die hogere windsnelheden aankan. Ook de software en systeemintegratie voor de verbinding met het elektriciteitsnetwerk zijn een relatief sterk punt van Nederlandse

bedrijven. Daarnaast innoveert Nederland veel rond ecologie en aanleg en bedrijfsvoering van windparken, inclusief de circulariteit van de turbines, bladen en infrastructuur. Dergelijke aspecten worden steeds belangrijker voor toekomstige uitrol en genereren daarmee exportkansen.

Verdienkansen

Verdienkansen voor Nederlandse bedrijven liggen vooral in gebieden met een gunstige combinatie van veel wind en veel vraag naar groene elektriciteit. Daarbij scoort Europa het hoogst, gevolgd door Japan, de VS, India en China. Dit betekent dat juist in deze gebieden exportkansen liggen. De ondiepere mogelijkheden zijn met name te vinden in de Noordzee en Baltische Zee. Wereldwijd kan in diepere wateren worden ingezet op drijvende windturbines. Wind op zee draagt internationaal gezien vooral bij aan de SDG's rondom een groene en zelfvoorzienende energieproductie en daarmee economische ontwikkeling en het tegengaan van klimaatverandering.

Externe dreigingen

De congestie op het elektriciteitsnetwerk vormt een dreiging voor de Nederlandse offshore-sector. Door de onzekerheid omtrent de overbelasting van de infrastructuur wordt er mogelijk minder geïnvesteerd in de bouw van verdere offshore-projecten. Een meer externe dreiging is de internationale concurrentie. Vooral Denemarken en Duitsland kennen een sterk ontwikkelde sector die met Nederlandse bedrijven concurreert.

Handelingsperspectief

- Wind op zee is al duidelijk een van de sectoren waar het Nederlandse handelsinstrumentarium zich op richt. Gezien de te verwachten groei de komende jaren ligt het voor de hand dit beleid voort te zetten door onder meer het organiseren van handelsmissies. Zo'n missie zou vanuit Nederland kunnen worden georganiseerd, maar omdat Nederland niet de hele keten beheerst is het mogelijk ook interessant om dit samen met een ander land te doen, bijvoorbeeld met Duitsland of Denemarken. Daarnaast is zo'n handelsmissie in potentie een goede gelegenheid om ook kleinere innovatieve partijen voor te stellen.
- De Nederlandse overheid kan in het buitenland (bijvoorbeeld via het postennetwerk of handelsmissies) wijzen op de kennis van Nederlandse bedrijven als het gaat om de integratie van offshore- windenergie met groene waterstof. Dit sluit aan bij de potentiële verdienmogelijkheden voor Nederlandse bedrijven. Ook biedt het kansen om de import van groene waterstof vanuit deze landen te bevorderen.
- De Nederlandse overheid deelt momenteel al kennis over wijze waarop het tenderen van ruimte op zee op een goede wijze kan plaatsvinden, met daarbij aandacht voor innovatie- en duurzaamheidsaspecten. Door deze kennis in meerdere landen aan te bieden, kan de overheid bijdragen aan de ontwikkeling van windparken op een ecologisch gunstige wijze.
- Op de Noordzee worden door verschillende landen windparken ontwikkeld. Hoewel er samenwerkingsverbanden bestaan, zoals de *North Seas Energy Cooperation* (NSEC) en gezamenlijk wordt gewerkt aan energiehubs, bestaan op dit terrein nog duidelijk de mogelijkheden tot verdieping. Landen stellen logischerwijs vaak hun individuele klimaatdoelstellingen voorop, wat aan een efficiënte samenwerking in de weg kan staan.

Specialistische zonnepanelen

De grootschalige productie van standaardzonnepanelen zal niet snel in Nederland plaatsvinden. Maar binnen deze grotere markt bestaan niches waarin Nederlandse bedrijven voorop lopen en er internationaal kansen liggen.

Veranderende vraag

Zonne-energie is wereldwijd de snelst groeiende vorm van duurzame energie. Dit komt vooral door de relatief lage kosten van zonnepanelen. Momenteel is China veruit de grootste producent van zonnepanelen. De EU heeft echter ambities om minder afhankelijk te worden van Chinese import.

Comparatief voordeel Nederland

Nederland kent een kleine zonnepanelensector, die vooral is gericht op nichemarkten. Zo zijn Nederlandse bedrijven vooral goed in de productie van maatwerk- en lichtgewichtpanelen. Denk aan zonnepanelen in specifieke op maat gemaakte afmetingen, bijvoorbeeld voor toepassing op gebouwen, vrachtauto's of drijvende constructies. Ook is duurzaamheid een kenmerk van Nederlandse producenten van zonnepanelen. Veel panelen zijn grotendeel te recyclen en bevatten weinig giftige stoffen. Daarnaast zijn er bedrijven die zich richten op de bouw van machines die zonnepanelen produceren.

Nederland heeft een sterke kennisbasis op het gebied van zonne-energie. Een belangrijk voorbeeld is Solliance Solar Research, een samenwerkingsverband tussen onderzoeksinstituten, universiteiten en industriële partners, waar onderzoeksinstituten uit België en Duitsland bij zijn aangesloten. Dit partnerschap staat hoog aangeschreven en biedt daarmee een solide basis voor de verdere ontwikkeling van technisch hoogwaardige zonnepanelen.

Verdienkans

Afhankelijk van het type zonnepaneel, zijn er verschillende verdienkans. Voor zonnepanelen die geïntegreerd zijn in gevelmateriaal en van hoge esthetische kwaliteit, zijn er vooral verdienkans in dichtbevolkte gebieden. Voor lichtgewichtpanelen (mogelijk geïntegreerd in dakbedekking) zijn er verdienkans op plekken waar gebouwen staan die niet geschikt zijn voor het dragen van de zwaardere standaardpanelen, zoals industrieterreinen, stallen of parkeerplaatsen.

Of Nederlandse bedrijven kunnen concurreren op de markt voor zonnepanelen hangt in belangrijke mate af van de omvang van ondersteunende en protectionistische maatregelen zoals subsidies of importtarieven. Gezien het Europese beleid om meer zonnepanelen binnen de EU te produceren, is te verwachten dat er in ieder geval binnen de EU kans liggen. Daarnaast zijn in potentie de VS en India interessant. Deze beide markten hebben maatregelen genomen tegen de import van goedkope Chinese panelen, waar ook Nederlandse partijen van zouden kunnen profiteren.

Niet-financiële verdienkans zijn er logischerwijs in de vorm van lagere CO₂-uitstoot, in vergelijking met fossiele brandstof. Daarnaast kenmerken de huidige Nederlandse bedrijven zich door veel oog voor recycling van panelen en het gebruik van duurzame materialen.

Bedreigingen

Een bedreiging voor de Nederlandse sector is dat deze sector momenteel nog relatief bescheiden van omvang is. De verdere ontwikkeling hangt duidelijk samen met het succesvol kunnen nemen van volgende stappen in het productieproces, zoals het openen van productielijnen. Zulke zaken staan momenteel echter nog in de kinderschoenen en dat maakt de sector relatief kwetsbaar. Om nieuwe technieken tot ontwikkeling te brengen dient het Nederlandse cluster op termijn ook aansluiting te vinden bij grotere producenten van zonnepanelen, in de EU of daarbuiten. Het is echter onzeker of dit lukt. Ook in andere landen investeren partijen in nieuwe technieken en als die sneller zijn of beter aansluiten, staan Nederlands innovaties op achterstand. Een andere bedreiging is de

lage prijs waartegen in China zonnepanelen worden geproduceerd. Dit maakt het voor Europese partijen lastig om tegen de Chinese bedrijven op te boksen.

Handelingsperspectief

- De ontwikkeling van de PV-sector is gebaat bij een cluster van bedrijven en kennisinstellingen in Nederland, omdat dit elkaar versterkt. De huidige uitrol van het Groeifondsproject zal hier de komende tijd aan bijdragen. Of dit voldoende is om een solide cluster neer te zetten zal moeten blijken. Het is daarom van belang om na te blijven gaan welke instrumenten op termijn op een effectieve wijze bijdragen aan ondersteuning van de sector. Onderdeel hiervan kan zijn dat contact wordt gelegd met landen in de EU die al op grotere schaal zonnepanelen produceren, om na te gaan op welke wijze Nederlandse innovaties passen binnen deze waardeketen. Zo is het goed mogelijk dat op basis van de sterke Nederlandse kennispositie innovaties worden gedaan op het terrein van hoog-rendementscellen of perovskiet folies, die interessant zijn voor grotere producenten elders. Momenteel wordt in Frankrijk en Italië de productiecapaciteit uitgebreid. Het kan dan ook interessant zijn om contacten met deze landen aan te halen.
- Momenteel bestaat op EU-niveau geen wetgeving die hoge eisen stelt aan de duurzaamheid van zon-PV. De EU importeert voor een groot deel panelen uit China die doorgaans niet als duurzaam zijn geproduceerd, bijvoorbeeld omdat er PFAS in is verwerkt. Door hogere duurzaamheidseisen te stellen, zou de EU ondernemers die duurzamer produceren beter ondersteunen, waaronder Nederlandse partijen. Wel is er sinds kort EU-wetgeving (CSDDD) die grote bedrijven verplichtingen oplegt op het terrein van mensenrechten en milieustandaarden binnen hun eigen producten en de productieketen. Naar verwachting heeft dit effect op zonnepanelen uit China. In aanvulling zou de Nederlandse overheid kunnen pleiten voor milieueisen voor zonnepanelen.
- Daarnaast geldt ook voor deze sector dat bedrijven hulp kunnen gebruiken bij het verkrijgen van toegang tot EU-gelden. Hoewel er verschillende gelden beschikbaar zijn, wordt het aanvragen van EU-subsidies als een zwaar traject gezien, vooral voor kleinere partijen.

Batterijsector

De omschakeling van fossiele brandstoffen naar duurzame energie vraagt om elektrificatie van de energievoorziening. Opslag van elektriciteit zal voor een deel plaatvinden via batterijen. Dit geldt sowieso voor mobiele toepassingen, maar batterijen kunnen ook (lokale) energienetwerken ondersteunen.

Veranderende vraag

Verschillende ramingen laten zien dat de wereldwijde vraag naar batterijen de komende jaren fors toeneemt. Zo gaat een studie in opdracht van het IEA (2023) uit van een toename in wereldwijde vraag van 0,5 terrawattuur per jaar in 2020 naar 1,4 in 2025 en tot 3,5 in 2030. De productie van batterijen vindt momenteel vooral in Azië en de VS plaats. Wel worden op Europees niveau verschillende initiatieven ontplooid om binnen de EU batterijen te produceren, om zo de afhankelijkheid van andere werelddelen te beperken. Deze Europese aanpak lijkt vruchten af te werpen. De komende periode worden in tal van Europese landen zogenoemde gigafabrieken gebouwd, die grote aantallen batterijen zullen produceren.

Comparatief voordeel Nederland

In Nederland zijn er geen (plannen voor) grote batterijfabrieken en is de sector relatief klein in vergelijking met andere Europese landen. Tegelijkertijd kent Nederland wel een hoogwaardige batterijsector, die zich richt op verschillende delen van de batterijwaardeketen. De ontwikkeling van de sector wordt ondersteund door een Groeifondsproject en door de batterijstrategie van de Nederlandse overheid. Nederlandse bedrijven onderscheiden zich in het Europese en mondiale speelveld op de volgende deelgebieden:

- nieuwe batterijconcepten en -materialen;
- specifieke batterijtoepassingen in zwaar transport;
- batterijen ter verlichting van het net; en
- batterijrecycling.

Daarnaast investeren de technische universiteiten in de ontwikkeling van batterijtechnologie. Ook is begin 2023 een consortium opgericht (Battery.NL) bestaande uit bedrijven en kennisinstellingen op het terrein van batterijtechnologie. Doel van dit consortium is om in een periode van acht jaar de volgende generatie batterijen te ontwikkelen. Al met al zet Nederland duidelijk in op de verdere ontwikkeling van batterijtechnologie.

Verdienkansen

Een verdienkans ligt bij de toelevering van hightech batterijonderdelen aan grote batterijfabrieken. Gezien de opkomst van de gigafabrieken in de EU zal een ruime markt ontstaan voor toeleveranciers. Voor Nederlandse bedrijven liggen vooral kansen op het terrein van materialen (dunne-filmtechnologie), batterijmanagementsystemen (meet- en regeltechniek, software) en anodes die worden ingezet bij de vervaardiging van batterijen. Daarnaast zijn er kansen bij projecten voor grote opslag van elektriciteit in vloeibare vorm. Nederlandse bedrijven zijn al relatief goed op dit terrein, al verkeert deze ontwikkeling nog in de ontwikkelingsfase. Kansen zijn er ook bij de ontwikkeling en inbouw van batterijen in zware voertuigen en schepen. Op dit terrein heeft Nederland een aantal grote spelers, die al een internationale marktpositie hebben. In het kielzog van deze bedrijven kunnen zich toeleveranciers ontwikkelen die zich specifiek richten op batterijtechniek voor zwaar vervoer. Een interessante kwestie is of batterijen voor deze toepassingen ook in Nederland vervaardigd zullen worden, mogelijk door een buitenlandse partij, of dat deze geïmporteerd zullen worden. Op de iets langere termijn is ook de recycling van batterijen een interessante verdienkans. Dit is in potentie een groeimarkt gezien het toenemende gebruik van batterijen in verschillende toepassingen de komende jaren en de nadruk die de EU-verordening legt op hergebruik.

De batterijsector ondersteunt vooral het gebruik van duurzame energie (SDG 7) via elektrificatie van vervoer en de opslag van duurzame energie op momenten dat deze niet direct beschikbaar is.

Externe dreigingen

Een belangrijk concurrentienadeel voor batterijbedrijven is dat in Nederland momenteel geen grote batterijproducent aanwezig is. Daarmee zullen de kleinere innovatieve partijen in het buitenland op zoek moeten naar een batterijfabriek aan wie ze kunnen toeleveren. Dit is een hogere drempel dan wanneer zo'n fabriek in Nederland zou staan. Daarbij komt dat opschalen naar productie in grote aantallen sowieso een grote stap is, waar nog weinig Nederlandse bedrijven aan toe zijn.

Handelingsperspectief

- Voor innovatieve batterijbedrijven die al (bijna) een werkend product of halffabricaat hebben is het belangrijk om goed aangesloten te zijn op ontwikkelingen in landen die reeds een grote batterijsector hebben. Zo kunnen zij zich aansluiten op de waardeketen. Batterijproducenten zijn in potentie de klanten van deze innovatieve Nederlandse bedrijven. Zij moeten dus kunnen inspelen op de behoeften van deze producenten. Om dit proces te ondersteunen zijn handelsmissies (of innovatiemissies) naar verschillende landen interessant. Daarbij kan gedacht worden aan Duitsland, Frankrijk, Zuid-Korea, de VS, China en Japan.
- Meer specifiek geldt dat op dit moment de Nederlandse batterijsector geen onderdeel uitmaakt van het *International Clean Energy Partnership* (ICEP) van de EU, dat gericht is op internationale ondersteuning van bedrijven in de energietransitie. Binnen de Nederlandse brancheorganisatie Battery Competence Cluster - NL

(BCC) bestaan al verschillende internationale initiatieven. Het is interessant om na te gaan of ondersteuning of samenwerking met ICEP meerwaarde biedt.

- Een nadeel voor Nederlandse batterijproducenten is dat in Nederland geen grote batterijfabrikant actief is. Dit ontbreekt aan het huidige bedrijvencluster. Tegelijkertijd kent Nederland een industrie die zware voertuigen maakt (bussen, vrachtwagen, schepen), deze wil elektrificeren en daarvoor een goede batterijoplossing zoekt. Tegen deze achtergrond kan het wellicht interessant zijn om na te gaan of er een buitenlandse partij geïnteresseerd is om in Nederland te gaan produceren voor bedrijven die hier werken aan de elektrificatie van zwaar vervoer. Een eerste stap kan zijn om bij deze Nederlandse bedrijven na te gaan waar hun behoefte ligt.

Laadinfrastructuur

Voor Nederlandse bedrijven zijn er verschillende verdienkansen binnen de groeiende markt voor laadinfrastructuur. Op veel onderdelen van de laadketen (hardware, software, netwerk) hebben Nederlandse bedrijven een goede uitgangspositie.

Veranderende vraag

De sterke toename van elektrische voertuigen biedt kansen voor de laadpuntensector. Mede gedreven door de verplichte elektrificatie in de Europese automarkt (EU-regulering verbiedt de verkoop van niet-emissievrije auto's vanaf 2035), verwacht het IEA dat er in 2030 rond de 250 miljoen elektrische auto's rondrijden in de EU. Ook binnen het openbaar vervoer zet de elektrificatie zich voort. Waar Nederland al vooroefliep met haar aandeel elektrische openbaarvervoersbussen zal deze ontwikkeling ook Europees en wereldwijd plaatsvinden. In het verlengde hiervan zal de vraag naar oplaadpunten voor auto's, bussen en ander zwaar vervoer sterk toenemen.

Comparatief voordeel Nederland

Nederland loopt voorop in de uitrol van een laadpuntennetwerk. Hierdoor hebben Nederlandse bedrijven al veel ervaring kunnen opdoen in hun thuismarkt. Verschillende bedrijven zijn ook al internationaal actief en hebben de ambitie om hun internationale activiteiten verder uit te breiden. Nederland kent bedrijven die sterk zijn in het aanleggen van laadstations, de productie van oplaadpunten en de afhandeling (backoffice) van oplaadtransacties.

Nederland beschikt vanwege deze hier aanwezige bedrijven over een sterke kennispositie, die bijvoorbeeld te zien is in het hoge aantal patenten met betrekking tot oplaadpunten. De relatieve voorsprong van Nederland begint wel te stagneren ten opzichte van omliggende landen zoals Duitsland en het Verenigd Koninkrijk. Ook op innovatiegebied is Nederland een van de koplopers, voornamelijk rond software en besturingssystemen, die zorgen voor "slim" laden of bi-directioneel laden.

Verder wordt Nederland wereldwijd erkend als voorloper in de implementatie van open standaarden en integratie van systemen. In Nederland ontwikkelde protocollen: het Open Charge Point Protocol (OCPP) en het Open Charge Point Interface (OCPI) faciliteren de informatie-uitwisseling tussen oplaadpunten onderling en hun leveranciers en afnemers. Deze protocollen zijn inmiddels de wereldwijde marktstandaard aan het worden.

Verdienkansen

De Europese elektrische ambitie biedt kansen voor vele bedrijven die actief zijn in de laadinfrastructuur, met een nadruk op kennisintensieve bedrijven waarvan de diensten minder concurrentiegevoelig zijn. Als Oost- en Zuid-Europa hun achterstand in het aantal oplaadpunten gaan inlopen, zullen daar grote afzetmarkten ontstaan. Daarnaast zijn er afzetmarkten buiten de EU, waaronder in ieder geval in de VS en Oost-Azië.

De sector draagt vooral bij aan de beschikbaarheid van duurzame energie (SDG 7).

Externe bedreigingen

Hoewel de internationale kansen voor Nederlandse bedrijven veelbelovend zijn kan door onduidelijk beleid binnen Nederland het thuismarktvoordeel worden beperkt. Daarnaast wordt de verspreiding van de open protocollen bedreigd door meer gesloten systemen. Naast systemen onder de open charging alliance (OCA), zijn er aanbieders van elektrische laadpalen die vasthouden aan een gesloten protocolnetwerk tussen laadpalen en backoffice. Dit gaat ten koste van de open markt van het open protocol waarin Nederlandse partijen gewend zijn te opereren. Verder trekt de verwachte groei van de EV-sector concurrenten aan, die soms in hun thuismarkt worden bevoordeeld ten opzichte van buitenlandse partijen.

Handelingsperspectief

- Het RVO-instrumentarium, zoals de DHI-regeling, kan worden ingezet voor het uitvoeren van scoping- en haalbaarheidsstudies. Dit faciliteert niet alleen het identificeren van zakelijke kansen voor Nederlandse ondernemingen, maar helpt ook bij het inzichtelijk maken van lokale wet- en regelgeving omtrent laadinfrastructuur en vergunningen. Dit is van belang, aangezien deze regels sterk kunnen variëren, zowel tussen als binnen landen (bijvoorbeeld in de VS). Door deze voorbereidende stappen kunnen de initiële kosten voor kleine, veelbelovende bedrijven verlaagd worden, waardoor het gemakkelijker wordt om internationaal uit te breiden. Hierbij kan de innovatie-attaché in focuslanden ook een rol spelen (e.g. Oost-Azië).

Afvang en opslag van CO₂

CCS omvat het proces van het afvangen van CO₂-uitstoot van industriële bronnen, het transporteren van deze CO₂ naar opslaglocaties en het veilig opslaan ervan, om zo te voorkomen dat het in de atmosfeer vrijkomt. Wanneer de CO₂ na afvang elders wordt ingezet, bijvoorbeeld in kassen of voor de productie van synthetische brandstoffen (e-fuels), dan wordt gesproken van CCUS. Nederland loopt met een aantal projecten op dit terrein voorop, wat kansen biedt voor betrokken bedrijven.

Veranderende vraag

Om klimaatverandering tegen te gaan zal mondiaal waarschijnlijk meer nodig zijn dan energiebesparing en verduurzaming van energiebronnen. Ook het afvangen en opslaan van CO₂ kan bijdragen aan uitstootvermindering. Dit geldt vooral voor sectoren waarin het op korte termijn niet goed mogelijk is om het productieproces vrij te maken van CO₂-uitstoot, zoals bij de staalproductie, chemische industrie, kunstmestproductie en raffinaderijen.

Wereldwijd zal, gedreven door de noodzaak om klimaatverandering aan te pakken, de vraag naar CCS de komende decennia sterk toenemen. Schattingen naar de vraagontwikkeling van afvangcapaciteit gaan uit van circa 680 megaton wereldwijd in 2030. Ter illustratie, in 2021 werd in Nederland zo'n 168 megaton CO₂ uitgestoten en in Europe zo'n 3.500 megaton. Drijvende krachten achter de verwachte toename van CCS zijn overheidssubsidies en financiële instrumenten, zoals het Europese ETS-stelsel dat een prijs zet op de uitstoot en dus een premie op afvang van CO₂.

Comparatief voordeel Nederland

Nederland heeft veel expertise op het gebied van olie- en gasinfrastructuur, wat Nederland goed positioneert om technologie en infrastructuur te ontwikkelen voor CC(U)S. Binnen Nederland zijn er inmiddels enkele CCS-initiatieven. Zo ontwikkelt Porthos een project waarbij CO₂ van de industrie in de Rotterdamse haven wordt getransporteerd en opgeslagen in lege gasvelden onder de Noordzee. Een tweede initiatief is Aramis dat tot doel heeft een nieuwe infrastructuur te realiseren voor het transport van CO₂ naar offshore-platforms in de Noordzee.

Daar wordt de CO₂ in lege gasvelden onder de zeebodem opgeslagen. Dit initiatief verkeert nog in de projectfase. Daarnaast bestaat al sinds 2004 het CATO-programma (afkorting voor CO₂ Afvang, Transport en Opslag), een Nederlands initiatief gericht op de ontwikkeling en implementatie van CCS-technologieën. Het programma is gericht op onderzoek en ontwikkeling. Nederland beschikt tevens over gerenommeerde kennisinstellingen op het gebied van CC(U)S. Zo heeft TNO technologieën ontwikkeld voor het vastleggen van CO₂ en werkt VoltaChem aan chemische bouwstenen uit hernieuwbare biograndstoffen en afgevangen CO₂.

Buiten Nederland heeft Noorwegen als enige land in Europa al twintig jaar ervaring met de afvang en opslag van CO₂. Daarnaast voeren landen als het Verenigd Koninkrijk, Canada en de Verenigde Staten actief beleid en doen ze investeringen ter ondersteuning van CCS-projecten.

Verdienkansen

Verdienkansen op het terrein van CC(U)S hangen vooral samen met de kosten van CO₂-uitstoot, zoals die binnen het Europese ETS tot stand komen. Als die hoog genoeg zijn kan CO₂-afvang mogelijk zelfs winstgevend zijn. Daarnaast kan de CO₂ worden verkocht aan bedrijven die dit als grondstof gebruiken. Voorbeelden zijn de glastuinbouw, de bier- en frisdranksector en producenten van synthetische CO₂-houdende brandstoffen (e-fuels). Zo vereist synthetische kerosine zowel waterstof als CO₂.

Op basis van de sterke kennispositie en opgedane ervaring in Nederland liggen er voor Nederlandse bedrijven ook kansen in het buitenland. Daarbij gaat het vooral om landen met een sterke industriële basis en stringente klimaatbeleid.

CCS draagt vooral bij aan klimaatactie (SDG 13). Tegelijkertijd is de technologie niet onomstreden. Sommige partijen stellen zich op het standpunt dat CCS de transitie naar duurzame energie vertraagt omdat het industriële partijen langer in staat stelt om fossiele energie te gebruiken.

Externe bedreigingen

Op de korte termijn zijn vooral de hoge kosten van CO₂-afvang en -opslag een belemmerende rol voor verdere opschaling. Deze komt voor een deel voort uit de grote energiebehoefte van CCS. Ook zijn fluctuaties in en onzekerheid over toekomstige CO₂-prijzen van invloed op de economische levensvatbaarheid van CCS-projecten.

Handelingsperspectief

- Voor verdere ontwikkeling van de sector is het coördinatie rond opslag in lege gasvelden in de Noordzee van belang. Verschillende landen beschikken over lege velden en kunnen gezamenlijk profiteren van de infrastructuur die nodig is om daar CO₂ in op te slaan. Hierbij is ook een rol weggelegd voor de Nederlandse overheid.
- De Nederlandse partijen die hebben meegedaan aan de verschillende pilots met CCS, kunnen deze kennis gebruiken voor CCS-projecten elders. Daarbij gaat het om technologieën voor het afvangen van CO₂, logistieke processen voor transport en opslag, kennis over het aanpassen en beheren van pijpleidingen en het ontwerpen, implementeren en beheren van CCS-projecten. Potentiële exportlanden zijn onder meer landen met een sterke industriële basis en de behoefte aan CCS-technologieën, zoals Duitsland, het Verenigd Koninkrijk en landen in Scandinavië. Interessante landen buiten de EU zijn Canada, VS, Australië en Japan, waar ook veel aandacht en middelen beschikbaar zijn voor CCS.

Inhoudsopgave

Conclusies en aanbevelingen		i
1	Inleiding	1
	1.1	Vraagstelling 1
	1.2	Leeswijzer en methode 1
2	Analysekader	3
	2.1	Analysekader op hoofdlijnen 3
	2.2	Beleidsinstrumenten 4
	2.3	Sectoren 7
	2.4	Verdienkanssen 9
	2.5	Ontwikkelingen 10
3	Bevindingen per sector	14
	3.1	Waterstof 14
	3.2	Elektriciteit 16
	3.3	Industrie 18
	3.4	Mobiliteit 19
	3.5	Gebouwde omgeving 20
	3.6	Landbouw 21
4	Fiches per sector	24
	4.1	De Nederlandse Waterstof Hub 24
	4.2	Waterstoftoepassingen 36
	4.3	Biobrandstoffen 41
	4.4	Wind op zee 48
	4.5	Gespecialiseerde zonnepanelen 53
	4.6	Batterijsector 58
	4.7	Comparatief voordeel Nederland 59
	4.8	Laadinfrastructuur 63
	4.9	Carbon Capture & Storage/Utilisation (CCS/CCU) 69
5	Bijdrage onderzoek en vervolganalyses	76
	Bijlage A	SDG-analyse 78
	Bijlage B	Lijst met gesprekspartners 80
	Referenties	81

1 Inleiding

1.1 Vraagstelling

Het handels- en exportinstrumentarium van het ministerie van Buitenlandse Zaken (hierna: BZ) geeft prioriteit aan kansen op het gebied van vergroening. De beleidsinzet volgt uit de nota *‘Doen waar Nederland goed in is: Strategie voor Buitenlandse Handel en Ontwikkelingssamenwerking’*, die tevens meer focus aanbrengt op 25 prioritaire markten. De vergroeningsinzet sluit aan bij het bredere bedrijfslevenbeleid dat zich richt op het verzilveren van groene verdienkansen vanuit de ministeries van Economische Zaken en Klimaat, Financiën, Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

Tegen deze achtergrond is BZ geïnteresseerd in het identificeren van internationale verdienkansen voor het Nederlandse bedrijfsleven in de energietransitie. Meer inzicht in deze verdienkansen informeert en adviseert het handelingsperspectief om gerichte maatregelen en programma’s te ontwikkelen die het meeste effect sorteren. Het effect richt zich op welvaart en een positieve bijdrage aan de *Sustainable Development Goals* (SDG’s).

BZ heeft SEO Economisch Onderzoek (SEO) gevraagd een verkenning uit te voeren naar de internationale verdienkansen in de energietransitie voor de periode 2024-2028. De hoofdvraag van het onderzoek is:

“Waar liggen de verdienkansen op basis van de kracht en potentie van het Nederlandse bedrijfsleven in de energietransitie? Hoe vergroten we ons internationaal verdienvermogen in de energietransitie?”

De deelvragen zijn:

- Wat zijn veelbelovende sectoren en subsectoren van Nederlandse bedrijven in de energietransitie?
- Welke trends in de energietransitie hebben invloed op de verdienkansen? Een voorbeeld is de toenemende rol van waterstof voor de industrie.
- Welke nationale en internationale beleidsontwikkelingen leiden tot kansen en uitdagingen voor Nederlandse bedrijven? Voorbeelden zijn toegang tot EU-gelden en nationale budgetten (zoals het Groeifonds).
- In hoeverre leidt het verzilveren verdienkansen in de energietransitie tot een internationale bijdrage aan het behalen van de SDG’s? Deze vraag gaat in het bijzonder om SDG 8, 13, 14 en 15 en bijvoorbeeld SDG 6 en 7 voor groene waterstof.
- Wat is het handelingsperspectief voor beleid om het internationale verdienvermogen te versterken?

1.2 Leeswijzer en methode

Hoofdstuk 2 beschrijft het analysekader. Doel van het kader is om systematisch te analyseren welke subsectoren kansrijk zijn. We beginnen met een beschrijving van de beleidsinstrumenten waarvoor dit kader relevant is. Vervolgens omschrijven we de sectoren die centraal staan in deze analyse. Daarna gaan we in op de afbakening van de ontwikkelingen die invloed hebben op de verdienkansen van deze sectoren. Tot slot zetten we uiteen wat we verstaan onder verdienkansen en welke maatstaven hier een beeld van geven. Dit hoofdstuk is samengesteld uit diepte-interviews en literatuuronderzoek.

Hoofdstuk 3 gaat in op de ontwikkelingen die invloed hebben op de verdienkansen. Daarbinnen beschrijft dit hoofdstuk in welke elementen Nederlandse sectoren relatief sterk presteren.

Hoofdstuk 4 analyseert de verdienkansen voor enkele subsectoren meer in detail in de vorm van een fiche. De fiches geven een beeld van kansrijke subsectoren als aanknopingspunt voor beleid. De fiches zijn gevalideerd met rondetafelbijeenkomsten met een brede vertegenwoordiging van experts, waaronder wetenschappers, sectorexperts en beleidsmakers. Hoofdstuk 5 plaatst de analyse in perspectief en doet suggesties voor vervolgonderzoek.

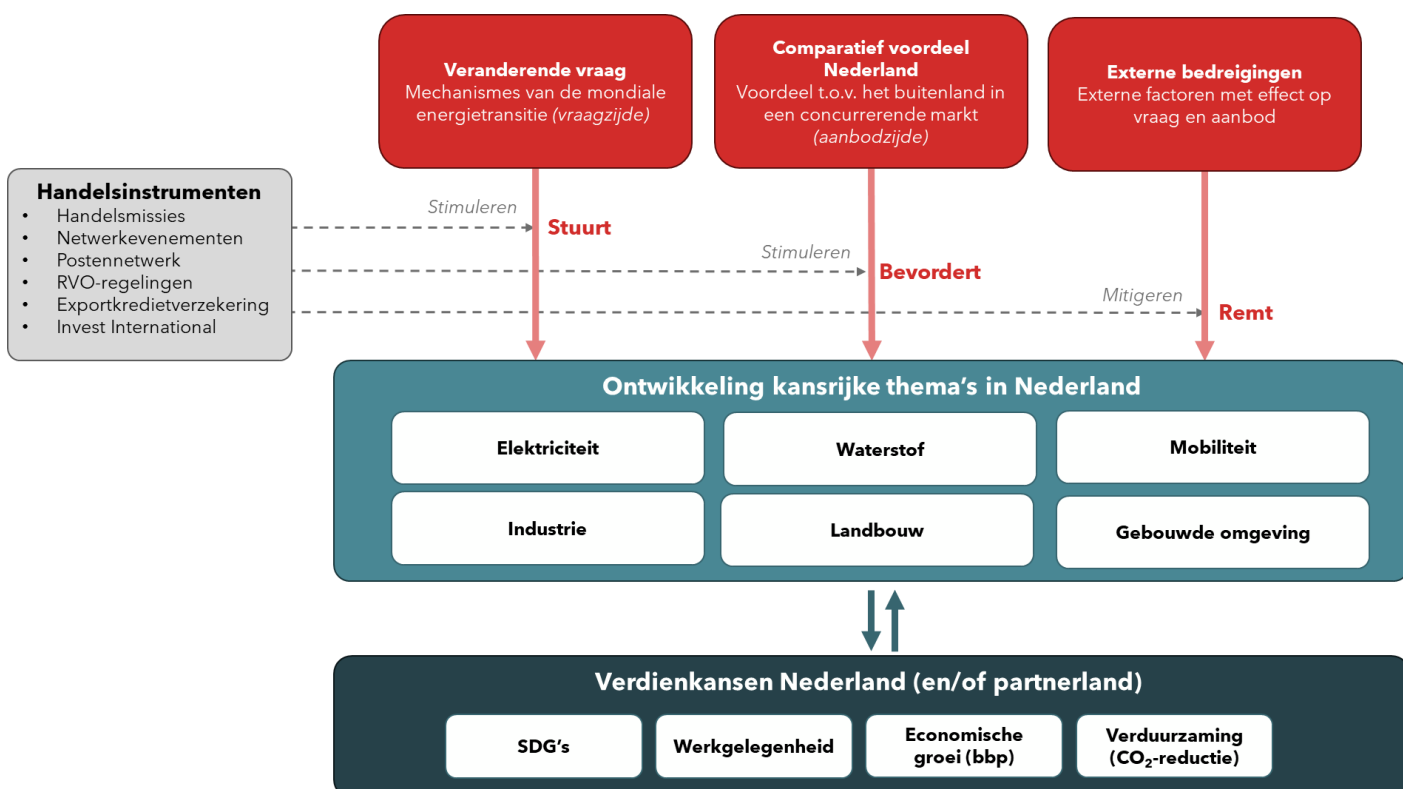
2 Analyse kader

Het identificeren van verdienkansen is gericht op het informeren van het handelsbeleid. We brengen verdienkansen in kaart met een analysekader. Dit hoofdstuk beschrijft de werking van het analysekader, de beleidsinstrumenten en relevante externe ontwikkelingen.

2.1 Analyse kader op hoofdlijnen

Figuur 2.1 toont het analysekader om verdienkansen te identificeren. Het doel van het analysekader is om verdienkansen op uniforme en systematische wijze te in kaart te brengen. Op deze manier biedt dit onderzoek een herhaalbare methodologie om ook in de toekomst te benutten, naast een beeld van kansrijke subsectoren. De vormgeving is gegrond in de literatuur over *decision support* modellen om exportkansen te identificeren met buitenlandbeleid.⁴ De basis van deze modellen is het onderzoeken van de vraag, het comparatieve voordeel en het beschouwen van externe bedreigingen volgens een vast patroon. De onderstaande paragrafen lichten het analysekader toe op hoofdlijnen, waarna de onderdelen in meer detail worden beschreven.

Figuur 2.1 Analyse kader verdienkansen in de energietransitie



Bron: SEO Economisch Onderzoek (2024)

⁴ Zie voor een beschouwing: Cuyvers & Viviers (2012). Export promotion. A decision support model approach.

De Handelsagenda is gericht op het verzilveren van internationale verdienkansen. BZ hanteert het brede welvaartsbegrip bij het definiëren van deze verdienkansen. Dit omvat zowel indicatoren op het terrein van economische welvaart (bbp en werkgelegenheid) als indicatoren op het terrein van brede welvaart (de *Sustainable Development Goals* en CO₂-reductie).

In het analysekader gebruiken we de sectoren binnen het klimaatbeleid, waar de sector waterstof aan toe is gevoegd. Gezamenlijk noemen we dit thema's, om aan te sluiten bij de benaming zoals gehanteerd is door geïnterviewde experts in dit onderzoek. De reden om deze thema's als uitgangspunt te nemen is dat binnen de instrumenten van BZ de relevante clusters bottom-up (vraaggestuurd) worden geïdentificeerd. Dit betekent dat bijvoorbeeld bij een handelsmissie het netwerk van de RVO, de Topsectoren en VNO-NCW wordt benut om de juiste bedrijven voor een thema en een land te vinden. Dit netwerk is georganiseerd langs bestaande structuren. Voor de energietransitie is dit in het bijzonder de sectorafbakening binnen het klimaatbeleid. De toevoeging van waterstof als aparte sector volgt uit de centrale plaats die waterstof inneemt binnen de energiediplomatie.

Het ontstaan van verdienkansen wordt gedreven door drie ontwikkelingen:

- een veranderende vraag naar producten en diensten door marktonwikkelingen of beleidswijzigingen;
- een verbetering van de concurrentiepositie in het aanbod, afgemeten aan het comparatief voordeel; en
- de externe dreigingen die het risico vergroten, zoals geopolitieke ontwikkelingen.

Het effect van de drie ontwikkelingen op de verdienkansen kan versterkt of afgezwakt worden door het Nederlandse beleid. De focus van dit onderzoek ligt op het handelsinstrumentarium van BZ. Dit instrumentarium is namelijk de verantwoordelijkheid van de opdrachtgever, de Directie Internationaal Ondernemen. Er zijn ook diverse andere instrumenten met veel invloed op de verdienkansen die flankerend worden beschreven.

Overigens hebben Dialogic en SEO (2024) begin dit jaar een analyse uitgebracht over groeimarkten voor Nederland. Deze studie kijkt breder dan alleen de energietransitie en gebruikt een iets andere analysemethode dan die in dit rapport wordt gebruikt. De twee kansrijke sectoren die uit het groeimarktenonderzoek naar voren komen die binnen de energietransitie vallen, namelijk waterstof en CC(U)S, worden ook door de analyse in dit rapport als kansrijk geïdentificeerd.

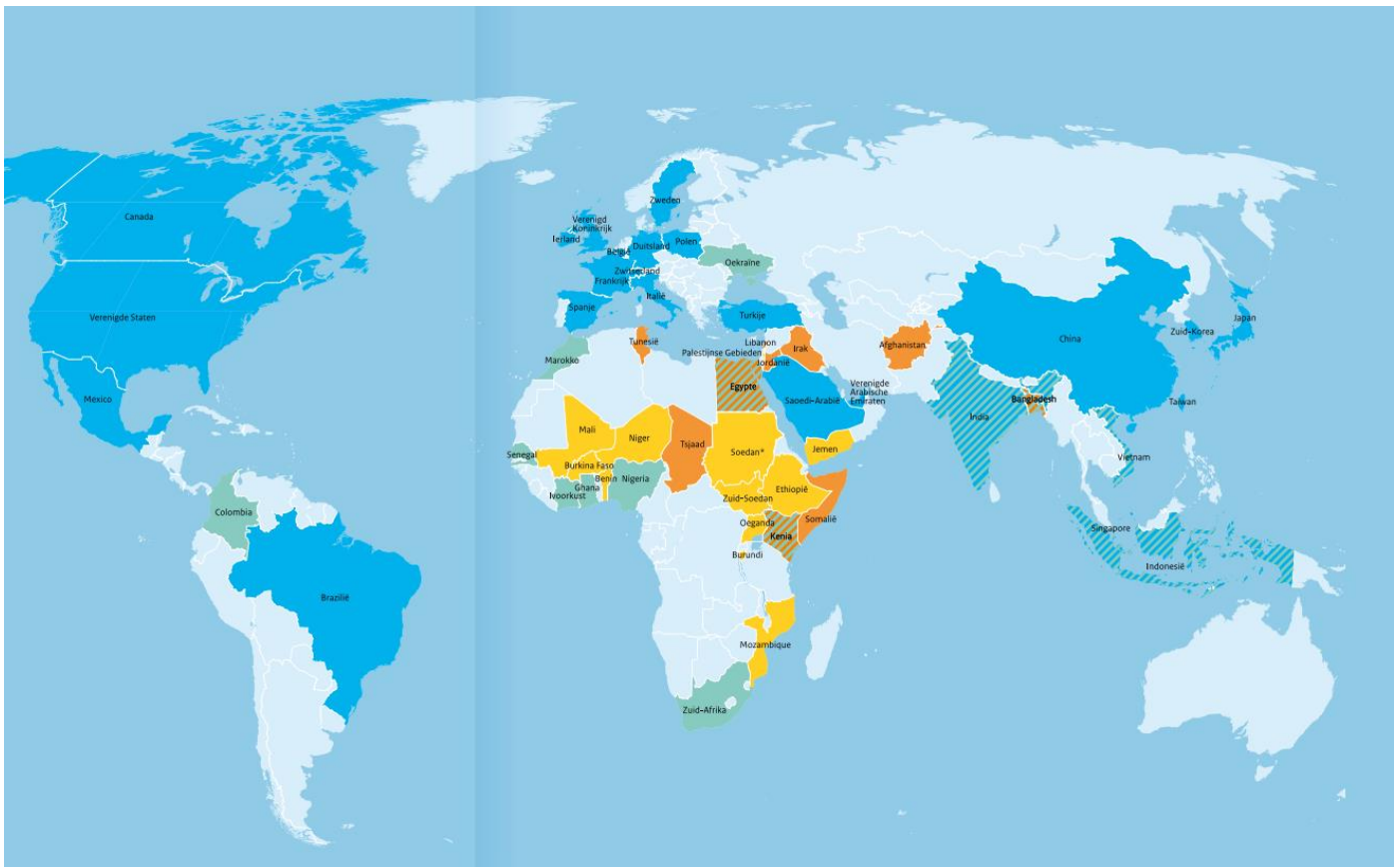
2.2 Beleidsinstrumenten

Handelsinstrumenten

Het doel van het handelsinstrumentarium is het beschermen van bestaande economische belangen en benutten van nieuwe kansen voor het bedrijfsleven. Dit belang is groot omdat ongeveer een derde van de nationale welvaart wordt verdiend in het buitenland. De invloedssfeer is daarentegen relatief smal. Meer dan tachtig procent van de verschillen in Nederlandse exportomvang is namelijk verklaard door factoren waar het beleid geen invloed op heeft. Voorbeelden hiervan zijn afstand tot Nederland, afstand tot de zee of de omvang van de economie. Binnen de factoren waar beleid wél invloed op heeft, past het handelsinstrumentarium binnen een breder palet aan maatregelen in het bedrijfslevenbeleid gericht op innovatie en het versnellen van de energietransitie. Om deze reden plaatst deze analyse de beleidsinstrumenten binnen een context van andere invloedfactoren. Daarnaast geldt dat de EU duidelijk inzet op energiebeleid, waardoor ook op EU-niveau verschillende stimuleringsregelingen beschikbaar zijn.

Het handelsbeleid is een voorbeeld van specifiek beleid: niet alles kan overal. Handelsbevordering is specifiek op twee dimensies. De eerste dimensie is thema. De belangrijkste thematische keuze voor het gehele beleid is een vergroening van het instrumentarium. Dit betekent dat het stimuleren van de ontwikkeling van duurzame energie en het afbouwen van het gebruik van fossiele brandstoffen de voorkeur krijgt boven andere doeleinden. Daarbovenop kent elk instrument een eigen thematische focus. De tweede dimensie is een geografie. Het handelsinstrumentarium richt zich op 25 prioritaire markten, die zijn geselecteerd op economische omvang van de markt, bilaterale handel met Nederland en toegevoegde waarde van economische diplomatie. Figuur 2.2 geeft deze markten weer in het blauw; de andere kleuren gaan over prioriteitsmarkten voor andere beleidsdoelstellingen.

Figuur 2.2 25 prioritaire handelsmarkten (blauw in de figuur)



Bron: ministerie van BZ

Het handelsbeleid bestaat uit twee typen instrumenten: economische diplomatie-instrumenten en financieringsinstrumenten. De volgende paragrafen gaan hier op in.

Economische diplomatie betreft het ondersteunen van internationale ondernemers met netwerken, informatie en belangenbehartiging. De instrumenten zijn handelsmissies, netwerkevenementen en het postennetwerk in het buitenland. Deze instrumenten zijn in de regel thematisch gericht op de handelsrelatie met het desbetreffende land. Voorbeelden van thema's zijn offshore wind, waterstof, duurzame mobiliteit, circulaire economie, *fintech* en *agritech*. De economische agenda wordt ook gevoed door een langetermijnvisie op bepaalde thema's. Op het terrein van energie speelt dit bij de ontwikkeling van mogelijk toekomstige waterstofcorridors (zie Kamerbrief). Ook richt de diplomatie zich recent steeds meer op het ondersteunen van leveringszekerheid van grondstoffen die belangrijk zijn voor de energietransitie.

De thematische agenda wordt in belangrijke mate gevoed door de Topsectoren. Het doel van de Topsectoren is het bundelen van krachten van het bedrijfsleven, kennisinstellingen en overheden (de zogeheten driehoeksamenwerking). Zo geven sterke exportsectoren zelf aan welke kansrijke landen zij zien en op welke wijze zij zich daarbij willen positioneren. De focus komt tot stand middels een periodieke consultatie met de belangrijkste belanghebbenden. Deze informatie komt samen in de werkgroep Trekkers Internationaal van de topsectoren (WTIT) die door VNO-NCW wordt aangestuurd. De werkgroep geeft vervolgens de informatie door aan de verschillende overheden. Een kanttekening bij deze aanpak is dat de wensen niet altijd een representatieve afspiegeling vormen van het Nederlandse bedrijfsleven door onevenredige vertegenwoordiging en doordat de aanpak sterk verschilt per topsector.

De RVO heeft een faciliterende rol bij de economische diplomatie. Het *International Clean Energy Partnership* (ICEP) en de *Climate and Energy Response Facility* (CERF) staan centraal op het snijvlak van de energietransitie en diplomatie. Het ICEP-handelsbevorderingsprogramma ondersteunt Nederlandse bedrijven - met name MKB en startups - en kennisinstellingen in de energiesector met hun exportambities en bij hun positionering in het buitenland. Ondersteuning bij handelsmissies, actieve deelname aan vakbeurzen, matchmaking, het laten uitvoeren van marktstudies en het uitgeven van exportgidsen zijn vormen van ICEP-ondersteuning. De CERF ondersteunt de klimaatdiplomatie tussen Nederland en de geselecteerde partnerlanden. Dit programma is gericht op kennisuitwisseling, beleidsadvies en het versterken van de capaciteit. De CERF zet in op opschaling van sectoren die bijdragen aan klimaatmitigatie en (in mindere mate) klimaatadaptatie, door een meerjaren-programmatische aanpak waarbij ook andere instrumenten binnen en buiten RVO betrokken worden. Hierbij is er een speciale focus op een eerlijke energietransitie op alle fronten (*just transition*) als onderdeel van het IMVO-beleid. De programma's van de RVO sluiten aan op de thematische afbakening van BZ. ICEP- en CERF-adviseurs werken nauw samen. In de praktijk blijkt er bij de ontwikkeling van duurzame energie in het buitenland veel behoefte aan een goede link tussen publieke en private partners.

Het financieel instrumentarium biedt ondernemers ondersteuning bij verschillende fasen van internationalisering. Deze instrumenten beogen additioneel en/of complementair te zijn aan wat de markt aanbiedt. De overheid vult de markt dus aan en vervangt deze niet. In aanvulling op de ICEP- en CERF-energieprogramma's voert RVO een aantal generieke subsidie-instrumenten uit om Nederlandse bedrijven in de energiesector op weg te helpen in het buitenland. Daarbij gaat het om de volgende regelingen:

- Support International Business (SIB), een subsidie voor verschillende activiteiten gericht op internationaal zakendoen;
- het Partners for International Business (PIB) programma, dit is een programma gericht op publiek-private ??ten gunste van ondernemen in het buitenland en
- de Demonstratie- en Haalbaarheids-Initiatieven regeling (DHI), ter ondersteuning van internationale demonstratieprojecten en van studies naar de haalbaarheid van internationale investeringen.

Andere instrumenten bestaan uit exportkredietverzekering (EKV), leningen vanuit Invest International en verwante regelingen bij de RVO. EKV is in de basis een generiek instrument. Het is dus voor iedereen beschikbaar die voldoet aan de voorwaarden. EKV sluit wel enkele doeleinden uit, zoals projecten gerelateerd aan kolen of gas.

De andere regelingen zijn specifiek van aard. De uitkomsten van dit onderzoek kunnen derhalve informatief zijn voor het bijstellen van deze regelingen. Het gaat om:

- *Dutch Good Growth Fund* (Invest International): financieren van Nederlandse en lokale ondernemers die bijdragen aan werkgelegenheid en kennisoverdracht in 70 lage- en middeninkomenslanden;

- *Dutch Trade and Investment Fund* (Invest International): financieren aan Nederlandse ondernemers voor landen waar de Dutch Good Growth Fund niet in voorziet;
- *Development Related Infrastructure Investment Vehicle* (Invest International): stimuleert infrastructuur-investeringen in lage- en middeninkomenslanden;
- Demonstratieprojecten, haalbaarheidsstudies en investeringsvoorbereidingsstudies (RVO): subsidie om te onderzoeken of een investering de moeite waard is;
- *Starters for International Business-programma* (RVO): regeling voor startende ondernemers in het buitenland.

Flankerend nationaal beleid

Het flankerend beleid op nationaal niveau is bedrijfslevenbeleid gericht op innovatie en/of de energietransitie.⁵ Normering en beprijzing hebben veel invloed op de ontwikkeling van de vraag en subsidies hebben veel invloed op het aanbod, in Nederland en op Europees niveau. Gezamenlijk is dit beleid daarmee sterk bepalend voor de ontwikkeling van verdienkans. Het overgrote deel van het bedrijfslevenbeleid is generiek en technologie-neutraal, met als grootste instrumenten de fiscale regelingen WBSO en Innovatiebox. Vanaf 2011 is er ook een specifiek spoor binnen het innovatiebeleid met de Topsectorenaanpak. De focus binnen dit spoor is inmiddels verlegd naar het Missiegedreven Topsectoren- en Innovatiebeleid, waarin maatschappelijke uitdagingen centraal staan. Binnen dit beleid wordt er ook onderscheid gemaakt naar Sleuteltechnologieën bij verschillende subsidies. Dit zijn technologieën met een breed toepassingsgebied en bereik in sectoren. Een recente aanvulling op het specifieke spoor is het groene industriebeleid dat bestaat uit middelen voor maatwerkafspraken voor CO₂-reductie en middelen binnen het Nationaal Groeifonds, waarin top-down keuzes worden gemaakt welke sectoren en waardeketens gestimuleerd worden. Het specifieke beleid maakt dus keuzes in de mate van stimulering afhankelijk van de verwachte bijdrage aan maatschappelijke uitdagingen, innovatie of de energietransitie. Een belangrijk element binnen deze specifieke aanpak, zoals bij het Nationaal Groeifonds, is het stimuleren van clusters van bedrijven rond een bepaald thema, om zo op dat thema een voldoende solide basis te creëren voor het versterken van het verdienvermogen. Het verzilveren van internationale verdienkans is in dit geval een neveneffect of een tweede-orde-effect.

2.3 Sectoren

Het Klimaatakkoord is in 2019 tot stand gekomen met vijf sectortafels, die bestaan uit verschillende subtafels en werkgroepen. Per sector zijn er doelen gesteld en worden er maatregelen getroffen om deze doelen te behalen. De sectorafbakening wordt jaarlijks doorgerekend in de Klimaat- en Energieverkenning (KEV) van het PBL. De onderstaande paragrafen geven een beknopte beschrijving van de energietransitie in deze sectoren.

Elektriciteit

De sector omvat de productie, transport en afname van elektriciteit. Sommige industriële activiteiten die internationaal tot de elektriciteitssector behoren vallen onder de sector industrie, zoals olieraffinaderijen. Elektriciteit speelt een centrale rol in de energietransitie omdat het een gemakkelijk schaalbare en breed inzetbare techniek is. Veel fossiele technieken worden vervangen door elektrificatie en het levert een indirecte bijdrage bij de omzetting van waterstof. Op deze manier vormt de verduurzaming van de elektriciteitssector een randvoorwaarde voor het verduurzamen van andere sectoren. Zon, wind en kernenergie vormen de basis van het toekomstige elektriciteitssysteem. Een uitdaging hierbij is het regelbaar vermogen in periodes zonder wind of zon. Aanvullende technieken zijn hierbij nodig, zoals de afvang en opslag van CO₂ (CCS), batterijen of de inzet van duurzame

⁵ Zie paragraaf 2.5 voor een overzicht van relevant Europees beleid.

biomassa. Een kenmerk van de elektriciteitsmarkt is dat het in grote mate internationaal geïntegreerd is. Dit maakt dat Nederland sterk verbonden is met de Noordwest-Europese markt en in mindere mate met andere markten.

Industrie

De industrie heeft de meeste CO₂-uitstoot van alle sectoren. De samenstelling van de bedrijfsactiviteiten is zeer divers. Voorbeelden zijn voeding, basismetalen, chemisch, bouwmaterialen of olie- en gaswinning. De uitstoot concentreert zich bij een kleine groep energie-intensieve bedrijven die actief zijn in handel op de wereldmarkt. De vier methoden om emissies te reduceren zijn elektrificatie, CCS en negatieve emissies, hernieuwbaar en circulair koolstofgebruik en vermindering van productie.⁶ Er is weinig bekend over welke combinatie van methoden zal worden ingezet en op welke terreinen Nederland in de toekomst een comparatief voordeel heeft.

Mobiliteit

De mobiliteitssector omvat het energieverbruik van de binnenlandse mobiliteit van personenauto's, bestelauto's, bussen, trams en treinen, binnenvaart en mobiele werktuigen. Het belangrijkste mechanisme om te verduurzamen is de elektrificatie van het wagenpark. Om dit mogelijk te maken, is de aanleg van een grootschalig laadnetwerk voor elektrisch vervoer noodzakelijk. De emissies die behoren tot de internationale scheepvaart en luchtvaart zijn geen onderdeel van de nationale mobiliteitssector, maar vragen wel om verduurzaming. Vermindering van CO₂-uitstoot in deze sectoren duurt langer door technische beperkingen en gaat gepaard met omvangrijke investeringen. De inzet van biobrandstoffen is hierbij een logische eerste stap, terwijl op termijn de inzet van synthetische brandstoffen (e-fuels) de CO₂-uitstoot verder kan verminderen.

Gebouwde omgeving

De gebouwde omgeving omvat vooral het energieverbruik in woningen en gebouwen van huishoudens en bedrijven, met uitzondering van bezit van bedrijven in de landbouw of de industrie. De verduurzaming in de gebouwde omgeving bestaat uit het isoleren van het bezit en vervangen van de warmtevoorziening. Op de korte en middellange termijn richt het beleid zich vooral op isolatie. Er is namelijk nog weinig bekend over een passende warmte-oplossing per situatie. De isolatie is voornamelijk een grote logistieke uitdaging waarin bedrijven overwegend nationaal opereren. De warmte-oplossing is meer een technologische vraag waarin bedrijven nog zoeken naar de beste oplossing voor de lange termijn. Op de korte termijn is de gebouwde omgeving daarmee naar verwachting beperkt relevant in het handelsbeleid.

Landbouw

De landbouw bestaat hoofdzakelijk uit de veehouderij, de akkerbouw en de glastuinbouw. De uitstoot in de veehouderij en akkerbouw bestaat primair uit biologische processen. Deze processen kunnen deels met technologische verbeteringen worden verduurzaamd, maar een deel van de emissies is inherent aan het productieproces. De emissies in de glastuinbouw volgen uit de grote energievraag. De mechanismen voor verduurzaming zijn energievraagreductie en het overschakelen op duurzame energiebronnen. Daarnaast is de landbouw, juist vanwege het biologische restmateriaal, een product van biobrandstoffen.

Waterstof

Waterstof is een dwarsdoorsnijdende sector en in verschillende vormen relevant voor de vier eerdergenoemde sectoren. Zo speelt waterstof in potentie een rol in de elektriciteitssector, voornamelijk door middel van elektrolyse en het bevorderen van duurzaam regelbaar vermogen om congestie te verminderen. Ook in de industrie is waterstof van belang voor het verduurzamen van productieprocessen. Daarnaast dient het als een energiedrager

⁶ IBO Klimaatbeleid (2023).

binnen de mobiliteitssector en in de landbouw. In tegenstelling tot de elektriciteitsmarkt, die voornamelijk regionaal georganiseerd is, heeft de waterstofmarkt het potentieel om een mondiale markt te worden. Er wordt verwacht dat in de toekomst een breed scala aan landen, verspreid over verschillende continenten, waterstof zal gaan produceren met behulp van elektriciteit opgewekt uit duurzame bronnen. Dit type waterstof staat bekend als groene waterstof. Op dit moment wordt waterstof echter voornamelijk geproduceerd uit fossiele brandstoffen, wat grijze waterstof oplevert. De CO₂ die bij dit proces vrijkomt, wordt soms afgevangen. In dat geval spreken we van blauwe waterstof. Om leveringszekerheid van groene waterstof in de toekomst te kunnen garanderen, is een divers aanbod van importketens noodzakelijk.

2.4 Verdienkans

De onderstaande paragrafen lichten het gebruik van de volgende indicatoren toe:

- Werkgelegenheid;
- Bbp;
- CO₂-reductie;
- SDG's.

De nadruk op economische verdienkans is ingezet met het beleid van kabinet-Rutte I. Dit kabinet zette in op een koerswijziging waarmee het bedrijfsleveninstrumentarium werd ingeperkt ten gunste van de economische diplomatie. De overheid wilde terugtreden daar waar marktpartijen zelf producten en diensten konden aanbieden. Het beleid richtte zich daarmee meer op het scheppen van de randvoorwaarden voor internationaal ondernemen door open markten te bevorderen, marktverstoringen aan te pakken en drempels te verlagen voor ondernemers om activiteiten op buitenlandse markten te starten of uit te breiden.

De inzet van economische diplomatie, in aanvulling op klassieke diplomatieke doelstellingen, is zo mede gedreven door het idee dat het iets op zou kunnen leveren. De belangrijkste maatstaven om deze opbrengst uit te drukken zijn het aantal banen (werkgelegenheid) en de totale toegevoegde waarde (het bruto binnenlandsproduct: bbp). Ter illustratie, het resultaat van de internationale handel in 2020 was ongeveer een derde van het bbp en 30 procent van alle banen.

Vanaf kabinet-Rutte III is de beleidsinzet verruimd met het brede welvaartspectief. De kenmerken van brede welvaart zijn (CPB/PBL, 2022):

- gaat verder dan financieel-economische welvaart en omvat sociaal-culturele en ecologische welvaartsaspecten;
- houdt rekening met de welvaart van toekomstige generaties;
- heeft een grensoverschrijdende blik;
- neemt de verdeling van welvaart mee.

Dit brede welvaartspectief is op twee concrete manieren terug te zien in het beleid. De eerste manier is de inzet van Nederlandse kennis en kunde om maatschappelijke uitdagingen op te lossen in het buitenland. Dit past bij de verschuivende prioriteiten in het bedrijfslevenbeleid van een sectorale focus naar maatschappelijke missies (/uitdagingen). Voorbeelden van uitdagingen zijn klimaatverandering, grondstoffenschaarste en verschuivende demografische druk. Vanwege de focus op de energietransitie binnen dit onderzoek, kijken we primair naar de potentie om CO₂ te reduceren in het buitenland. De tweede manier is de beleidsdoelstelling om bij te dragen aan de SDG's in het buitenland. Dit zijn samengestelde doelen voor het streven naar duurzame ontwikkeling die mondiaal omarmd zijn.

Er is nog weinig ervaring met het kwantificeren van de SDG-impact in het buitenland. Er is een OESO-werkgroep bezig met het ontwikkelen van een geschikte methodologie. In Nederland heeft het CBS de 17 SDG's als brede welvaartsdoelstellingen gekwantificeerd. Ter illustratie, indicatoren voor SDG 7 Betaalbare en Duurzame Energie zijn het percentage hernieuwbare energie, het aantal stroomstoringen en de afhankelijkheid van energie-invoer. Om deze reden beschrijven we in dit onderzoek de bijdrage aan de SDG's kwalitatief. We benutten hierbij de CBS-indicatoren als leidraad.

2.5 Ontwikkelingen

In deze paragraaf schetsen hoe de ontwikkelingen effect hebben op de verdienkansen.

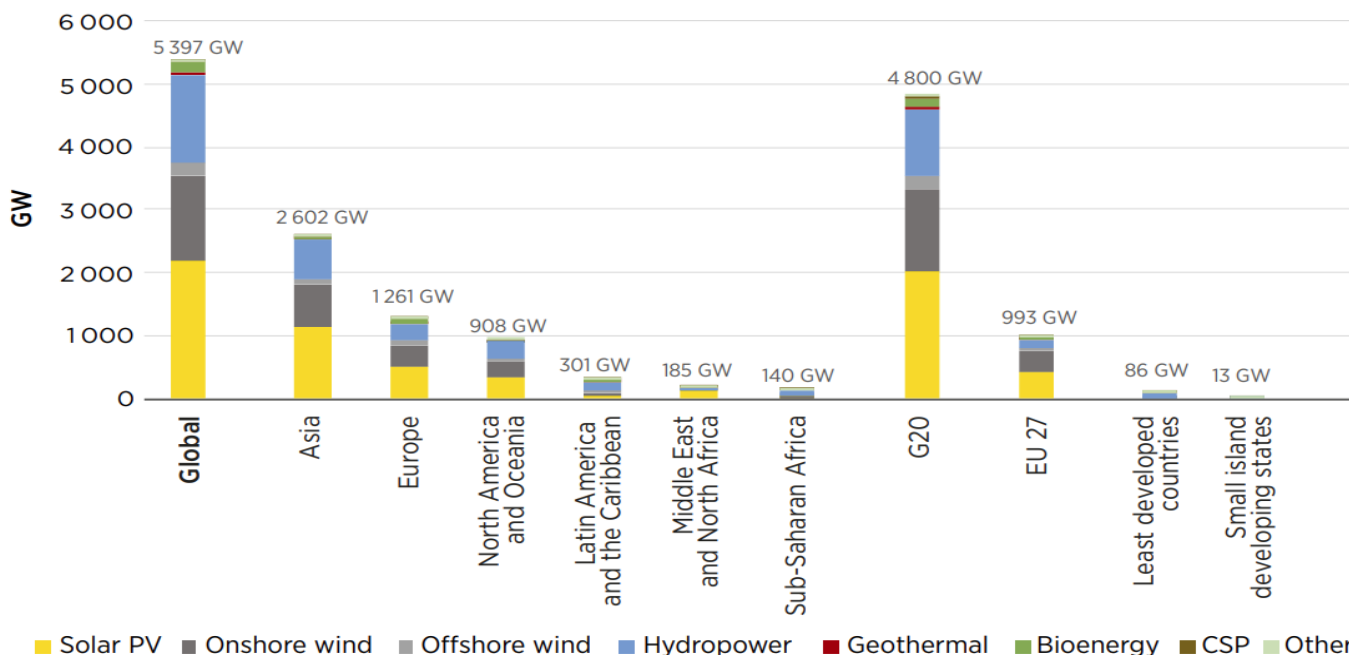
2.5.1 Veranderende vraag

Energiedoelstellingen

Figuur 2.3 laat de nationale beleidsdoelstellingen zien voor hernieuwbare energiec capaciteit. De aanscherping van doelstellingen vergroot de vraag naar hernieuwbare energie. Volgens ramingen van het IEA is de mondiale markt voor hernieuwbare energietechnologie ongeveer 650 miljard dollar in 2030; dit is een verdrievoudiging van de huidige markt. De ambities verschillen wel sterk per regio en technologie. De doelstellingen bestaan voor het overgrote deel uit het opwekken van zon en wind op land. De hoofdreden hiervoor zijn sterke kostendalingen in deze technologieën. Ook nemen wind op zee en waterstof een belangrijke rol in. De doelstellingen van de G20 zijn ongeveer 90 procent van de totale doelstelling; Azië (waaronder China en India) ongeveer de helft. De grootste relatieve groei vindt plaats in Europa, Noord-Amerika en Oceanië met een toename in capaciteit van ongeveer 80 procent in 2030 ten opzichte van 2022. Het Midden-Oosten en Afrika (de resterende gebieden) vormen samen ongeveer 5 procent van de mondiale doelstelling.

Figuur 2.3 Doelstelling hernieuwbare energiec capaciteit 2030 per regio en technologie

Bron: IRENA (2022)



Leveringszekerheid

De Russische militaire agressie in Oekraïne heeft het belang laten zien van energieleveringszekerheid. Op EU-niveau heeft dit geleid tot het toevoegen van de doelstelling binnen REPowerEU om zo snel mogelijk onafhankelijk te worden van fossiele importen vanuit Rusland. De hoge prijzen van olie en gas in combinatie met de inzet op versnelde onafhankelijkheid hebben een positief effect op de *businesscases* van duurzame energieprojecten. Een *businesscase* laat zien in hoeverre een technologie rendabel geëxploiteerd kan worden. Duurzame energieprojecten worden relatief gezien aantrekkelijker wanneer het fossiele alternatief duurder wordt of het project ondersteund wordt met subsidies. Tegelijkertijd verschuift de olie- en gasproductie steeds meer naar een beperkt aantal landen met relatief lage kosten, zoals Saoedi-Arabië. Zo ontstaat er een fase waarin Nederland en de EU in grote mate nog afhankelijk zijn van olie en gas, maar deze zelf vrijwel niet meer produceren.

Grondstoffenschaarste

De energietransitie is sterk afhankelijk van de invoer van diverse grondstoffen. Voorbeelden zijn mineralen en metalen zoals kobalt voor accu's, lithium voor batterijen of iridium voor electrolyzers. Deze grondstoffen worden op een beperkt aantal locaties buiten de EU geproduceerd. Op nationaal niveau met de grondstoffenstrategie en op EU-niveau met de *Critical Raw Materials Act* wordt geprobeerd de leveringszekerheid van deze grondstoffen te verhogen. De EU is sterk afhankelijk van import uit China die controle over grondstoffen heeft ontwikkeld met omvangrijke investeringen. Vrijwel alle mijnbouw, productie en verwerking van de grondstoffen waar de EU afhankelijk van is, vinden plaats in China. Tevens heeft China een dominante positie in de productie van diverse technologieën, zoals zonnepanelen, windturbines, electrolyzers en elektrische auto's. De Nederlandse strategie sluit aan op de Europese strategie en zet in op diversificatie. Dit betekent dat er geen landen of grondstoffenfocus wordt aangehouden, maar met een breed palet aan landen MoU's worden afgestemd. Tevens bevat de Act (nader te ontwikkelen) regulering over de handel in grondstoffen. Het effect op verdienkansen is voorsnog onduidelijk. Het kan de prijzen van grondstoffen verhogen of de relatieve positie van Europese bedrijven bevoordelen ten opzichte van andere bedrijven.

Europees klimaatbeleid en innovatiebeleid

Het Europese klimaatbeleid is aangescherpt met de Green Deal. Dit bestaat uit verschillende pakketten, waarvan twee specifiek relevant zijn voor de internationale verdienkansen. De eerste is het Fit for 55 pakket die verschillende klimaatdoelstellingen aanscherpt, waaronder de CO₂-doelstelling, het aandeel hernieuwbare energie en het ETS. De aangescherpte doelstellingen gaan gepaard met maatregelen om deze te behalen, zoals belastingen en subsidies. Dit heeft een positief effect op de vraag naar producten en diensten in de energietransitie. De tweede is de bijstelling van het industriebeleid. Dit beleid bevat de agenda op het terrein van strategische autonomie, aangezien vooral de industrie afhankelijk is van andere landen in de waardeketen. Tevens gaat het gepaard met omvangrijke subsidies die effect hebben op de concurrentiepositie. Dit is 250 miljard euro binnen het HVP, 372 miljard euro binnen het InvestEU-programma en 40 miljard euro binnen het Innovation Fund.

Het Europese innovatiebeleid is geconcentreerd rondom het Horizon-programma gericht op het financieren van onderzoek en innovatie. Het budget is circa 95,5 miljard euro. Het bevat net zoals het Nederlandse innovatiebeleid een focus rondom missies. Het heeft hiermee een belangrijke agenderende functie voor het beleid in diverse EU-landen. De relevantie van de innovatieagenda voor dit onderzoek gaat vooral om de langetermijntrends in beleid. De kortetermijnrelevantie volgt uit het valorisatiebeleid binnen dit programma. Valorisatie is het naar de markt brengen van reeds bestaande innovaties, die op korte termijn effect hebben.

Box 2.1 Voorbeeld van de uitwerking van klimaat- en innovatiebeleid

De gecombineerde werking van klimaat- en innovatiebeleid kan voor individuele technologieën een grote impact hebben. Een voorbeeld zijn duurzame vliegtuigbrandstoffen. De kosten van deze brandstoffen zijn hoger dan de betalingsbereidheid van consumenten. Het gebruik is daarmee sterk afhankelijk van regelgeving. De ReFuelEU-luchtvaartverordening als onderdeel van het Fit-for-55-pakket bevat een Europese bijmengverplichting voor deze duurzame brandstoffen. In combinatie met dit pakket heeft het Nederlandse Nationale Groeifonds subsidies toegekend aan het Luchtvaart in Transitie-programma dat eveneens inzet op de ontwikkeling van duurzame vliegtuigbrandstoffen. Deze gezamenlijke beleidsinzet maakt het mede mogelijk om de eerste duurzame kerosinefabriek van Europa te bouwen in Nederland.

Bron: SEO Economisch Onderzoek (2024)

2.5.2 Externe dreigingen

Rentestijging

De rente is in de periode 2021-2023 met ongeveer 3 procentpunt gestegen, waarbij de verwachting is dat het nieuwe (hogere) niveau aanhoudt. Een hogere rente heeft een negatief effect op *businesscases* van hernieuwbare energieprojecten. Dit geldt met name voor kapitaalintensieve investeringen. De verslechterde rendabiliteit vergroot de subsidiebehoefte van projecten. Tegelijkertijd heeft de gestegen rente ook effect op de budgettaire ruimte bij overheden. Daarmee is er een risico dat minder wordt geïnvesteerd in de energietransitie.

Groen protectionisme

Het versnellen van de energietransitie gaat gepaard met omvangrijke groene subsidies en veranderingen in het handelsbeleid. Zo ontstaat het risico op groen protectionisme. Dit is het koppelen van andere beleidsdoelen aan de energietransitie dat nationale bedrijven discriminatoir bevordert of handelsbeperkend uitwerkt. Een voorbeeld is de subsidie bij aanschaf van een elektrische auto in de VS, met als eis dat de auto in de VS gemaakt moet zijn binnen de Inflation reduction act. De G-20 zet in op het bevorderen van een gelijk speelveld met de *Unlocking Trade for Growth*-agenda. Dit blijft echter een risico voor de energietransitie.

Marktfalen, systeemfalen en transitiefalen

Marktfalen, systeemfalen en transitiefalen zijn drie belangrijke risico's waardoor de energietransitie zich onvoldoende ontwikkelt. Dit zijn dan ook bekende gronden voor overheidsingrijpen. Marktfalen ontstaat als er belemmeringen zijn binnen een markt, waardoor marktwerking niet leidt tot de meest efficiënte uitkomst, zoals hoge toetredingsbarrières in markten of hoge transactiekosten. Van systeemfalen is sprake als de gewenste uitkomst niet tot stand komt doordat de juiste partijen elkaar niet vinden vanwege coördinatieproblemen. Bij transitiefalen komt de overgang naar een maatschappelijk wenselijk nieuw evenwicht niet of te langzaam tot stand.

2.5.3 Comparatief voordeel Nederland

Om de relatief sterke sectoren binnen de Nederlandse economie in kaart te brengen, wordt onder meer gebruikgemaakt van data-analyse. Het resultaat daarvan is een overzicht in welke – voor de energietransitie relevante sectoren – Nederland zich relatief sterk heeft ontwikkeld. Met behulp van verschillende gegevensbronnen zoals werkgelegenheid, patenten en exportvolumes analyseren we het comparatief voordeel van Nederland in verschillende economische sectoren en technologieën. De relatieve score van Nederland ten opzichte van de score van andere landen bepaalt of er sprake is van een comparatief voordeel. De volgende gegevensbronnen en indicatoren worden daarvoor gebruikt:

- Bureau van Dijk: Gegevens over werkgelegenheid in verschillende bedrijfstakken naar de Standaard Bedrijfsindeling (SBI). Hiermee berekenen we het comparatief voordeel van Nederland in verschillende bedrijfstakken ten opzichte van andere landen;
- *Bilateral Commodity Trade Database* (BACI): Gegevens over bilaterale handel tussen landen, ingedeeld naar de *Harmonised System* (HS). Met behulp van het handelsvolume kunnen we het comparatief voordeel van Nederland berekenen in verschillende exportproducten en dit vergelijken met andere landen;
- Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling (OESO): Gegevens over patentaanvragen en -toekenning op basis van verschillende technologieën ingedeeld naar de *International Patent Classification* (IPC). Deze gegevens maken het mogelijk om per technologie het comparatief voordeel van Nederland te berekenen relatief ten opzichte van andere landen.

Voor elk van deze gegevensbronnen wordt het comparatief voordeel voor elk land L en elke sector S berekend door middel van:

$$CV_{LS} = \frac{X_{LS}/X_L}{X_S/X}$$

De term X refereert hier aan één van de indicatoren, werkgelegenheid, exportvolume of patenttoekenningen. De overige termen betreffen:

- CV_{LS} : Het comparatief voordeel van land L in sector S ;
- X_{LS} : Het aantal werknemers in sector S in land L ;
- X_L : Het aantal werknemers in land L in alle sectoren;
- X_S : Het aantal werknemers in sector S in alle landen;
- X : Het aantal werknemers in alle landen in alle sectoren.

Een CV-waarde groter dan 1 wil zeggen dat het aandeel van een specifieke sector in de Nederlandse economie groter is dan het gemiddelde aandeel van de desbetreffende sector in de rest van de landen in de vergelijking. Met andere woorden: de sector is oververtegenwoordigd wat wil zeggen dat Nederland er relatief gezien kennelijk 'goed' in is. Een waarde lager dan 1 betekent het tegenovergestelde en toont aan dat de sector in Nederland ondervertegenwoordigd is.

3 Bevindingen per sector

Wat zijn de belangrijkste ontwikkelingen in de energietransitie per thema? Bij welke ontwikkelingen hebben Nederlandse sectoren een concurrentievoordeel? Met een beschouwing selecteren we de belangrijkste verdienkansen, die in hoofdstuk 4 verder zijn uitgediept in fiches.

3.1 Waterstof

Tabel 3.1 Overzichtstabel waterstof

Ontwikkelingen in de energietransitie	Concurrentievoordeel	Verdiepingsthema's (fiches)
Productie groene waterstof	Geen	Geen
Transport van waterstof, tussen tekort- en overschotlanden	Strategische positie in transport met inzet van havens en het gasnetwerk	Waterstofhub
Gebruik waterstof door omschakeling van productieprocessen	Specialistische technieken op deelterreinen	Waterstoftoepassingen

Bron: SEO Economisch Onderzoek

Ontwikkelingen in de energietransitie

Het huidige gebruik van waterstof is beperkt. Het wordt vooral gebruikt als grondstof in de chemische industrie, bijvoorbeeld voor de productie van ammoniak. Waterstof heeft echter een potentieel grotere rol als duurzame energiedrager. Dit omvat onder meer het gebruik als brandstof in de industrie en zware mobiliteit en als basis voor synthetische brandstoffen (e-fuels).

Waterstof is pas een duurzame energiedrager als het is gemaakt uit duurzaam opgewekte elektriciteit. Dan leidt de productie van waterstof niet tot CO₂-uitstoot. Momenteel is dit echter nog niet de realiteit.

Nederland is een grote producent van waterstof, maar deze waterstof wordt voor het overgrote deel geproduceerd via een chemische reactie tussen stoom en methaan, met aardgas als de belangrijkste grondstof. Zulke waterstof, geproduceerd uit fossiele brandstof wordt ook wel "grijze" waterstof genoemd. Een stap richting het verduurzamen van waterstofproductie is het afvangen van de CO₂ die vrijkomt bij de productie van waterstof uit aardgas. Dan leidt dit niet tot CO₂-uitstoot. De waterstof die op deze wijze wordt geproduceerd, wordt ook wel "blauwe waterstof" genoemd. Momenteel wordt in Nederland nog geen blauwe waterstof geproduceerd, maar er staan wel meerdere projecten gepland voor de komende jaren. Wel lopen momenteel al verschillende projecten gericht op de afvang en opslag van CO₂, zie het ook het fiche hieronder.

Europese initiatieven zoals het Fit-for-55-pakket en de RED-III-doelstellingen stellen eisen aan de waterstof die de industrie gebruikt. Zo dient in 2030 42 procent en in 2035 60 procent van het waterstofgebruik in de industrie afkomstig te zijn uit hernieuwbare bronnen. Dit leidt tot een vraag naar groene waterstof.

Naar verwachting komt de grootste vraag naar groene waterstof vanuit de (chemische) industrie. Het betreft bedrijven die een brandstof nodig hebben voor het bereiken van hoge temperaturen als vervanging van aardgas

en bedrijven die waterstof gebruiken als grondstof. Dit geldt zowel voor de industrie in Nederland als in het West-Europese achterland. Daarnaast kan waterstof de basis worden voor nieuwe brandstoffen voor zwaar wegtransport schepen en de luchtvaart (e-fuels).

Voor de productie van groene waterstof is de inzet van een innovatieve, niet volledig ontwikkelde technologie noodzakelijk, zoals PEM- en alkaline-electrolyzers voor de omzetting van duurzame elektriciteit in waterstof⁷. Er zijn daarom nog aanzienlijke technische uitdagingen die ervoor zorgen dat de productiekosten van groene waterstof momenteel nog relatief hoog zijn. Ter vergelijking, groene waterstof kost op dit moment ongeveer euro 6 per kilogram, terwijl de prijs van grijze waterstof tussen de euro 1,50 en euro 2 per kilogram ligt. De prijs van blauwe waterstof ligt hier momenteel tussenin.

Daarnaast wordt in verschillende landen gewerkt aan nieuwe technieken voor het gebruik van waterstof. Een voorbeeld is de ontwikkeling van brandstofcellen. Ook wordt gewerkt aan een nieuw type motor dat ammoniak (een waterstofdrager) als brandstof gebruikt en aan efficiënte technieken om waterstof om te zetten in ammoniak (en andere waterstofdragers) en vice versa terug in waterstof.

Om groene waterstof te produceren is duurzaam opgewekte energie nodig. Daarbij gaat het vooral om energie uit zon-, wind- en waterkracht. Voor een deel zal deze in of rond de EU opgewekt worden, bijvoorbeeld met windenergie van de Noordzee of op basis van waterkracht uit Scandinavië. De verwachting is echter dat op termijn een belangrijk deel van de groene waterstof van buiten de EU zal moeten komen, vanuit landen waar het kostenefficiënt is om groene waterstof te produceren. Zo gaat de Nederlandse overheid er vanuit dat op termijn in 2040 zo'n 40 procent tot 70 procent van de groene waterstof moet worden geïmporteerd. Deze verwachting geldt ook voor Duitsland en andere landen in West-Europa met een grote industrie waarvoor groene waterstof in de toekomst mogelijk een belangrijke grond- en brandstof is. Het idee is dan ook dat een internationale waterstofmarkt ontstaat waarbij groene waterstof wordt geïmporteerd uit landen met een overschot aan groene energie. In potentie gaat het om een grote groep landen, waaronder landen in Zuid-Europa, Scandinavië, Afrika, Australië en Noord- en Zuid-Amerika. Hierbij is het belangrijk om aan te geven dat het gaat om de potentie om in deze landen tegen lage kosten en in grote hoeveelheden groene energie te produceren. Deze capaciteit ontbreekt in de meeste gevallen nog. Ook is voor veel potentiële exportlanden nog onduidelijk hoe groot de lokale vraag is en dus of wel sprake is van een overschot.

Internationale positie Nederland

Een internationale markt voor groene waterstof vereist een kosteneffectieve transportinfrastructuur tussen landen met een overschot en landen met een tekort aan groene waterstof. Waterstof kan zowel met behulp van pijpleidingen als per schip worden vervoerd, waarbij pijpleidingen kostenefficiënter zijn en schepen beter geschikt zijn voor transport over lange afstanden. Deze internationale infrastructuur ontbreekt echter nog op veel plekken. De EU zet binnen haar lidstaten in op het bouwen van een waterstofcorridor via vooral pijpleidingen, maar ook per schip, zoals uitgesproken in de RepowerEU-strategie. Zo is in 2023 een MoU getekend tussen de Nederlandse en Spaanse overheid voor het aanleggen van een maritieme waterstofcorridor tussen Bilbao en de haven van Amsterdam.

⁷ Hoewel er andere electrolyzers bestaan met meer vermogen (zogenoemde alkaline-electrolyzers) zijn deze minder geschikt voor de energietransitie en de integratie met wind- en zonne-energie. Verwacht wordt dat tegen 2030 het grootste deel van de elektrolysecapaciteit in de EU afkomstig zal zijn van PEM-electrolyzers. Wereldwijd zullen alkalische electrolyzers echter nog steeds dominant zijn, voornamelijk vanwege de toenemende vraag uit China, volgens het IEA (2022).

In West-Europa en met name in Nederland zijn belangrijke elementen van de infrastructuur voor import en doorvoer grotendeels al aanwezig, dankzij het bestaande netwerk van gasleidingen, zoutcavernes voor opslag en diverse havens die ervaring hebben met de import en export van ammoniak en LNG. HyNetwork, een dochteronderneming van de Gasunie, werkt aan het aanpassen van deze infrastructuur voor het transport van waterstof. Het bedrijf verbindt de havens met de vijf grote industriële clusters in Nederland (Rotterdam, Zeeland, het Noordzeekanaalgebied, Noord-Nederland en Zuid-Limburg) en met het Ruhrgebied. Een ander belangrijk project is de "Green Octopus", waarbij de Gasunie en Nederlandse havenbedrijven betrokken zijn, net als hun Belgische en Duitse tegenhangers, met als doel een West-Europees waterstofnetwerk aan te leggen. Ook heeft het Franse Air Liquide al waterstofleidingen in de Benelux. Deze gunstige uitgangspositie biedt voor Nederland kansen om op termijn een regionale waterstofhub in West-Europa te worden. Dit werken we verder uit in een apart fiche.

Hoewel de ontwikkeling van electrolyzers zich nog in een beginstadium bevindt, wordt internationaal sterk ingezet op opschaling. Momenteel zijn de voornaamste producenten van PEM-electrolyzers gevestigd in Duitsland (Siemens), de Verenigde Staten (Hydrogenics/Plug Power), het Verenigd Koninkrijk (ITM Power) en Noorwegen (HydrogenPro/Nel). Nederlandse bedrijven spelen een bescheiden rol bij de productie van electrolyzers, maar zijn wel een belangrijke toeleverancier van technisch geavanceerde onderdelen van electrolyzers, zoals membranen en halfgeleiders. Daarnaast speelt Nederland een rol in de technologische ontwikkeling van PEM-elektrolysetechnologie. Zo staat het grootste waterstoflaboratorium van Europa, het Faraday Lab, in Petten. Hier kunnen diverse commerciële en academische partijen uit de waardeketen hun materialen laten testen. Ook zijn Nederlandse bedrijven goed in de integratie van electrolyzercapaciteit met wind op zee. Een belangrijk voorbeeld hiervan is het PosHYdon-project, waarbij PEM-electrolyzers voor de eerste keer werden geïntegreerd met zonne-energie en windenergie op een platform in de Noordzee.

Daarnaast is een aantal Nederlandse bedrijven betrokken bij de omschakeling van de industrie- en mobiliteitssector van fossiele brandstoffen naar groene waterstof. Zo zijn begin 2020 DNV, CelSian en Stork Thermeq, in samenwerking met 40 partners, een project gestart om het gebruik van duurzame waterstof als brandstof voor industriële toepassingen te bevorderen. Ook spelen bedrijven als DAF en Damen een actieve rol bij het integreren van brandstofcellen in zwaar vervoer. Deze cellen zetten waterstof om in elektriciteit voor het aandrijven van voertuigen. Deze verdienkansen worden uitgewerkt in een fiche over de productie en toepassing van waterstof.

3.2 Elektriciteit

Tabel 3.2 Overzichtstabel elektriciteit

Ontwikkelingen in de energietransitie	Concurrentievoordeel	Verdiepingsthema's (fiches)
Omschakeling naar duurzame opwekking van elektriciteit via wind, zon, biomassa, kernenergie en waterkracht	Wind op zee en deelterreinen bij zonnepanelen	Wind op zee Gespecialiseerde zonnepanelen
Toenemende vraag naar elektriciteit	Geen	Geen
Balanceren van vraag en aanbod met waterstof, batterijen, biogas en flexibilisering van de vraag	Deelterreinen binnen de batterijensector	Batterijen
Grotere transportbehoefte	Geen	Geen

Bron: SEO Economisch Onderzoek

Ontwikkelingen in de energietransitie

Binnen de elektriciteitssector speelt een aantal thema's, zowel binnen als buiten Nederland. Ten eerste gaat het om het overstappen van fossiele naar duurzame opwekking van elektriciteit. In Nederland zal vooral worden ingezet op de opwekking uit wind, voor een belangrijk deel vanuit de Noordzee, en op zonne-energie. Daarnaast zal op kleinere schaal gebruik worden gemaakt van kernenergie en duurzaam regelbaar vermogen op basis van onder meer biogas en waterstof. Ook blijven bestaande gascentrales voorlopig onderdeel van dit regelbaar vermogen. De omschakeling naar duurzame energieopwekking voltrekt zich relatief snel. Al in 2030 wordt naar verwachting circa driekwart van de elektriciteitsvoorziening uit hernieuwbare bron opgewekt (KEV 2022). Een tweede trend is de sterke verwachte toename van de vraag naar duurzame elektriciteit. Een belangrijke reden is de elektrificatie van mobiliteit, delen van de industrie en (verwarming van) de gebouwde omgeving. Daarnaast zal de elektriciteitsvraag toenemen als gevolg van de additionele vraag naar waterstof en daarmee naar elektrolysecapaciteit. Een derde thema is de opslag van elektriciteit. In een economie die meer gebruikmaakt van elektriciteit zal immers ook de vraag naar elektriciteitsopslag toenemen. Hierbij gaat het zowel om opslag in mobiele toepassingen als opslag ter ondersteuning van netcapaciteit. Opslag is onder meer mogelijk in (vloeistof) batterijen, door omzetting in waterstof of door warmteopslag. Een vierde thema binnen de elektriciteitssector is het transport van elektriciteit. Binnen Nederland is congestie van het elektriciteitsnet een duidelijk capaciteitsprobleem. Dit illustreert het belang van uitbouw van elektriciteitsnetwerken.

Tot slot vraagt de omschakeling van fossiele naar duurzame energie om vraagsturing, waarbij elektrische apparaten zodanig zijn ingeregeld dat deze energie vragen, "aan staan", op momenten dat energie in ruime mate beschikbaar is. Eenvoudige voorbeelden zijn slimme autoladers, die gekoppeld zijn aan zonnepanelen en alleen via het net laden als dat echt nodig is. Maar ook fabrieken zijn in staat om hun energievraag aan te passen op het aanbod van energie.

Internationale positie Nederland

Nederlandse bedrijven zijn relatief goed in de bouw van windturbines op zee. Op dit punt zijn grote en kleinere bedrijven actief. Gezien ook de internationale groeikansen hebben we deze deelsector uitgewerkt in een apart fiche. Voor zonne-energie geldt dat Nederland een kleine sector kent van bedrijven die zich richten op specialistische zonnepanelen. Denk aan panelen in dakpannen en gevelplaten, lichtgewicht panelen, zon op zee of panelen voor binnenvaartschepen. De bouw van verschillende nieuwe zonnepanelenfabrieken illustreert de opkomst van dit bedrijvencollocatie, dat daarbij ook vanuit het Groeifonds wordt ondersteund. Omdat Nederland voorop loopt bij het vervaardigen van gespecialiseerde panelen en er ook internationaal kansen liggen voor de sector, hebben we ook over deze deelsector een apart fiche opgenomen. Nederland heeft geen grote sector op het terrein van kernenergie of waterkracht al zijn er wel enkele experimenten met onder meer het mengen van zoet en zout water als energiebron en getijdenenergie. Dit gaat echter om een beperkt aantal bedrijven.

Wat betreft de opslag van energie geldt dat Nederland momenteel geen grote batterijsector kent, maar dat de sector zich duidelijk wel ontwikkelt. Momenteel wordt het overgrote deel van de batterijen geproduceerd in Azië en de VS. Tegelijkertijd zijn er in veel Europese landen (buiten Nederland) plannen voor grote batterijfabrieken (*giga factories*) om zo te voorzien in de lokale productie voor de EU. Nederland kent geen grote batterijfabrieken en deze zijn ook niet voorzien (voor zover wij kunnen nagaan). Wel zijn er in Nederland verschillende batterijproducenten die zich richten op specifieke toepassingen, zoals grootschalige energieopslag of innovatieve anodetechnologie. Daarbij geldt dat Nederland op verschillende manieren inzet op de groei van deze sector. Zo kent Nederland een batterijstrategie, is een brancheorganisatie opgericht, geeft een Groeifondssubsidie een impuls aan de sector en zetten verschillende technische universiteiten en hogescholen in op de ontwikkeling van nieuwe batterijtechnologie, daarbij geholpen door de NWO-programma Batterij.NL. Er is dus reeds een interessant

cluster van Nederlandse bedrijven actief in de batterijsector en naar verwachting zal de relevantie van de sector toenemen, gezien de aandacht voor innovatie op dit terrein. De toegenomen vraag naar batterijen biedt in potentie kansen voor Nederlandse bedrijven in het buitenland. Ook deze deelsector behandelen we daarom in een aparte fiche.

Ook voor warmteopslag bestaan interessante oplossingen, zoals de technologieën voor thermochemische opslag waar universiteiten van Delft en Eindhoven momenteel aan werken. Dit zijn momenteel nog wel technieken die in de onderzoeksfase verkeren en nog niet direct leiden tot producten die ook aan het buitenland kunnen worden verkocht. Wel kent Nederland een aantal bedrijven dat goed is in warmte-/koudeopslag. Deze opereren echter vooral lokaal.

Nederlandse bedrijven zijn relatief goed in regeltechniek en daarmee ook in het inregelen van elektrische systemen die zich aanpassen aan de beschikbaarheid van elektriciteit. Denk daarbij aan elektrische boilers voor industriële processen, de software voor het aanpassen van zulke systemen en flexibele productieprocessen in het algemeen. Dit betreft echter minder duidelijk een cluster van bedrijven, maar vooral het toepassen van flexibele technieken in productieprocessen.

3.3 Industrie

Tabel 3.3 Overzichtstabel industrie

Ontwikkelingen in de energietransitie	Concurrentievoordeel	Verdiepingsthema's (fiches)
Elektrificatie van processen	Industriële warmtepompen	Geen
Inzet van waterstof en biobrandstof	Biobrandstoffen	Biobrandstoffen
Energiebesparing	Efficiënt hergebruik van energie met restwarmte	Geen
Afvangen van CO2	Strategische positie door opslagmogelijkheden op Noordzee	CO2-opslag (CCS)

Bron: SEO Economisch Onderzoek

Ontwikkelingen in de energietransitie

De sector industrie kent een grote verscheidenheid aan bedrijven, variërend van fietsfabrieken tot hightech chipfabrikanten. In totaal is de sector verantwoordelijk voor het grootste aandeel CO2-emissies binnen Nederland, zo'n 53 megaton in 2021. De uitstoot concentreert zich echter bij een beperkt aantal bedrijven in de zogenoemde basisindustrie, die bestaat uit raffinage, chemie, staal en kunstmest (zie Sustainable Industry Lab, 2023). Daarnaast kenmerkt de basisindustrie zich door een grote overslagcapaciteit van brandstoffen, die via verschillende Nederlandse havens bestemd zijn voor het Europese achterland.⁸

In het kader van de energietransitie speelt een aantal belangrijke thema's binnen de industrie. Zo kan op veel plekken de uitstoot worden beperkt door elektrificatie van processen, bijvoorbeeld bij verwarming of raffinage. Dit geldt echter niet voor elk proces. Voor verhitting tot hoge temperaturen zijn voorlopig nog vloeibare brandstoffen nodig. Bij dergelijke processen is uitstootbeperking mogelijk door de inzet van biobrandstoffen en de overstap op waterstof. Daarnaast gebruikt de chemische industrie veel grondstoffen (waaronder waterstof) voor het maken van

⁸ De sector is verder onder te verdelen in: voedingsmiddelenindustrie, textielindustrie, bouwmaterialenindustrie, grafische industrie, raffinaderijen, chemie, metaalindustrie, elektrotechnische en machine-industrie.

eindproducten die momenteel nog uit fossiele brandstoffen worden gewonnen. Ook hiervoor geldt dat een overstap naar meer groene waterstof en biobrandstoffen bijdraagt aan het beperken van de uitstoot. Daarnaast maakt de industrie gebruik van de afvang en opslag van CO₂ om de uitstoot te beperken. Dit leverde in 2022 de grootste bijdrage aan de reductie van CO₂-uitstoot, van ongeveer 9 megaton (zie KEV, 2023). Tevens is energiebesparing een belangrijke kanaal om de uitstoot van de industrie te verminderen. Volgens het PBL (2023, subdoel energiebesparing) zijn er op dit terrein nog duidelijk mogelijkheden in Nederland. Het extra potentieel zit volgens dit rapport in de keuze voor nieuwe efficiëntere processen, besparing op warmtevraag en elektriciteitsvraag door procesoptimalisatie en restwarmtebenutting van naastgelegen industrie en elektrificatie. Voorbeelden zijn: verdere warmte-integratie, stuurbare pompinstallaties of efficiëntieverbetering bij elektrische drogingsprocessen. Dit neemt niet weg dat de Nederlandse industrie juist ook bekend staat om de efficiënte inzet van systeemintegratie, waardoor bijvoorbeeld restwarmte via warmtenetten opnieuw wordt gebruikt. Nederland heeft al een relatief energiezuinige industrie.

Internationale positie Nederland

De Nederlandse industrie is een van de grote producenten van biobrandstoffen. Hier liggen veel kansen, omdat vanwege aanscherping van regelgeving de vraag naar deze brandstoffen zal toenemen. Vooral in de lucht- en scheepvaart zijn biobrandstoffen op korte termijn een van de weinige mogelijkheden om de uitstoot te verminderen. We hebben daarom een fiche opgenomen over de kansen voor de Nederlandse biobrandstofsector.

Daarnaast zijn er in Nederland relatief veel industriële projecten gericht op het afvangen en opslaan of hergebruik van CO₂. Dit is een techniek waarin Nederland voorop loopt en waar de komende jaren veel additionele vraag naar zal zijn, gezien onder meer de verscherpte Europese regelgeving en de verwachte CO₂-prijsstijging die daaruit volgt. Ook deze deelindustrie behandelen we daarom in een apart fiche.

Daarnaast zijn er verschillende andere industriële technieken waar Nederlandse bedrijven goed in zijn, die samenhangen met de energietransitie. Voorbeelden zijn: hergebruik van warmte binnen industriële clusters, de productie van industriële warmtepompen die in staat zijn hoge temperaturen te bereiken of innovatieve technieken, die in Nederland worden toegepast, zoals de opslag van energie in de vorm van perslucht. Hierbij is echter in mindere mate sprake van een cluster van bedrijven dat gezamenlijk zou kunnen optrekken bij het betreden van exportmarkten.

3.4 Mobiliteit

Tabel 3.4 Overzichtstabel mobiliteit

Ontwikkelingen in de energietransitie	Concurrentievoordeel	Verdiepingsthema's (fiches)
Elektrificatie van het wagenpark	Aanleggen laadinfrastructuur en elektrische bussen	Laadinfrastructuur
Inzet biobrandstof in luchtvaart en scheepvaart	Biobrandstoffen en inbouwen batterijsystemen in zwaar transport	Biobrandstoffen (zie ook Industrie)

Bron: SEO Economisch Onderzoek

Ontwikkelingen in de energietransitie

Een belangrijk thema in de mobiliteitssector is de elektrificatie van wegvervoer (auto's, vrachtauto's, bussen). Dit is een wereldwijde trend, die voortkomt uit overheidsmaatregelen om de CO₂-uitstoot van de mobiliteitssector te

beperken. Voor producenten van elektrische vervoermiddelen, of toeleveranciers, die kunnen concurreren in een wereldmarkt, zijn er daarom volop kansen.

Ook in de scheep- en luchtvaart is de beperking van CO₂-emissies een belangrijk thema. Op kortere termijn kan vooral de bijmenging van duurzame biobrandstoffen (inclusief e-fuels) hier een bijdrage aan leveren. Recente aanscherping van de Europese norm (RED III) zal zorgen voor een forse extra vraag naar deze brandstoffen. Verder vooruitkijkend speelt ook elektrificatie van zowel schepen als vliegtuigen, waarbij zowel energieopslag in batterijen als in de vorm van waterstof een mogelijkheid is.

Internationale positie Nederland

Binnen het thema mobiliteit geldt dat Nederland duidelijk voorop loopt als het gaat om de laadinfrastructuur. Verdienkansen voor Nederlandse bedrijven zijn er zowel bij de productie en het aanbieden van laadinfrastructuur, als bij het ontwikkelen en verkopen van hieraan gerelateerde software. Hierbij geldt enerzijds dat op veel plekken in de wereld vraag bestaat naar zulke diensten en dat het marktpotentieel dus groot is. Gezien dit grote marktpotentieel hebben we dit thema uitgewerkt in een fiche.

Nederland kent geen grote autoproducenten, maar wel verschillende bedrijven die elektrische bussen en vrachtauto's produceren, zoals DAF en VDL. Ook heeft Nederland meerdere scheepsbouwers, zoals Damen, die stappen zetten richting verduurzaming van schepen, via elektrificatie en waterstofmotoren. Omdat dit een betrekkelijke klein aantal, vaak grote, bedrijven betreft is het in zekere zin een overzichtelijke sector. Deze hebben we niet apart uitgewerkt, maar nemen we gedeeltelijk mee in het fiche over batterijen en waterstoftechniek. Zie daarnaast ook de box over elektrisch vervoer in H4, waarin we eveneens de positie van Nederland op het terrein van elektrische fietsen en fietsinfrastructuur bespreken.

3.5 Gebouwde omgeving

Tabel 3.5 Overzichtstabel gebouwde omgeving

Ontwikkelingen in de energietransitie	Concurrentievoordeel	Verdiepingsthema's (fiches)
Energiebesparing	Geen	Geen
Energiedrager vervangen	Warmtetransport	Geen
Opwekking via zonnepanelen	Zonnepanelen op deelterreinen	Gespecialiseerde zonnepanelen (zie ook Elektriciteit)

Bron: SEO Economisch Onderzoek

Ontwikkelingen in de energietransitie

Ook binnen de gebouwde omgeving zullen forse stappen moeten worden gezet naar vermindering van de CO₂-uitstoot. Hierbij is energiebesparing een belangrijk thema. Het Nederlandse beleid voor de gebouwde omgeving richt zich in de eerste plaats op het terugdringen van de energiebehoefte, door isolatie en door vervanging van CV-ketels op aardgas door meer duurzame installaties, zoals (hybride) warmtepompen.

Een tweede wijze om uitstoot te verminderen is inzet van hernieuwbare energie. Zo is op Europees niveau, als onderdeel van de RED III, een indicatieve subdoelstelling afgesproken om het aandeel hernieuwbare energie in het energieverbruik van de gebouwde omgeving in de EU te laten toenemen naar 49 procent in 2030. Ook zal door de voorgestelde Europese invoering van ETS (Emissions Trading System) voor de gebouwde omgeving verduurzaming

naar verwachting lonender worden. In Nederland lag het aandeel hernieuwbare energie in de gebouwde omgeving in 2021 op 17 procent. Hier is dus nog een flinke inspanning nodig om de EU-doelstelling te behalen. Het gebruik van hernieuwbare energie in de gebouwde omgeving bestaat uit het gebruik van omgevingswarmte door warmtepompen, biogas, levering van hernieuwbare warmte via stadsverwarming en levering van hernieuwbare elektriciteit.

Internationale positie Nederland

Wat betreft de positie van Nederlandse bedrijven geldt dat isolatie van woningen en kantoren vooral een lokale markt is. Hierbij gaat het doorgaans niet om hoogwaardige technieken en beschikken landen elders dus veelal over voldoende kennis om dit zelf goed te organiseren al is er een aantal Nederlandse ingenieursbureaus die goed zijn in het ontwerpen van energiezuinige gebouwen, zoals Arcadis.

Bij de elektrificatie van de verwarming van gebouwen, via warmtepompen, spelen Nederlandse bedrijven vooral nationaal een rol. Voorbeelden van bedrijven actief in deze sector, zijn Ito Daalderop en Remeha. Zij richten zich vooral op de Nederlandse markt, waarbinnen de vraag al zeer groot is. In vergelijking met grote internationaal opererende partijen zoals Bosch en LG zijn het relatief kleine spelers, die momenteel voldoende hebben aan de thuismarkt.

Zoals hierboven al genoemd kent Nederland een cluster van bedrijven dat gespecialiseerde zonnepanelen maakt, specifiek voor de gebouwde omgeving. Een bijvoorbeeld zijn de panelen verwerkt in gevelplaten. Deze nemen we mee in het fiche over zonnepanelen.

Nederland is ook goed in het hergebruik van industriële warmte via warmtenetten. Dit hangt samen met de grote bevolkingsdichtheid. Zulke technieken zijn echter moeilijker te exporteren, zo blijkt uit gesprekken met experts.

3.6 Landbouw

Tabel 3.6 Overzichtstabel landbouw

Ontwikkelingen in de energietransitie	Concurrentievoordeel	Verdiepingsthema's (fiches)
Energiedrager vervangen en energiereductie in glastuinbouw	Kennispositie glastuinbouw	Productie energie-efficiënte kassen, zie box 3.1.
Efficiëntieverbetering veeteelt	Geen	Geen

Bron: SEO Economisch Onderzoek

Ontwikkelingen in de energietransitie

De landbouwemissies bestaan voor een belangrijk deel uit emissies in de glastuinbouw en veehouderij en in veel beperktere mate de akkerbouw. De glastuinbouwsector veroorzaakt vooral CO₂-emissie, terwijl de broeikasgasemissies in de veehouderij en akkerbouw grotendeels bestaan uit methaan (CH₄) en lachgas (N₂O). De reductie tot 2021 komt voornamelijk door een afname van het aantal runderen en varkens, een hogere voerefficiëntie en een afname van de kunstmest en dierlijke mest die mag worden gebruikt op landbouwgronden. In dezelfde periode is de broeikasgasemissie van de glastuinbouwsector juist toegenomen. Deze toename hing samen met de toen lage gasprijs en de toegenomen productie van elektriciteit via warmtekrachtkoppeling.

De samenhang tussen de landbouwsector en de energietransitie ligt voor een belangrijk deel in het energieverbruik van de glastuinbouw. Deze sector verbruikt grote hoeveelheden energie en treedt in steeds grotere mate op als energieleverancier aan het net. Een belangrijk thema binnen deze sector is verduurzaming. De sector heeft als ambitie om in 2040 klimaatneutraal te zijn. Lange tijd hadden glastuinbouwbedrijven mede door goedkoop aardgas een comparatief voordeel, maar de energietransitie vergt aanpassing (IBO 2023). Hierbij is een belangrijke rol weggelegd voor energiebesparing, onder meer door isolatie en een overstap op andere teelten, die minder warmte of licht behoeven. Daarnaast is een hernieuwbare energievoorziening nodig om fossielvrije tuinbouw mogelijk te maken. De inzet van verschillende technieken is mogelijk, zoals geothermie en aquathermie. Neveneffect is dat CO₂ voortaan extern moet worden ingekocht, bijvoorbeeld van de industrie, waar het via CCS wordt afgevangen. De omslag naar duurzame energiebronnen zal grote investeringen vergen en staat nog in de kinderschoenen.

Daarnaast kan de landbouw bijdragen aan de energietransitie door biologische reststromen, zoals mest, om te zetten biobrandstoffen. Een belangrijk thema hierbij is het efficiënter maken van deze omzetting, zodat het beter rendabel wordt om ook minder energiedichte stoffen op te werken tot brandstof. Daarnaast speelt de meer logistieke vraag hoe de veelal kleinschalige restproducten het best omgezet kunnen worden tot de grote hoeveelheden waar vanuit de industrie behoefte aan is.

Box 3.1 Nederland exporteert technische hoogwaardige en energie- en waterbesparende kassen

Nederland loopt voorop in de ontwikkeling van technische hoogwaardige kassen. Zo steeg de export met 20 procent per jaar over de afgelopen jaren. Zij gebruiken onder andere precisie-irrigatie, slimme verlichting, data-analyse en kunstmatige intelligentie (AI) voor het verbeteren van de besluitvorming en verhogen de productiviteit. KUBO en Van der Hoeven (beide bedrijven met ongeveer 150 medewerkers) zijn leidende Nederlandse bedrijven in de tuinbouwsector, bekend om hun bijdrage aan innovatieve projecten zoals energie-efficiënte semi-gesloten kassen en het gebruik van duurzame energiebronnen. Zij spelen een cruciale rol in de ontwikkeling van geavanceerde tuinbouwtechnologieën, zoals het optimaliseren van luchtstromen in kassen en het integreren van restwarmte en CO₂-uitstoot van energiecentrales in kassencomplexen. Vooruitkijkend is te verwachten dat deze markt zal groeien. Hier liggen exportkansen, vooral naar gebieden waar Nederland traditioneel al veel kassen naar exporteert, zoals West-Europa, maar ook naar nieuwe markten met een suboptimaal klimaat voor agrarische productie, zoals India, China, de VS en de Golfstaten.

Bron: SEO Economisch Onderzoek (2024)

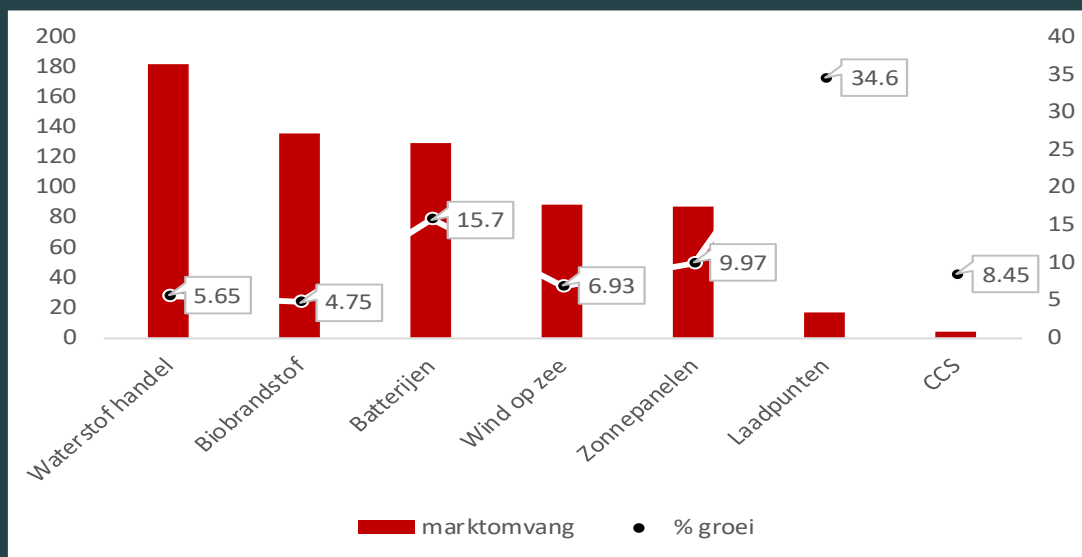
Internationale positie Nederland

Nederland heeft een zeer sterke internationale positie als het gaat om efficiënte en technisch hoogwaardige glastuinbouw. Zulke hoogwaardige kassen zijn momenteel ook al een belangrijk exportproduct, zie ook box 3.1. Daarnaast is de landbouwsector een belangrijke leverancier van biologische (rest)producten voor de biobrandstoffensector. Dit laatste thema hebben we in een apart fiche uitgewerkt.

Box 3.2 De relatieve omvang en groei van sectoren

Op basis van Figuur B3.2 kunnen we een aantal generieke en sectorspecifieke trends identificeren met betrekking tot de huidige en toekomstige marktomvang. Over het algemeen observeren we dat de onderzochte sectoren reeds stevig zijn gevestigd, met een omvang rond 100 tot 200 mrd. dollar per jaar. Wel zijn de laadinfrastructuur en CCS kleiner qua marktomvang.

Figuur B3.2 Mondiale marktomvang kansrijke sectoren in 2022 (in miljarden \$s, lhs) en de verwachte jaarlijkse groei tussen 2022-2032 (in %, rhs)



Enkele sectorspecifieke observaties zijn:

Waterstof: De huidige waterstofmarkt is aanzienlijk, waarbij Nederland een cruciale rol speelt als producent - het is de op een na grootste producent van Europa, goed voor 15 procent van de Europese markt. Echter, meer dan 75 procent van deze waterstof is grijs. De groeivoorzichten zijn zeer onzeker en hangen sterk af van de technologische haalbaarheid om over te schakelen op competitief geprijsde groene waterstof. De grootste verwachte groei (aan de vraagkant) zit in landen met sterke chemische en industriële clusters zoals de VS, West-Europa en Azië. De integratie van waterstof in diverse toepassingen staat nog in de beginfase, maar er wordt verwacht dat tegen 2030 er meer dan 2 miljoen waterstofvoertuigen zullen rijden en varen.

Biobrandstof: Biobrandstoffen hebben de afgelopen decennia een sterke groei doorgemaakt, ondanks een kleine terugval in 2021. De Verenigde Staten, Brazilië en Indonesië zijn de leidende landen in de productie van biobrandstoffen. De groeiverwachting is aanzienlijk, met 4,75 procent.

Batterijen: De wereldwijde markt voor batterijen, met een bijzondere nadruk op lithium-ion batterijen, wordt verwacht te verviervoudigen in de komende tien jaar. Deze significante groei wordt voornamelijk gedreven door de toenemende vraag naar elektrische voertuigen, duurzame energieopslagsystemen en draagbare elektronica. Landen zoals China, de Verenigde Staten, en Duitsland zullen naar verwachting voorop lopen in deze vraag.

Wind op Zee: De in Figuur 1 gepresenteerde cijfers tonen de marktomvang en groei voor de gehele windenergiesector. Echter, windenergie op zee vormt een belangrijk en groeiend deel hiervan, gezien de hogere rendementen die behaald kunnen worden. De huidige marktgroei is voornamelijk te vinden in Azië, maar ook in Noord-Amerika wordt steeds meer ingezet op windenergie op zee.

Zonnepanelen: De markt voor zonnepanelen is wereldwijd exponentieel gegroeid sinds 2010. De verwachting is dat deze vraag gestaag zal blijven toenemen, met kansrijke markten in lage- en middeninkomenslanden (LMIC's) in Afrika, Azië en Latijns-Amerika (e.g., vooral de zogenoemde off-grid toepassingen). Daarnaast zijn er ook technische ontwikkelingen in de markt die ervoor zorgen dat de vraag naar verbeterde producten in Oost-Azië, Europa en Noord-Amerika sterk blijft.

Laadpunten: De verwachte groei van laadpunten voor snel opladen (fast charge) voor elektrische voertuigen is aanzienlijk en gaat hand in hand met de sterke toename van de vraag naar elektrische auto's, vrachtovervoer en scheepvaart, vooral in dichtbevolkte gebieden. Met name in Oost-Azië verwacht men de sterkste marktgroei.

CCS: CCS is een nichesector vergeleken met andere sectoren, met grote marktleaders in China en de Verenigde Staten. Technologische en wetgevingonzekerheden (bijvoorbeeld het gebruik van blauwe waterstof) maken de groeicijfers onzeker.

4 Fiches per sector

Dit hoofdstuk gaat dieper in op de deelsectoren binnen de energietransitie die internationaal kansen bieden, zoals deze in hoofdstuk 3 zijn geselecteerd. Per sector wordt gekeken naar vraagfactoren, het comparatieve voordeel vergeleken met andere landen, verdienkansen en bedreigingen.

Achtereenvolgens komen in de hoofdstuk de volgende deelsectoren aan bod:

- de Nederlandse waterstofhub;
- waterstofintegratie;
- wind op zee.

4.1 De Nederlandse Waterstof Hub

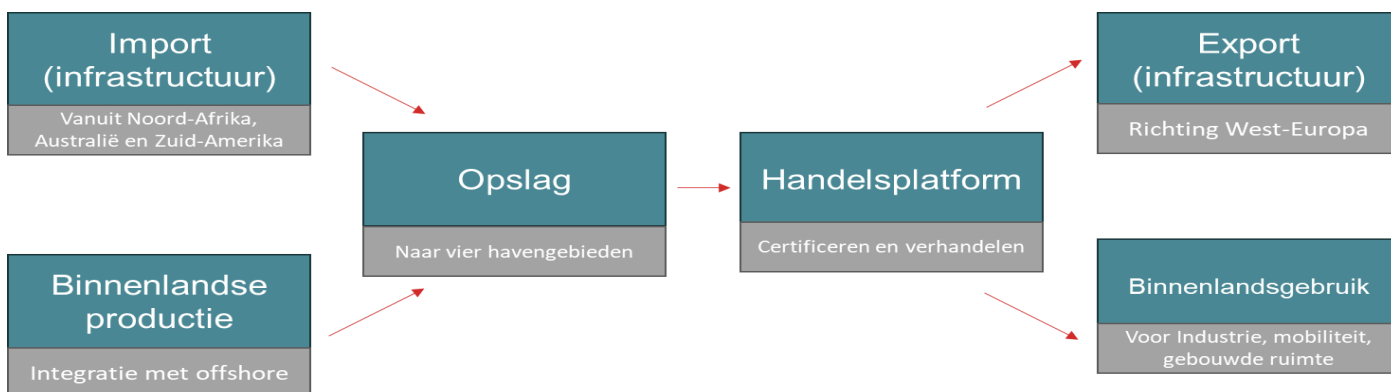
Het idee achter een waterstofhub is dat in West-Europa behoefte zal ontstaan aan groene waterstof, maar dat slechts een deel van deze waterstof lokaal op kostenefficiënte wijze kan worden geproduceerd. Daarom zal naar verwachting op termijn een deel van de groene waterstof worden geïmporteerd uit landen waar de productiekosten lager liggen.

Tegen deze achtergrond kan Nederland zich inzetten om voor groene waterstof een internationale hubfunctie te vervullen. Hiermee wordt bedoeld dat Nederland waterstof importeert voor doorvoer naar het Europese achterland, zoals het Ruhrgebied in Duitsland. Nederland heeft op punten een goede uitgangspositie om zo'n hubfunctie te vervullen. Tegelijkertijd spelen nog grote onzekerheden rond toekomstige waterstofscenario's.

4.1.1 Een waterstofhub

Als Nederland een waterstofhub wil worden dan dient de hier aanwezige infrastructuur goed in staat te zijn om de import en doorvoer van waterstof te faciliteren. Daarbij zijn de volgende elementen van belang: de importinfrastructuur, de lokale productie, opslag, handel en de exportinfrastructuur.

Figuur 4.1 Elementen van een waterstofhub



Bron: SEO Economisch Onderzoek

Importinfrastructuur

Groene waterstof kan via pijpleidingen en maritieme routes worden geïmporteerd vanuit potentiële exportregio's. Er bestaat brede consensus dat transport per pijpleiding efficiënter is en gepaard gaat met lagere kosten (zie ook Borsboom-Hanson et al., 2022; IEA 2023). Zulke pijpleidingen bestaan al wel lokaal, tussen bijvoorbeeld Nederlandse producenten van waterstof uit aardgas en de industriegebieden in en rond Nederland. Pijpleidingen voor internationaal transport van groene waterstof tussen regio's met in potentie een overschot aan groene energie en regio's met vraag naar groene waterstof bestaan echter nog niet. Wel zijn er plannen binnen Europa, bijvoorbeeld voor de levering van (groene) waterstof vanuit Scandinavië naar West-Europa. Op langere termijn zouden zulke pijpleidingen tussen enerzijds Noord-Afrika en de Golfstaten en anderzijds de EU ook zeker interessant kunnen zijn. Er liggen al verschillende pijpleidingen tussen Afrika en Zuid-Europa (e.g., Maghreb-Europe pipeline) die worden gebruikt voor de transport van aardgas. Het zal echter nog wel enige tijd vergen voordat zulke pijpleidingen voor waterstof zijn gelegd. Het betreft immers forse investeringen in landen waarvan het investeringsklimaat vaak onzeker is. Een alternatief is het ombouwen van deze gasleidingen naar waterstofleidingen (Timmerberg & Kaltschmitt 2019) maar ook dit is niet op korte termijn gerealiseerd.

De andere mogelijkheid, transport per schip, is duurder, maar ook flexibeler. Via maritieme routes zijn immers meerdere locaties met elkaar te verbinden en is waterstof ook over langere afstanden te vervoeren. Bovendien geldt dat deze infrastructuur al aanwezig is voor ammoniak, een belangrijke waterstofdrager. Zo zijn er al schepen die ammoniak vervoeren en beschikken meerdere Nederlandse havens al over een infrastructuur voor de import en opslag van ammoniak. Groene ammoniak zou dus al op kortere termijn via maritieme routes naar Nederland kunnen worden gebracht. De kosten voor het transporteren van waterstof per schip zijn echter hoger. Schattingen van de transportkosten naar Nederland variëren, afhankelijk van de afstand, tussen de 20 en 100 procent van de productiekosten van waterstofgas (IEA 2023) en [TNO in 2022](#).??

Wanneer transport van waterstof vooral via maritieme routes zou plaatsvinden, dan ondersteunt dit de positie van Nederland als waterstofhub, gezien de goede haveninfrastructuur. Dit geldt niet voor transport via pijpleidingen vanuit Noord-Afrika of de Golfstaten. Dan ligt het immers voor de hand dat waterstof via andere routes (Italië, Spanje, Frankrijk) de industriële regio's van West-Europa bereikt.

Lokale productie

Lokale productie van groene waterstof ondersteunt de hubfunctie van Nederland. Naar verwachting zal de komende jaren veel worden geïnvesteerd in windparken op de Noordzee, door zowel Nederland als andere landen rond de Noordzee. De productie van windenergie zal echter niet altijd matchen met de vraag naar energie op dat moment. Daarom is een medium nodig voor de opslag van overtollige energie op momenten dat er veel wind is. Het ligt voor de hand dat waterstof deze functie op zich neemt. Daarmee zal dus naar verwachting ook in Nederland en in de andere landen rond de Noordzee groene waterstof worden geproduceerd. In Nederland heeft de overheid al de verwachting uitgesproken dat in 2032 zo'n 8 GW aan electrolyzercapaciteit beschikbaar zal zijn. Een belangrijk onderdeel van deze strategie is het NorthH2-project, waarbij Shell, de Gasunie en de provincie Groningen zich inzetten om tegen 2030 4 GW aan groene waterstof te produceren in de Eemshaven, met behulp van offshore-windenergie. Deze lokale productie versterkt in potentie de rol van Nederland als waterstofhub. Het biedt immers een basishoeveelheid waterstof die via Nederland aan het West-Europese achterland kan worden geleverd.

Opslag en conversie

Om een hubfunctie te vervullen dient er ook voldoende opslagcapaciteit beschikbaar te zijn. In Nederlandse haven zijn al partijen actief die goed zijn in de opslag van olie en gas en deze kennis kunnen inzetten om onder meer

ammoniak en waterstof op te slaan. Daarnaast kunnen op termijn zoutcavernes of oude gasvelden worden gebruikt om waterstof voor langere periodes op te slaan. Nederland beschikt over meerdere van deze zulke lege gasvelden.

Als waterstof per pijpleiding wordt getransporteerd dan is conversie naar een andere drager niet nodig, maar dit ligt anders bij vervoer per schip. Om het verschepen van waterstof via maritieme routes rendabel te maken, is het noodzakelijk waterstofgas om te zetten in een drager met een hogere dichtheid, zoals ammoniak of een vloeibare organische waterstofdrager (zoals LOHC). Eenmaal verscheept kan de waterstofdrager weer worden omgezet in waterstofgas. De kraakinstallaties die hiervoor nodig zijn, zijn momenteel nog in ontwikkeling (zie [rapport Fluor 2023](#) voor recente ontwikkelingen in Nederland met bedrijven zoals Duiker). Omdat bij conversie rendementsverlies optreedt is het van belang deze conversies zoveel mogelijk te beperken. Dit kan door waterstofdragers zoveel mogelijk in hun aangeleverde vorm te gebruiken, zoals het direct toepassen van ammoniak als grondstof bij de productie van kunstmest of als brandstof voor schepen. Een andere oplossing voor transport is het afkoelen van waterstof naar -253 graden zodat LH2 ontstaat. Deze techniek is momenteel echter nog niet rendabel en vereist verdere technologische ontwikkeling (Zhang et al. 2023).

Waterstofhandel

Groene waterstof dient gecertificeerd te worden om de kwaliteit (e.g. puurheid van het gas) en duurzame herkomst te borgen. Daarnaast moet het verhandelbaar zijn via diverse gestandaardiseerde financiële instrumenten of afgeleide producten. Dit vraagt om een goede administratieve infrastructuur. Momenteel werkt Nederland samen met andere landen aan de verdere ontwikkeling van EU-standaarden voor groene waterstof.

Om de handel in groene waterstof te stimuleren heeft Duitsland het H2Global platform opgericht, dat tenders uitschrijft aan zowel producenten als gebruikers van groene waterstof om zo van beide zijden een goede prijsopgave te ontvangen. Tussen deze twee prijzen zit momenteel nog duidelijk een verschil. Op basis van dit prijsverschil subsidiëren overheden de productie en het gebruik van groene waterstof. Ook de Nederlandse overheid draagt hieraan bij.

Exportinfrastructuur

De efficiënte doorvoer van groene waterstof naar het West-Europese achterland vereist kosteneffectieve transportmethoden zoals pijpleidingen. Momenteel bestaan al pijpleidingen voor het transport van grijze waterstof, onder meer van het Franse bedrijf Air Liquide. Daarnaast werkt staatsbedrijf de Gasunie momenteel aan een netwerk voor het transport van (groene) waterstof (de backbone). Dit netwerk verbindt havens en industrieclusters binnen Nederland en zorgt voor de aansluiting met waterstofnetwerken in buurlanden.

De verwachting is dat grootschalige import via Nederland pas plaatsvindt vanaf 2030 en een dergelijke hubfunctie pas in 2040 volledig operationeel kan zijn. Ter illustratie: volgens een rapport van IRENA (2022) wordt verwacht dat de doorvoer van groene waterstof via de haven van Rotterdam rond 2050 ongeveer 2400 petajoule (PJ) zal bedragen. Dat is circa een kwart van de huidige energiehandel van de haven. Om een hubfunctie te realiseren is het noodzakelijk om, naast de uitdagingen op het gebied van de Nederlandse infrastructuur, ook andere onzekerheden te adresseren aan zowel de vraag- en aanbodzijde.

4.1.2 Ontwikkeling van de vraag naar groene waterstof

Op dit moment bedraagt de vraag naar grijze waterstof zo'n 2 procent van de totale energiemix in Europa, deze komt vooral voort uit de productie van chemische producten zoals meststoffen en plastic. Naar verwachting zal de vraag de komende jaren echter toenemen, als gevolg van EU-regelgeving. Belangrijk is vooral het besluit dat vanaf

2030 minstens 42 procent van de industriële waterstof in de EU uit hernieuwbare bronnen moet komen. Hoewel de ontwikkeling van de vraag zeer onzeker is, raamt de EU deze op termijn 20 procent van de energiemix binnen de unie afkomstig zal zijn uit groene waterstof [bron?].

De vraag naar groene waterstof zal vooral komen uit vier sectoren. Ten eerst neemt de vraag toe als gevolg van de omschakeling van grijze en blauwe naar groene waterstof binnen de chemische industrie. De Europese wetgeving stelt strenge eisen aan de transitie van de industrie en chemie die nu afhankelijk zijn van grijze waterstof, waarbij snel moet worden overgeschakeld op duurzame alternatieven voor grijze waterstof. Dit raakt bedrijven, zoals kunstmest- en staalproducenten, die nu gebruikmaken van grijze waterstof. Zo heeft Tatasteel inmiddels toegezegd om groene waterstof te gebruiken voor een deel van hun productie (i.e., brandstof voor ovens) als alternatief voor hun gebruik van blauwe waterstof. Ook in omliggende gebieden, zoals het Ruhrgebied in Duitsland en industriële gebieden in Noord-Frankrijk zullen industrieën naar verwachting voor een deel van hun productieprocessen overstappen op groene waterstof.

Ten tweede zal een omschakeling van natuurlijk gas naar groene waterstof in zware industrie leiden tot additionele vraag. Naast het vervangen van de huidige vraag naar grijze waterstof, zullen ook nieuwe sectoren groene waterstof kunnen gebruiken als duurzaam alternatief voor aardgas om de duurzaamheidsdoelstellingen te bereiken. Voor de zware industrie is elektrificatie geen haalbare optie, omdat er hoge temperaturen vereist zijn voor het productieproces. Daarom moet er een alternatieve brandstof worden gevonden. Groene waterstof biedt in dit geval uitkomst mits de prijs in de toekomst voldoende daalt. Zo is er in 2023 een project afgesloten met 40 partners geleid door DNV GL en Celsian voor het gebruik van groene waterstof in energie-intensieve industriële processen.

Ten derde zal vanuit zwaar transport en de luchtvaart vraag ontstaan naar groene waterstof. Hierbij gaat het om de scheepvaart en zware voertuigen waarvoor elektrificatie geen (rendabele) oplossing biedt. Zo werkt Damen Shipyards aan de constructie van twee schepen die varen op groene waterstof en die naar verwachting in 2025 klaar zijn. Daarnaast is waterstof nodig als basis voor synthetische vliegtuigbrandstoffen (sustainable air fuels, SAFs). Voor vliegtuigen biedt elektrificatie geen oplossing en is ook waterstof zelf een energiedrager met onvoldoende dichtheid. Maar door CO₂ uit hernieuwbare bronnen toe te voegen aan waterstof ontstaat een synthetische vliegtuigbrandstof die minder belastend is dan fossiele kerosine. Deze CO₂ zou dan bijvoorbeeld afkomstig kunnen zijn uit de afvang van CO₂ uit de lucht of bij verbrandingsprocessen (zie ook het fiche hieronder).

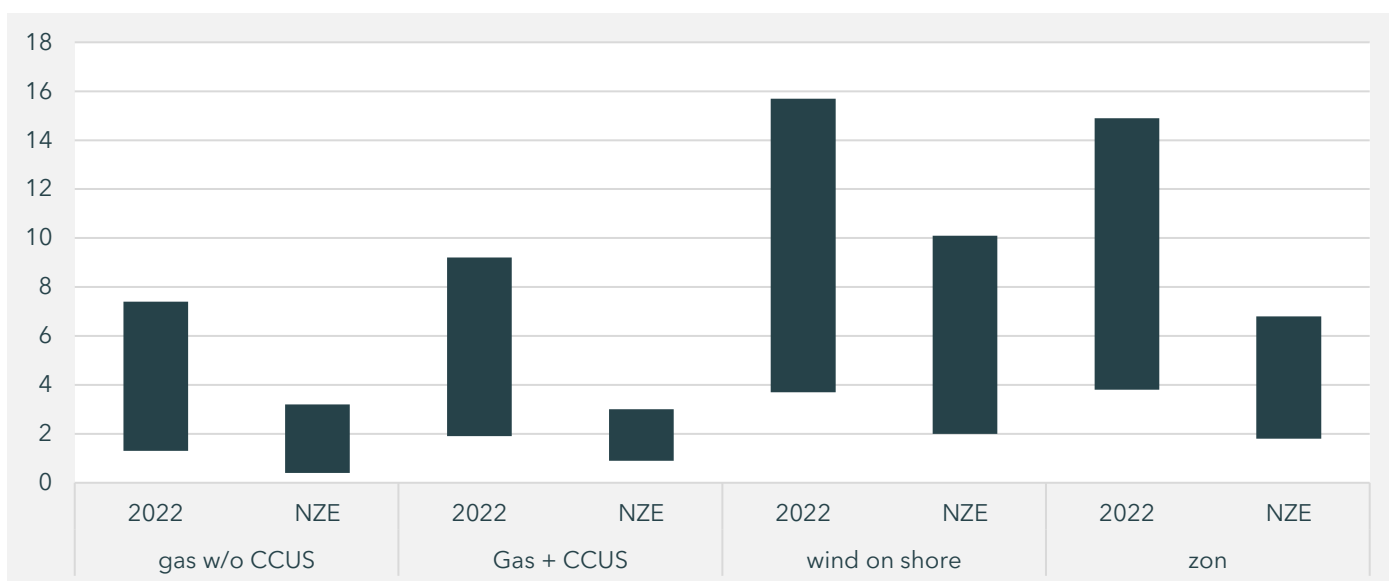
Ten vierde zal binnen de elektriciteitssector groene waterstof waarschijnlijk een rol gaan spelen als flexibele optie voor energieopslag. De opwekking van elektriciteit zal steeds meer omschakelen naar duurzame bronnen zoals wind- en zonne-energie. Omdat vraag en aanbod van elektriciteit niet altijd op elkaar zullen aansluiten is een opslagmedium nodig en waterstof lijkt hiervoor een logische kandidaat. Het proces van het omzetten van elektriciteit naar waterstof (en vice versa) gaat echter wel gepaard met een efficiëntieverlies. Ongeveer 20 procent van de energie gaat verloren bij het omzetten naar waterstofdragers en er treedt opnieuw rendementsverlies op bij het converteren naar elektriciteit. Deze vraag hangt dus sterk af van de technische mogelijkheden om het rendementsverlies te minimaliseren en van de hoeveelheid overschot aan groene energie die in West-Europa wordt gegenereerd.

4.1.3 Ontwikkeling aanbod en kostprijs van groene waterstof

De productiekosten van groene waterstof zijn hoger dan die van waterstof geproduceerd uit gas en dit zal ook nog een tijd zo blijven. Momenteel is de productie van groene waterstof circa zes keer zo duur als die van de grijze

varianten. Figuur 4.2 illustreert de kostprijs⁹ van verschillende soorten waterstof en de prognose voor 2030 van het IEA mits de tussentijdse doelstellingen voor NZE in 2050 worden behaald. Het NZE-scenario is een optimistische prognose waarin overheden en private partijen hun afspraken nakomen en de technologische vooruitgang verloopt zoals voorzien. De figuur illustreert dat ook de kosten van blauwe waterstof, waarbij CO₂-emissies worden afgevangen, momenteel vaak lager zijn dan de kosten van groene waterstof. Ook illustreert de figuur de verwachting dat de productiekosten van groene waterstof tussen 2022 en 2030 aanzienlijk zullen dalen. Dit geldt zowel voor waterstof geproduceerd uit wind- als zonne-energie. Desondanks raamt het IEA dat groene waterstof in 2030 nog steeds ongeveer drie keer duurder zal zijn dan grijze waterstof. Daarbij bestaat aanzienlijke onzekerheid over de prijs van groene waterstof in 2030, die in deze raming varieert tussen de \$2 en \$7 per kilogram.

Figuur 4.2 Genormaliseerde kosten van waterstofproductie per technologie in 2021, 2022 en in het scenario van NZE 2050 in 2030

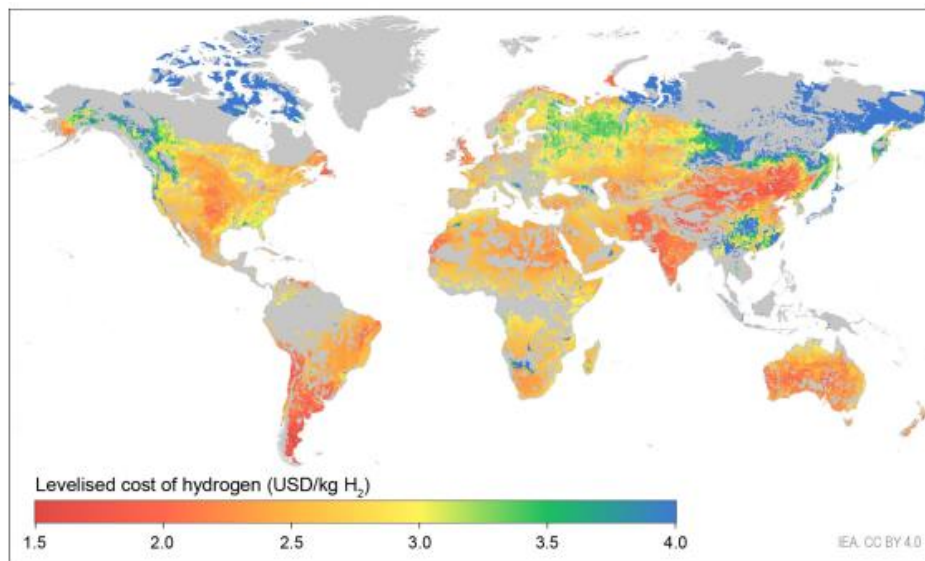


Bron: International energy agency 2022

Zoals ook bovenstaande kostenraming illustreert, verkeert de wereldwijde productie van groene waterstof nog in een beginstadium. Veelal betreft het kleinschalige projecten, voornamelijk binnen de EU. Wel is een flink aantal (circa 800) grootschalige projecten aangekondigd die tegen 2030 operationeel zouden moeten zijn, (met een totale waarde van \$320 miljard). Zo'n 50 procent van deze projecten bevindt zich echter nog niet in de eerste planningsfase en dus is nog onzeker in hoeverre ze van de grond zullen komen. Ook bevinden deze projecten zich vooral in *the Global North*, wat gezien de vereiste technologie en infrastructuur ook wel te verklaren is. Tegelijkertijd geldt dat voor kostenefficiënte productie van waterstof juist veel potentie ligt in zuidelijke landen. Zoals figuur 4.3 laat zien zijn landen in Noord-Afrika, Zuidelijk Afrika en Zuid-Amerika gunstig gepositioneerd voor de productie van groene waterstof. Dit vooral vanwege hun rijke potentieel voor het opwekken van elektriciteit uit zonne-energie. Ondanks dit potentieel blijven veel bedrijven echter terughoudend om in deze regio's te investeren. Deze terughoudendheid wordt voornamelijk veroorzaakt door extra risico's zoals het gebrek aan bestaande infrastructuur en politieke instabiliteit.

⁹ Dit is de minimale prijs die nodig is om investeringen terug te winnen volgens het net present value principe

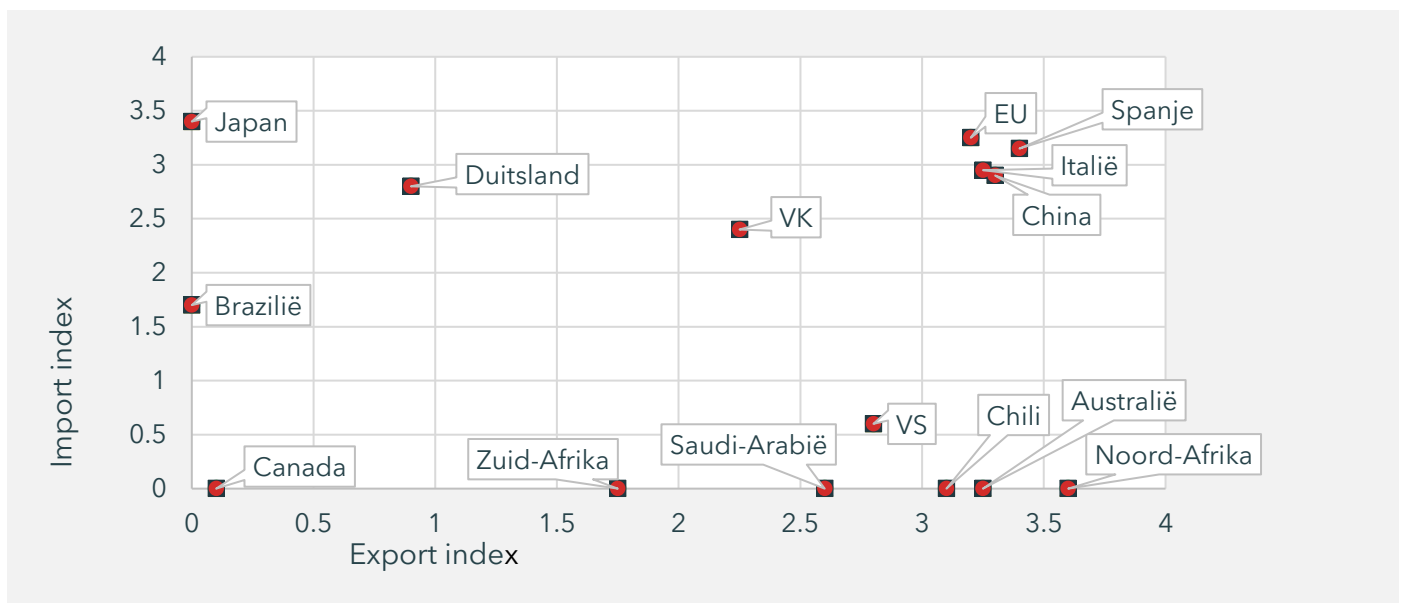
Figuur 4.3 De verwachte kostprijs van groene waterstof in 2030



Bron: Figuren komen uit Global Hydrogen Review 2023

Op basis van verwachte overschotten aan groene energie en de vraag naar waterstof heeft het *International Renewable Energy Agency (IRENA)* een scenario-analyse uitgevoerd naar handelsvolumes in waterstof, met de aanname dat de technologie zich verder ontwikkelt. Op basis daarvan toont onderstaande Figuur 4.4 potentiële export- en importregio's. Regio's op de verticale as zijn netto exporteurs en op de horizontale as zijn netto importeurs, waarbij de index het volume aangeeft. Regio's met een hoog volume aan zowel import als export staan rechtsboven gekenmerkt als *trading hubs*. Regio's met een laag volume staan linksonder. De belangrijkste bepalende factor zijn de verschillen in de kosten om hernieuwbare elektriciteit op te wekken uit zon en wind.

Figuur 4.4 Volumes waterstof import en export per regio in 2050



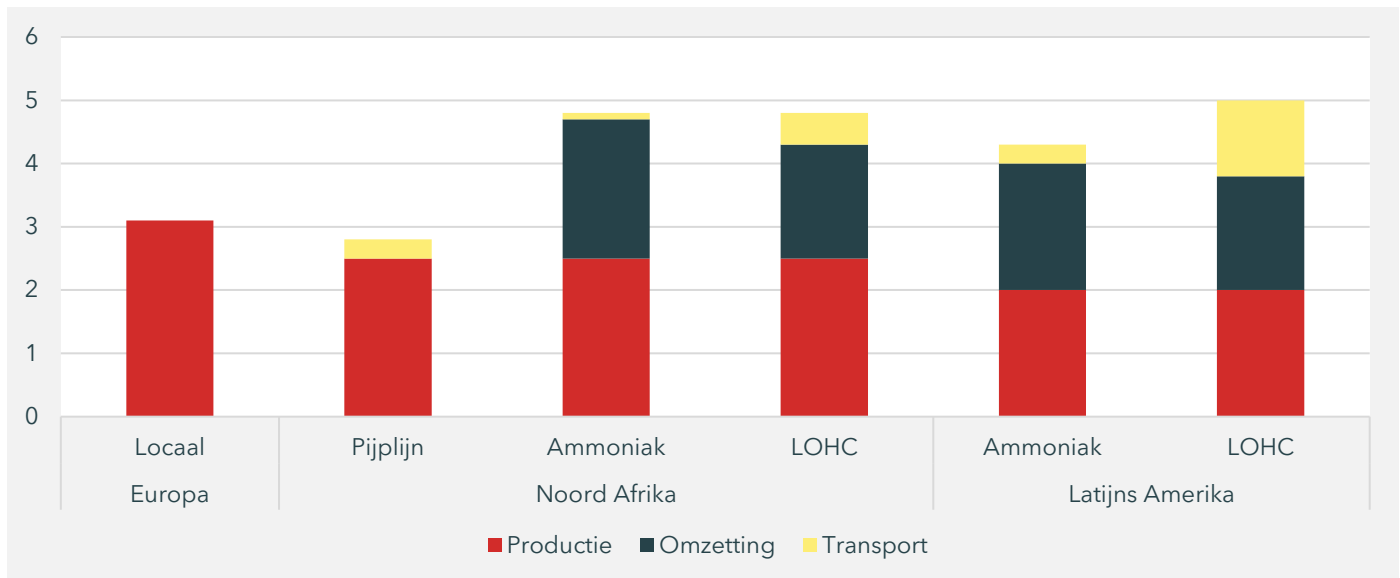
Bron: IRENA (2022)

Hoewel het is te verwachten dat zuidelijke landen op termijn groene waterstof zullen exporteren, zal het nog enige tijd duren voordat ze daar klaar voor zijn. Naast de kostencomponent speelt hierbij een aantal criteria voor export. Zo ligt export meer voor de hand in landen met een overschot aan hernieuwbare energie. Dit voorkomt immers dat export van groene waterstof gepaard gaat met het in stand houden van een fossiele industrie. Dit speelt bijvoorbeeld in zuidelijk Afrika. Deze landen zijn overwegend nog afhankelijk van fossiele brandstoffen voor hun energievoorziening. In Zuid-Afrika wordt bijvoorbeeld nog steeds ongeveer 95 procent van de energie opgewekt uit olie, gas en steenkool, wat betekent dat er op korte termijn zeker geen sprake is van een overschot aan productie van hernieuwbare energie, zeker ook gezien de sterk groeiende binnenlandse en regionale vraag naar elektriciteit. Daarnaast dienen de exportlanden ook hun exportinfrastructuur op orde te hebben. Dit vereist in veel landen (waaronder Zuid-Afrika en Namibië) dat nog geïnvesteerd moet worden in bijvoorbeeld havencapaciteit. Ook dienen exporteurs aan de EU-criteria te voldoen voor groene waterstof, wat vereist dat zij de certificering goed op orde hebben.

Bij het tot stand komen van een Nederlandse waterstofhub dient ook gecoördineerd te worden met andere Europese landen. Hier speelt het risico dat landen concurrenten worden in plaats van economische partners in een al concurrerende wereldwijde markt. Hoewel Nederland haar energievraagstukken coördineert in een internationaal verband met België, Duitsland, Luxemburg en Frankrijk zijn er concurrenten elders. Zo werkt het Britse bedrijf Xlinks momenteel aan een reeds vergevorderd plan om zo'n 3,6 GW aan groene energie te importeren uit Marokko. Dit komt overeen met de totale huidige productie van groene energie in Marokko. Ook Zuid-Europese landen hebben bilaterale afspraken lopen met Noord-Afrikaanse landen voor de directe import van groene energie. Deze initiatieven concurreren met de Nederlandse plannen om groene waterstof te importeren, aangezien beide aanspraak wensen te maken op het overschot aan groene energie in exportlanden.

Om een inschatting te kunnen maken vanuit welke landen in de toekomst groene waterstof geïmporteerd zal worden, zijn ook de transportkosten van belang. Onderstaande Figuur 4.5, maakt een inschatting van deze kosten, gezien vanuit West-Europa, voor het jaar 2030, indien tussentijdse NZE-doelstellingen worden behaald. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen binnenlandse productie en import uit Noord-Afrika en Latijns-Amerika. Deze raming laat zien dat lokale productie goedkoper is dan import uit Noord-Afrika of Latijns-Amerika, met als uitzondering de situatie waarin groene waterstof via een pijpleiding uit Noord-Afrika wordt aangevoerd. Ook laat de raming zien dat het importeren van groene waterstof via maritieme routes de kostprijs duidelijk verhoogt.

Figuur 4.5 Importkosten in West-Europa van groene waterstof uit Noord-Afrika of Latijns-Amerika in 2030



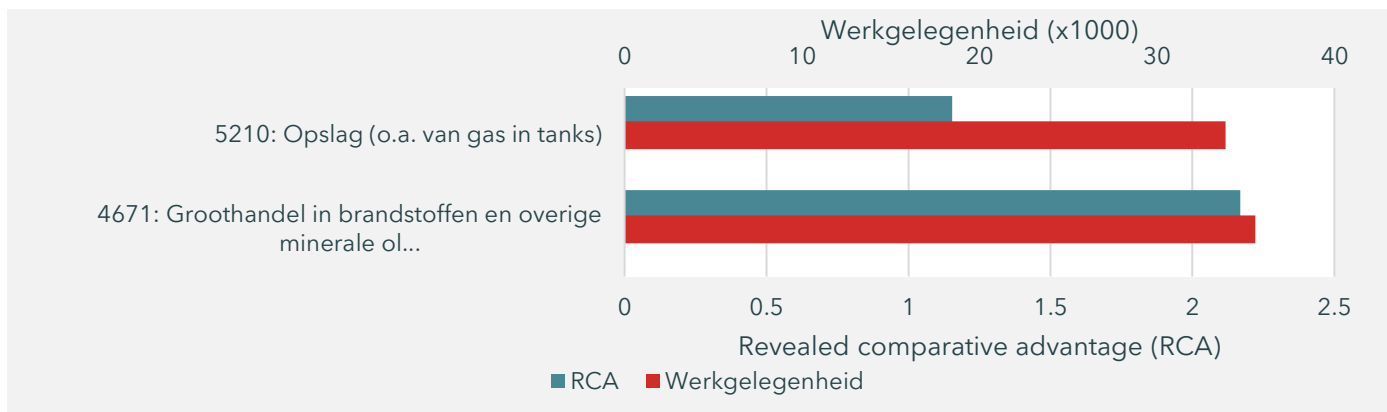
Bron: Global Hydrogen Review 2023 [uitleg figuur]

4.1.4 Comparatief voordeel Nederland

Een belangrijk comparatief voordeel van Nederland om zich te ontwikkelen tot waterstofhub voor West-Europa is reeds bestaande infrastructuur voor de opslag en doorvoer van waterstof en voor gas meer in het algemeen. Zo zijn er op korte termijn vier havengebieden in Nederland waar waterstof in verschillende vormen (2024 ammoniak en 2025 LOHC in Rotterdam) kan worden verwerkt, opgeslagen en doorgevoerd. In het bijzonder beschikt de Rotterdamse haven al over veiligheidsmaatregelen om waterstof verantwoord door te voeren. Uniek voor Nederland en West-Europa is ook het bestaande gasnetwerk (zo'n 136.000 km in Nederland) dat met kleine aanpassingen kan worden omgebouwd voor waterstoftransport, naar bestaande industrieclusters (e.g. chemlot) en het buitenland (Hydelta doet onderzoek; Hynetwork zorgt dat 1.200 km klaar is in 2030). Tevens kan het bestaande uitgebreide netwerk voor gasopslag (inclusief zoutcavernes en lege gasvelden) worden omgezet naar opslag van waterstof. Figuur 4.6 toont aan dat Nederland momenteel een sterk comparatief voordeel heeft in de handel in bunkerbrandstoffen (voor scheep- en luchtvaart), aardgas en grijze waterstof. Nederland exporteert ruim tweemaal zoveel van deze brandstoffen als gemiddeld in de EU.

Gezien de nog relatief hoge kosten van groene waterstof kan een omschakeling naar blauwe waterstof een logische tussenstap zijn naar het gebruik van groene waterstof. Blauwe waterstof wordt gemaakt uit fossiele brandstof (gas), waarbij de CO₂-uitstoot wordt afgevangen en opgeslagen. Momenteel is blauwe waterstof goedkoper dan groene waterstof, al is dit afhankelijk van de gasprijs. In Nederland zijn verschillende plannen voor de productie van blauwe waterstof, wat ook past bij bestaande projecten, zoals Porthos, om CO₂ af te vangen en op te slaan, zie ook fiche hieronder. Daarmee heeft Nederland ook op het terrein van blauwe waterstof een goede uitgangspositie.

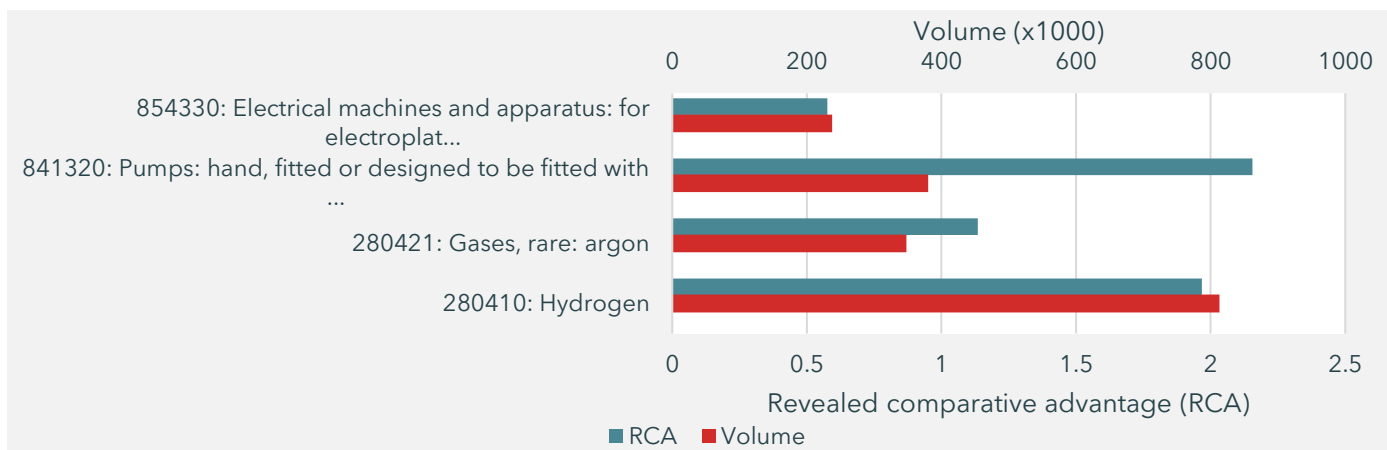
Figuur 4.6 Comparatief voordeel van Nederland in handel en opslag van bunkerbrandstoffen en gassen



Bron: ORBIS (2023), bewerking door SEO Economisch Onderzoek (2024)

In het verlengde hiervan laat Figuur 4.7 zien dat Nederland relatief goed is in de productie van pompen, leidingen en andere systemen rondom het converteren, transporteren en opslaan van (waterstof)gas. De RCA-coëfficiënt van circa 2 toont aan dat deze sector ongeveer tweemaal zo groot is als gemiddeld in de EU. Nederlandse bedrijven zoals Vopak, Bronkhorst, ConPackSys, Cryoworld, Deerns, Demaco, Eltacon, GF Piping Systems en NGT zijn actief in verschillende onderdelen van de waardeketen voor transport en opslag. Ze houden zich bezig met het vervaardigen van compressoren en meetsystemen, het aanleggen van leidingen en het omzetten van waterstofdragers in waterstof.

Figuur 4.7 Comparatief voordeel van Nederland in productie van grijze waterstof en transportinfrastructuur van gassen



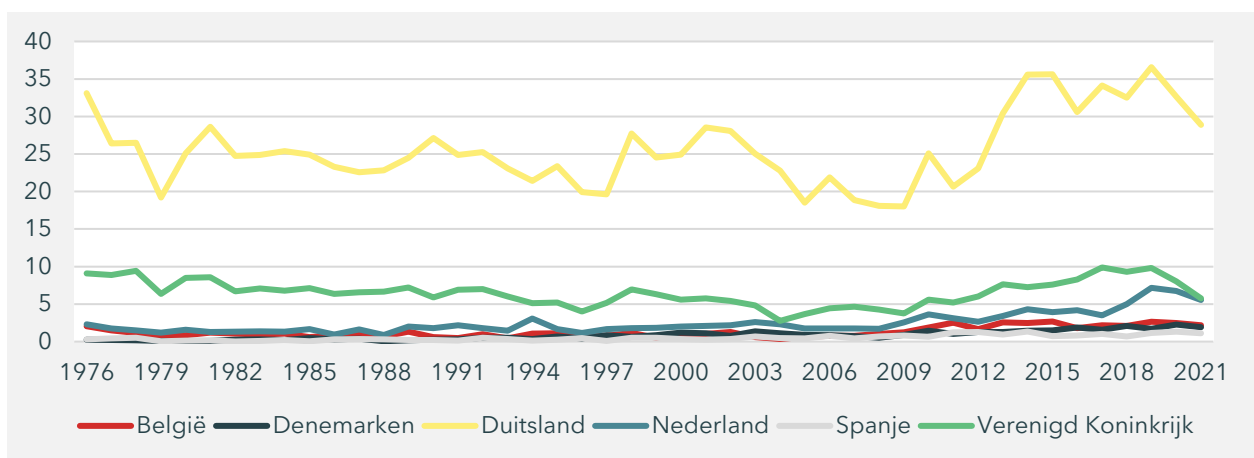
Bron: ORBIS (2023), bewerking door SEO Economisch Onderzoek (2024)

Daarnaast beschikt Nederland over een aanzienlijk comparatief voordeel op het gebied van waterbouwkundige werken. Hieronder vallen bedrijven zoals Boskalis en Van Oord, maar ook de havenbedrijven van Rotterdam en Amsterdam spelen een belangrijke rol. Tevens is ingenieurskennis cruciaal voor de ontwikkeling en het ontwerpen van een waterstofinfrastructuur. In dit kader zijn bedrijven zoals Hydronex, Kiwa, Royal HaskoningDHV, Deltares, WSP, Witteveen+Bos en HyMatters toonaangevend.

Figuur 4.8 illustreert dat Nederland, samen met Duitsland en het Verenigd Koninkrijk, een vooraanstaande rol speelt in het ontwikkelen van patenten voor het transport en de opslag van waterstof. Momenteel vinden er veelbelovende

samenwerkingen plaats tussen universiteiten, de overheid en private partijen, zoals The Green Village van de TU Delft, Team SOLID van de TU Eindhoven en diverse projecten van TNO. Deze samenwerkingen bevinden zich in uiteenlopende ontwikkelingsfasen, maar Nederland onderscheidt zich door zijn uitgebreide kennis van het transporteren en opslaan van waterstof. Er zijn meerdere projecten onderweg om groene waterstof op kosteneffectieve wijze in verschillende vormen (bijvoorbeeld vloeibaar of als gas) te transporteren en converteren. Dit omvat ook de ontwikkeling van speciale tanks voor zeecontainers, binnenvaartschepen of treinen, zoals door bedrijven als Solid wordt onderzocht. Een ander technologisch domein waarin Nederland leidt, is de ontwikkeling van ammoniakkrakers, zoals gedemonstreerd in de haven van Rotterdam in 2023, waarbij waterstof kosteneffectief vanuit ammoniakvorm kan worden omgezet in waterstofgas.

Figuur 4.8 Aantal patenten in technologieën gerelateerd aan waterstofproductie en -transport



Bron: WIPO (2023), bewerking door SEO Economisch Onderzoek (2024)

4.1.5 Verdienkansen

De totstandkoming van een West-Europese waterstofhub in Nederland bevindt zich nog in de planfase en wordt gekenmerkt door onzekerheden wat betreft prijs, aanbod en vraag. Deze onzekerheden beïnvloeden ook de potentiële verdienkansen voor Nederland. Op korte termijn biedt de ontwikkeling van een wereldwijde waterstofcorridor - variërend van productie tot transport - vanuit potentiële exportlanden naar Nederland kansen voor Nederlandse ondernemingen. De verdienmogelijkheden verbonden aan een toekomstige waterstofhub in Nederland zullen echter pas op middellange termijn concreter worden.

Op korte termijn (vanaf 2025):

- **Waterstofinfrastructuur in Nederland:** Het ontwikkelen van een waterstofinfrastructuur binnen Nederland biedt al op kortere termijn kansen voor Nederlandse bedrijven. Daarbij gaat het vooral om bedrijven die waterstofopslag kunnen verzorgen en bedrijven die transportleidingen aanleggen;
- **Export van (expertise in) waterstofinfrastructuur:** Op korte termijn ligt er een aanzienlijke verdienkans in het buitenland, met name in het aanleggen van (maritieme) waterstofinfrastructuur in potentiële exportlanden zoals Spanje, Italië, Marokko, Namibië, en Zuid-Afrika maar ook voor importlanden zoals Japan en Zuid-Korea. Nederlandse bedrijven, gespecialiseerd in het ontwikkelen van havenfaciliteiten, pijpleidingen, waterstofterminals, compressietechnologie, cavernes voor opslag en krakers, kunnen hiervan profiteren. Een opmerkelijk voorbeeld is het Nederlandse bedrijf SoluForce, dat gespecialiseerd is in het aanleggen van pijpleidingen in uitdagende omgevingen en dat, door deelname aan het DEBCO-programma,

waterstofpijpleidingen in Egypte aanlegt. VTTI is betrokken bij de aanleg van haventerminals voor waterstofexport in België en Maleisië;

- **Kennisexport:** Nederlandse bedrijven kunnen in het buitenland profiteren van de export van kennis en expertise in het opbouwen van infrastructuur en het integreren van waterstofsysteem. Dit geldt met name voor projecten die waterstofsysteem combineren met offshore-energieproductie en industriële toepassingen. Nederlandse ingenieurs- en consultancybureaus, inclusief diegene die gespecialiseerd zijn in risicoanalyses en haalbaarheidsstudies, zijn uitstekend gepositioneerd om een voortrekkersrol te vervullen in deze sector. Verscheidene bureaus hebben reeds hun expertise geëxporteerd naar het buitenland. Zo ondersteunt Energy bij het opzetten van 'hydrogen valleys', bijvoorbeeld op Mallorca (Hysland Flagship Project) en in het Verenigd Koninkrijk (Big Hit Project). Power2X speelt een leidende rol in de ontwikkeling van een groene waterstofhub in Portugal, een project met een waarde van 3 miljard euro;
- **Bijdragen aan ODA-doelstellingen:** Nederland kan door deze internationale projecten ook bijdragen aan de ODA-doelstellingen door ondersteuning te bieden aan de ontwikkeling van de private sector, *capacity development* van overheden en de aanleg van infrastructuur. Hierdoor kan Nederland ook bijdragen aan het behalen van de SDGs.

Op middellange termijn (vanaf 2040):

- **Goedkope toegang tot groene waterstof voor de (strategische) maakindustrie:** [ik ??zou zeggen meer werkgelegenheid in infrastructuur] De realisatie van een waterstofhub in Nederland kan op middellange termijn zorgen voor goedkope toegang tot groene waterstof. Dit is belangrijk voor het behoud van de concurrentiepositie van de Nederlandse maakindustrie, waaronder de staal- en chemiesector, op de wereldmarkt. Het is ook een strategische positie voor Nederland en Europa om deze industrie binnen de Europese Unie te behouden en niet afhankelijk te worden van de export uit andere gebieden;
- **Energieonafhankelijkheid door diversificatie van import:** De functie van een waterstofhub kan Nederland helpen om energieonafhankelijk te worden. Door te kunnen importeren uit een brede groep aan landen, is Nederland niet langer afhankelijk van enkele exporteurs. Dit versterkt de energiezekerheid en draagt bij aan een stabielere economie.

4.1.6 Externe dreigingen

Er heerst aanzienlijke onzekerheid over de toekomstige rol van waterstof in de wereldeconomie. Op dit moment variëren de prognoses over de prijs van groene waterstof aanzienlijk, zoals hierboven beschreven. Redenen zijn technische onzekerheden, onderinvesteringen aan de productiekant en terughoudendheid aan de vraagkant. Deze onzekerheid heeft ook invloed op de potentie van Nederland om groene waterstof te importeren en door te voeren. Huidige schattingen van de import variëren sterk, van 162 en 310 TWh in 2050 ([TNO 2022](#)), wat deze onzekerheid illustreert.

Een ander bedreiging is de onzekerheid over welke landen uiteindelijk de belangrijke exportlanden van groene waterstof zullen worden. Zelden is al sprake een overschot aan groene energie en een infrastructuur voor de productie van groene waterstof. Tegelijk zijn sommige van potentiële exportlanden politiek niet stabiel, spelen risico's rond eigendomsrechten, waardoor Nederlandse investeringen in deze landen risicovol zijn. Bovendien is vanwege deze onzekerheden moeilijk te voorspellen in welke landen het best kan worden geïnvesteerd. Hoe dan ook, zal het nog wel enige tijd duren voordat een groene waterstofimport vanuit deze gebieden naar Nederland op grote schaal plaatsvindt. Analyses wijzen eerder op 2040 dan op 2030 [bron?].

Voor de rol van Nederland als importhub is daarnaast een belangrijke onzekerheid op welke wijze de waterstofexport zal plaatsvinden. Op kortere termijn is import via maritieme routes mogelijk en daarvoor heeft Nederland een goede uitgangspositie. Op langere termijn zou import vanuit Noord-Afrika via pijpleidingen naar Zuid-Europa echter ook wel eens de meest efficiënte route kunnen zijn. Als dat inderdaad zo is, dan is de Nederlandse rol als importhub kleiner. Dan zal een belangrijk deel van de waterstof in West-Europa die niet lokaal geproduceerd wordt vanuit Zuid-Europa worden geleverd.

Een andere bedreiging is het mogelijke vertrek van delen van de industrie. Een deel van de industrie in West-Europa heeft voor de vestigingsplek gekozen vanwege de lage aardgasrijzen. Op basis daarvan kan ook tegen een lage prijs waterstof uit aardgas worden geproduceerd. Als waterstof elders op een kosteneffectieve wijze geproduceerd gaat worden, dan kan dat voor bedrijven aanleiding zijn om juist deze activiteiten te verplaatsen, weg uit West-Europa, bijvoorbeeld richting Spanje of Italië.

Het transport en de opslag van groene waterstof kent veiligheidsrisico's, in het bijzonder als waterstof wordt vervoerd via treinwagons. Hoewel Nederland veel expertise heeft met het transporteren van waterstof(dragers), is bijvoorbeeld ammoniaktransport in dichtbevolkte gebieden minder wenselijk. Een grootschalig incident in binnen- of buitenland kan tevens leiden tot de zogenoemde risico-regulatie-reflex, waarbij beleidsmakers (te) sterk reageren na afloop van een ongeluk en productie en transport van waterstof extra reguleren. Gevolg hiervan is dat het aanleggen van waterstofinfrastructuur sterk wordt vertraagd.

4.1.7 Handelingsperspectief

- Momenteel richt het waterstofbeleid van de Nederlandse overheid zich op een heel breed palet aan landen¹⁰. Dit past bij de visie dat diversifiëren belangrijk is voor leveringszekerheid en nog onzeker is welke landen uiteindelijk de belangrijkste exporteur van waterstof zullen worden. Een punt van aandacht hierbij is dat ook wordt ingezet op landen waarvan het minder waarschijnlijk is dat ze een overschot aan groene waterstof zullen produceren (bijvoorbeeld omdat de eigen economie nog grotendeels op fossiele energie draait) en landen die zo ver weg liggen dat Nederland niet de meest logische bestemming lijkt voor hun groene waterstof. Tegelijkertijd is concurrentie aan het ontstaan tussen potentiële importlanden voor de gunst van potentiële exporteurs. Zo werken het VK en Marokko aan een onderzeese transportkabel voor groene energie. Daarom is te overwegen om meer focus aan te brengen binnen de internationale waterstofdiplomatie. Voor BZ betekent dit dat vooral ingezet zou moeten worden op landen buiten de EU, waar zo'n overschot waarschijnlijk is en waar (op kortere termijn) maritieme routes meer voor de hand liggen dan een pijpleiding, zoals Noord-Afrika, Zuid-Amerika, de Golfstaten en mogelijk ook de VS. Binnen een meer gefocust beleid past ook dat de handelsinstrumenten van BZ prioriteit geven aan de inzet in een kleinere groep landen met duidelijk potentieel op het terrein van waterstofexport naar Nederland.
- Om de positie van Nederland als potentiële waterstofhub te ondersteunen is het van belang om de huidige coördinatie binnen West-Europa, en in het bijzonder met Duitsland, op het terrein van waterstof te bestendigen. Daarbij gaat het om projecten, zoals H2Global, om de markt voor waterstof op gang te brengen, het Pentilaterale Energieforum, om onder meer regulering van waterstofstandaarden te harmoniseren en een samenhangende internationale infrastructuur te ontwikkelen en om gezamenlijke inkoop van groene waterstof.

¹⁰ Zie ook de brief van aan de Tweede Kamer over waterstofdiplomatie: <https://open.overheid.nl/documenten/3b08e36c-7e15-430b-a5c6-2577fa9ca05f/file>

Op het terrein van handelsinstrumenten kan samenwerking de vorm krijgen van gezamenlijke handelsmissies¹¹ of gezamenlijke financiering van waterstofprojecten in (potentiële) exportlanden.

- De markt voor groene waterstof kenmerkt zich momenteel nog door grote onzekerheden. Hierdoor is het voor individuele bedrijven vaak niet aantrekkelijk om grote investeringen te doen. Tegelijkertijd zijn deze investeringen wel nodig om het potentieel van groene waterstof als bijdrage aan de energietransitie te benutten. Daarom past een aanjagende rol van de overheid. Dit geldt ook voor investeringen van Nederlandse bedrijven in waterstofprojecten in het buitenland, bijvoorbeeld in haveninfrastructuur. Daarom is van belang dat hiervoor de juiste instrumenten beschikbaar zijn. Momenteel stimuleert de Nederlandse overheid op verschillende manieren de internationale investeringen van bedrijven, onder meer met de inzet van Invest International en een exportkredietverzekering en via Europese projecten (IPCEI, CEF en Innovation Fund). Het is echter de vraag of deze instrumenten voldoende gericht zijn om het verschil te maken in die landen die voor Nederland van belang zijn voor de import van groene waterstof.
- Waterstofexport biedt kansen voor sommige lage- en middeninkomenslanden. Tegelijkertijd heeft het ministerie van Buitenlandse Zaken een verantwoordelijkheid jegens deze landen om ervoor te zorgen dat dit niet ten koste gaat van andere ODA- en SDG-doelstellingen. Bijvoorbeeld, in Zuidelijk Afrika, waar diverse waterstofmissies actief zijn, is de binnenlandse energievoorziening ontoereikend en grotendeels afhankelijk van fossiele brandstoffen. De productie en export van groene waterstof uit deze regio kunnen op gespannen voet staan met de bredere welvaartsdoelstellingen van deze landen, zoals een schone energievoorziening.

4.2 Waterstoftoepassingen

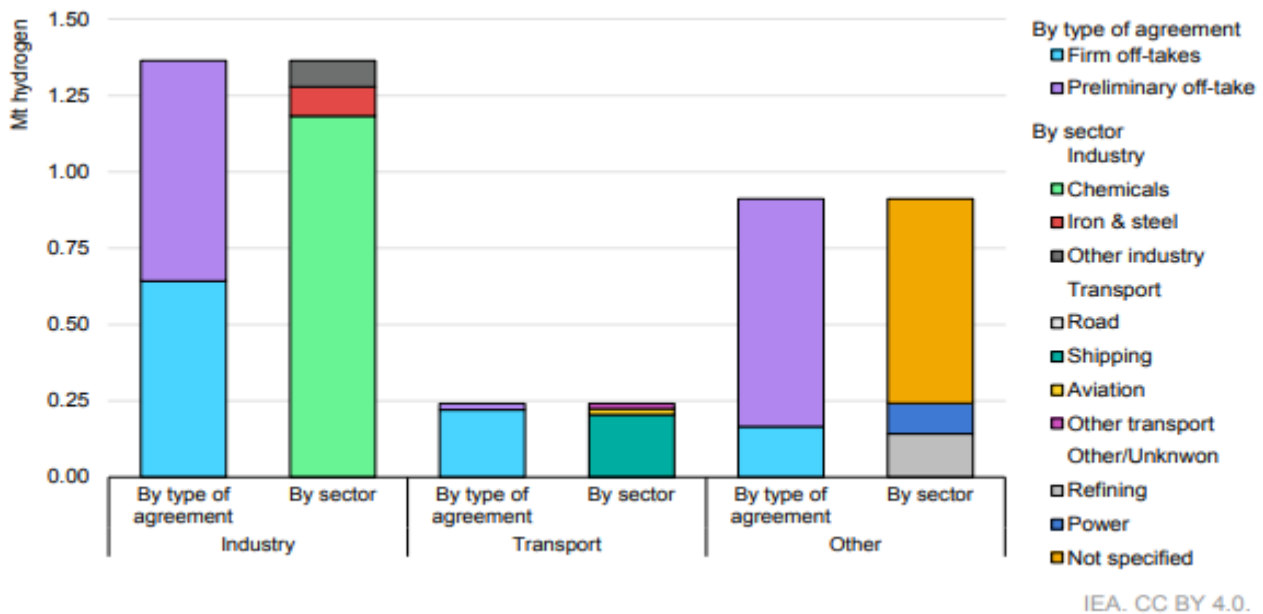
Een tweede kansrijke keten in de groene waterstoftransitie voor Nederland betreft de export van producten ten behoeve van de waterstofproductie en het gebruik ervan voor mobiliteit (i.e. scheepvaart, luchtvaart en zwaar vervoer) en industrie (als alternatieve brandstof).

4.2.1 Veranderende vraag

Eén van de belangrijkste voordelen van waterstof ten opzichte van elektrificatie is dat het in grote hoeveelheden kan worden opgeslagen. Ook is groene waterstof zeer geschikt voor het gebruik in processen met hoge temperaturen in de industrie (e.g. staal en chemie) en als (basis voor) brandstof voor schepen, vliegtuigen en zwaar transport. Er heerst echter nog veel onzekerheid over de toekomstige vraag naar groene waterstof. Veel partijen zijn nog terughoudend om zich te committeren. Dit komt voornamelijk door de onzekerheid over de toekomstige prijs, wat uiteindelijk bepaalt of bijvoorbeeld elektrificatie een meer rendabel alternatief is.

¹¹ Een recentelijk voorbeeld hiervan is dat Duitsland in zeer korte navolging van Nederland haar eigen handelsmissie tbv waterstof heeft opgezet naar Afrika.

Figuur 4.9 Potentiële vraag naar emissiearme waterstof haalbaar met aangekondigde private afnameovereenkomsten tegen 2030 (wereldwijd)



IEA. CC BY 4.0.

Bron: IEA (2023)

Het IEA (2023) heeft een raming gemaakt van het verwachte gebruik van groene waterstof in 2030 voor verschillende sectoren, zie Figuur 4.9. Hierbij is rekening gehouden met concrete MoUs die sectoren hebben gesloten in hun duurzaamheidsstraject. Deze figuur illustreert verschillende belangrijke toepassingen van groene waterstof:

- **Binnen de industrie als grond- en brandstof:** De industrie en vooral de chemie hebben de grootste verwachte vraag, met waterstof als grondstof voor meststoffen en plastic, maar ook de maakindustrie;
- **Binnen de mobiliteit als brandstof:** De scheepvaart heeft ook al veel projecten ingezet om waterstof direct te gebruiken als brandstof. Een alternatief is het gebruik van groene waterstof via hoogwaardige brandstofcellen, zoals protonuitwisselingsmembraan brandstofcellen (PEM FC's). Deze cellen zetten waterstof om in elektriciteit. Deze brandstofcellen bieden meerdere voordelen ten opzichte van traditionele batterijen (en elektrificatie), waaronder snellere oplaadtijden, een langere levensduur en een hogere energiedichtheid. Deze eigenschappen maken brandstofcellen bijzonder geschikt voor toepassingen zoals schepen en zware voertuigen;
- **Als basis voor synthetische brandstoffen:** De Europese Unie heeft in het Fit-for-55 programma ook opgenomen dat de luchtvaart geheel duurzaam moet zijn in 2050. Gezien de vereiste energiedichtheid zullen synthetische brandstoffen nodig zijn om deze doelstelling te behalen. Airbus en Zeroavia hebben inmiddels testvliegtuigen operationeel
- **Binnen de elektriciteitssector:** Waterstof kan een belangrijke rol spelen als brandstof voor het regelbaar vermogen binnen de elektriciteitssector.

4.2.2 Comparatief voordeel Nederland

Hoewel Nederland geen leidende positie inneemt in de productie en ontwikkeling van electrolyzers, bestaat wel een cluster van bedrijven die zijn gespecialiseerd in het vervaardigen van componenten voor elektrolyse-installaties, en technieken voor het assembleren of integreren van electrolyzers (FME 2023).

- **Elektrolyse-installatie componenten:** Het betreft de producenten van bijvoorbeeld membranen, BiPolaire Platen, coating en Elektrochemische katalysatoren. Belangrijke gevestigde Nederlandse spelers hierin zijn Fujifilm Europe (membranen), Hauzer & Akzo Nobel (coating), Dufor (polyester), EURIKITE (keramische vezels), magneto (anodes). De meerderheid van deze bedrijven heeft zich nog niet direct gericht op de productie van electrolyzer-componenten;
- **Ketencomponenten:** Hierbij gaat het om bedrijven die gespecialiseerd zijn in besturingselektronica, waterzuivering, gasverwerking, koeltechnieken, meet- en regelsystemen en veiligheidssystemen. Hierin heeft Nederland sterke expertise vanuit de ervaring met gasproductie en -transport. Voorbeelden zijn: ABB, Mechatest, MTSA Technopower, Coorstek en Kepser Pro Metaal;
- **Assemblage en integratie:** Voor het assembleren van electrolyzers is hoogwaardige precisietechnologie nodig (mechatronische systemen) zoals bijvoorbeeld geleverd door NTS Norma. Ook biedt een bedrijf als Battolyser Systems interessante oplossingen voor de opslag van groene energie in de vorm van groene waterstof;
- **Integratie met offshore wind:** Andere slimme integraties waar Nederland relatief voorloopt is de electrolyzer op zee en integratie met windenergie - door het kosteneffectief ontzilten van zeewater en inbouwen van electrolyzers bij windmolens. Dit kan de productiekosten van groene waterstof verlagen. Bedrijven die hierbij betrokken zijn bijvoorbeeld Damen en het PosHYdon-project.

Aan de vraagzijde van groene waterstof werken diverse Nederlandse mobiliteitsbedrijven aan de integratie van groene waterstof als alternatieve brandstof. Deze inspanningen zijn van belang voor verschillende sectoren binnen de mobiliteitsindustrie:

- **Scheepvaart:** Onder meer Damen Shipyards, Future Proof Shipping en IHC Holland werken aan schepen die varen op waterstof;
- **Zwaar vervoer:** Bedrijven zoals DAF, VDL, Hytruck Geesink, Spijkstaal en Holthausen spelen een rol in de ontwikkeling van zwaar vervoer op waterstof;

Aanleggen tanknetwerk: Voor de succesvolle integratie van waterstof in de mobiliteitssector is een uitgebreid netwerk van tankstations essentieel, waar verschillende voertuigen groene waterstof kunnen tanken. Bedrijven betrokken bij het ontwikkelen van een dergelijk netwerk zijn onder meer NXT mobility, Shell, Greenpoint, Orangegas, Pitpoint en Fountain Fuel. Een interessant voorbeeld is Bosch Rexroth dat bezig is met het ontwikkelen van veiligere en efficiëntere waterstoftankstation. Teesing heeft een efficiënte manier ontwikkeld van het vullen van waterstoftanks.

Kennisinstituten

De bestaande clusters van bedrijven leunen sterk op de sterke kennisinfrastructuur in Nederland met betrekking tot waterstofintegratie. Nederland beschikt over toonaangevende kennisinstituten zoals TNO, TU Eindhoven en TU Delft. Deze instellingen zijn pioniers in onderzoek en ontwikkeling van electrolyzers en brandstofcellen, waarbij ze baanbrekende innovaties hebben gerealiseerd in waterstoftechnologie. Ook blijkt uit het aantal patenten dat Nederland een sterke kennisspeler is op het terrein van waterstof en elektrolyse, samen met Duitsland en het Verenigd Koninkrijk. Op dit moment zijn er verschillende veelbelovende samenwerkingen gaande tussen universiteiten, bijvoorbeeld The Green Village van de TU Delft, Team SOLID van de TU Eindhoven en verschillende projecten van TNO.

Voorbeelden van kansrijke innovaties op het terrein van waterstof:

- **Aanbodzijde - Kosteneffectieve electrolyzers:** Door het efficiënter maken van het elektrolyse proces, kan het gebruik van grondstoffen en de productiekosten omlaag. Verschillende bedrijven hebben hier al concrete experimenten mee lopen. Nederland biedt een aantal kansrijke initiatieven voor het ontwikkelen van zuinige kosteneffectieve electrolyzers. Recente successen omvatten de ontwikkeling van PEM-elektrolysecellen die aanzienlijk minder van het schaarse materiaal iridium vereisen. Daarnaast heeft Nederland een kennispositie voor het kosteneffectief ontzilten van water, een belangrijke grondstof van groene waterstof in gebieden met weinig grondwater. In het kader van het Hyscaling-programma wordt samengewerkt met TNO, de Technische Universiteit Eindhoven en andere instellingen om electrolyzers 30 procent goedkoper te maken, wat de exportkansen zou vergroten (TNO 2023). Ten slotte wordt er gewerkt aan een nieuwe generatie electrolyzers met een circulair ontwerp, hogere efficiëntie en lagere kosten (TNO 2023);
- **Vraagzijde - Slimme integratie (looptijd: kort):** Er lopen kansrijke Nederlandse initiatieven op het gebied van ontwikkelen van brandstofcellen om waterstof te integreren in verschillende sectoren zoals mobiliteit en gebouwde ruimte door middel van PEM-brandstofcellen. In het bijzonder is het hierbij van belang dat het rendement en de levensduur van brandstofcellen toenemen.

4.2.3 Verdienkans

De verdienkans van Nederland in de waterstoftransitie hangen sterk samen met het ontwikkelen van een mondiale waterstofeconomie en in het bijzonder de prijs voor groene waterstof. Daarbij zien we vooral op twee terreinen verdienkans:

- **Export van onderdelen voor elektrolyse-installaties (aanbod van groene waterstof):** Er zijn in Nederland clusters van bedrijven actief die onderdelen van elektrolyse-installaties produceren of ketenapparatuur rond electrolyzers. Voor een aantal van deze bedrijven bestaan er exportkansen. Zulke kansen liggen vooral in landen met een sterke positie als het gaat om het bouwen van electrolyzers zoals Duitsland, China, Noorwegen, Frankrijk, de VS en het VK. In totaal zijn er 82 bedrijven in Nederland - variërend van grote multinationals zoals Fujifilm tot SMEs en startups - die een mogelijke bijdrage kunnen leveren aan deze export. Het comparatieve voordeel van Nederland in deze sectoren is kennis-gedreven en daarom vooralsnog duurzaam;
- **Export van mobiliteitsintegratie (vraag naar groene waterstof):** Nederland zou als nichespeler een rol kunnen spelen in de integratie van groene waterstof binnen de mobiliteitssector. Daarbij gaat het vooral om integratie van waterstof in schepen (e.g. fuel-cell schepen) en zwaar vervoer. Daarnaast liggen er kansen voor het aanleggen van waterstoftankinfrastructuur, vooral in dichtbevolkte gebieden.

4.2.4 Externe dreigingen

De externe bedreigingen voor Nederland in de context van de export van waterstoftechnologie zijn divers en omvatten:

- **Onzekerheid in waterstofproductie en -prijs:** De Nederlandse export van technologieën zoals brandstofcellen en electrolyzers hangt sterk af van de marktontwikkeling voor waterstofgas. Onzekerheid over de technische haalbaarheid en kosten van efficiënte groene waterstofproductie (<2\$/kg) kan een grote impact hebben. Als de kosten hoog blijven, zal groene waterstof voornamelijk de huidige vraag naar grijze waterstof vervangen. Bij een concurrerende prijsstelling kan groene waterstof echter breder worden toegepast, bijvoorbeeld in speciaal vervoer over lange afstanden (IEA 2023);
- **Concurrentie:** Nederland concurreert met landen zoals Duitsland en China op het gebied van electrolyzertechnologie. Deze landen zijn al actief in de productie van electrolyzers, wat de positie van

Nederland op de internationale markt kan beïnvloeden. Landen als China die voor kritische onderdelen afhankelijk zijn van Westerse/Nederlandse producenten kunnen op termijn de productie binnenlands organiseren. Het vermogen van Nederland om zich te onderscheiden door te fungeren als een onmisbare leverancier van innovatieve onderdelen en nauwkeurige productieapparatuur is cruciaal voor het behoud en de groei van haar marktaandeel in deze sector (TNO 2023). Hiervoor is een sterke kennissector nodig;

- **Technologische onzekerheid:** De snelle ontwikkelingen in waterstoftechnologie brengen onzekerheid met zich mee over de richting en effectiviteit van investeringen. Dit kan risico's opleveren voor de marktpositionering en de ontwikkeling van nieuwe technologieën. Nederland werkt aan het ontwikkelen van een nieuwe generatie electrolyzers die beter presteren, minder energie en materialen verbruiken, en goedkoper zijn, wat de concurrentiepositie zou kunnen versterken (TNO 2023);
- **Marktfalen:** Het spreekwoordelijke kip-en-ei-verhaal is op verschillende fasen en subsectoren van de waterstoftransitie van toepassing. Een voorbeeld is de wisselwerking tussen de populariteit van waterstofvoertuigen en de ontwikkeling van een tankinfrastructuur – beide partijen wijzen naar elkaar om de transitie te stimuleren. Er wordt gesteld dat er eerst een tankinfrastructuur moet zijn voordat voertuigen kunnen gaan rijden of varen, of juist andersom. Voor de productie van electrolyzers en hun afnemers is dit soort marktfalen al eerder besproken. Andere voorbeelden zijn ook te vinden in de gebouwde omgeving. In alle gevallen zorgt het voor onderinvesteringen vanuit de private sector.

4.2.5 Handelingsperspectief

- Veelbelovende bedrijven in de waterstofsector zijn vaak relatief klein en beschikken over beperkte ervaring met buitenlandse investeringen, export en het aanvragen van Europese subsidies. De Nederlandse overheid speelt hierbij op verschillende elementen al een faciliterende rol (e.g. handelsmissies). Daarnaast zou de overheid kunnen overwegen om meer actief ondersteuning te bieden bij het aanvragen van Europese subsidies.
- Duitsland is in potentie een belangrijke afzetmarkt voor Nederlandse bedrijven die componenten voor electrolyzers of ketenapparatuur rond electrolyzers produceren. Daarom is van belang om ook met dit oogmerk de reeds goede relatie met Duitsland op het terrein van waterstof te bestendigen. Nederlandse bedrijven kunnen in belangrijke mate complementair zijn aan de Duitse producenten van electrolyzers.
- Nederland kan zich inzetten voor samenwerkingsprojecten met naburige landen om grensoverschrijdende tankinfrastructuur te ontwikkelen voor zowel schepen als wegtransport en op termijn mogelijk ook voor luchtvaart. Hoewel de Nederlandse overheid al subsidies hiervoor heeft vrijgemaakt en reeds Europese projecten zijn uitgevoerd of nog lopen (bijvoorbeeld het H2ME-initiatief), is het belangrijk om de tankmogelijkheden te verbeteren om de economische potentie van waterstof in de mobiliteit te realiseren.
- Op dit moment worden Nederlandse subsidies ingezet voor een groot palet aan waterstof-gerelateerde producten. Dit draagt bij aan diversificatie, maar kent als risico dat door een beperkte focus Nederlandse bedrijven duidelijk minder steun ontvangen dan buitenlandse concurrenten. Daarom is te overwegen om op het terrein van waterstof meer focus aan te brengen in het subsidie-instrumentarium.
- Nederlandse bedrijven zijn zich momenteel sterk aan het ontwikkelen in een aantal nichemarkten. Daarom kunnen handelsmissies effectief worden ingezet door deze specifiek te richten op deze niches. Daarbij gaat het om scheepvaart en zwaar transport, in landen die beschikken over een goede toevoer van waterstof, zoals de VS, Canada, Japan en China, waar transport over lange afstanden plaatsvindt. Daarnaast kunnen Nederlandse bedrijven een rol spelen bij de aanleg van waterstoftankinfrastructuur in dichtbevolkte gebieden. Voor de componenten van electrolyzers kan Nederland zich strategisch positioneren in landen waar deze electrolyzers worden geproduceerd, zoals Duitsland, Frankrijk, de VS, het VK en China.

4.3 Biobrandstoffen

4.3.1 Introductie

Biobrandstoffen hebben als kenmerk dat ze gewonnen worden uit organisch materiaal. Hoewel bij de verbranding van deze brandstoffen CO₂ vrijkomt, dragen ze bij aan vermindering van de CO₂-uitstoot, omdat de uitgestoten CO₂ eerder uit de atmosfeer is weggenomen. Daarmee draagt vervanging van fossiele brandstoffen door biobrandstoffen bij aan vermindering van de CO₂-uitstoot. Studies van onder meer het IPCC (bron?) laten zien dat bio-energie nodig is in een brede mix van duurzame energiebronnen en energiebesparing om de klimaatdoelen te kunnen realiseren.

Een belangrijke voorwaarde voor de duurzame inzet van biobrandstoffen is wel dat de herkomst van de biomassa aan stringente eisen voldoet, zodat het gebruik ervan niet leidt tot ontbossing of onwenselijke concurrentie met voedselproductie. Binnen de EU gelden hiervoor strikte regels.

Biobrandstoffen kunnen worden opgedeeld in verschillende typen, namelijk 1) biobrandstoffen geproduceerd uit voedsel- en voedergewassen en 2) biobrandstoffen die voornamelijk uit residuen en afvalproducten worden verkregen. Daarbij wordt binnen de tweede categorie (binnen de EU) ook onderscheid gemaakt tussen volwassen biobrandstoffen en geavanceerde biobrandstoffen. De eerste categorie verwijst naar biobrandstof vervaardigd uit zaken die relatief eenvoudig zijn op te werken tot brandstof op basis van bestaande (volwassen) technieken. Denk aan bak- en braadolie en dierlijk vet. Bij geavanceerde biobrandstoffen gaat het om nieuwe technieken die in staat zijn om uit restproducten die moeilijker te verwerken zijn, zoals plantaardig afval, biobrandstoffen te maken. De eerste categorie is momenteel duidelijk de belangrijkste. Zo bestaat binnen de EU vervoersector momenteel zo'n 66 procent uit biobrandstoffen vervaardigd uit voedselgewassen, zo'n 21 procent uit volwassen biobrandstoffen en zo'n 13 procent uit geavanceerde biobrandstoffen (EU Rekenkamer 2023).

Naast deze vormen van biobrandstof is het ook mogelijk om brandstof te vervaardigen uit groene waterstof en toegevoegde CO₂. Zulke brandstoffen worden ook wel e-fuels genoemd of hernieuwbare brandstof van niet-biologische oorsprong (RFNBO). Deze brandstoffen worden momenteel al op kleine schaal gemaakt, bijvoorbeeld in de vorm van synthetische kerosine.

Biobrandstoffen hebben een aantal voordelen in vergelijking met andere duurzame opties. Ten eerste zijn ze op korte termijn al goed inzetbaar in de luchtvaart en scheepvaart, waar op korte termijn minder alternatieven voor beschikbaar zijn. Ten tweede zijn biobrandstoffen een goede aanvulling op andere bronnen (wind, zon), die minder goed regelbaar of beschikbaar zijn in bepaalde perioden. Ten derde bieden ze een bron voor warmte op hoge temperatuur, wat bijvoorbeeld in industriële processen van belang is, aangezien zulke processen moeilijker te elektrificeren zijn.

4.3.2 Veranderende vraag

De vraag naar biobrandstoffen is in potentie zeer hoog. Belangrijk is vooral de additionele bijmengverplichting, die volgt uit EU-wetgeving (Renewable Energy Directive, RED III). Op basis van deze richtlijn is de scope van de verplichting voor inzet van hernieuwbare energie in vervoer uitgebreid naar de totale levering van brandstoffen aan vervoer, inclusief de bunkerbrandstoffen voor de internationale lucht- en scheepvaart. Tot nu toe vielen de bunkerbrandstoffen buiten de scope. EU-lidstaten moeten in 2030 ofwel de broeikasgasintensiteit van de energiedragers in de transportsector met 14,5 procent verminderen (ten opzichte van de fossiele

referentiebrandstof), ofwel ten minste 29 procent hernieuwbare energiebronnen in het eindverbruik realiseren. Van deze 29 procent moeten geavanceerde biobrandstoffen en RFNBOs minimaal 5,5 procent uitmaken. Ook moet ten minste 1 procent hiervan bestaan uit RFNBOs. Daarmee leidt RED III naar verwachting tot fors meer vraag naar biobrandstoffen.

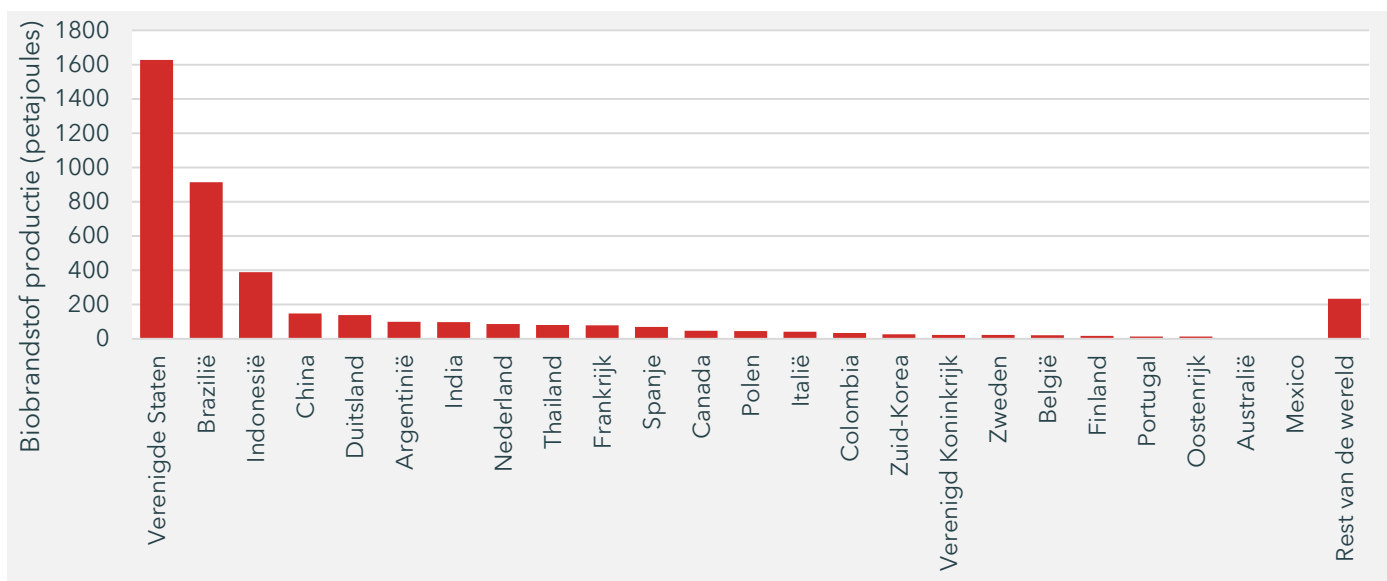
Ook buiten de EU is duidelijk sprake van een toenemende vraag naar biobrandstoffen. Verschillende landen voeren beleid dat is gericht op de inzet van biobrandstoffen, waaronder de VS, Canada, Brazilië en India. Veel van deze landen beschikken ook over grondstoffen om biobrandstoffen van te maken.

Biobrandstoffen hebben een aantal voordelen ten opzichte van onder meer elektriciteit en waterstof. Zo hebben ze een hogere energiedichtheid en zijn ze daardoor eenvoudiger en goedkoper op te slaan en te transporteren. Daarnaast geldt dat deze brandstoffen al op korte termijn ingezet kunnen worden, omdat de inzet ervan geen grote technische aanpassingen vereist.

4.3.3 Comparatief voordeel Nederland

Nederland kent een grote biobrandstoffensector. Nederland is wereldwijd de achtste producent van biobrandstoffen, zie ook Figuur 4.26. Dit hangt samen met de zeer grote raffinage- en chemische industrie.

Figuur 4.10 Nederland was de achtste producent van biobrandstoffen in 2022



Bron: Statistical Review of World Energy (2023), bewerking door SEO Economisch Onderzoek (2024)

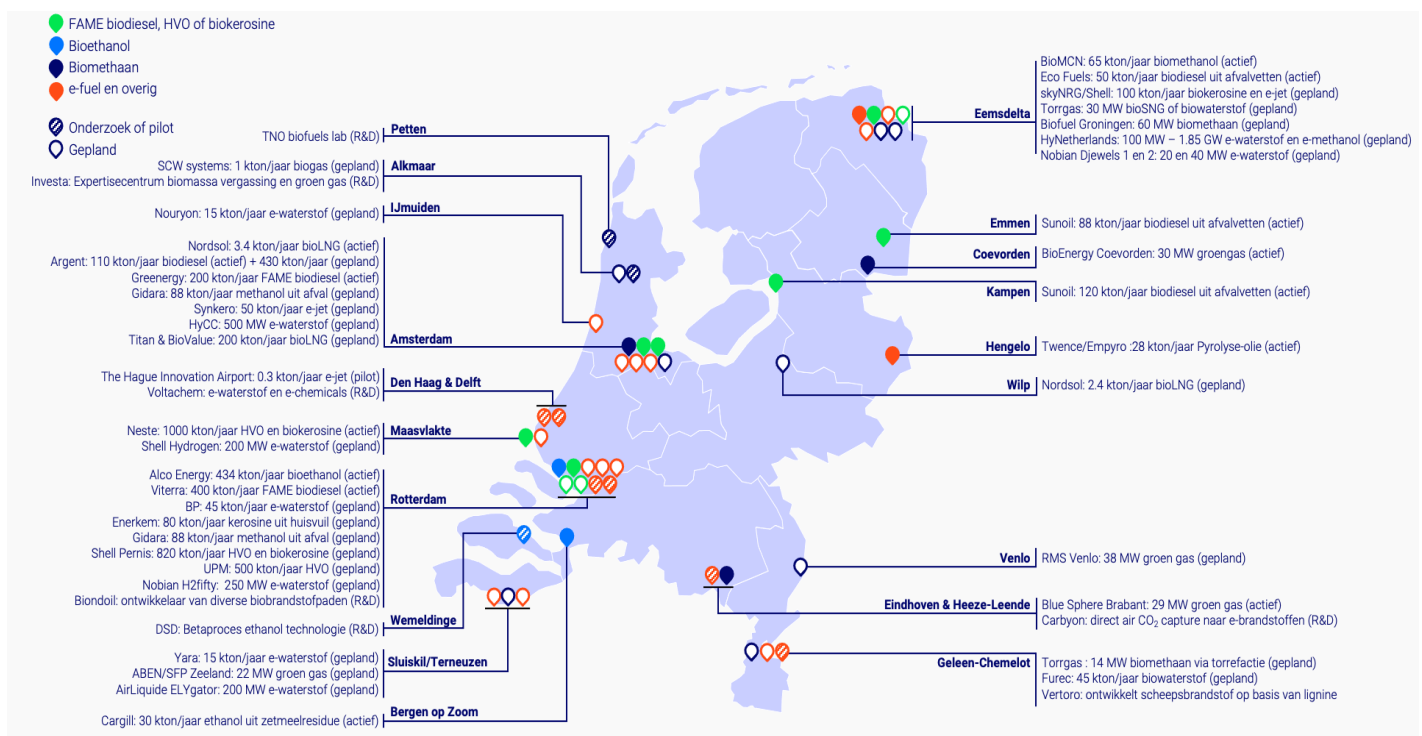
De sector bestaat echter uit een grote variatie aan bedrijven. Grote in Nederland gevestigde producenten van biobrandstoffen zijn onder meer Neste, Shell, Alco Energy en SKYNRG. Deze bedrijven zetten biologische producten, zoals maïs en gebruikte oliën op grote schaal om in een breed scala aan biobrandstoffen, zoals biodiesel, bio-ethanol en bio-kerosine. Daarnaast zijn er bedrijven die zich richten op het produceren van biogas op basis van vergistingstechnieken. Dit is een relatief eenvoudige techniek die ook op kleinere schaal kan worden ingezet. Andere bedrijven houden zich bezig met de verkoop van fabrieken die biologische reststoffen omzetten in pyrolyse-olie of in hoogwaardig vloeibaar gas. Zo staat in de Amsterdamse haven sinds 2021 een hoog technische fabriek (van Nordsol) die reststromen uit biologisch afval omzet in Bio LNG, dat net als vloeibaar aardgas breed inzetbaar is. Ook dit bedrijf produceert niet alleen gas, maar exporteert tevens dit type fabriek. Daarnaast bestaan

er verschillende bedrijven, zoals Torrgas, die de productie van biobrandstof verder ontwikkelen, met als doel om op basis van relatief laagwaardige restproducten (zoals maïsstengels), zeer hoogwaardig gas (bio-syngas) te produceren. Ook zijn er enkele producenten van e-fuels actief in Nederland, waaronder SKYNRG en heeft het Duitse bedrijf Ineratec de ambitie om in 2027 een e-fuel fabriek in Nederland te openen.

Nederland is bovendien een belangrijk knooppunt voor biobrandstoffen. Dit laatste ligt in het verlengde van de grote rol die Nederland speelt in de distributie van andere brandstoffen, voor onder meer schepen en vliegtuigen. Eisen ter vergroening van deze twee sectoren leiden er daarmee ook toe dat bestaande Nederlandse distributeurs van niet-biologische brandstoffen mogelijk geneigd zijn om bestaande capaciteit in te zetten voor de distributie van biobrandstoffen. Al met al kent Nederland een fors aantal grote en kleine bedrijven die op allerlei verschillende manieren werken aan de productie en distributie van biobrandstoffen.

Vooruitkijkend zijn er op verschillende plekken in Nederland plannen voor het uitbreiden van de productiecapaciteit van biobrandstoffen. In totaal zijn er ruim 20 grotere nieuwe installaties gepland voor de productie van biobrandstoffen, zie ook onderstaande Figuur 4.27.

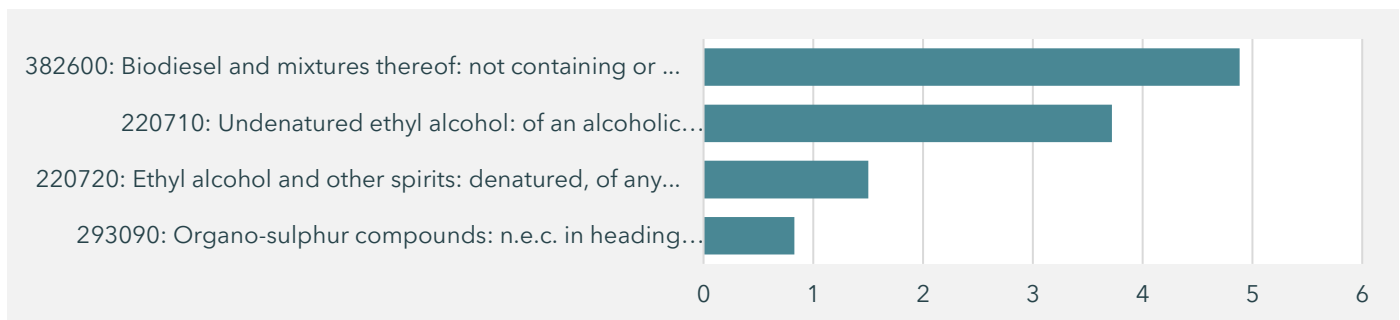
Figuur 4.11 Overzicht (geplande) productielocaties van biobrandstoffen in Nederland



Bron: Platform Hernieuwbare brandstoffen (2023)

Nederland heeft een stevige exportpositie als het gaat om biobrandstoffen. Zoals Figuur 4.28 laat zien exporteert Nederland relatief veel biodiesel en ethanol. Het aandeel van deze producten in de export ligt ver boven het gemiddelde (in de figuur is het gemiddelde gelijk aan 1), bij biodiesel zelfs vijfmaal het gemiddelde. De grondstoffen voor deze brandstoffen komen uit import van biomassa. Ook exporteert Nederland veel producten die samenhangen met de handel en opslag van brandstoffen en is Nederland goed in de vervaardiging van organische basischemicaliën.

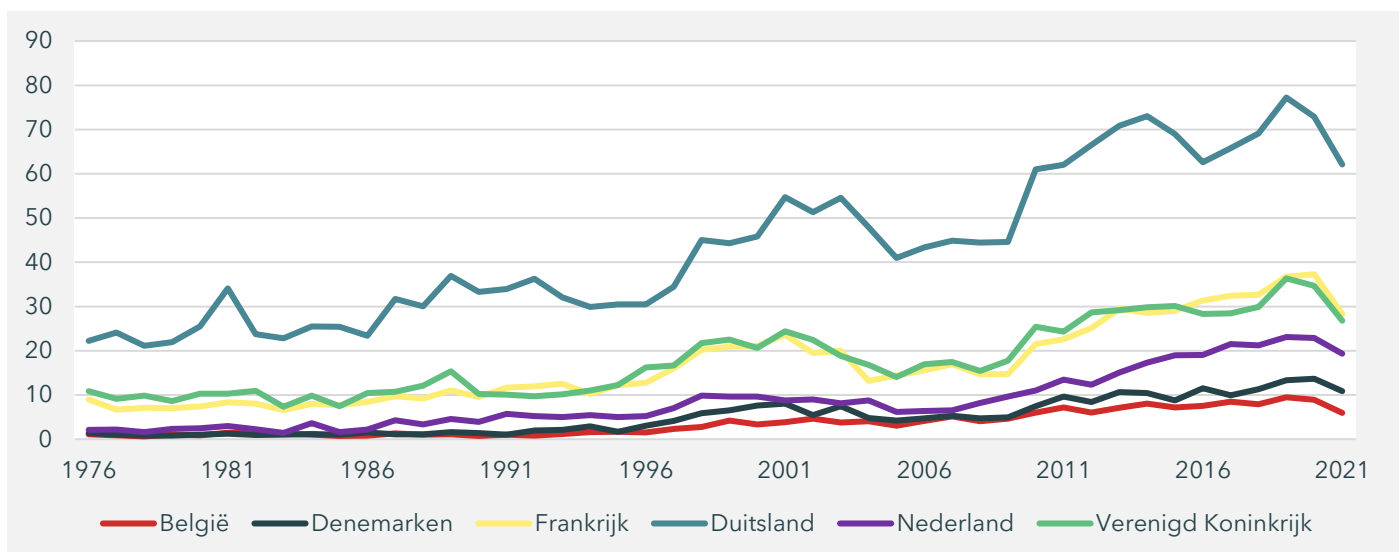
Figuur 4.12 Revealed comparative advantage van relevante producten voor biobrandstoffen in 2021



Bron: SEO Economisch Onderzoek (2023), SEO Economisch Onderzoek (2024), op basis van BACI (2023)

Nederland heeft ook een stevige kennisbasis als het gaat om biobrandstoffen. Kennisinstanties zoals de universiteiten in Wageningen en Delft en TNO behoren op dit terrein tot de Europese kopgroep. De kennis binnen Nederland over biogas blijkt ook uit het aantal patenten dat wordt aangevraagd op dit terrein. Zoals Figuur 4.29 laat zien is vooral Duitsland groot op dit terrein en zijn ook Frankrijk en het VK groter dan Nederland. Daarmee heeft Nederland geen uitzonderlijk sterke positie als het gaat om patenten in de biobrandstofsector. Enkele jaren geleden had Nederland nog een relatief sterkere kennispositie op dit terrein. Het jaarlijkse aantal publicaties over biobrandstoffen is de afgelopen jaren gedaald, al behoren eerdere publicaties nog steeds tot de meest geciteerde (EU 2022).

Figuur 4.13 Toegekende patenten in voor aan biobrandstoffen gerelateerde technologieën



Bron: SEO Economisch Onderzoek (2024), op basis van WIPO (2023)

4.3.4 Verdienkansen

Om na te gaan wat de toekomstige positie van Nederland kan zijn op het terrein van biobrandstoffen is het van belang een inschatting te maken over hoe deze markt zich de komende jaren zal ontwikkelen. Biobrandstoffen kunnen een grote rol gaan spelen binnen de energietransitie, aangezien ze al op korte termijn breed inzetbaar zijn en in potentie veel biomassa beschikbaar is. Om de groei van de sector in goede banen te leiden en te voorkomen dat een sterke concurrentie ontstaat met voedselproductie zijn wel richtlijnen nodig.

De EU kent een regelgevend kader dat op voedsel gebaseerde biobrandstoffen tot een bepaald maximum toestaat en duidelijk inzet op het stimuleren van geavanceerde biobrandstoffen, die niet concurreren met voedselproductie. Een belangrijk aandachtspunt is echter dat het EU-beleid wispelturig en moeilijk te voorspellen is (EU Rekenkamer 2023). Zo is de afgelopen jaren het beleid verschoven van stimulering van biobrandstoffen in het algemeen naar het stimuleren van vooral geavanceerde (bio)brandstoffen. Belangrijker nog is dat de EU werkt met lijsten over van welke grondstoffen biobrandstoffen mogen worden gemaakt om aan de wettelijke eisen (van RED II en III) te voldoen. Deze lijsten lijken niet duidelijk gebaseerd op een visie over de rol van biobrandstoffen en daarmee leiden ze tot onzekerheid. Voor potentiële investeerders is de instabiliteit van het beleid een belangrijk obstakel (EU Rekenkamer 2023). Daarmee leidt het EU-beleid momenteel tot meer onzekerheid dan wenselijk om te zorgen voor de investeringen voor de noodzakelijke groei van de biobrandstoffensector.

Voor de productie van geavanceerde biobrandstoffen geldt dat er een onbalans is tussen enerzijds de grote vraag en anderzijds het versnipperde, veelal kleinschalige aanbod (zie Elbersen e.a. 2020). Zo is op veel plekken in de wereld restmateriaal aanwezig dat geschikt is voor omzetting in biobrandstof. Het IEA schatte in 2018 in een gedetailleerd bottom-up onderzoek naar de wereldwijde beschikbaarheid van duurzame grondstoffen voor biogas en biomethaan, dat het onbenut potentieel om deze gassen te produceren enorm is. Grondstoffen voor deze brandstoffen omvatten onder meer dierlijke mest, vast afval, afvalwater en bosbouwresten. De productie van biogas en biomethaanproductie bedroeg in 2018 ongeveer 35 miljoen ton, terwijl het geschatte potentieel 570 miljoen ton bedroeg. Dat is ongeveer 20 procent van de huidige wereldwijde vraag naar biogas.

Tegelijkertijd geldt dat het simpelweg verbranden van biomateriaal niet de meest efficiënte inzet ervan is. Biomassa is naast brandstof inzetbaar voor een reeks aan producten, zoals diervoer, meststoffen en grondstof voor gronde?? chemicaliën. Het is dan ook de kunst om afhankelijk van het basismateriaal en de productvraag de juiste technieken toe te passen om te komen tot een optimale omzetting van biomassa in andere producten. Bij meer hoogwaardige (eiwitrijke) restproducten zal dan de nadruk liggen op diervoer en minder op brandstof en vice versa. Een additioneel aspect hierbij is dat een deel van deze producten, zoals de nutriënten, waarschijnlijk het best lokaal kan worden ingezet, terwijl andere delen, zoals de brandstoffen, beter geschikt zijn voor export.

Een serieuze opschaling van het gebruik van biobrandstoffen is gebaat bij een verbetering van de wereldwijde marktstructuur en hierover bestaan verschillende visies. In gesprekken werd genoemd dat opschaling vereist dat een bepaalde eenvormigheid ontstaat van de biomassa die raffinaderijen gebruiken om op te werken tot brandstof. Dit zou kunnen door lokaal op plekken waar veel biomassa beschikbaar is, deze op te werken tot halffabricaten van een bepaalde kwaliteit (vast of vloeibaar), die vervolgens goed verscheept en verhandeld kunnen worden. Dit lost het probleem op dat biomassa wereldwijd op veel plekken op kleinere schaal overblijft, in verschillende kwaliteiten, terwijl brandstofproducenten behoefte hebben aan een eenvormig product dat op grote schaal beschikbaar is. Een tweede voordeel is dat bij lokale opwerking ook nuttige bijproducten ontstaan, die kunnen bijdragen aan verbetering van de bodemkwaliteit of lokaal als veevoer kunnen dienen. Anderen wijzen erop dat lokale opwerking inefficiënt kan zijn omdat dan tweemaal een opwerkingsproces wordt ingezet dat efficiënter in één proces gedaan kan plaatsvinden. Volgens dit beeld ligt het meer voor de hand om ruwe biomassa te verscheppen en in industriegebieden op te werken.

De wijze waarop de productie van biobrandstoffen het best internationaal vormgegeven kan worden is dus nog niet bepaald, maar zou de komende jaren weleens een andere structuur kunnen krijgen, waarin Nederlandse bedrijven en de overheid een rol kunnen spelen. Daarbij speelt mee dat niet alleen de energietransitie, maar ook de vraag naar biologische grondstoffen voor de chemie wereldwijd zal leiden tot veranderende handelsstromen.

Gezien de verwachte groei van de sector liggen er verdienkansen op verschillende terreinen. Ten eerste kunnen gevestigde partijen zoals Neste en Shell profiteren van de additionele vraag naar biobrandstoffen als gevolg van regelgeving in de EU en elders. Ten tweede is er een aantal Nederlandse bedrijven die innovatieve technieken toepassen om meer laagwaardige restproducten op te werken tot hoge kwaliteit brandstof. Deze bedrijven zijn nog in mindere mate gevestigd, maar kunnen profiteren van de toenemende vraag én toegenomen aandacht voor duurzaamheid. Ten derde zijn er verschillende bedrijven die biomassa-installaties leveren die op veel plekken in de wereld kunnen bijdragen aan een betere benutting van biologische restproducten. Deze bedrijven zijn daarmee ook in staat om al op korte termijn een bijdrage te leveren aan de energietransitie in minder ontwikkelde landen. Daarmee zijn er ruime groeikansen voor de sector in termen van omzet en werkgelegenheid.

De biobrandstofsector draagt duidelijk bij aan de reductie van CO₂. De mate waarin hangt in de eerste plaats af van de mate waarmee bijmengen van biobrandstoffen bij fossiele brandstoffen verplicht wordt. Wat dit betreft is met de aanname van RED III een duidelijke stap gezet. Daarnaast speelt, op de iets langere termijn, de vraag in hoeverre de sector erin slaagt om mondiaal restproducten in te zamelen voor de productie van biobrandstoffen en aanverwante producten en daarbij CO₂ te besparen. Hier ligt een groot potentieel, maar het vraagt wel een aantal stappen om zover te komen. Nederland kan daarbij een rol spelen door als grote importeur van voedselgewassen na te gaan op welke plekken de productie hiervan tot restproducten leidt dit geschikt zijn voor omzetting in biobrandstoffen. Een recente CERF-studie naar cacao-doppen in Ivoorkust illustreert dat er potentie zit in deze aanpak¹². Een vervolgstap is mogelijk om dit ook in andere landen te doen en daarbij de Nederlandse biobrandstofsector en kenniscentra te betrekken om na te gaan welke technieken op welke locaties het meest gepast/geschikt zijn.

Interessant is ook dat bij de productie van biobrandstoffen meerdere bijproducten ontstaan, zoals digestaat bij het maken van biogas, dat kan worden ingezet als meststof. Daarmee kan de productie van biobrandstoffen een forse bijdrage leveren aan het sluiten van nutriëntenkringlopen en helpen om de kwaliteit van gedegenereerde gronden te verbeteren, bijvoorbeeld in Afrikaanse landen. Daarnaast kan de sector in de EU bijdragen aan de productie van veevoer (ter vervanging van bijvoorbeeld soja).

[Efuels. Enkele NL bedrijven. De vraag zal duidelijk toenemen. Daarmee zijn er kansen. De haalbaarheid hangt echter ook af van de beschikbaarheid en kosten van waterstof. Als de kosten in NL duidelijk duurder zijn dan elders, dan ligt productie elders meer voor de hand. Hierbij speelt mee dat e-fuels eenvoudiger per schip te transporteren zijn dan waterstof.]

4.3.5 Externe bedreigingen

Biobrandstoffen zijn in zekere mate concurrerend met voedselproductie. Land dat voor voedselproductie wordt gebruikt kan ook voor biobrandstoffen worden ingezet. Daarbij geldt dat biobrandstoffen in potentie ook leiden tot ontbossing en daarmee schadelijk zijn voor het klimaat. Deze nadelen zijn te voorkomen, maar vereisen streng beleid. Dit is mogelijk niet altijd realistisch, zeker niet in sommige ontwikkelingslanden. Het is dus belangrijk om daar rekening mee te houden. Dat kan door in deze landen vooral in te zetten op het gebruik van reststromen.

¹² [Vooral restproducten van cacao hebben gevolgen voor klimaat - Partners for Innovation](#)

Er heerst soms een negatief sentiment rond biobrandstoffen, die de politieke en maatschappelijke steun voor verdere ontwikkeling van de sector kan afremmen. Verschillende gesprekspartners wijzen op het negatieve imago dat biobrandstoffen hebben bij Nederlandse en internationale ngo's. Dit is gedeeltelijk te begrijpen vanuit misstanden en misverstanden uit het verleden. De huidige regelgeving zorgt er echter voor dat de productie in Nederland voldoet aan duidelijke eisen en zo bijdraagt aan CO₂-reductie.

De relatief hoge kosten van biobrandstoffen zijn te zien als een bedreiging. Hierdoor is de productie van deze brandstoffen afhankelijk van regulering en subsidies. De sector is daarmee gevoelig voor beleidswijzigingen.

4.3.6 Handelingsperspectief

- Regulering op het terrein van biobrandstoffen binnen de EU is veranderlijk. Dit gebrek aan langetermijnperspectief ontmoedigt investeringen, die wel nodig zijn om de EU-streefcijfers te behalen. Een stabiel beleid kan dus bijdragen aan de verdere ontwikkeling van biobrandstoffen. De Nederlandse overheid kan hieraan bijdragen, door te zorgen voor een heldere visie over de voorwaarden waar biobrandstoffen aan moeten voldoen. Zo'n *principle based* benadering ontbreekt momenteel in de EU, waardoor het huidige beleid een minder duidelijke basis kent.
- Nederland en de EU in zijn geheel zijn importeurs van groente, fruit en andere biologische producten uit landen in Afrika, Azië en Zuid-Amerika. Bij de productie hiervan ontstaan restproducten die zich goed lenen voor omzetting in energie en nutriënten. Ook is het relatief eenvoudig om vanuit voedselafval energie te produceren en kan dit al op kleine schaal. Stimulering van deze exportmogelijkheden kan via handelsmissies en het ICEP-programma. Daarnaast kan Invest International hierbij een rol spelen, door bij te dragen aan de financiering van de internationale plannen van Nederlandse bedrijven.
- De overheid kan bijdragen aan het (internationaal) tot wasdom komen van innovatieve bedrijven binnen de biobrandstofsector. In de sector zijn op verschillende terreinen innovatieve Nederlandse bedrijven actief, die gemeen hebben dat ze brandstof maken uit restproducten. Dit type biobrandstoffen draagt bij aan de afname van CO₂-uitstoot en concurreert niet met voedingsgewassen. Hoewel sommige bedrijven het eigenstandig redden, zijn er ook signalen dat sommige bedrijven het moeilijk vinden om de stap te zetten van innovatie naar een werkend concept op grote schaal (scale-up). Dit is een punt dat ook elders wordt genoemd (zie bijvoorbeeld WRR 2023). Additionele middelen om door deze fase te komen zijn daarom welkom en moeilijk te vinden bij commerciële financiers, omdat de risico's vaak nog hoog zijn. Hier ligt dus in potentie een rol voor de overheid. Andere innovatieve bedrijven lukt het om internationaal stappen te zetten. Hulp vanuit het handelsinstrumentarium kan hier een goede bijdrage aan leveren, denk aan het organiseren van een handelsmissie, subsidiëren van een marktstudie of financiering door Invest International van de internationale uitbreiding.
- De Nederlandse overheid kan bijdragen aan de totstandkoming van een internationale markt voor tussenproducten (*commodities*) op basis van biomassa. De beste bijdrage aan verduurzaming leveren biobrandstoffen die van restproducten zijn gemaakt. Wereldwijd liggen veel restproducten te vergaan en stoten zo CO₂ uit. In theorie kunnen hier brandstoffen van worden gemaakt. De kunst is om deze restproducten efficiënt om te zetten in tussenproducten van een gelijke kwaliteit, die vervolgens op industriële schaal de aanvoerbron kunnen worden van biobrandstofproducenten. Nederland kan gezien de grote biobrandstofsector en sterke kennisbasis op het terrein van land- en bosbouw een nuttige bijdrage leveren aan deze discussie. Bovendien kan Nederland hiervan profiteren, zowel op het terrein van handel als vanwege de behoefte aan biomassa voor de chemische industrie ter vervanging van fossiele basischemicaliën.

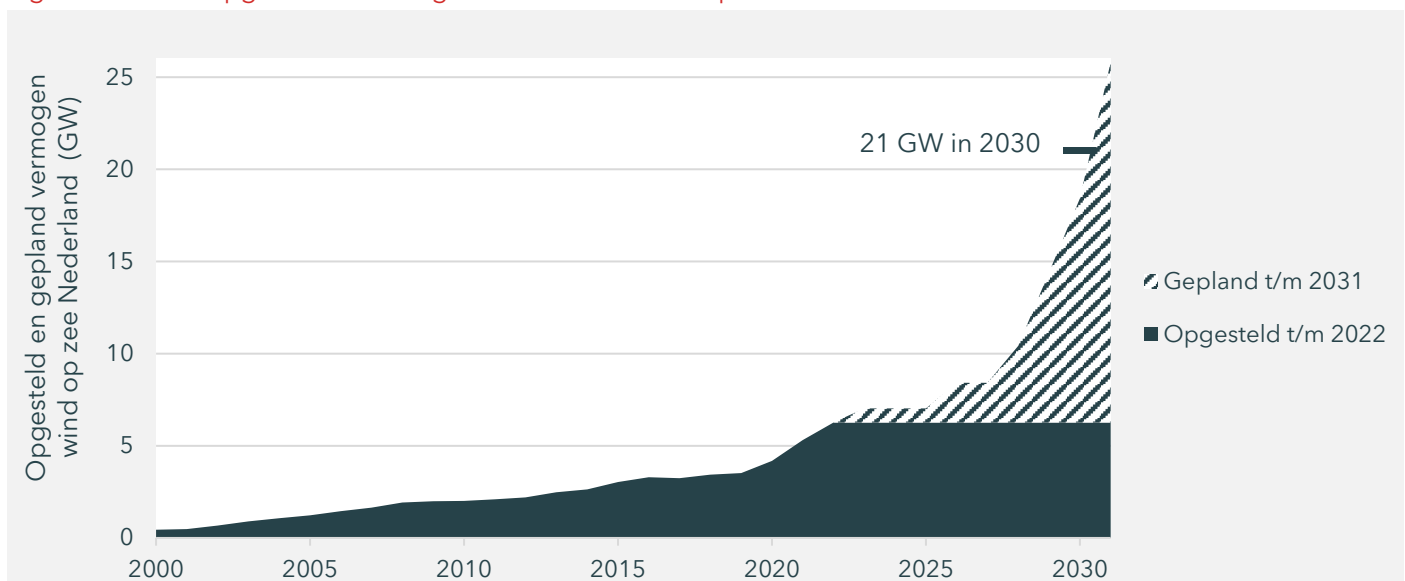
4.4 Wind op zee

Gedreven door de sterke vraag naar goedkope groene stroom groeit het aantal windturbines op zee snel. Nederland kent binnen de offshore-industrie een sterk voordeel binnen de natte waterbouw en ingenieurs en technisch ontwerp/advies.

4.4.1 Veranderende vraag

Het aantal windturbines neemt snel toe, waaronder op de Nederlandse territoriale wateren in de Noordzee (Figuur 4.10). Het IEA verwacht dat er in 2027 aan capaciteit wind op zee wereldwijd 30,5 GW wordt geplaatst, een 50 procent stijging vergeleken met de 19,7 GW in recordjaar 2021.¹³ Gezamenlijk met Duitsland, Denemarken en het Verenigd Koninkrijk gaat het om een beoogd vermogen op de Noordzee van 65 GW in 2030 (waarvan 21 GW door Nederland) en zelfs 150 GW in 2050 (ministerie van EZK, 2022). Dit wordt gedreven door de vergroening en elektrificatie van de economie en samenleving. Offshore-wind biedt de mogelijkheid om in Nederland uiteindelijk zeker 59 GW op te wekken. Ook zijn er toekomstscenario's die zelfs uitkomen op 99 GW (Martínez-Gordón et al., 2022; Taminiau & Van der Zwaan, 2022).

Figuur 4.14 Het opgestelde vermogen aan windturbines op de Noordzee neemt snel toe



Bron: SEO Economisch Onderzoek (2024), op basis van CBS StatLine (n.d.) en ministerie van EZK (2022)

De groei wordt mede gedreven door wetgeving, zoals het Nederlandse Klimaatakkoord (49 TWh uit wind op zee in 2030) en het *Fit for 55*-pakket van de EU (55 procent CO₂-reductie en 32 procent duurzame energie in 2030). Ook consumentenpreferenties spelen een rol: 88 procent van de Europeanen verlangt naar meer groene energie, in het bijzonder windenergie (Europees Parlement, 2022). Tot slot geldt ook dat groene energie inmiddels goedkoper is dan grijze energie: \$40/MWh tegenover \$56-\$157/MWh (Roser, 2020). Hier staat tegenover dat de mogelijk lagere stroomprijzen enkel te realiseren zijn wanneer er ook grote investeringen gedaan worden in het transformeren van ons elektriciteitsnet en onze economie in den brede.

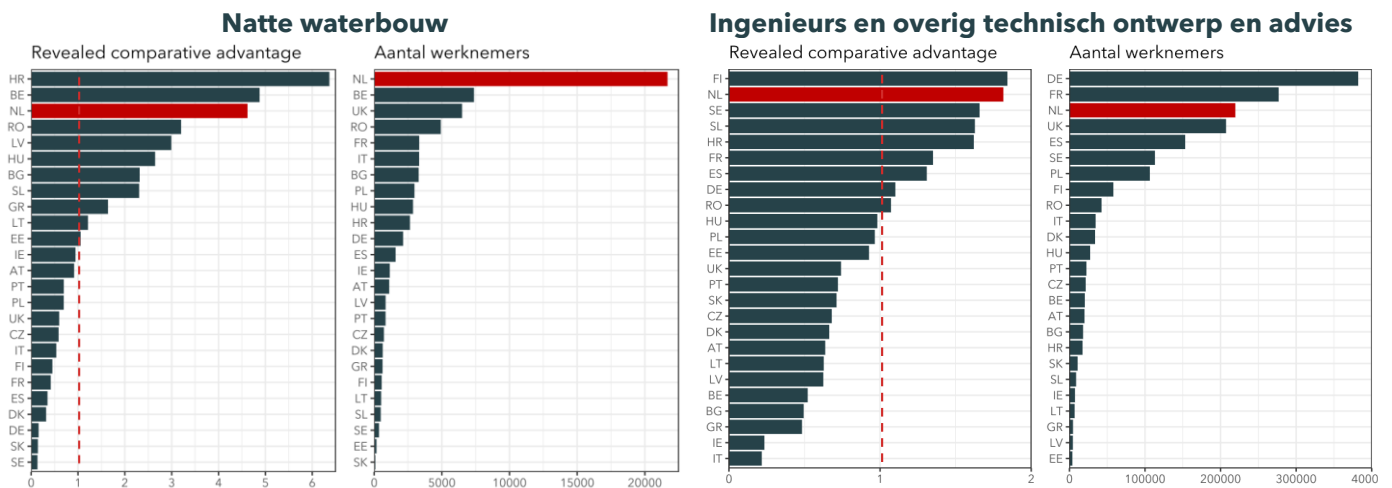
¹³ Tot en met 2020 kwam de jaarlijkse netto toename wereldwijd niet boven de 6,2 GW uit.

De geprognosticeerde groei is afhankelijk van investeringen in bijvoorbeeld het stroomnet en het omgaan met flexibiliteit. Investeringen in flexibiliteit omvat onder andere energieopslag wanneer de productie groter is dan de actuele vraag (bijvoorbeeld in de vorm van batterij-opslag of waterstofproductie) en ook het afstemmen van de vraag, zoals industriële productie, op het aanbod. Bij onderinvesteringen kan de stroomprijs mogelijk alsnog stijgen of leiden tot onvoldoende beschikbare hoeveelheid stroom voor de verder geëlektrificeerde economie. Een hogere stroomprijs leidt (op termijn) wel tot meer investeringen in elektriciteitsopwekking, zoals in West-Europa sterk voorkwam in 2022-2023 (IEA, 2023, p. 9; Gerlagh & Vollebergh, 2023).

4.4.2 Comparatief voordeel Nederland

De Noordzee biedt Nederland een gunstige locatie voor offshore-windenergie. Het is relatief ondiep, de wind is hard en de kwalitatieve havens en grote energiegebruikers liggen nabij. Nederland heeft niet een comparatief voordeel op alle aspecten van de offshore-windindustrie, maar springt er voor een aantal subsectoren wel bovenuit. Voor Nederland vallen er twee subsectoren op: de natte waterbouw en de sector ingenieurs en technisch ontwerp en advies, zie Figuur 4.11. Voor de natte waterbouw geldt dat deze verreweg het relatief grootste aantal medewerkers werkzaam in deze tak heeft en ook op het comparatieve voordeel staat Nederland met een 4,6 in de top drie van Europa. Dit cijfer impliceert dat Nederlandse export 4,6 maal meer exporteert op dit terrein dan gemiddeld in de EU. Voorbeelden van Nederlandse bedrijven die actief zijn in deze subsector zijn Boskalis (wereldwijd in totaal 10.000 medewerkers), Van Oord (5.200 medewerkers) en Damen (11.000 medewerkers). Deze partijen bouwen bijvoorbeeld de fundatie voor offshore-windturbines of leggen stroomkabels naar land aan. De natte waterbouw bestaat daarnaast uit het de bouw van onder andere kanalen, dijken en sluisen. Voor de tweede subsector, ingenieurs en overig technisch ontwerp en advies, geldt voor Nederland een comparatief voordeel van 1,8, een fractie onder koploper Finland. In termen van medewerkers staat Nederland ook in de top drie, ditmaal achter Denemarken en Frankrijk. Bedrijven die in deze subsector opereren zijn bijvoorbeeld Iv-Groep (900 medewerkers), Royal HaskoningDHV (6.000 medewerkers) en Deltares (900 medewerkers).

Figuur 4.15 Nederland kent een sterk comparatief voordeel in zeker twee aspecten van de offshore-industrie

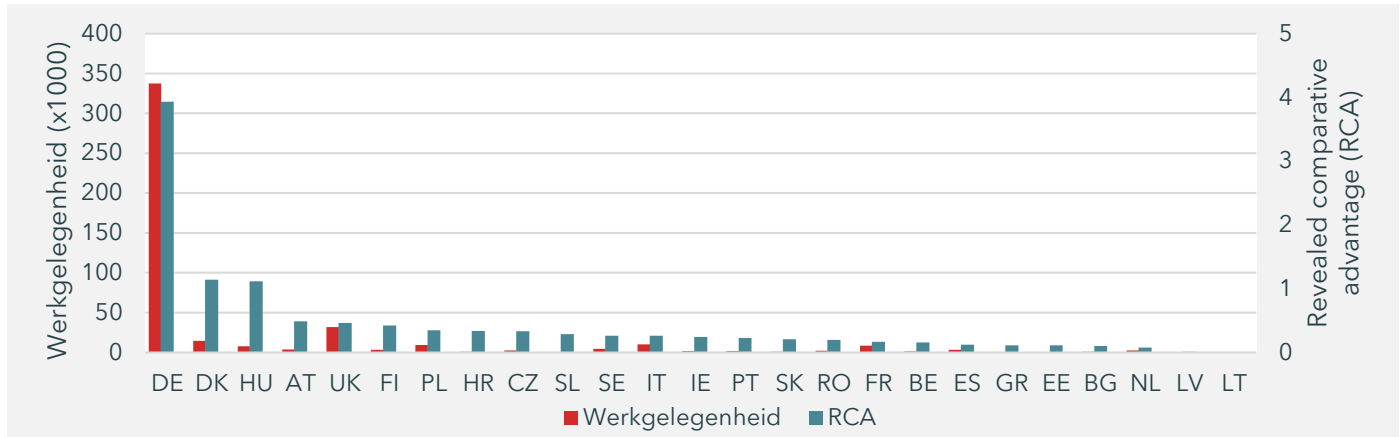


Bron: SEO Economisch Onderzoek (2024), op basis van Bilateral Commodity Trade Database (2023) & Bureau Van Dijk (2023)

Daarentegen geldt juist voor de productie van windturbines zelf geen comparatief voordeel voor het Nederlandse bedrijfsleven, zie Figuur 4.12. In termen van internationale handel en het aantal medewerkers speelt Nederland een zeer bescheiden rol. Grote spelers in deze markt zijn Duitsland, Denemarken en het Verenigd Koninkrijk en ook

China kent, met name voor binnenlands gebruik, een grote productieketen voor windturbines (IEA, 2023, pp. 37-39).

Figuur 4.16 Voor de vervaardiging van onder andere windturbines is er geen Nederlands comparatief voordeel



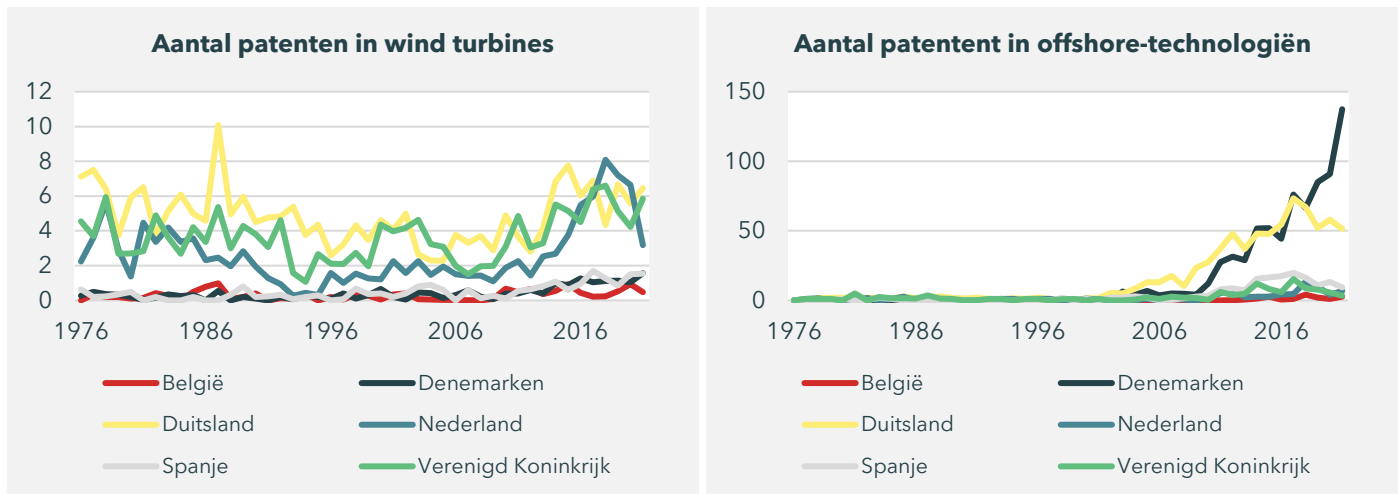
Bron: SEO Economisch Onderzoek (2024), op basis van ORBIS (Bureau Van Dijk, 2023)

Bovendien heeft Nederland een sterke kennispositie ontwikkeld door de ontwikkeling van nieuwe technieken te bevorderen via universiteiten en kennisinstituten. Zo bezit Nederland samen Duitsland en het Verenigd Koninkrijk de meeste patenten op het gebied van offshore-technologieën (rechterpaneel Figuur 4.13). Deze positie in de kopgroep is met name sinds 2015 zo ontstaan, ook al loopt het patentenaantal de afgelopen twee jaar weer terug. In patenten specifiek voor windturbines is dit niet het geval en lopen met name Denemarken en Duitsland voorop – een vergelijkbaar beeld met het comparatieve voordeel voor de vervaardiging van motoren en turbines (Figuur 4.16). Een voorbeeld van de sterke kennispositie van Nederland is TouchWind dat een drijvende windturbine heeft ontwikkeld bestaande uit één rotor die ook hogere windsnelheden aankan.¹⁴ Drijvende windturbines –die belangrijker worden naarmate ondiepe zeebodems volledig zijn benut– bieden Nederland daarnaast de kans om te profiteren van de kennispositie rondom booreilanden. Bovendien bieden drijvende windturbines synergievoordelen wanneer ook drijvende zonnepanelen op zee worden geplaatst. Zie daarvoor ook het fiche ‘Gespecialiseerde zonnepanelen’. Ook de software en systeemintegratie voor de verbinding met het elektriciteitsnetwerk worden in interviews genoemd als kracht voor Nederland. Zo is North Sea Wind Power Hub een consortium waarin TenneT, de GasUnie en het Deense Energinet samenwerken.¹⁵

¹⁴ Zie <https://touchwind.org/technology/>. Ook TNO onderstreept de potentie van drijvende windturbines, bijvoorbeeld in diepere wateren, zie <https://www.tno.nl/nl/duurzaam/hernieuwbare-elektriciteit/nieuwe-technologie-windenergie/drijvende-windturbines/>

¹⁵ Zie <https://northseawindpowerhub.eu/>

Figuur 4.17 Nederland heeft veel patenten in offshore-technologieën, maar minder voor specifiek windturbines



Bron: SEO Economisch Onderzoek (2024), op basis van WIPO (2023)

Ook innoveert Nederland op het terrein van ecologie en de circulariteit van de turbines, bladen en infrastructuur. Dergelijke aspecten worden steeds belangrijker voor toekomstige uitrol en geven dus op allerlei vlakken exportkansen en toegevoegde waarde.

Uit interviews komt naar voren dat Nederland sterk is als het gaat om de systeemaanpak. Zo vergt de offshore-sector sterk ontwikkelde faciliterende en toeleverende sectoren, zoals de bouw, softwareontwikkeling en windmolenonderhoud. Onder faciliterende subsectoren valt bijvoorbeeld de eerdergenoemde natte waterbouw. De systeemaanpak komt verder terug bij het integreren van andere energieprojecten, zoals de beoogde waterstofproductie aan de kust. Nederland wordt verder omschreven als medekoploper in het hergebruiken van turbines voor grotere projecten. Dit verlaagt de kosten voor Nederland en verlaagt daarnaast de strategische afhankelijkheden van het buitenland omdat 90 procent van de grondstoffen kan worden hergebruikt.

Het Nederlandse bedrijfsleven is al verenigd in organisaties zoals de *Nederlandse WindEnergie Associatie* (NWEA), *Holland Home of Wind Energy* (HHWE), *IRO* (Branchevereniging voor Nederlandse Toeleveranciers in de Offshore Energie Industrie), *Energie Nederland*, en *Netherlands Maritime Technology* (NMT). Daarnaast biedt het portal *Wind and Waterworks*, opgezet door RVO en nu beheerd door verschillende brancheorganisaties, een overzicht van Nederlandse initiatieven en expertisegebieden met betrekking tot offshore-windprojecten.¹⁶ Op Europees niveau is er ook de branchevereniging *WindEurope*.

4.4.3 Verdienkans

Verdienkans voor Nederlandse bedrijven liggen vooral in gebieden met een gunstige combinatie van veel wind en veel vraag naar groene elektriciteit. In navolging van de energiecrisis zet de EU in op verduurzaming waar ook het opschalen van wind op zee onderdeel van uitmaakt (+13 GW in 2022; IEA). Europese beleidsplannen omvatten *REpowerEU* en *The Green Deal Industrial Plan*. Ook het Verenigd Koninkrijk zet sterk in op offshore-windprojecten. Het IEA (2019, pp. 48-54) raamde in 2019 de potentie van wind op zee voor verschillende regio's. De gemiddelde capaciteitsfactor ligt hoger naarmate het dichter bij de noord- of zuidpool ligt, oftewel in Europa en het zuiden van Zuid-Amerika, Afrika en Oceanië.

¹⁶ <https://www.windandwaterworks.nl/>

Als je de potentie vergelijkt met de (mogelijke) vraag naar stroom in de regio, dan is de verhouding in Europa het hoogst, gevolgd door Japan, de VS, India en China. Europa kent daarnaast verhoudingsgewijs de meeste potentie in diepere wateren (60 meter diep of meer). De ondiepere mogelijkheden zijn met name te vinden in de Noordzee en Baltische Zee. Wereldwijd kan in diepere wateren worden ingezet op drijvende windturbines. Het IEA (2019) raamt dat in 2040 de grootste capaciteit is geplaatst in Europa (127 GW t.o.v. 19 GW in 2018), gevolgd door China (107 GW t.o.v. 4 GW in 2018), de VS (38 GW), Zuid-Korea (25 GW), India (16 GW), en Japan (4 GW).

De groei van wind op zee hangt ook samen met de vraag naar (groene) waterstof. Met 10 GW aan windturbines kan 1 Mton waterstof worden geproduceerd – de Europese vraag naar waterstof is naar verwachting in 2040 gelijk aan 4.5 Mton (in het *Sustainable Development Scenario* van IEA, 2019). Zie verder ook de fiches voor waterstof.

Voor de werkgelegenheid in Nederland is de groei van de offshore-windsector niet direct een grote langtermijnpuls, maar het kan wel (een deel van) de werkgelegenheid van de fossiele sector op de Noordzee vervangen.¹⁷ Het reduceren van de CO₂-uitstoot en daarmee het behalen van de klimaatdoelen en SDG's biedt ook een kans.

4.4.4 Externe dreigingen

De congestie op het elektriciteitsnetwerk vormt een dreiging voor de Nederlandse offshore-sector. Door de onderinvesteringen in het stroomnet, het groeiend aantal zonnepanelen en windturbines en de sterke vraag vanuit de industrie en mobiliteit naar stroomaansluitingen is het netwerk overbelast. Door de onzekerheid omtrent de overbelasting van de infrastructuur wordt er mogelijk minder geïnvesteerd in de bouw van verdere offshore-projecten. Ook de recent sterk gestegen rente en grondstoffenprijzen spelen een rol bij investeringsbeslissingen.¹⁸ Het Internationaal Energieagentschap (IEA, 2023) merkte recent op dat offshore-windenergie naar verwachting niet zo snel groeit als het de afgelopen twee jaar deed. Een onderzoek in opdracht van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat merkte –voor de recente marktverstoringen– op dat de 'businesscase' voor windprojecten kan worden versterkt door het verbeteren van de kostenkant (inclusief financieringskosten en risico's met betrekking tot netinfrastructuur) of de verwachte opbrengsten (de vraagkant; (AFRY, 2020).

Een meer externe dreiging is de internationale concurrentie. Zoals eerder getoond kennen met name Denemarken en Duitsland een sterk ontwikkelde productiesector op dit vlak. In een interview werd genoemd dat andere landen in Noordwest-Europa offshore-projecten niet goed met elkaar afstemmen: ze schieten op hetzelfde doel, maar werken elkaar tegen. Ook de publieke investeringen vanuit de Amerikaanse overheid (via de *Inflation Reduction Act*) en de Chinese staat zetten de Europese markt onder druk. De benodigde investeringen zijn daarmee gemakkelijk elders rond te krijgen. Het additionele vermogen aan offshore-windenergie wordt met name opgesteld in China (IEA, 2023). De groei wordt met name gefaciliteerd door Chinese bedrijven – die verder een beperkte exporthoeveelheid kennen.

¹⁷ Bijvoorbeeld van werken voor de olie- en gaswinning op de Noordzee naar het installeren, inspecteren en onderhouden van windparken op zee en de bijbehorende infrastructuur. Zie ook <https://www.seo.nl/publicaties/de-koppositie-versterken/>

¹⁸ In het Verenigd Koninkrijk is een project voor een offshore-windpark afgeblazen door Vattenfall omdat het verdienmodel onder druk staat door gestegen kosten (duurdere materialen, gestegen rente en 'groeistuipe' bij turbineproducenten), zie <https://nos.nl/artikel/2490944-wind-op-zee-is-de-energie-van-de-toekomst-maar-de-markt-kraakt>. Ook Ørsted stapte uit een Noors windpark vanwege de kosten (rente, leverancierskosten en uitblijven overheidssteun) en Siemens Energy ontving miljardensteun van de Duitse overheid vanwege verliezen bij windturbinedochter Siemens Gamesa.

Ook de onzekerheid omtrent het Nederlandse overheidsbeleid vormt een bedreiging. Onzekerheid leidt tot uitgestelde investeringen en daarmee minder doorontwikkeling binnen de sector. Tevens is er bij een lage elektrificatie van de industrie mogelijk geen winstgevendheid voor de offshore-industrie in 2030 (TNO, 2022).

4.4.5 Handelingsperspectief

- Wind op zee is al duidelijk een van de sectoren waar het Nederlandse handelsinstrumentarium zich op richt. Gezien de te verwachten groei de komende jaren ligt het voor de hand dit beleid voort te zetten door onder meer het organiseren van handelsmissies. Zo'n missie zou vanuit Nederland kunnen worden georganiseerd, maar omdat Nederland niet de hele keten beheerst is het mogelijk ook interessant om dit samen met een ander land te doen, bijvoorbeeld met Duitsland of Denemarken. Daarnaast is zo'n handelsmissie in potentie een goede gelegenheid om ook kleinere innovatieve partijen voor te stellen.
- De Nederlandse overheid kan op termijn in het buitenland (bijvoorbeeld via het postennetwerk of handelsmissies) wijzen op de kennis van Nederlandse bedrijven als het gaat om de integratie van offshore-windenergie met groene waterstof. Dit sluit aan bij de potentiële verdienmogelijkheden voor Nederlandse bedrijven. Ook biedt het kansen om de import van groene waterstof vanuit deze landen te bevorderen.
- De Nederlandse overheid deelt momenteel al kennis over wijze waarop het tenderen van ruimte op zee op een goede wijze kan plaatsvinden, met daarbij aandacht voor innovatie- en duurzaamheidsaspecten. Door deze kennis in meerdere landen aan te bieden, kan de overheid bijdragen aan de ontwikkeling van windparken op een ecologisch gunstige wijze.
- Op de Noordzee worden door verschillende landen windparken ontwikkeld. Hoewel er samenwerkingsverbanden bestaan, zoals de *North Seas Energy Cooperation* (NSEC) en er gezamenlijk wordt gewerkt aan energiehub's, bestaan op dit terrein nog duidelijk mogelijkheden tot verdieping. Landen stellen logischerwijs vaak hun individuele klimaatdoelstellingen voorop, wat aan een efficiënte samenwerking in de weg kan staan.

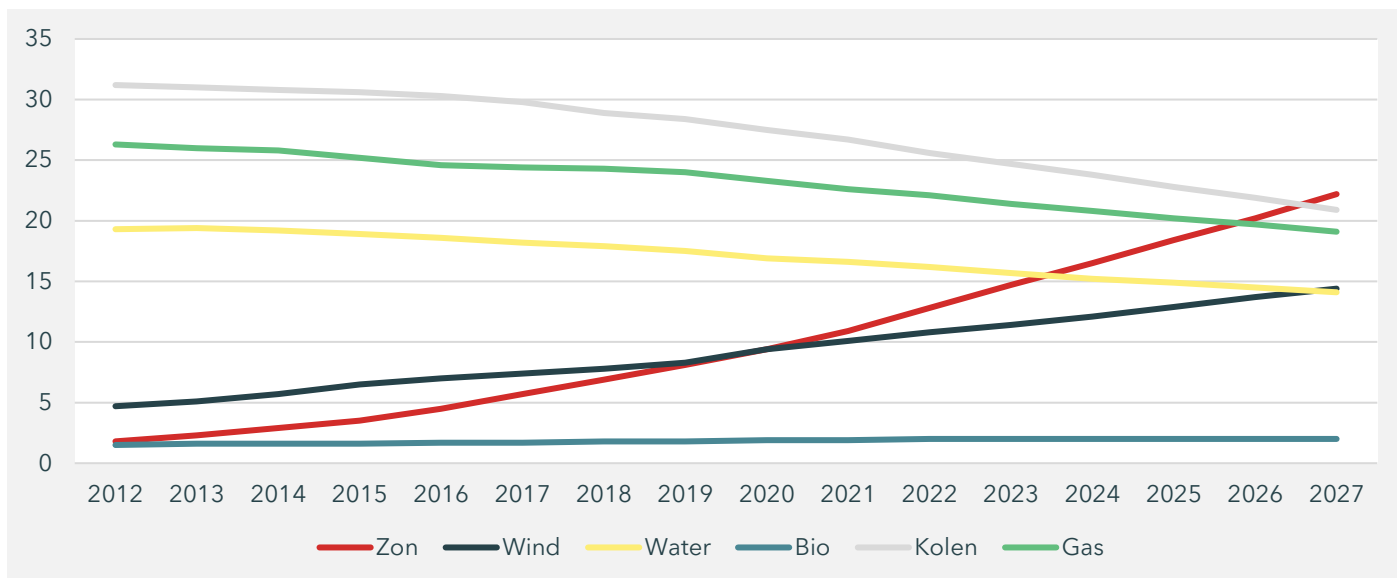
4.5 Gespecialiseerde zonnepanelen

Momenteel is China duidelijk de grootste producent van zonnepanelen ter wereld. Europa loopt qua productiecapaciteit ver achter, maar heeft wel de ambitie om minder afhankelijk te worden van Chinese import. Nederland kent een lange traditie op het terrein van zonnepanelen en beschikt daarom over een goede kennisbasis. Daarnaast kent Nederland een aantal gespecialiseerde producenten van zonnepanelen, met internationale ambities, die recent hun productiecapaciteit hebben uitgebreid.

4.5.1 Veranderende vraag

Zonne-energie is wereldwijd de snelst groeiende vorm van duurzame energie. In 2022 is voor het eerst meer energie via zonnepanelen opgewekt dan via wind. Deze groei zet naar verwachting door, zodat in 2026 het wereldwijde aandeel zonne-energie dat van fossiel voorbij gaat en in 2027 ook groter is dan het aandeel energie opgewekt met kolen, zie ook Figuur 4.14. De groei komt voort uit de relatief lage kosten van de productie van zonnepanelen. Hoewel de grondstofkosten zijn gestegen, is zonne-energie in veel delen van de wereld de meest voordelige vorm van energieopwekking. Daarnaast is de sterke groei te danken aan subsidies voor de sector. Dit laatste vooral in de VS, de EU, India en China (IEA 2023).

Figuur 4.18 Relatieve omvang energiebronnen



Bron: IEA 2023

Het productieproces van zonnepanelen kent verschillende stappen. Eerst worden grondstoffen gewonnen, zoals siliciumzand, dat vervolgens wordt opgewerkt tot puur silicium en vervolgens siliciumblokken. Dit is het basismateriaal voor zonnecellen, die daarna worden geïntegreerd in zonnepanelen (volledige modules). In al deze productiestadia heeft China momenteel veruit het grootste marktaandeel, zie ook figuur 4.15. De EU heeft ambities om minder afhankelijk te zijn van import uit vooral China, maar de productie binnen de EU is momenteel nog beperkt.

Figuur 4.19 Stappen in het productieproces van zonnepanelen, met China als koploper

Production step	China	Remaining shares
Polysilicon	80%	Germany (10%), Malaysia (4%), the U.S. (5%), Other (1%)
Ingots and Wafers	97%	Asia Pacific (3%)
Cells	81.2%	Southeast Asia (11.6%), Europe (1.3%), U.S. (1%), South Korea (2.3%), Other (2.6%)
Modules	75%	Southeast Asia (12.2%), Europe (0.9%), U.S. (2.7%), South Korea (3.3%), (2.7%), Other (6%)

Bron: SEO Economisch Onderzoek (2024)

4.5.2 Comparatief voordeel Nederland

Nederland kent een kleine zonnepanelensector, die vooral gericht is op nichemarkten. Nederlandse bedrijven zijn vooral goed in de productie van maatwerk en lichtgewichtpanelen. Maatwerk verwijst hier naar flexibele zonnepanelen in specifieke op maat gemaakte afmetingen, die bijvoorbeeld geschikt zijn voor toepassing op gebouwen, vrachtauto's of drijvende constructies. De integratie van deze panelen gaat vaak gepaard met de behoefte aan lichte en dunne zonnepanelen. Producenten van flexibele of lichtgewichtzonnepanelen zijn Mito Solar, HyEt Solar, Solarge en Energyra. Zulke panelen zijn interessant, omdat ze geschikt zijn voor installatie op lichte daken (stallen, industrieterreinen), waarvoor de belasting van standaardpanelen te zwaar is. Deze bedrijven maken veelal

ook gebruik van Nederlandse materiaalleveranciers. Solarge gebruikt bijvoorbeeld polymeren van Sabic om lichtgewichtzonnepanelen te produceren en Energyra gebruikt de backsheets van Endurans. Het Nederlandse bedrijvencluster is daarmee groter dan alleen de producenten van de panelen, ook zulke aanverwante toeleveranciers zijn te zien als onderdeel van dit zonne-energiecluster. Daarnaast zijn IM-Efficiency en Wattlab voorbeelden van bedrijven die zich richten op integratie van zonnecellen op respectievelijk vrachtwagens en schepen.

Een vereiste voor toepassingen op muren, voertuigen en daken is dat zonnepanelen goed ogen. Bedrijven zoals Zigzag Solar, Solarix, Solar Visuals, Solinso en Kameleon Solar richten zich specifiek op de esthetiek van de panelen. Kameleon Solar en Solar Visuals leveren zelfs zonnepanelen in verschillende kleuren en patronen om ze beter te laten passen bij het ontwerp en de uitstraling van een gebouw. Andere bedrijven, zoals Hermans Technisolar, produceren op maat gemaakt panelen die zijn bedoeld om te integreren in de gevels van gebouwen of daken. Ook internationale bedrijven, zoals Hanover Solar of Brite Solar Technologies op de Brightlands Campus, hebben een bedrijf in Nederland opgericht om de integratie van zonnepanelen in de gebouwde omgeving te vergemakkelijken. Een leverancier van substructuren om zonnepanelen naadloos te integreren in daken is Alius. Daarnaast zijn er bedrijven die zich richten op machinebouw rond zonnepanelen. Een voorbeeld is machinebouwer Eurotron die onder meer productielijnen bouwt voor het vervaardigen van grote zonnepanelen. Tot slot bouwen enkele bedrijven al zonnepanelen op zee, zoals SolarDuck en Seavolt. Al met al heeft de Nederlandse industrie een voortrekkersrol bij het innoveren van zonnepanelen voor integratie in de gebouwde omgeving.

Ook is duurzaamheid een kenmerk van Nederlandse producenten van zonnepanelen. Om te beginnen bestaan de panelen (zoals die van Sabic) vaak uit biobased polymeren die volledig recyclebaar zijn. Dit draagt bij aan de recyclebaarheid van de zonnepanelen. Een ander duurzaamheidsaspect is het voorkomen van het gebruik van giftige chemicaliën. Zo zijn de backsheets van Endurans niet gebaseerd op fluorpolymeren, maar zijn ze gifvrij en volledig recyclebaar. Bedrijven verklaren ook dat ze PFAS (en dus fluor) en lood in het algemeen vermijden. Ondanks hun afhankelijkheid van Chinese componenten voor hun modules, betrekken sommige bedrijven al een deel van hun materialen uit Europese landen om bij te dragen aan een meer duurzame toeleveringsketen. In sommige gevallen komen polysilicium uit Noorwegen, polymeren uit Italië en Nederland en glas uit Liechtenstein. Een groot deel wordt echter nog steeds geïmporteerd uit China, vooral vanwege de schaal waarop deze producten kunnen worden verkregen.

Kennisinstellingen

Nederland kent ook verschillende kennisinstellingen op het gebied van zonne-energie. Zo doet TNO al sinds 2000 onderzoek op dit gebied. Twee hoofdprogramma's zijn: het ontwikkelen van nieuwe en verbeterde zonnepanelen en het integreren van zonnepanelen in de omgeving. Dit laatste omvat zonne-energie voor infrastructuur, water, land en gebouwen. Daarbij werkt TNO samen met internationale kennisinstellingen, fabrikanten en leveranciers. Daarnaast is een samenwerkingsverband opgericht tussen onderzoeksinstituten, universiteiten en industriële partners, genaamd Solliance Solar Research. TU Delft, TU Eindhoven, Universiteit Twente en Rijksuniversiteit Groningen zijn (technische) Nederlandse universiteiten die deel uitmaken van dit samenwerkingsverband. Internationale onderzoeksinstituten die zich bij het samenwerkingsverband hebben aangesloten zijn onder andere Imec (België) en Forschungszentrum Jülich (Duitsland), Hasselt (België). Dit partnerschap richt zich op de "integratie van zonnetechnologie op elk oppervlak". Voorbeelden zijn oppervlakken binnen infrastructuur, gebouwen en transport. Dit internationale kenniscentrum staat hoog aangeschreven en biedt daarmee een solide basis voor de verdere ontwikkeling van technisch hoogwaardige zonnepanelen.

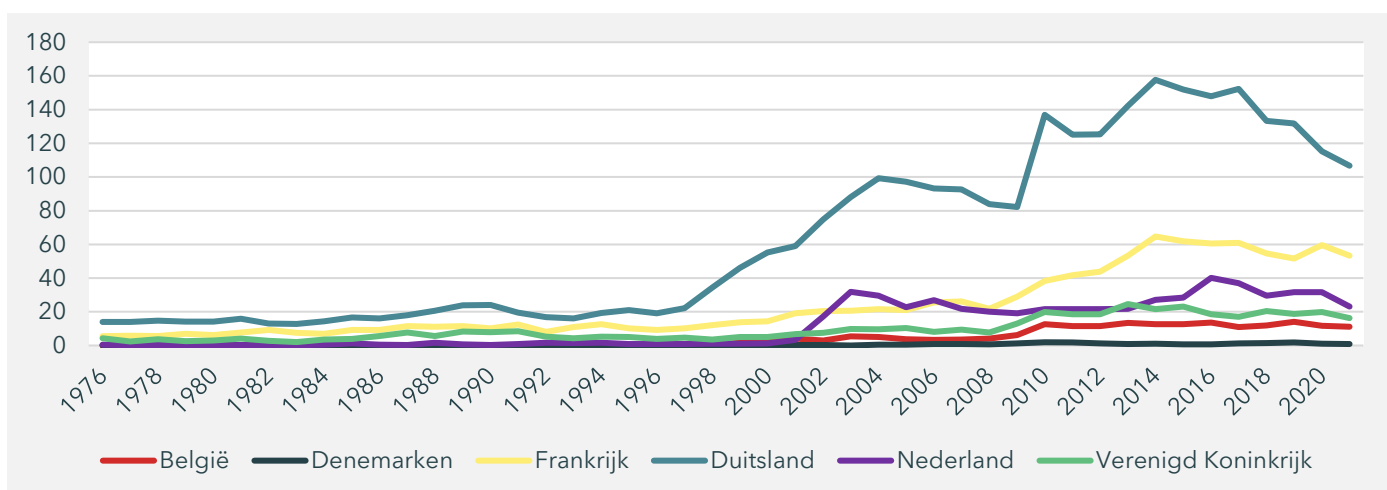
Ook neemt Nederland deel aan Interreg Europe, een Europees programma voor regionale samenwerking dat zonne-energie op wegen ondersteunt. Het project streeft naar integratie van zonne-energie met dunne zonnepanelen op wegen tussen Duitsland, België en Nederland. Partners van dit project zijn de universiteiten in Duitsland en België.

Een ander onafhankelijk onderzoeksinstituut is AMOLF, dat zich richt op fundamenteel onderzoek naar geavanceerde materialen. Verschillende van hun onderzoeksprogramma's hebben betrekking op zonnecellen. Het hybride zonnecelprogramma ontwikkelt inzicht in materialen zoals metaalhalogenide perovskieten. Het programma voor fotonische materialen richt zich op lichtmanagement in zonnepanelen. TNO werkt ook samen met AMOLF universiteiten en industriële partners (Shell, Tempres, Levitech, Exasun en Eternal Sun) aan tandempanelen met een hoog rendement.

In 2016 werd een consortium van Nederlandse kennisinstellingen gelanceerd onder de naam Solar Lab. Het brengt meer dan 50 onderzoeksgroepen bij elkaar die actief zijn op het gebied van zon-PV en meer dan 150 promovendi en postdocs begeleiden en daarnaast 60 technologieonderzoekers bij TNO. Solar Lab bestaat uit de technische universiteiten van Delft, Groningen, Twente, Eindhoven en TNO en AMOLF, evenals de universiteiten van Nijmegen, Amsterdam en Utrecht. Solar Lab streeft ernaar de kosten van PV te verlagen, het vermogen per oppervlakte-eenheid te verhogen en PV naadloos in het landschap en de infrastructuur te implementeren (Solar Lab 2023).

De sterke kennispositie van Nederland weerspiegelt zich in het relatief hoge aantal patenten voor technologieën gerelateerd aan zonnepanelen. Na Duitsland en Frankrijk neemt Nederland de derde positie in, gemeten in absolute aantallen en blijft daarmee het VK voor, zie Figuur 4.16.

Figuur 4.20 Sterke kennispositie Nederland weerspiegelt in patenten



Bron: WIPO (2023), bewerking door SEO Economisch Onderzoek (2024)

4.5.3 Verdienkanssen

Afhankelijk van het type zonnepaneel, zijn er verschillende verdienkanssen. Voor zonnepanelen die geïntegreerd zijn in gevelmateriaal en voor panelen van hoge esthetische kwaliteit, zijn vooral verdienkanssen in dichtbevolkte gebieden, waar aandacht is voor esthetiek en duurzaamheid. Dan liggen Europese steden voor de hand.

Voor lichtgewichtpanelen (mogelijk geïntegreerd in dakbedekking) zijn er verdienkansen op plekken waar gebouwen staan die niet geschikt zijn voor het dragen van de zwaardere standaardpanelen. Dan gaat het bijvoorbeeld om gebouwen op industrieterreinen, stallen of bepaalde parkeerplaatsen. Hoewel zulke gebouwen op veel plekken te vinden zijn, ligt het benutten van zulke daken vooral voor de hand in dichtbevolkte gebieden.

Ook zijn er mogelijkheden om zonnepanelen toe te passen op (vracht)auto's of bussen. Bij vrachtauto's en bussen is vooral van belang dat panelen licht zijn en geïntegreerd kunnen worden in het dakmateriaal. Op dit terrein kent Nederland al elke spelers die laten zien dat dit goed mogelijk is. De vraag naar zulke panelen hangt vooral samen met de kwestie of ook zwaarder wegvervoer zal elektrificeren en zo ja, op welke termijn. Voor auto's zijn speciale panelen nodig, bijvoorbeeld geïntegreerd in een glazen dak. Deze markt lijkt wel enigszins van de grond te komen, al zal de bijdrage van zonnepanelen aan de energievraag voorlopig nog bescheiden zijn. Ook op schepen is er een businesscase voor het plaatsen van zonnepanelen. Bij binnenvaartschepen kan dit bijvoorbeeld al op korte termijn een deel van de huishoudstroom verzorgen.

Of Nederlandse bedrijven kunnen concurreren op de markt voor zonnepanelen hangt in belangrijke mate af van de omvang van ondersteunende en protectionistische maatregelen zoals subsidies of importtarieven. Gezien het Europese beleid om meer zonnepanelen binnen de EU te produceren, is te verwachten dat in ieder geval binnen de EU kansen liggen. Maar uit gesprekken begrijpen we dat ook buiten de EU vraag is naar onder meer lichtgewichtpanelen van hoge kwaliteit, bijvoorbeeld in de VS. Tegelijkertijd blijft ook de thuismarkt van belang voor het opbouwen van een zonnepanelensector, aangezien dit zorgt voor een afzetmarkt die als springplank kan dienen (PBL 2016).

Daarnaast zorgt een thuismarkt ervoor dat in Nederland bedrijvenclusters kunnen ontstaan die elkaar versterken (Negro e.a. 2012). Daarbij kan Nederland leren van minder succesvol beleid op dit terrein begin jaren 2000. Toen werd eerst de energiemarkt geliberaliseerd en later de op zonnepanelen gerichte subsidie beëindigd, waardoor deze sector de concurrentie met fossiele brandstoffen niet meer aankon (Negro e.a. 2012). Dit, tezamen met juist een sterk gesubsidieerd beleid in Duitsland, leidde tot het vertrek van enkele grote producenten en maakte daarmee een einde aan een tot die tijd succesvol cluster van Nederlandse zonne-energiebedrijven. Het Nederlandse beleid zorgde wel voor lage energieprijzen en weinig beslag op de overheidsbegroting, maar droeg zo minder bij aan de reductie van CO₂.

Momenteel wordt in Nederland een Groeifondsproject uitgerold dat onder meer als doel heeft om de Nederlandse cluster van zonnepanelen te versterken. Hierbij zijn verschillende producenten van panelen betrokken, maar daarnaast ook producenten van basismaterialen, machinebouwers, innovatieve startups en kennisinstellingen. Op deze manier wordt ernaar gestreefd een sterk cluster te bouwen dat op termijn in staat is om technisch zeer hoogwaardige zonnepanelen te produceren.

Niet-financiële verdienkansen zijn er logischerwijs in de vorm van lagere CO₂-uitstoot, in vergelijking met fossiele brandstof. Daarnaast kenmerken de huidige Nederlandse bedrijven zich door veel oog voor recycling van panelen en het gebruik van duurzame materialen.

4.5.4 Bedreigingen

Een bedreiging voor de Nederlandse sector is dat deze momenteel nog relatief bescheiden van omvang is. De verdere ontwikkeling hangt duidelijk samen met ondersteuning vanuit de overheid en het succesvol kunnen nemen van volgende stappen in het productieproces. Daarbij gaat het om het succesvol ontwikkelen van nieuwe

technieken en het openen van productielijnen. Deze zaken staan momenteel echter nog in de kinderschoenen en dat maakt de sector relatief kwetsbaar.

Om nieuwe technieken tot ontwikkeling te brengen dient het Nederlandse cluster op termijn ook aansluiting te vinden bij grotere producten van zonnepanelen, in de EU of daarbuiten. Het is echter onzeker of dit lukt. Ook in andere landen investeren partijen in nieuwe technieken en als die sneller zijn of beter aansluiten, staan Nederlandse innovaties op achterstand.

Een andere bedreiging is de lage prijs waartegen in China zonnepanelen kunnen worden geproduceerd. Momenteel komt nog het grootste deel van de in de EU geplaatste panelen uit China. Deze uitgangspositie in combinatie met de lage productiekosten voor Chinese panelen maakt het voor Europese partijen lastig om grootschalig tegen de Chinese productie op te boksen. Daarom zoeken Nederlandse partijen ook andere niches op, maar die zijn naar hun aard dan weer kleiner in omvang. Strengere eisen aan de duurzaamheid van panelen, zoals bij batterijen, zou het voor Europese partijen eenvoudiger maken om te concurreren met Chinese producenten.

4.5.5 Handelingsperspectief

- De ontwikkeling van de PV-sector is gebaat bij een cluster van bedrijven en kennisinstellingen in Nederland, omdat dit elkaar versterkt. De huidige uitrol van het Groeifondsproject zal hier de komende tijd aan bijdragen. Of dit voldoende is om een solide cluster neer te zetten zal moeten blijken. Het is daarom van belang om na te blijven gaan welke instrumenten op termijn op een effectieve wijze bijdragen aan ondersteuning van de sector. Onderdeel hiervan kan zijn dat contact wordt gelegd met landen in de EU die al op grotere schaal zonnepanelen produceren, om na te gaan op welke wijze Nederlandse innovaties passen binnen deze waardeketen. Zo is het goed mogelijk dat op basis van de sterke Nederlandse kennispositie innovaties worden gedaan op het terrein van hoog-rendementscellen of perovskiet folies, die interessant zijn voor grotere producenten elders. Momenteel wordt in Frankrijk en Italië de productiecapaciteit uitgebreid. Het kan dan ook interessant zijn om de contacten met deze landen aan te halen.
- Momenteel bestaat op EU-niveau geen wetgeving die hoge eisen stelt aan de duurzaamheid van zon-PV. De EU importeert voor een groot deel panelen uit China die doorgaans niet met het oog op duurzaamheid zijn geproduceerd, bijvoorbeeld omdat er PFAS in is verwerkt. Door hogere duurzaamheidseisen te stellen, zou de EU ondernemers die duurzamer produceren beter ondersteunen, waaronder Nederlandse partijen. De Nederlandse overheid zou hier binnen de EU voor kunnen pleiten.
- Daarnaast geldt ook voor deze sector dat bedrijven hulp kunnen gebruiken bij het verkrijgen van toegang tot EU-gelden. Hoewel er verschillende gelden beschikbaar zijn, wordt het aanvragen van EU-subsidies als een zwaar traject gezien, vooral voor kleinere partijen.

4.6 Batterijsector

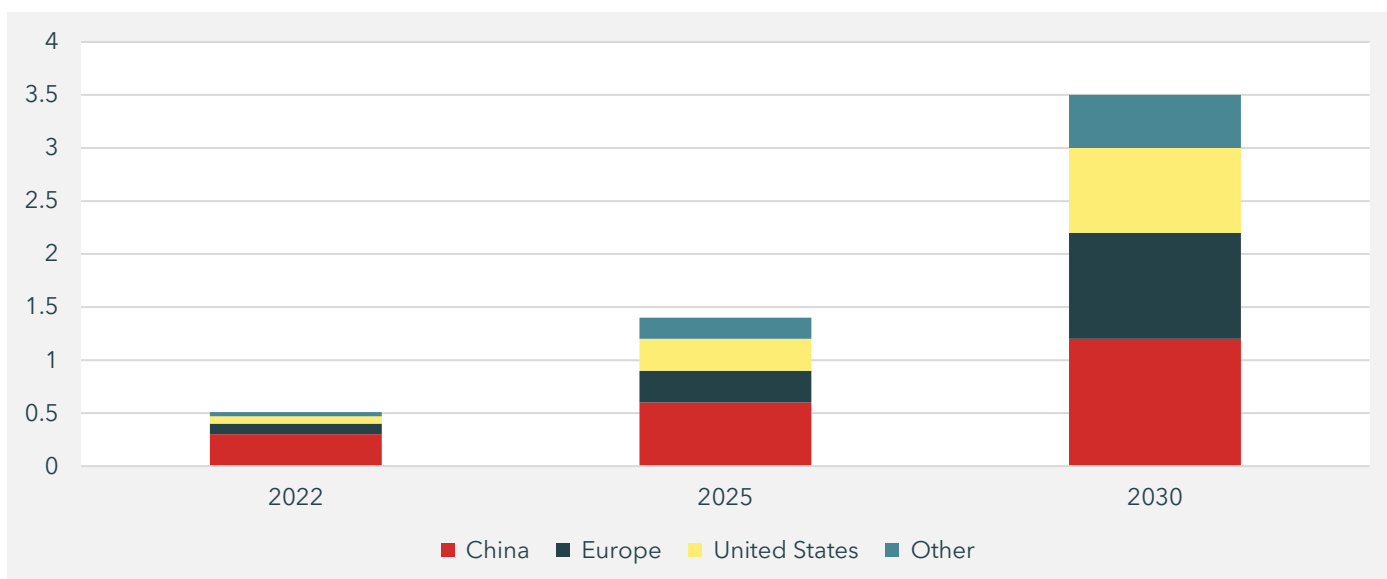
De omschakeling van fossiele brandstoffen naar duurzame energie vraagt om elektrificatie van de energievoorziening. Opslag van elektriciteit zal voor een deel plaatvinden via batterijen. Dit geldt voor mobiele toepassingen, maar batterijen kunnen ook (lokale) energienetwerken ondersteunen.

4.6.1 Veranderende vraag

Verschillende ramingen laten zien dat de wereldwijde vraag naar batterijen de komende jaren fors toeneemt. Zo gaat een studie in opdracht van het IEA (2023) uit van een toename in wereldwijde vraag van 0,5 terrawattuur per jaar in 2023 naar 1.4 in 2025 en tot 3.5 in 2030, zie ook figuur 4.17. Over deze periode blijft de vraag vanuit China duidelijk dominant, terwijl de vraag vanuit de EU en de VS ongeveer gelijke tred houdt. Binnen de EU zal de vraag toenemen van 34 GWh in 2020 tot 443 in 2030. Dat is bijna 30 procent groei per jaar. Een analyse van PwC komt tot een vergelijkbare schatting van zo'n 29 tot 33 procent groei per jaar.

De productie van batterijen vindt momenteel vooral in Azië en de Verenigde Staten plaats. Wel worden op Europees niveau verschillende initiatieven ontplooid om binnen de Europese Unie batterijen te produceren, om zo de afhankelijkheid van andere werelddelen te beperken. Deze Europese aanpak lijkt vruchten af te werpen. De komende periode worden in tal van Europese landen zogenoemde gigafabrieken gebouwd, die grote aantallen batterijen zullen produceren. Voorbeelden zijn de Tesla fabriek in Duitsland met een capaciteit van 40 GWh per jaar, Northvolt in Zweden (volledig operationeel in 2024), LG Energy Solution in Polen en Samsung in Hongarije. Hier komt naar verwachting nog een flink aantal grote fabrieken bij, zoals de Freyr batterijfabriek in Noorwegen, Britshvolt en Italvolt.

Figuur 4.21 Sterke stijging vraag naar batterijen (in terrawattuur per jaar)

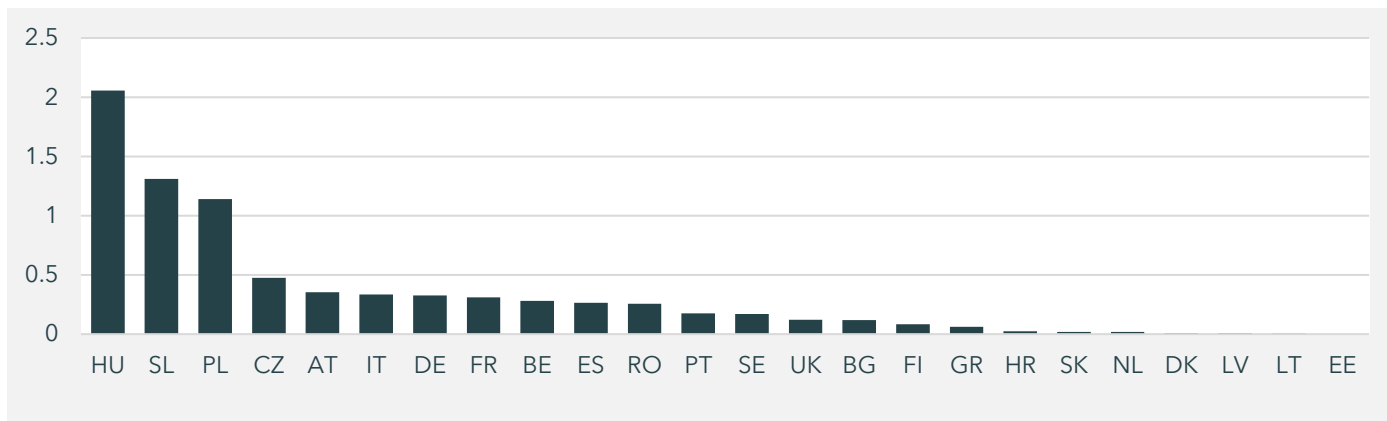


Bron: IEA 2023

4.7 Comparatief voordeel Nederland

In Nederland zijn er geen grote batterijfabrieken en is de sector relatief klein, in vergelijking met andere Europese landen, zoals ook Figuur 4.18 laat zien. De figuur illustreert dat een aantal grote Aziatische producenten grote batterijfabrieken hebben gebouwd in Oost-Europese landen, van waaruit zij batterijen exporteren naar andere landen. Dit blijkt uit het hoge exportaandeel, dat voor Hongarije bijvoorbeeld tweemaal zo hoog ligt als het gemiddelde in de EU (RCA = 2).

Figuur 4.22 Revealed comparative advantage



Bron: ORBIS (2023) bewerking door SEO Economisch Onderzoek (2024)

Tegelijkertijd kent Nederland wel een hoogwaardige batterijsector, die zich richt op verschillende delen van de batterijwaardeketen. In totaal gaat het om zo’n 100 bedrijven. Onderstaande tabel 4.1 geeft een overzicht van deze waardeketen en het aantal Nederlandse bedrijven per ketensegment. Hierbij is uitgegaan van de keten van de momenteel veelgebruikte lithiumbatterijen¹⁹. De eerste stap in de keten is het verkrijgen en raffineren van grondstoffen, zoals lithium, kobalt en nikkel. Vervolgens dienen uit deze grondstoffen de verschillende elementen van een batterijcel te worden vervaardigd, zoals de anode, kathode en coatings om batterijonderdelen te scheiden. Op basis van deze componenten vervaardigen batterijproducenten de batterijcellen. Dit zijn *an sich* al batterijen, maar zulke cellen zijn klein en hebben een beperkte capaciteit. De sector spreekt daarom pas van batterijen wanneer deze cellen zijn samengepakt in een “batterijpakket”. Een batterijpakket functioneert als batterij en wordt toegesneden op een bepaalde toepassing. Voorbeelden zijn batterijpakketten voor auto’s of voor energieopslag bij woningen. Een volgende productiestap is het integreren van een batterijpakket in een bepaalde toepassing, zoals een auto of machine. Om zo’n systeem goed te laten werken zijn ook hard- en software nodig die de werking van het systeem als geheel verzorgen. Tijdens het gebruik van een batterijsysteem is onderhoud van belang. Daarom is energieservice als apart onderdeel van de waardeketen opgenomen. Tot slot is het van belang om batterijen opnieuw te gebruiken, bijvoorbeeld in een andere toepassing, of om de grondstoffen uit batterijen terug te winnen.

Tabel 4.1 De batterijwaardeketen en het aantal bedrijven dat in Nederland actief is

Onderdeel keten	Grondstoffen en R&D	Cel componenten	Batterijcel productie	Batterij pakketten	Integratie systemen	Energie services	Hergebruik recycling
Batterij-sector	Mijnbouw, ertsraffinage	Fabricage specifieke materialen voor batterij cel: anode, kathode, coatings	Verpakken basis-materialen tot batterijcellen	Samenvoegen en verbinden van batterijcellen	Integratie van batterij in toepassing. Toevoegen van batterijmanagementsysteem	Onder meer optimaliseren systemen en testen van concepten	Hergebruik batterijen en terugwinnen grondstoffen
	4	4	11	32	24	12	9

Bron: Websites batterijbedrijven, bewerkingen SEO

¹⁹ De waardeketen van vloeistofbatterijen ziet er iets anders uit.

Mede vanwege het maatschappelijke belang van een voldoende zelfstandige batterijsector binnen Europa kent Nederland sinds 2020 een batterijstrategie (gecoördineerd door het ministerie van I&W). Een belangrijk onderdeel van deze strategie is om de afhankelijkheid van kritieke materialen te verkleinen, onder meer door in te zetten op recycling van batterijen. Dit sluit aan bij de Europese *Critical Raw Materials Act* die bedoeld is om de grondstofafhankelijkheid van vooral China te verminderen.

Als onderdeel van de batterijstrategie is in september 2022 de Actieagenda Batterijsystemen uitgebracht. Voor de totstandkoming van de Actieagenda is gekeken naar deelgebieden van de batterijwaardeketen waarin Nederland zich kan onderscheiden in het Europese en mondiale speelveld. Dit zijn vooral de volgende deelgebieden:

- Specifieke batterijtoepassingen in zwaar transport;
- Batterijen ter verlichting van het net (redox-flow, zoutbatterij);
- Nieuwe batterijconcepten en -materialen; en
- Batterijrecycling.

Op deze gebieden zijn er clusters van Nederlandse bedrijven die kansrijk zijn vanwege hun reeds goede marktpositie of omdat ze technisch voorop lopen. Voorbeelden zijn SALD en Delft IMP die technologie leveren om dunne batterijmaterialen te verbeteren en LeydenJar en E-magy die zich richten op het verbeteren van de huidige anodes. Ook op het terrein van vloeistofbatterijen kent Nederland een aantal innovatieve bedrijven, zoals Elestor dat redox-flow batterijen produceert voor de opslag van grote hoeveelheden energie. Andere partijen die zich richten op innovatieve bulkoplossingen zijn bijvoorbeeld Battolyser en Aquabattery. Voorbeelden van Nederlandse batterijpakkettenbouwers zijn Eleo, Cleantron, Super B en VDL. Daarnaast zijn er verschillende machinebouwers die zich richten op de integratie van batterijsystemen, zoals Bredenoord, Alfen, DEMCOM en Solemates. Inbouw van batterijsystemen wordt ook gedaan door DAF, VDL en Damen Shipyards. NXP is een van de bedrijven die batterijmanagementsystemen produceert. Tot slot zijn er in Nederland verschillende bedrijven die zich richten op hergebruik, zoals TES, NOWOS en Circular Industries. Daarnaast zijn er verschillende startups die zich richten op het verbeteren van batterijtechniek, zoals LionVolt, dat werkt aan het verbeteren van vaste-stofbatterijen. Al met al heeft Nederland een bescheiden batterijsector, in die zin dat er in Nederland geen grote producenten van batterijcellen actief zijn, maar bestaat er wel een rijk palet aan bedrijven die vaak op innovatieve wijze actief zijn op verschillende onderdelen van de batterijwaardeketen.

De ontwikkeling van de batterijsector wordt ondersteund door een Groeifondsproject, dat een kleine 300 mln. euro beschikbaar stelt (waarvan 178 mln. euro voorwaardelijk). Belangrijke doelstelling daarbij is dat Nederlandse bedrijven een plek verwerven op belangrijke gebieden van de batterijwaardeketen. Onderdeel van het voorstel is dat de sector stappen zet om minder afhankelijk te worden van internationale leveranciers van kritieke materialen en batterijcomponenten. Het voorstel richt zich dan ook niet alleen op het opschalen van batterijtechniek, maar ook nadrukkelijk op het hergebruik en circulair ontwerp van batterijsystemen. Momenteel zijn nog slechts enkele bedrijven in Nederland actief op het terrein van batterijrecycling, maar zijn er wel verschillende innovatieve bedrijven in ontwikkeling, waardoor de capaciteit op dit terrein sterk kan toenemen. Daarnaast geldt dat Nederland een goede infrastructuur heeft voor de recycling van materialen, waaronder ook de verschillende soorten batterijen.

Daarnaast investeren de technische universiteiten en hogescholen in de ontwikkeling van batterijtechnologie. De universiteiten in Delft, Eindhoven en Twente kennen alle drie een batterijproject. Ook is begin 2023 een consortium opgericht (Battery.NL) bestaande uit bedrijven en kennisinstellingen op het terrein van batterijtechnologie. Doel van dit consortium is om in een periode van acht jaar de volgende generatie batterijen te ontwikkelen. Daarmee zet Nederland duidelijk in op de verdere ontwikkeling van batterijtechnologie, waaronder elektrochemie. Het is dan ook te verwachten dat Nederlandse bedrijven de komende jaren zich verder zullen manifesteren als producenten van hoogwaardige batterijtechnologie en daarmee ook graag kansen in het buitenland opzoeken.

In eerste instantie liggen daarbij kansen in de EU in de rede, gezien de ontwikkeling van een EU-batterijstrategie, gericht op vergroting van de autonomie van de Unie op dit punt. Zo is onlangs de EU-batterijverordening in werking getreden. Deze richt zich duidelijk op het verduurzamen van de sector en het beperken van de afhankelijkheid van schaarse materialen, dit laatste onder meer door expliciete doelstellingen te formuleren voor hergebruik van batterijen. Verschillende Nederlandse batterijbedrijven passen goed binnen dit streven en krijgen dankzij de verordening een duwtje in de rug in de concurrentie met batterijproducten uit Azië bij de productie voor de Europese markt. Daarnaast zijn ook combinaties met bijvoorbeeld wind op zee interessant. Zo kunnen batterijen pieken in de energieopwekking opvangen, waardoor de kabelcapaciteit optimaal wordt benut. Zulke combinaties met wind op zee kunnen ook buiten de EU interessant zijn.

4.7.2 Verdienkansen

Een verdienkans ligt in de toelevering van de toelevering van hightech batterijonderdelen aan grote batterijfabrieken. Gezien de opkomst van de gigafabrieken in de EU, zal een ruime markt ontstaan voor toeleveranciers. Voor Nederlandse bedrijven liggen er vooral kansen op het terrein van materialen (dunne filmtechnologie) en anodes die worden ingezet bij de vervaardiging van batterijen.

Daarnaast zijn er kansen bij projecten voor grote opslag van elektriciteit in vloeibare vorm. Nederlandse bedrijven zijn al relatief goed op dit terrein. Bovendien zetten verschillende universiteiten in op elektrochemie, waardoor verdere groei van deze sector in de rede ligt. Hierbij valt onder meer te denken aan wind op zee. Door de inzet van redux-flow batterijen, kan bij veel wind de overcapaciteit tijdelijk in batterijen worden opgeslagen.

Kansen zijn er ook bij de ontwikkeling en inbouw van batterijen in zware voertuigen en schepen. Op dit terrein heeft Nederland een aantal grote spelers, die al een internationale marktpositie hebben, waaronder DAF, VDL en Damen Shipyards. Daarnaast kunnen in het kielzog van deze bedrijven toeleveranciers zich ontwikkelen die zich specifiek richten op batterijtechniek voor zwaar vervoer. Een interessante kwestie is of de batterijen voor deze toepassingen ook in Nederland vervaardigd zullen worden, mogelijk door een buitenlandse partij, of dat deze geïmporteerd zullen worden.

Op het terrein van batterijmanagementsystemen speelt de halfgeleiderproducent NXP een vooraanstaande rol. Dit is al een internationaal opererend bedrijf en zal dus relatief eenvoudig ook op het terrein van batterijtechnologie andere markten betreden. Daarnaast kent Nederland verschillende andere (software)bedrijven die goed zijn in dit type regeltechniek.

Op de iets langere termijn is ook recycling van batterijen een interessante verdienkans. Dit is in potentie een groeiemarkt gezien het toenemende gebruik van batterijen in verschillende toepassingen de komende jaren en de nadruk die in de EU-verordening wordt gelegd op hergebruik. Een belangrijke vraag is wel hoe deze industrie zich zal ontwikkelen de komende jaren. Zo nemen ook autofabrikanten zelf batterijen weer terug, waardoor dit niet door Nederlandse recyclebedrijven zal gebeuren. Niettemin zijn er verschillende initiatieven op dit terrein en kent Nederland traditioneel een sterke recycle-industrie, wat een goede basis biedt om dit uit te breiden naar de batterijsector.

Ook bij het ontlasten van het elektriciteitsnet liggen kansen. Vanwege de congestie op het Nederlandse elektriciteitsnet zijn er verschillende batterijprojecten ontstaan, waarbij bijvoorbeeld op een industrieterrein zonne-energie lokaal wordt opgeslagen, om eveneens lokaal te gebruiken. Zulke oplossingen voor netcongestie, zijn waarschijnlijk ook aantrekkelijk in andere landen waar de congestie aan het toenemen is.

4.7.3 Externe dreigingen

Het opkopen van kleine, innovatieve Nederlandse bedrijven is een bedreiging. Nederland kent verschillende bedrijven die innovatief zijn en daarmee interessant kunnen zijn om te verwerven voor meer gevestigde batterijbedrijven. Een voorbeeld is ELEO, waarvan de aandelen grotendeels in handen zijn van een Japans bedrijf. Gezien de beperkte omvang van het huidige Nederlandse cluster batterijbedrijven, zou het vertrek van een paar innovatieve partijen het cluster als geheel ook kunnen aantasten.

Een belangrijk concurrentienadeel voor batterijbedrijven is dat in Nederland momenteel geen grote batterijproducent aanwezig is. Daarmee zullen de kleinere innovatieve partijen in het buitenland op zoek moeten naar een batterijfabriek aan wie ze kunnen toeleveren. Dit is een hogere drempel, ook als punt om naartoe te werken, dan die van een goed contact met een fabriek in de buurt.

Een andere bedreiging is dat het opschalen van innovatieve techniek naar een eerste fabriek, die op substantiële schaal continu constante kwaliteit produceert, een relatief lastige stap is, zeker in Nederland. Voor het opstarten van zo'n pilotfabriek zijn forse bedragen nodig, die investeerders, gezien de grote risico's, liever niet nemen. Ook ontbreken soms overheidsinstrumenten of zijn deze duidelijk minder royaal of gebonden aan veel regels, in vergelijking met het buitenland. In verschillende landen om Nederland heen wordt op grotere schaal door overheden geïnvesteerd in de batterijenindustrie.

4.7.4 Handelingsperspectief

- Voor innovatieve batterijbedrijven die al (bijna) een werkend product of halffabricaat hebben is het belangrijk om goed aangesloten te zijn op ontwikkelingen in landen die reeds een grote batterijsector hebben. Zo kunnen zij zich aansluiten bij de waardeketen. Batterijproducenten zijn in potentie de klanten van deze innovatieve Nederlandse bedrijven. Zij moeten dus kunnen inspelen op de behoeften van deze producenten. Om dit proces te ondersteunen zijn handelsmissies (of innovatiemissies) naar verschillende landen interessant. Daarbij kan gedacht worden aan Duitsland, Frankrijk, Zuid-Korea, de VS, China en Japan.
- Meer specifiek geldt dat op dit moment de batterijsector geen onderdeel uitmaakt van het ICEP-programma, dat gericht is op internationale ondersteuning van bedrijven in de energietransitie. Binnen de Nederlandse brancheorganisatie Battery Competence Cluster - NL (BCC) bestaan al verschillende internationale initiatieven. Het is interessant om na te gaan of ondersteuning of samenwerking met ICEP meerwaarde biedt.
- Een nadeel voor Nederlandse batterijproducenten is dat er in Nederland geen grote batterijfabrikant actief is. Dit ontbreekt aan het huidige bedrijvencluster. Tegelijkertijd kent Nederland een industrie die zware voertuigen maakt (bussen, vrachtwagen, schepen), deze wil elektrificeren en daarvoor een goede batterijoplossing zoekt. Tegen deze achtergrond kan het wellicht interessant zijn om na te gaan of er een buitenlandse partij geïnteresseerd is om in Nederland te gaan produceren voor bedrijven die hier werken aan de elektrificatie van zwaar vervoer. Een eerste stap kan zijn om bij deze Nederlandse bedrijven na te gaan waar hun behoefte ligt.

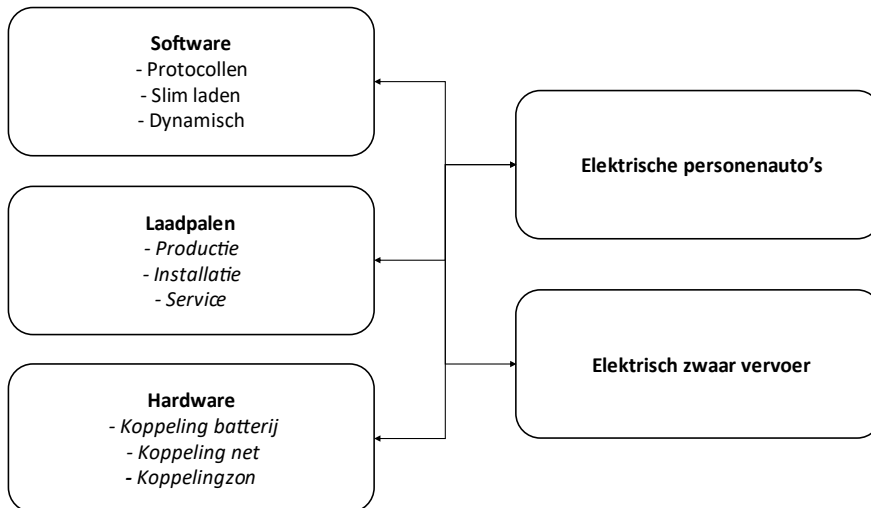
4.8 Laadinfrastructuur

Introductie

Voor Nederlandse bedrijven zijn er verschillende verdienkansen binnen de groeiende markt voor laadinfrastructuur. Naast de ontwikkeling en verkoop van laadpunten, gaat het daarbij om softwarematige innovaties, bijvoorbeeld rond slim laden. Deze markt wordt gedreven door Europese en wereldwijde ambities rondom de vervanging van fossiele naar elektrische mobiliteit. Binnen de laadketen (zie figuur 4.23) spelen Nederlandse bedrijven een grote

rol in de productie, software en ontwikkeling van laadpunten. Daarnaast zijn enkele spelers actief op het terrein van elektrisch vervoer (bussen, vrachtauto's, fietsen, zie box 4.1 hieronder).

Figuur 4.23 Laadpaalketen



Bron: SEO Economisch Onderzoek (2024)

4.8.2 Veranderende vraag

De verwachte sterke toename in elektrische voertuigen door elektrificatie biedt kansen voor de laadpuntensector en partijen die oplossingen bieden voor infrastructuurintegratie. Mede gedreven door de verplichte elektrificatie in de Europese automarkt (EU-regulering verbiedt de verkoop van niet-emissievrije auto's vanaf 2035), verwacht IEA dat er in 2030 rond de 250 miljoen elektrische auto's rondrijden (IEA, 2023). Alleen al in Nederland wordt verwacht dat er in 2030 6,8 miljoen laadpunten nodig zijn, een enorme toename, die zich parallel in Europa zal voltrekken (Dekker, 2022). Om de Europese doelstelling om op de belangrijke wegen (het zogenaamde TEN-T-netwerk) elke 60 kilometer een snellaadpunt te realiseren, zal voornamelijk in grote landen met een lage laadpaalconcentratie, denk aan Zuid- en Oost-Europa, de vraag naar laadpalen sterk toenemen.²⁰

Ook binnen het openbaar vervoer zet de elektrificatie zich voort. Waar Nederland, met 25 procent elektrische stadsbussen in 2022, al vooroefde met haar aandeel van elektrificatie van openbaarvervoerbussen zal deze ontwikkeling ook Europees en wereldwijd plaatsvinden.²¹ Momenteel zijn rond de 214.000 van de 750.000 Europese bussen elektrisch. Dit houdt in dat bij volledige elektrificatie voor rond de 500.000 bussen nieuwe elektrische infrastructuur zal moeten verrijzen.¹⁹ In het uitrollen van deze oplaadstructuur liggen kansen voor bedrijven die daarin vooroplopen. Hierbij kunnen Nederlandse bedrijven gebruikmaken van de ervaring die zij hebben opgedaan in de relatief volwassen Nederlandse markt.

Naast een gebrek aan laadinfrastructuur worden ook betrouwbaarheid en toegankelijkheid als beperkende factoren voor een succesvolle uitrol van een elektrisch laadpuntennetwerk benoemd (IEA, 2021). Om aan het Europese 60km

²⁰ <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20230327IPR78504/fit-for-55-deal-on-charging-and-fuelling-stations-for-alternative-fuels#:~:text=Recharging%2Frefuelling%20stations&text=During%20the%20negotiations%2C%20MEPs%20managed,t o%20600%20kW%20by%202028.> 17-01-2024

²¹ <https://www.rabobank.com/knowledge/d011360099-city-buses-in-the-eu-electricity-is-overtaking-diesel>, 17-01-2024

laadpalendoel te voldoen zal de vraag naar slimme integratie tussen zowel laadpalen onderling als met potentiële opslaglocaties (denk aan batterijen in auto's) stijgen. Ook hier liggen kansen voor bedrijven die innovatieve, betrouwbare laadinfrastructuur kunnen bieden.

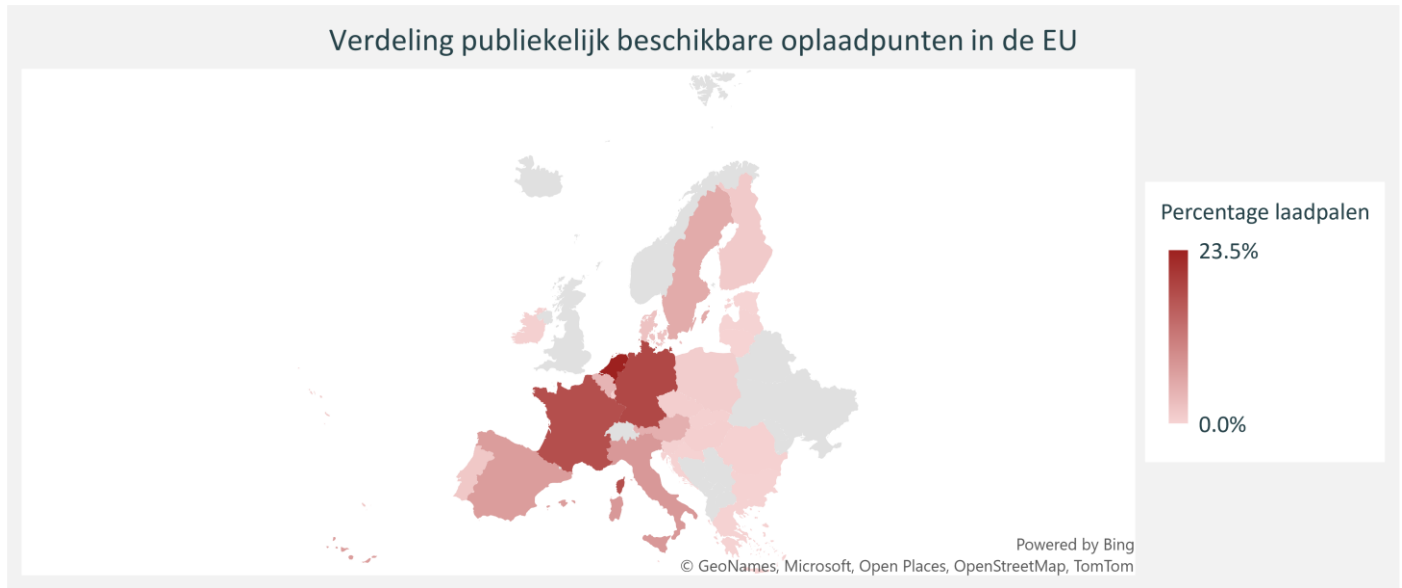
Om piekbelasting op het net te verminderen kan de ontwikkeling van bi-directioneel laden een grote rol gaan spelen. Bij deze techniek worden onder andere autoaccu's benut om elektriciteit op te slaan en zo nodig, bij hoge vraag, terug te leveren aan het net door middel van dynamische beprijzing. Dit is een vorm van slim laden²², wat inhoudt dat op basis van een dataconnectie tussen het elektrische voertuig en de lader, de laadtijd en het laadtarief automatisch worden geregeld. Deze aanpak voorkomt niet alleen overbelasting van het elektriciteitsnet doordat veel EV-eigenaars tegelijkertijd laden, maar biedt ook klanten op bepaalde momenten economische voordelen. De toepassing van bi-directioneel laden staat nog in de kinderschoenen, mede door beperkingen in regelgeving, maar biedt kansen om uitwisselingen tussen energiegebruik en -opslag te faciliteren. Bi-directioneel laden kan daarmee een nuttige schakel worden bij het opzetten van lokale energiehub's, een lokale samenwerking waarbij partijen samenwerken op het gebied van energieopwekking, -opslag, -conversie en -verbruik. Dit kan nuttig zijn om lokaal overschot van elektriciteit in te zetten. Bij een groter aandeel elektrische auto's kan dit, naast de inzet van waterstof en batterijen, ook op grotere schaal een balancerende rol gaan spelen op het nationale elektriciteitsnet.

4.8.3 Comparatief voordeel Nederland

Nederland loopt voorop in de uitrol van een laadpuntennetwerk met meer dan een half miljoen laadpunten, waarvan 125.000 publiek of semipubliek zijn (NAL, 2023). Dit is relatief veel in vergelijking met rond de 3 miljoen wereldwijde publiekelijk bereikbare laadpalen. Nederland is daarmee koploper in Europa in het aantal laadpunten. Hierdoor hebben bedrijven actief in de Nederlandse markt veel ervaring met de inzet van laadpunten. Met de ongelijke verdeling van laadpunten in Europa, maar ook in de wereld, liggen er kansen voor bedrijven die ervaring hebben opgedaan in een relatief ontwikkelde thuismarkt voor de uitrol in gebieden met een lage concentratie laadpunten (zie Figuur 4.20). Fastned, een Nederlands bedrijf gericht op snelladen, is hier een goed voorbeeld van. Het heeft de ambitie om haar rol in Europa verder uit te breiden tot 1.000 laadstations in 2030. Ook zijn Nederlandse bedrijven goed in de productie van laadpalen. Een voorbeeld is het beursgenoteerde Alfen dat oplaadpunten produceert. Daarnaast kent Nederland belangrijke aanbieders die de afhandeling (backoffice) van laadtransacties verzorgen. Zo ondersteunt Last Mile Solutions 190 aanbieders van meer dan 100.000 laadpunten in 20 landen met het afhandelen van transacties. Daarmee is het bedrijf de grootste backoffice aanbieder van de EU.

²² Slim laden omvat verschillende vormen van elektrisch voertuigladen, zowel uni-directioneel als bi-directioneel, waarbij een 'slim' apparaat de controle heeft over het laadproces. In plaats van gebruik te maken van een handmatige aan-/uitknop, maakt slim laden gebruik van technologische toepassingen zoals slimme EV-laadapplicaties.

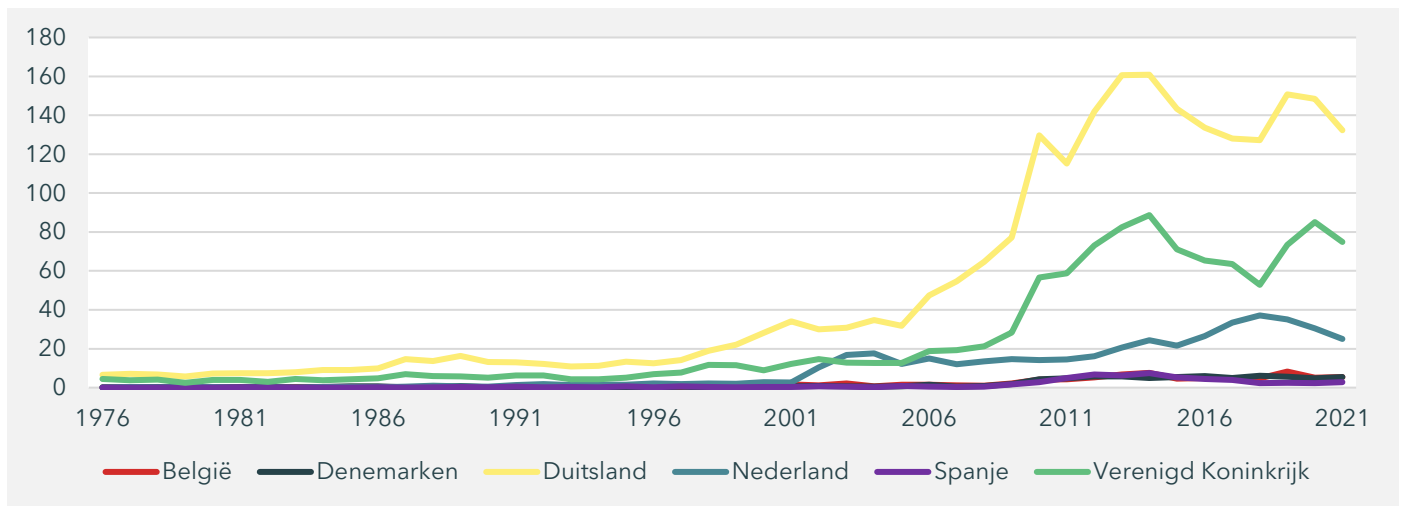
Figuur 4.24 Oost- en Zuid-Europa lopen achter in de uitrol van laadpaleninstallaties



Bron: SEO Economisch Onderzoek (2024), op basis van data van ChargeUp Europe

Mede door deze vroege uitrol van laadpunten heeft Nederland een relatief vroege ontwikkeling in het EV-ecosysteem meegemaakt (Reitsma et al., 2021). Dit is ook te zien in de patentaanvraag met betrekking tot laadpalen over de tijd. De relatieve voorsprong van Nederland begint wel te stagneren ten opzichte van omliggende landen zoals Duitsland en het Verenigd Koninkrijk, zie Figuur 4.21. Ook op innovatiegebied is Nederland een van de koplopers, voornamelijk rondom software en besturingssystemen, die worden gebruikt in laadstations voor EV's.

Figuur 4.25 Toegekende patenten in voor laadpunten gerelateerde technologieën



Bron: WIPO (2023), bewerking door SEO Economisch Onderzoek (2024)

Dit vertaalt zich ook terug in Europees beleid. Zo gaat Nederland een grote rol spelen in een nieuw Europees project genaamd Scale, geleid door ElaadNL, dat de mogelijkheden van autobatterijen voor energieopslag gaat onderzoeken. Daarnaast ligt er ook een binnenlands doel om in 2025 60 procent van alle laadsessies 'slim' te laten zijn (nu is dat nog 5 procent; NAL, 2023). Deze ontwikkelingen worden gedreven door Nederlandse bedrijven. Zo verwachten deelauto-aanbieders Greenwheels en Mywheels in 2025 volledig elektrisch te zijn en anticiperend daarop experimenteren ze met innovatieve laadoplossingen (RVO, 2023). Sinds 2023 heeft Mywheels een pilot in

Utrecht opgezet waar ze in samenwerking met We Drive Solar door middel van bi-directioneel laden lokale opslagsystemen creëert. Het Nederlandse Heliox, marktleider op het gebied van snelle laadsystemen voor zwaardere elektrische voertuigen, werkt samen met Recoy om ook voor deze voertuigen flexibel laden en optimale prijsbepaling mogelijk te maken. De kennis die door deze bedrijven wordt ontwikkeld verstevigt de koppositie van Nederland op het gebied van innovatie binnen de softwarekant van de laadinfrastructuur.

Verder wordt Nederland wereldwijd erkend als voorloper bij de implementatie van open standaarden en interoperabiliteit van systemen. In Nederland ontwikkelde protocollen: het Open Charge Point Protocol (OCPP) en het Open Charge Point Interface (OCPI), faciliteren de informatie-uitwisseling tussen laadpunten onderling en hun leveranciers en afnemers. Deze protocollen zijn inmiddels de wereldwijde marktstandaard aan het worden (Elaad).²³ Zuid-Korea heeft deze standaard verplicht en California subsidieert laadpalen die dit protocol gebruiken (gridX).²⁴ Door de vroege implementatie van dit protocol in Nederlandse laadinfrastructuur, gecombineerd met het eerdergenoemde hoge aantal laadpalen in Nederland, hebben Nederlandse bedrijven relatief veel ervaring met dit type competitieve markt. Deze ervaring kan worden benut in buitenlandse markten.

4.8.4 Verdienkanssen

De internationale verdienkanssen omtrent laadinfrastructuur liggen voornamelijk binnen de faciliterende softwaretak, consultatie en innovatie. Door software rondom slimme oplossingen, zoals dynamische beprijzing en bi-directioneel laden, aan te bieden kunnen Nederlandse bedrijven in het buitenland voor efficiënter energiegebruik zorgen en daarmee het gebruik van fossiele energie verminderen. Daarmee kan ook de binnenlandse werkgelegenheid gestimuleerd worden. Binnen Nederland hadden laadinfrastructuur en Smart Grids (slim laden) van alle Nederlandse EV-clusters de hoogste werkgelegenheids groei met een FTE-groei van 69% tot 1,930 tussen 2017 en 2019 (RVO, 2020). Een goed uitgedachte groeistrategie biedt kansen om Nederland als innovatiecentrum rondom systeemintegratie en laadpalenontwikkeling verder te ontwikkelen en deze werkgelegenheids groei vast te houden.

De Europese elektrische ambitie biedt kansen voor alle bedrijven die actief zijn binnen de laadinfrastructuur. Zoals aangegeven in Figuur 4.20 zijn Oost- en Zuid-Europa, door hun huidige achterstand op de Europese doelstellingen, de grootste potentiële afzetmarkten hierin. Daarnaast zijn er ook afzetmarkten buiten de EU, zoals in de VS.

4.8.5 Externe bedreigingen

Hoewel de internationale kansen voor Nederlandse bedrijven veelbelovend zijn kunnen door onduidelijk of inactief beleid, buitenlandse concurrentie en problemen op het elektriciteitsnet deze kansen worden bedreigd. Zo zorgt een gebrek aan duidelijk fiscaal beleid na 2025 voor onzekerheid in de gehele keten van de Nederlandse elektrische voertuigenmarkt, zo ook in de laadpalensector. De afbouw van de vrijstelling van BPM voor volledig elektrische auto's na 2025 zal mede door het hoge gewicht van elektrische auto's negatief uitpakken op de ontwikkeling van binnenlands elektrisch rijden. Dit zal de binnenlandse vraag naar producten in de elektrische keten drukken. Gezien de hoge prijzen van elektrische personenauto's ten opzichte van benzineauto's zal, om een groot deel van de Nederlandse bevolking te overtuigen om over te stappen, een langere overbruggingsperiode nodig zijn. Zonder het opzetten van alternatieven, en dus onduidelijkheid over het beleid, zal de afbouw van de fiscale voordelen de oude voorsprong van Nederland in de markt rondom laadpalen tenietdoen. Dit zal derhalve de voordelen die een ontwikkelde thuismarkt met zich meebrengt ook doen verminderen.

²³ [A brief history of OCPP, how the open charge point protocol is conquering the world!](#) • Events • ElaadNL 17-01-2024

²⁴ [OCPP - The Open Charge Point Protocol - gridX](#), 17-01-2024

Daarnaast wordt de verspreiding van het open protocol bedreigd door meer gesloten systemen. Naast systemen onder de open charging alliance (OCA), zijn er aanbieders van elektrische laadpalen die vasthouden aan een gesloten protocolnetwerk tussen laadpalen en de backoffice (Greenlots, 2023). Deze partijen proberen vanzelfsprekend hun eigen protocollen te verspreiden om zo hun marktaandeel te vergroten. Dit gaat ten koste van de open markt van het open protocol waarop Nederlandse partijen gewend zijn te opereren. Het behoud en de verdere ontwikkeling van het open protocol OCPP verdient dus aandacht. Ook de snelheid van de toepassing van innovatieve oplossingen als bi-directioneel is afhankelijk van autofabrikanten door de rol van de laadcapaciteit en flexibiliteit van hun autoaccu's. De Nederlandse overheid kan hieraan bijdragen door actief op te treden in de regulerende fora, zoals de Internationale Elektronische Commissie (IEC) op Europees en wereldwijd niveau.

Verder trekt de verwachte groei van de EV-sector conventionele buitenlandse partijen aan. Dit wordt verder versterkt door binnenlands marktbevorderend beleid in het buitenland zoals de Amerikaanse Inflation Reduction Act. Zo opent Tesla zijn laadpalen ook voor andere auto's waarbij het bedrijf substantieel lagere tarieven aanbiedt dan Nederlandse partijen als Fastned. Deze bedrijven hebben grote financiële slagkracht en kunnen daarmee mogelijk de kleinere Nederlandse bedrijven verdringen.

Ook de congestie op het Nederlandse elektriciteitsnetwerk kan de uitrol van EV in de binnenlandse markt verstoren. Dit kan het voordeel van de vroege ontwikkeling van deze markt in Nederland tenietdoen. Aan de andere kant biedt dit ook kansen voor innovatie, door de stimulans voor slimme oplossingen. Hier is het eerdergenoemde slim laden een goed voorbeeld van.

4.8.6 Handelingsperspectief

- Het RVO-instrumentarium, zoals de PSD Toolkit, kan worden ingezet voor het uitvoeren van scoping- en haalbaarheidsstudies. Dit faciliteert niet alleen het identificeren van zakelijke kansen voor Nederlandse ondernemingen, maar helpt ook bij het inzichtelijk maken van lokale wet- en regelgeving omtrent laadinfrastructuur en vergunningen. Dit is van belang, aangezien deze regels sterk kunnen variëren, zowel tussen als binnen landen (bijvoorbeeld in de VS). Door deze voorbereidende stappen kunnen de initiële kosten voor kleine, veelbelovende bedrijven verlaagd worden, waardoor het gemakkelijker wordt om internationaal uit te breiden. Hierbij kan de innovatie-attaché in focuslanden ook een rol spelen (e.g. Oost-Azië).

Box 4.1 Nederlandse bedrijven zijn ook sterk in delen van het elektrisch vervoer

Op het terrein van elektrisch vervoer kent Nederland enkele internationaal opererende spelers. Dit betreft vooral de productie van elektrische bussen, vrachtauto's en fietsen. Daarnaast liggen er mogelijk verdienkansen in de bouw van elektrische schepen.

Bussen

Het industriebedrijf VDL is een van de grootste producenten van elektrische bussen in Europa. In 2022 was zo'n 14 procent van de nieuw in Europa geregistreerde bussen gebouwd door VDL. Deze bussen werden vooral verkocht aan Scandinavische landen en Duitsland. Daarnaast is de kleinere producent van elektrische bussen Ebusco internationaal actief. Dit beursgenoteerde bedrijf heeft een Europees marktaandeel van circa 5 procent. Naar verwachting zal de vraag naar elektrische bussen de komende jaren verder toenemen, wat voor beide bedrijven kansen biedt. Interessant is daarbij dat stadsbussen dagelijks maar een beperkt aantal kilometers rijden. Zo rijdt van de Nederlandse stadsbussen maar 6 procent meer dan 500 km per dag en 40 procent niet meer dan 300km. Dit betekent dat deze sector zich goed leent voor elektrificatie, aangezien dit afstanden zijn die met één acculading te bereiken zijn.

Vrachtauto's

Op het terrein van elektrische vrachtauto's is DAF een internationale speler. In termen van marktaandeel over de totale productie van trucks is DAF met 16 procent ongeveer even groot als Volvo en daarmee iets kleiner dan Mercedes (19 procent). Naar verwachting zal de samenstelling van de Europese vrachtwagenverkoop de komende tien jaar aanzienlijk veranderen. Europese vrachtwagenfabrikanten moeten voldoen aan de CO₂-reductiedoelstellingen van 15 procent (in 2025) en 45 procent in 2030 ten opzichte van de basislijn van 2019-2020. Dit heeft al geleid tot een toename in de productie van elektrische trucks, die zich naar

verwachting voort zal zetten. Daarnaast zal ruwweg de helft van de beperking van uitstoot voortkomen uit verbeteringen in dieseltechnologie (ING 2023). Dit biedt duidelijke verdienkansen, al is de markt concurrerend en is het bovendien de vraag of elektrificatie wel de juiste techniek is. Een alternatief is waterstof dat als voordelen heeft dat het lichter is en minder tijd kost om te tanken, maar waarvoor de aanleg van tankinfrastructuur weer een grotere uitdaging is.

Fietsen en fietsinfrastructuur

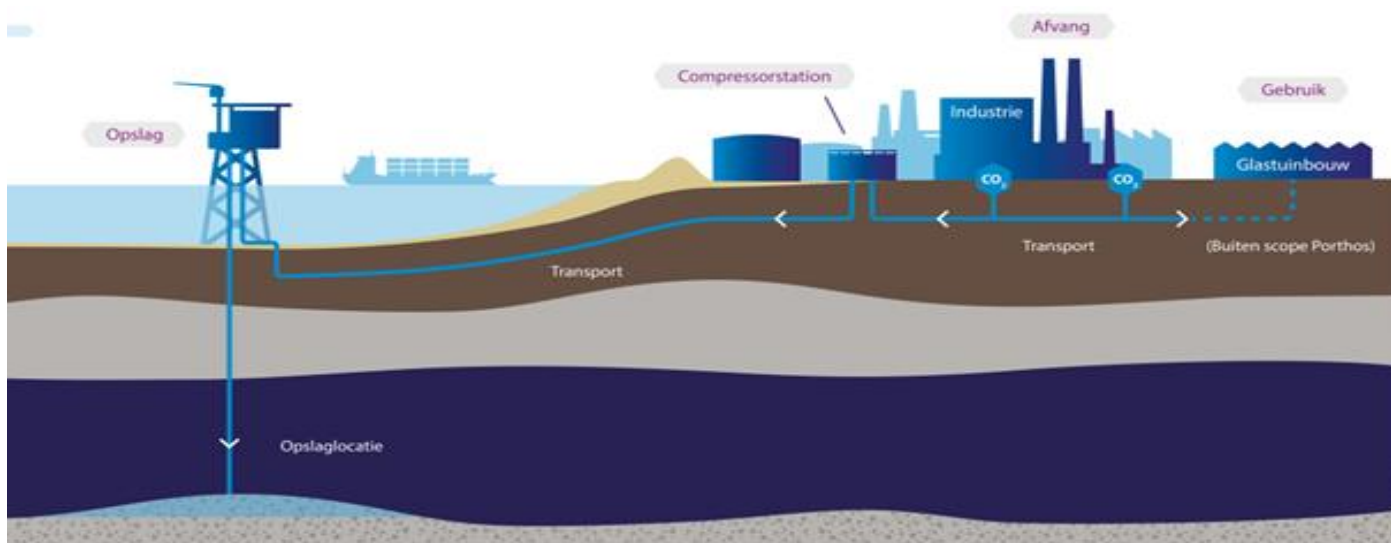
De Nederlandse fietsensector exporteert niet alleen steeds e-bikes, maar biedt ook waardevolle diensten op het terrein van fietsinfrastructuur. Nederland kent twee grote internationaal opererende fietsenbedrijven. De grootste is Pon Holding, dat van oudsher actief is in de autoverkoop. Het bezit onder meer de merken Gazelle, Cervélo en Urban Arrow. Het andere bedrijf is Accell Group, dat bekend is van merken zoals Batavus, Sparta en Koga. In 2020 exporteerde Nederland 1,2 mln. fietsen, waarvan 0,6 mln. e-bikes. Daarmee levert de e-bike een grote bijdrage aan de export. De groei van de uitvoerwaarde steeg tussen 2015 en 2020 met 70 procent tot 1,9 mrd. euro. Naar verwachting zet deze groei zich ook de komende periode voort, gezien de wereldwijd toegenomen aandacht voor de (elektrische) fiets als praktisch vervoermiddel. Naast fietsen zelf leveren Nederlandse bedrijven ook diensten in de vorm van advies, ontwerp en bouw van fietsinfrastructuur. Verschillende ingenieursbureaus zijn internationaal actief op dit terrein, vaak in combinatie met een lokale partner. Onderzoek van Decisio (2022) toont aan dat Nederlandse ingenieurs wereldwijd actief zijn bij de ontwikkeling van fietsinfrastructuur in steden.

4.9 Carbon Capture & Storage/Utilisation (CCS/CCU)

4.9.1 Introductie

Carbon Capture and Storage (CCS), ook wel koolstofafvang en -opslag genoemd, is een technologie die gericht is op het verminderen van de uitstoot van koolstofdioxide (CO₂) en het ondergronds op te slaan. CCS omvat het proces van het afvangen van CO₂-uitstoot van industriële bronnen of energiecentrales, het transporteren van de afgevangen CO₂ naar geschikte opslaglocaties en het veilig opslaan ervan om te voorkomen dat het in de atmosfeer vrijkomt. Figuur 4.23 laat dit proces zien door de pijlen te volgen naar links van industrie naar opslag. Daarnaast is er nog Carbon Capture & Utilisation (CCU), wat verwijst naar een reeks technologieën en processen die zijn ontworpen om CO₂ uit de atmosfeer of industriële emissies af te vangen en te gebruiken in verschillende toepassingen. Dit is in Figuur 4.22 weergegeven door de pijl naar rechts vanuit de industrie. Het doel van CCU is om CO₂-emissies te verminderen en tegelijkertijd waarde te creëren door het gebruik van CO₂ als grondstof voor andere producten en processen, waardoor het broeikasgas in de atmosfeer wordt verminderd en een circulaire koolstofeconomie wordt bevorderd.

Figuur 4.26 Keten van Carbon Capture & Storage/Utilisation (CCS/U)



Bron: Project Porthos

4.9.2 Veranderende vraag

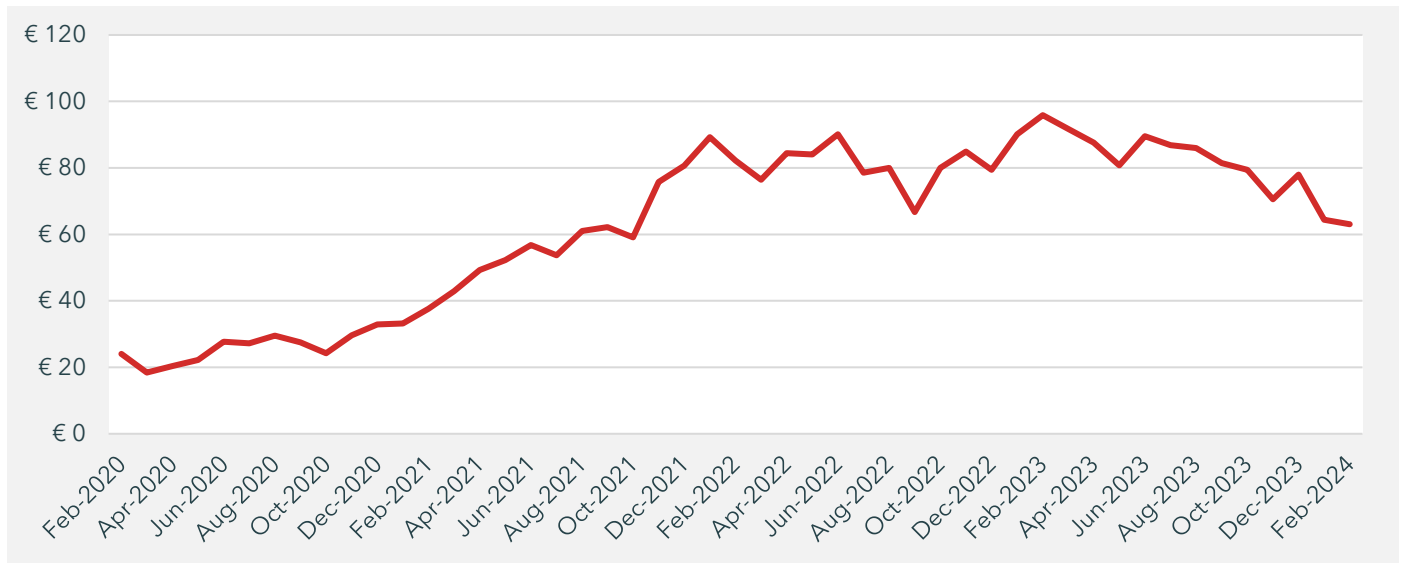
Om klimaatverandering tegen te gaan zal mondiaal meer nodig zijn dan energiebesparing en verduurzaming van de industriesector, de energiesector en de transportsector. Het afvangen en opslaan van CO₂ zal helpen om de netto uitstoot te verminderen. Het afvangen en opslaan van CO₂ is bedoeld voor sectoren waarin het op korte termijn niet praktisch is om het productieproces volledig vrij te maken van CO₂-uitstoot, voornamelijk omdat passende oplossingen momenteel niet direct beschikbaar zijn. Dit is met name van toepassing op energie-intensieve industrieën, zoals de staalproductie, chemie, kunstmestproductie en raffinaderijen. Deze sectoren zijn op korte termijn moeilijk te decarboniseren vanwege hun specifieke processen en hoge energiebehoeften.

De Nederlandse overheid heeft de ambitie om CO₂-neutraal te zijn en heeft diverse maatregelen en stimuleringsregelingen ingevoerd om CCS- en CCU-technologieën te bevorderen, met name via het SDE++ subsidieprogramma. In het Klimaatakkoord is nadrukkelijk gekozen voor CCS als één van de maatregelen voor CO₂-reductie. Het beleidskader benadrukt een combinatie van stimulansen en straffen, zoals subsidies via de SDE++ en een nieuwe CO₂-belasting die de prijs van het EU ETS effectief verhoogt. Het doel is om de vroege implementatie van CCS-technologieën te belonen, specifiek gericht op industriële emissies.

Buiten de grenzen van Nederland heeft de Europese Commissie (EC) met de Green Deal technologieën voor het afvangen en opslaan van CO₂ tot een integraal onderdeel van de inspanningen van de EU gemaakt om tot een klimaatneutrale economie te komen. Zo zijn er bijvoorbeeld richtlijnen opgesteld voor veilig transport en opslag van CO₂ en wordt het gebruik van brandstoffen die zijn geproduceerd uit afgevangen CO₂ bevorderd. De EC heeft in december 2022 een voorstel aangenomen (COM/2022/672) dat innovatieve industriële koolstofverwijderingstechnologieën moet stimuleren, zoals bio-energie met koolstofafvang en -opslag of directe luchtkoolstofafvang en -opslag. Wereldwijd zal, gedreven door de noodzaak om klimaatverandering aan te pakken en de CO₂-uitstoot te verminderen, de vraag naar CCS de komende decennia sterk toenemen. In 2024 wordt verwacht dat er wereldwijd ongeveer 160 megaton nieuwe afvangcapaciteit zal worden ontwikkeld (GEI, 2023). Tegen 2030 zal de geaccumuleerde CO₂-afvangcapaciteit naar schatting meer dan 680 megaton bedragen (Global CCS Institute, 2023). Ter illustratie, in 2021 werd in Nederland zo'n 168 megaton CO₂ uitgestoten, terwijl dat in heel Europa zo'n 3.500 megaton was (CBS, 2024; Eurostat, 2024).

Drijvende krachten achter de verwachte toename van CCS zijn subsidies en financiële instrumenten. Verschillende landen bieden subsidies, belastingvoordelen en andere financiële prikkels om de ontwikkeling en implementatie van CCS-technologieën te stimuleren. Bijvoorbeeld, de Inflation Reduction Act in de VS biedt belastingvoordelen voor CCS, terwijl in Europa combinaties van koolstofprijzen en directe subsidies worden gebruikt (ING, 2024). Figuur 4.23 toont de ontwikkeling van de ETS-prijs voor uitstoten van één ton CO₂ over de laatste vier jaar. Bij een hogere ETS-prijs zal de vraag naar CCS toenemen. Daarnaast zullen technologische vooruitgang en schaalvoordelen naarmate CCS meer en groter wordt toegepast zorgen voor een efficiëntere technologie.

Figuur 4.27 ETS-prijs van één ton CO2-uitstoot tegenwoordig drie à vier keer zo hoog als begin 2020



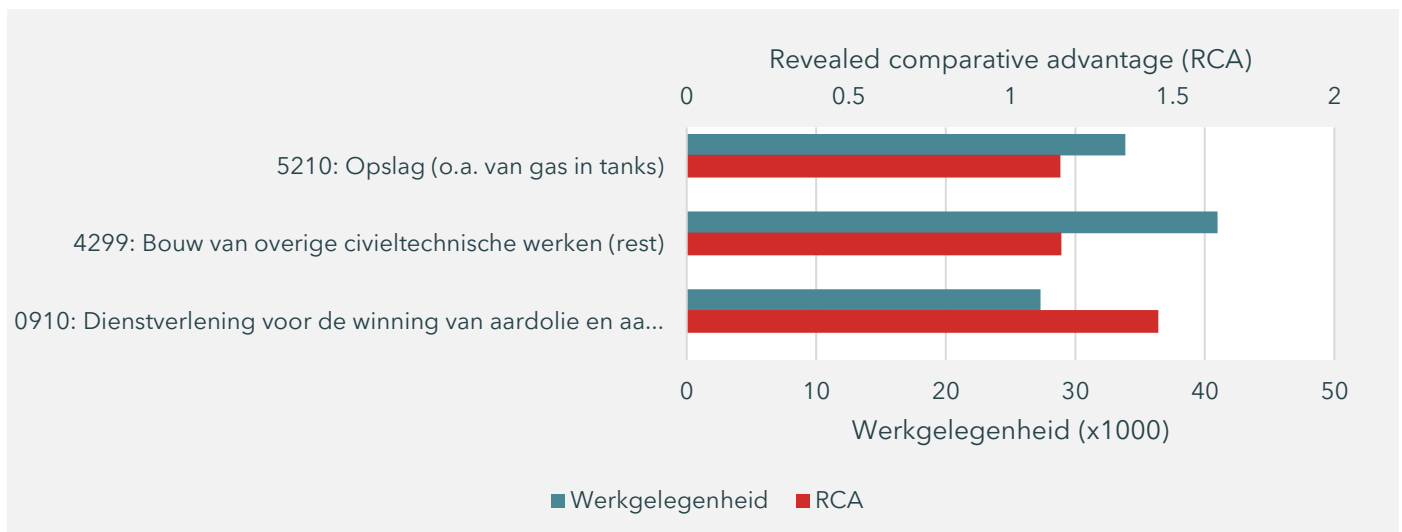
Bron: ICE (2024), bewerking SEO Economisch Onderzoek (2024)

Onzekerheden omtrent de groeiende mondiale vraag naar CCS komen met name voort uit verschillen in en onduidelijkheid over overheidsbeleid en het tempo van de implementatie van regelgeving. Samen met de grilligheid van technologische ontwikkeling en innovatie kan dat de uitrol van CCS-projecten beïnvloeden. Een andere onzekerheidsfactor zit in de beschikbaarheid van geologische opslaglocaties en de publieke acceptie ervan, welke cruciaal zijn voor de opschaling van CCS.

4.9.3 Comparatief voordeel Nederland

Nederland heeft een sterke traditie van expertise op het gebied van olie, gas en infrastructuur, wat Nederland goed positioneert om technologie en infrastructuur te ontwikkelen voor CCS en CCU (zie o.a. Figuur 4.24). Nederland is daarom een goede plek voor pilots (bijvoorbeeld Carbyon, Porthos of Aramis) en ontwikkeling van CCS-technologie. De expertise van Nederland in civieltechnische werken is hierin een pluspunt.

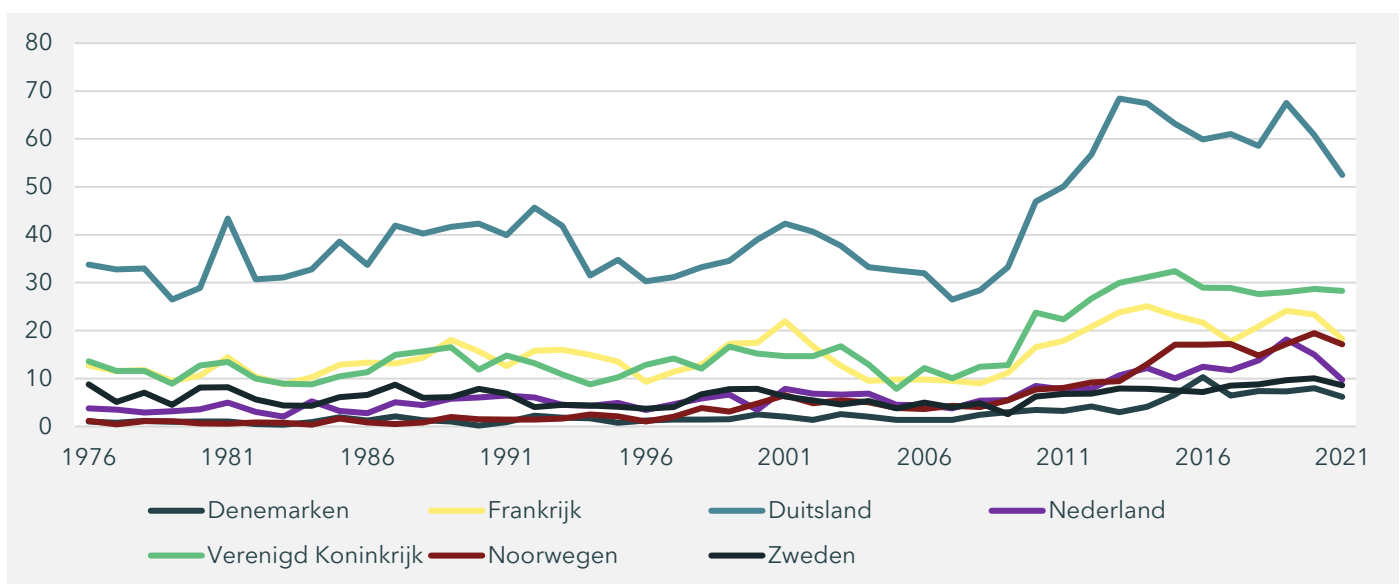
Figuur 4.28 Revealed comparative advantage en werknemers in CCS-relevante sectoren



Bron: SEO Economisch Onderzoek (2024), op basis van geaggregeerde Orbis-data van Bureau Van Dijk (2023).

Binnen Nederland zijn er inmiddels ook enkele CCS-initiatieven. Zo ontwikkelt Porthos een project waarbij CO₂ van de industrie in de Rotterdamse haven wordt getransporteerd en opgeslagen in lege gasvelden onder de Noordzee. De ambitie die de Porthos-bouwers hebben, is om in 15 jaar 37 megaton CO₂ af te vangen (EZK, 2019). Dat komt overeen met 10 procent van de totale uitstoot van de Rotterdamse industrie. In oktober 2023 is de definitieve investeringsbeslissing voor Porthos genomen. In 2024 start de aanleg van de Porthos-infrastructuur en naar verwachting is het systeem operationeel vanaf 2026. Het transport- en opslagproces van CO₂ door Porthos omvat de samenwerking van diverse bedrijven. Deze bedrijven verzorgen zelf het afvangen van CO₂, leveren die vervolgens aan een centrale verzamelleiding, welke door het havengebied van Rotterdam wordt aangelegd. Na ontvangst van de CO₂ wordt deze naar een compressorstation geleid waar de CO₂ onder hoge druk wordt gezet. Vervolgens wordt de CO₂ via een onderzeese pijpleiding naar een offshore-platform ongeveer 20 kilometer van de Nederlandse kust getransporteerd. Eenmaal daar wordt de CO₂ in lege gasvelden gepompt.

Figuur 4.29 Toegekende patenten in voor CCS/CCU-gerelateerde technologieën



Bron: WIPO (2023), bewerking door SEO Economisch Onderzoek (2024)

Figuur 4.25 laat zien dat Nederland zich wat betreft haar kennispositie op het gebied van voor CCS/CCU relevante technologieën heeft ontwikkeld in de afgelopen 15 jaar. Het aantal toegekende patenten per jaar is toegenomen van zo'n 10 patenten per jaar naar ongeveer 20 per jaar. Daarbij moet opgemerkt worden dat landen als Duitsland en het Verenigd Koninkrijk aanzienlijk meer kennis genereren op dit gebied. In Nederland wordt deze kennis onder meer ontwikkeld binnen organisaties zoals TNO, welke technologieën heeft ontwikkeld voor het vastleggen van CO₂, wat in veel andere landen wordt toegepast. Een voorbeeld hiervan is VoltaChem, dat zich onder meer richt op het opschalen en verbeteren van de efficiëntie van elektrolyseprocessen, en de productie van chemische bouwstenen uit hernieuwbare biograndstoffen, CO₂ en water. Naast de opslag van CO₂ richt men zich ook op conversie door middel van CO₂-elektrolyse, een elektrochemische techniek om CO₂ om te zetten in waardevolle chemische bouwstenen zoals mierenzuur, koolmonoxide en ethyleen. Dit opent de deur naar de productie van diverse materialen, inclusief plastics (waarnaar de vraag wereldwijd gezien sterk zal groeien).

Naast project Porthos bestaat het initiatief Aramis, een project dat tot doel heeft een nieuwe infrastructuur te realiseren voor het transport van CO₂ vanaf het vasteland naar offshore-platforms in de Noordzee. Aldaar wordt de CO₂ in lege gasvelden onder de zeebodem opgeslagen. Aramis is een gezamenlijk initiatief van EBN, de Gasunie, Shell en Total. De infrastructuur kan in de toekomst worden uitgebreid om te voorzien in de behoeften van nieuwe CO₂-leveranciers (industrieën die CO₂ afvangen) en om meer lege gasvelden op zee te benutten.

Een ander interessante organisatie betreft OCAP, dat ongeveer 0,3 megaton pure CO₂ aan glastuinbouwgebieden in Westland, Lansingerland, Delfgauw en Wilgenlei levert. Deze CO₂ helpt tuinders om jaarlijks veel aardgas te besparen, waardoor de CO₂-uitstoot met 0,2 megaton per jaar wordt verminderd. Normaal gesproken zouden ze dit gas in de zomer verbranden om extra CO₂ in hun kassen te genereren, wat de gewasgroei bevordert. De totale behoefte aan koolstofdioxide in de Nederlandse glastuinbouwsector bedraagt ongeveer 2 megaton per jaar. De NPM (Nederlandse Pijpleiding Maatschappij) verzorgt het hoofdtransport en de opslag van CO₂ onder een druk van 16 tot 22 bar, waarbij een oude 83 kilometer lange oliepijpleiding tussen Rotterdam en Amsterdam wordt gebruikt. Kleinschalige CO₂-netwerken leveren CO₂ aan individuele tuinders, en het beheer en onderhoud van deze leidingen wordt uitgevoerd door Pipeline Control in Papendrecht. Bovendien heeft OCAP CO₂ Transport B.V. opgericht, dat betrokken is bij plannen voor de ondergrondse opslag van CO₂ in Barendrecht.

Het CATO-programma (CO₂ Afvang, Transport en Opslag) is een Nederlands initiatief gericht op de ontwikkeling en implementatie van CCS-technologieën. Het programma omvat onderzoek en ontwikkeling, samenwerking tussen overheid, industrie en onderzoeksinstituten, demonstratieprojecten om de haalbaarheid van CCS te testen, en kennisdeling op nationaal en internationaal niveau. Door zich te richten op de afvang, het transport en een veilige opslag van CO₂, draagt het CATO-programma bij aan de Nederlandse inspanningen om de uitstoot van broeikasgassen te verminderen, met name in sectoren waar het moeilijk is emissies op andere manieren te verminderen.

Het Nederlandse bedrijf Yara Sluiskil (een grote producent van meststoffen) heeft plannen om haar CO₂-uitstoot tegen 2030 met 1,5 megaton te verminderen. Naast CO₂-reductie richt Yara zich op CCS dat in 2025 actief zal worden toegepast. Dit betekent dat dit ook het eerste grensoverschrijdende CCS-project in Europa zou zijn. Het bedrijf werkt samen met de overheid aan maatwerkafspraken om deze plannen te realiseren en bij te dragen aan een gezonde en veilige leefomgeving.

Buiten Nederland heeft Noorwegen als enige land in Europa al twintig jaar ervaring met de afvang en opslag van CO₂ in lege gasvelden onder de zeebodem. Daarnaast voeren landen als het Verenigd Koninkrijk, Canada en de Verenigde Staten actief beleid uit en doen investeringen ter ondersteuning van CCS-projecten, met de nadruk op het verminderen van emissies uit industriële processen. Buiten Nederland is er onder meer CO₂ Geonet, een Europees netwerk van onderzoeksinstituten en universiteiten dat zich toelegt op de ontwikkeling van kennis en technologieën voor het afvangen, transporteren en opslaan van CO₂ (CCS). Daarnaast is het Zero Emissions Platform (ZEP) een Europese alliantie van bedrijven en organisaties die zich inzetten voor de versnelde ontwikkeling en implementatie van CCS en koolstofarme technologieën. ZEP fungeert als een adviserend orgaan voor de Europese Commissie, biedt beleidsadviezen om een gunstig investeringsklimaat te creëren en bevordert kennisdeling om de acceptatie van CCS te vergroten als een cruciaal element in de overgang naar een koolstofarme economie.

Noorwegen in het bijzonder is interessant door de Noorse overheid welke een sterke betrokkenheid heeft getoond bij het bevorderen en ondersteunen van CCS-projecten. Mede als gevolg daarvan is bijvoorbeeld het Noorse energiebedrijf Equinor (voorheen bekend als Statoil) betrokken bij de bevordering van CCS-technologieën en -projecten. Zo leidt het bijvoorbeeld samen met Shell en Total het consortium Northern Lights, dat is gericht op de ontwikkeling van CCS-infrastructuur in Noorwegen. Het Northern Lights-project wil CO₂ afvangen van industriële bronnen en opslaan in de Noordzee.

4.9.4 Belangrijkste (verdien)kansen

Uit bureauonderzoek en interviews uit deze studie komt naar voren dat CCS en CCU een wereldwijde substantiële groeimarkt gaat worden. Het is een groeimarkt omdat het noodzakelijk gaat zijn om klimaatverandering te remmen. Er moet actief CO₂ uit de lucht gehaald gaan worden om doelstellingen te realiseren. Verdienkansen op het terrein van CCS/CCU hangen vooral samen met de kosten van CO₂-uitstoot, zoals die binnen het Europese ETS tot stand komen. Als die hoog genoeg zijn kan CO₂-afvang mogelijk zelfs winstgevend zijn. Daarnaast kan de CO₂ worden verkocht aan bedrijven die dit als grondstof gebruiken. Voorbeelden zijn de glastuinbouw, de bier- en frisdranksector en op termijn ook de producenten van synthetische CO₂-houdende brandstoffen. Zo vereist synthetische kerosine zowel waterstof als CO₂.

Het afvangen en opslaan van CO₂ kost, afhankelijk van de gebruikte technologie, veel energie en is daarmee kostenintensief. Er zijn echter verschillende methoden voor CO₂-afvang, die kunnen worden toegepast op verschillende bronnen van CO₂-uitstoot, zoals energiecentrales, industriële processen en zelfs directe luchtafvang. De kosten variëren per methode, waarvan de belangrijkste zijn:

- **Post-combustionafvang:** Deze methode wordt toegepast nadat de fossiele brandstof is verbrand. Het rookgas dat CO₂ bevat, wordt door een oplosmiddel geleid dat reageert met CO₂ en het absorbeert. Vervolgens wordt het oplosmiddel gescheiden van het CO₂ en kan het oplosmiddel opnieuw worden gebruikt.
- **Pre-combustionafvang:** In dit geval wordt de brandstof eerst omgezet in een gas dat voornamelijk bestaat uit waterstof en koolmonoxide, ook bekend als syngas. Dit gas wordt vervolgens behandeld om CO₂ af te vangen voordat het wordt verbrand. Waterstof kan dan worden gebruikt als brandstof, en de CO₂ wordt afgevangen voordat het in de atmosfeer terechtkomt.
- **Oxyfuel-verbranding:** Bij oxyfuel-verbranding wordt de brandstof verbrand in zuurstofrijke omstandigheden in plaats van lucht. Dit resulteert in een gas dat voornamelijk uit waterdamp en CO₂ bestaat. De waterdamp kan worden gecondenseerd, waardoor een bijna pure stroom CO₂ overblijft die kan worden afgevangen.
- **Directe luchtafvang:** Deze methode omvat het afvangen van CO₂ direct uit de omgevingslucht. Hoewel dit technisch uitdagend is vanwege de relatief lage concentratie van CO₂ in de atmosfeer, worden er verschillende technologieën onderzocht om dit te realiseren. [Inkorten]??

Door de sterke traditie en expertise op het gebied van olie- en gasinfrastructuur is Nederland uitzonderlijk goed gepositioneerd om voorop te lopen in de ontwikkeling en implementatie van technologieën en infrastructuur voor CCS en CCU. Deze sectoren profiteren van reeds aanwezige expertise en kennis in vergelijkbare domeinen, waardoor Nederland een goede plek vormt voor innovatieve pilots en projecten zoals Carbyon, Porthos of Aramis. Door dit soort pilotprojecten worden technologische kennis en expertise verder ontwikkeld. Het succes van bijvoorbeeld project Porthos dient daarnaast als bewijs van concept voor andere mondiale CCS-projecten. De expertise van Nederland in civieltechnische projecten en werken ondersteunt de leidende positie. Hieruit volgt dat de export van kennis, expertise, technologie en apparatuur niet alleen een significant potentieel biedt voor de verdere groei en ontwikkeling van Nederlandse bedrijven en organisaties, maar ook een unieke kans creëert om mondiaal een voortrekkersrol te spelen in de transitie naar een duurzamere toekomst. Dit biedt Nederland een unieke positie op het wereldtoneel, waarbij het land zijn technologische voorsprong en innovatieve oplossingen lokaal kan ontwikkelen en tegelijkertijd internationaal kan inzetten.

4.9.5 Externe bedreigingen

Ondanks de voordelen zijn er ook uitdagingen. Op de korte termijn spelen met name de hoge kosten van CO₂-afvang en -opslag een rol. Daarbij speelt ook de noodzaak om geschikte opslaglocaties te vinden en de publieke acceptatie van de technologie te bevorderen. Het weglekken van CO₂ uit ondergrondse velden wordt weleens aangehaald als mogelijk risico, echter door de hoge druk (en lagere druk in de directe omgeving van een

ondergronds veld) is de kans op weglekken beperkt. De hoge energiebehoefte van CCS zou gezien de reeds hoge vraag naar energie vanuit andere sectoren mogelijk een belemmering kunnen vormen. Voor wat betreft het gebruik (CCU) van CO₂ geldt dat de CO₂-behoefte van bijvoorbeeld de glastuinbouw beperkt is. Bovendien wordt de vastlegging van CO₂ maar voor een korte periode gerealiseerd: de CO₂ die tijdens de groei wordt opgenomen door groente of fruit komt na consumptie weer vrij via ademhaling. Het positieve effect op het klimaat is daarom beperkt, en de enige merkbare uitkomst is een toename van de productie in de kas.

Fluctuaties in en onzekerheid over toekomstige CO₂*prijzen kunnen van invloed zijn op de economische levensvatbaarheid en investeringsbereidheid van de industrie in CCS-projecten. Het Emission Trading System (ETS) van de EU kan de kosten van CCS-projecten helpen te verminderen, omdat de verkoop van emissierechten extra inkomsten genereert. De EU ETS-prijs die is vastgesteld voor 2023 bedraagt euro 73,27 per ton uitgestoten CO₂ (NEA, 2023), en zal naar verwachting richting 2030 verdubbelen. Het zal met andere woorden twee keer zo duur worden om een ton CO₂ uit te stoten en twee keer zoveel opleveren om een ton CO₂ af te vangen. Dit maakt dat CCS financieel aantrekkelijker wordt voor bedrijven en op termijn mogelijk zelfs zonder subsidie rendabel kan worden. De kosten van het afvangen van een ton CO₂ variëren momenteel - afhankelijk van de gekozen technologie - tussen de 10 euro en de 100 euro. De toekomstige vastgestelde EU ETS-prijzen en de kosten voor afvang blijven echter nog onzeker, wat een remmend effect heeft op investeringen in CCS.

4.9.6 Handelingsperspectief

Handelingsperspectief

- Voor verdere ontwikkeling van de sector is de coördinatie rond opslag in lege gasvelden in de Noordzee van belang. Verschillende landen beschikken over lege velden en kunnen gezamenlijk profiteren van de infrastructuur die nodig is om daar CO₂ in op te slaan. Hierbij is ook een rol weggelegd voor de Nederlandse overheid.
- De Nederlandse partijen die hebben meegedaan aan de verschillende pilots met CCS, kunnen deze kennis gebruiken voor CCS-projecten elders. Daarbij gaat het om technologieën voor het afvangen van CO₂, logistieke processen voor transport en opslag, kennis over het aanpassen en beheren van pijpleidingen en het ontwerpen, implementeren en beheren van CCS-projecten. Potentiële exportlanden zijn onder meer landen met een sterke industriële basis en de behoefte aan CCS-technologieën, zoals Duitsland, het Verenigd Koninkrijk en landen in Scandinavië. Interessante landen buiten de EU zijn Canada, de VS, Australië en Japan, waar ook veel aandacht en middelen beschikbaar zijn voor CCS.

5 Bijdrage onderzoek en vervolganalyses

Bijdrage van het onderzoek

In dit rapport is verkend waar de internationale verdienkansen voor het Nederlandse bedrijfsleven liggen in de energietransitie. Het doel van deze inzichten is om het ministerie van BZ handvatten te bieden voor een gerichte inzet van het handelsinstrumentarium. Het instrumentarium is namelijk specifiek beleid: er is altijd een thematische afbakening en een geografische afbakening. Een effectieve invulling van beleid vraagt om een beeld van welke kansen het meest waardevol zijn om op in te zetten.

Het overzicht van verdienkansen geeft een goed beeld op hoofdlijnen om beleidskeuzes op te baseren. De kansen zijn onderbouwd met een combinatie van interviews, data en bureauonderzoek, wat vervolgens is gevalideerd en verrijkt in sessies met experts. Het resultaat sluit goed aan op trends die gesignaleerd worden in andere beleidsrelevante rapporten en biedt verdieping op de geselecteerde thema's.

De bevindingen moeten echter wel voorzichtig worden geïnterpreteerd vanwege twee hoofdredenen. Ten eerste betreft het een verkenning. Om een breed beeld te kunnen geven blijft de diepgang per definitie gelimiteerd. Ten tweede is de verkenning toekomstgericht en de toekomst is onzeker. Het gaat namelijk over *kansen* binnen een *transitie*. Het identificeren van kansen in de toekomst gaat met meer onzekerheid gepaard dan onderzoeken welke verdienmogelijkheden al zijn verzilverd. Een aanvullende complicatie is dat de energietransitie een omslag is die in grote mate nog moet plaatsvinden waardoor het nog niet duidelijk is welke technologieën of afzetmarkten groot zullen worden.

Opties voor vervolgonderzoek

Wij zien vier kansrijke opties voor verdiepend vervolgonderzoek om keuzes in het handelsbeleid verder te informeren:

- **Gerichte landenverkenning bij themaselectie:** in dit onderzoek zijn de landen die passen bij een kansrijk thema binnen de energietransitie enkel oppervlakkig bestudeerd. De reden is dat het selecteren van het juiste land binnen een thema sterk afhangt van de samenstelling van bedrijven waar het beleid op is gericht. Ter illustratie, de handel in waterstof (mondiaal) vraagt om een andere aanpak dan de integratie van waterstof (regionaal). Onze aanbeveling is om bij de themaselectie een gerichte verkenning uit te voeren van kansrijke landen;
- **Samenwerkingsmogelijkheden identificeren:** er wordt bij kennisinstellingen en bedrijven veel samengewerkt tussen Europese landen in clusters met een specifieke expertise. Deze samenwerkingsverbanden zijn bijvoorbeeld terug te zien in consortia bij grote subsidieprogramma's, zoals Horizon Europe, IPCEI of het Groeifonds. Een optie is om deze samenwerking op technologiegebieden als aanknopingspunt te nemen om in verschillende landensamenstellingen gezamenlijk op te trekken in het handelsbeleid. Er is verder onderzoek nodig om deze samenwerkingsverbanden te identificeren;
- **Monitoring van de vraagontwikkeling:** dit rapport laat zien dat de vraag erg belangrijk is in het identificeren van verdienkansen en deze vraag sterk afhangt van beleidskeuzes in andere landen. Normen, beprijzen en subsidiëren zijn bepalende factoren in de mate waarin een technologie of afzetmarkt zich ontwikkelt. De veranderingen in de vraagontwikkeling worden al periodiek in kaart gebracht door toonaangevende instellingen, zoals het Internationaal Energieagentschap. Het onderscheiden van verdienkansen in de toekomst vraagt om het blijvend monitoren van deze publicaties om het beeld uit dit onderzoek te actualiseren;
- **Benchmarking aan de aanbodkant:** de *revealed comparative advantage*-analyse in dit rapport geeft een helder inzicht van de concurrentiepositie van de Nederlandse sector in internationaal perspectief op de geselecteerde technologiegebieden. Binnen een technologiegebied zijn er echter nog diverse deelterreinen waar het Nederlandse bedrijfsleven een goede of minder goede positie op heeft. Zo heeft Nederland

bijvoorbeeld bij zonnepanelen een sterke kennispositie op het verhogen van het vermogen per oppervlakte-eenheid, maar geen sterke positie op het goedkoop produceren van zonnepanelen. Om de juiste kansen te selecteren, is het waardevol om het Nederlandse bedrijfsleven aanvullend te benchmarken op deelreinen.

Bijlage A SDG-analyse

De *Sustainable Development Goals* zijn onderdeel van de verdienkansen. De bijdrage aan de relevante SDG's is kwalitatief beoordeeld. De relevante SDG's zijn uitgedrukt in toetsbare maatstaven, ontleend aan de indicatorenset van het CBS. Tabel A.1 gaat in op de SDG-bijdrage in Nederland en Tabel A.2 gaat in op de bijdrage voor het mondiale zuiden. De tabellen maken duidelijk dat alle verdienkansen in Nederland een positieve bijdrage leveren aan een brede welvaart, maar in het mondiale zuiden vooral wind op zee en waterstof een belangrijke bijdrage kunnen leveren. Beide thema's leveren namelijk werkgelegenheid op en vergroten de opwekking van duurzame energie.

Tabel A.1 SDG verdienkansen van kansrijke Nederlandse sectoren voor Nederland

Relevante SDG's en indicatoren	Offshore wind	Waterstof (hub)	Waterstof (integrale)	Laadinfra	Specialistische zonnepanelen	Batterijen	Biobrandstof	CC(U)S
SDG7: Betaalbare en duurzame energie								
Toename van investeringen in hernieuwbare energie en energiebesparing	++	+	++	+	+	+	++	+/-
Groei van de werkgelegenheid in de duurzame energiesector	+	+	+	+	++	++	+	+/-
Afname van de afhankelijkheid van energie-invoer	++	++	+	+/-	+	+/-	-	+/-
Toename van het geïnstalleerde vermogen in hernieuwbare energie	++	++	+	+/-	+	+/-	+/-	+/-
Daling van de invoer van fossiele brandstoffen	++	++	++	+/-	+	+/-	+	+/-
SDG9: Industrie, innovatie en infrastructuur								
Toename technische innoverende bedrijven	+	+	++	+	+	+	+	+
Toename Fysieke en Kenniskapitaal kapitaalgoederenvoorraad	++	++	+	+	+	+	+	+
Toename in octrooien en uitgave in R&D	+	+	++	+	++	++	+	+
SDG13: Klimaatactie								
Reductie broeikasgasemissies en broeikasgasintensiteit van de economie	++	++	++	+	++	+	+	++
Reductie CO2-emissies ETS sectoren	++	++	+	+	++	+	+	++

Bron: SEO Economisch Onderzoek (2023), gebaseerd op CBS <https://www.cbs.nl/nl-nl/dossier/dossier-brede-welvaart-en-de-sustainable-development-goals/monitor-brede-welvaart-sustainable-development-goals-2022/sdg-s/sdg-s>

Tabel A.2 SDG-verdienkansen van kansrijke Nederlandse sectoren voor Global South

Relevante SDG's en indicatoren	Offshore wind	Waterstof (hub)	Waterstof (integrale)	Laadinfra	Specialistische zonnepanelen	Batterijen	Biobrandstof	CC(U)S
SDG7: Betaalbare en duurzame energie								
Toename van investeringen in hernieuwbare energie en energiebesparing	++	++	+	+	+/-	++	++	+/-
Groei van de werkgelegenheid in de duurzame energiesector	++	++	+/-	+/-	+/-	++	++	+/-
Afname van de afhankelijkheid van energie-invoer	++	++	+	+/-	+/-	+	+	+/-
Toename van het geïnstalleerde vermogen in hernieuwbare energie	++	++	+	+/-	+/-	+/-	+	+/-
Daling van de invoer van fossiele brandstoffen	++	++	+	+/-	+/-	+	+	+/-
Toename van investeringen in weg- en waterbouw	+	++	+/-	+	+/-	+/-	+	+/-
SDG 8: Waardig werk en economische groei								
Toename in mediaan inkomen, bruto binnenlands product en werkgelegenheid	+	+	+/-	+/-	+/-	+	+	+
Toename in exportdiversificatie en weerbaarheid tegen mondiale economische schokken	+	+	+/-	+/-	+/-	+	+	+
SDG9: Industrie, innovatie en infrastructuur								
Toename technische innoverende bedrijven	+/-	++	+/-	+	+/-	+	+	+
Toename fysiek en kenniskapitaal kapitaalgoederenvoorraad	+	+	+/-	+	+/-	+	+	+
Toename in octrooien en uitgave in R&D	+/-	+	+	+/-	+/-	+/-	+/-	+
SDG13: Klimaatactie								
Reductie broeikasgasemissies en broeikasgasintensiteit van de economie	++	++	+	+/-	+/-	+/-	+	++
SDG17: Partnership om doelstellingen te halen (diplomatie)								
	++	++	+/-	+/-	+/-	+	++	+/-

Bron: SEO Economisch Onderzoek (2023), gebaseerd op CBS <https://www.cbs.nl/nl-nl/dossier/dossier-brede-welvaart-en-de-sustainable-development-goals/monitor-brede-welvaart-sustainable-development-goals-2022/sdg-s/sdg-s>

Bijlage B Lijst met gesprekspartners

Itske Lulof	Invest International
Jacob van Gent	Invest International
Paul J. Verbraak	Ministerie economische zaken en klimaat
Robert Poelhekke	NABU
Nancy Kabalt-Groot	FET
Martijn Broekhof	VNCI
Marco Waas & Martijn Broekhof)	VNCI
Rob Kreiter	TKI Energie & Industrie
Jacqueline Vaessen	Topsector Chemie
Niels Back	Federatie Metaal en Elektrotechniek
Marc Hendrikse	Topsectoren Hightech systemen & materialen
Chiel Bakker	VEMW
Annemarie van Doorn	Dutch Green Building Council (DGBC)
Martin Mooij	Dutch Green Building Council (DGBC)
Mark Driessen	Porthos
Lucas de Graaf	Porthos
Pieter Looijestijn	Ministerie I&W
Claire Graafland	RVO
Bert van der Lingen	NWEA
Jörg Gigler	TKI Nieuw Gas (onderdeel van topsector Energie)
Jogchum Bruinsma	Nedstack
Mattijs Slee	Battolysersystems
Martijn Coopman Wilco van der Lans	Port of Rotterdam
Arij van Berkel	Lux Research
Robert Poelhekke	NABU
Jogchum Bruinsma	Nedstack
Lennart van der Burg	TNO
Peter Lucas	TU Delft H2 platform
Jorg Gigler	TKI Hydrogen
Tessa Hermens-van Ruremonde	NVDE
Baerte de Brey	Elaad
Gert Jan Kramer	UU
Spike Castelein	RVO
Kenneth Colijn	RVO
Brennus van Os van den Abeelen	NWEA
Machteveld van den Broek	TU Delft
John Bouterse	Platform Bio-Energie
Muggen	TBG Bioliquids
Robin Post van der Burg	TorrGas
Wouter Zijlmans	Nordsol
Loes Knotter	Platform hernieuwbare brandstoffen
Rob Vierhout	Alcoa
Bert Annevelink	WUR
Volter Elbersen	WUR
Marcel Raats	RVO
Bert Tieben	PBL
Schilt	TNO
Kronemeijer	TNO
Gerard de Leede	Solarge
Bram	EZK
Jasmijn Snippe	CERF
Filip Neele	TNO
Carola Baller	VNO / NCW
Frits de Groot	VNO / NCW

Referenties

Global Energy Initiative (2023). *CCS projects outlook in 2024*.

<https://globalenergyinfrastructure.com/articles/2023/december/ccs-projects-outlook-in-2024/>.

ING (2024). *CCS growth is set to build as market struggles to kick off*. <https://think.ing.com/articles/continued-growth-in-ccs-but-market-struggles-to-kick-off>.

IRENA (2022). *Global hydrogen trade to meet the 1.5 C climate goal*.

Ministerie van EZK (2019). *Rotterdam CCUS Project Porthos*. Den Haag: Ministerie van EZK.

Europese Commissie (2022). *Proposal for a regulation of REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL establishing a Union certification framework for carbon removals*. COM (2022) 672.

Global CCS Institute (2023). *The Global Status of CCS: 2023*. Australia.

Anwar, Shams, Faisal Khan, Yahui Zhang, en Abdoulaye Djire. 'Recent Development in Electrocatalysts for Hydrogen Production through Water Electrolysis'. *International Journal of Hydrogen Energy* 46, nr. 63 (september 2021): 32284-317. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.06.191>.

Borsboom-Hanson, Tory, Shashank Reddy Patlolla, Omar E. Herrera, en Walter Mérida. 'Point-to-Point Transportation: The Economics of Hydrogen Export'. *International Journal of Hydrogen Energy* 47, nr. 74 (augustus 2022): 31541-50. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.07.093>.

CE Delft (2021). *Werk door Investerings in Groene Waterstof*. Verkregen via: https://ce.nl/wp-content/uploads/2021/04/CE_Delft_200427_Werk_door_groene_waterstof_investerings_DEF.pdf.

Duurzaam Gebouwd (2022). *Wanneer is waterstof de beste oplossing in de gebouwde omgeving?* Verkregen via: <https://www.duurzaamgebouwd.nl/artikel/20220901-wanneer-is-waterstof-de-beste-oplossing-in-de-gebouwde-omgeving>.

Europese Commissie (2021). *Renewable hydrogen: what are the benefits for the EU?* Verkregen via: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20210512STO04004/renewable-hydrogen-what-are-the-benefits-for-the-eu#:~:text=According%20to%20research%2C%20renewable%20energies%20could%20supply%20a,global%20warming%20compared%20to%20a%20fossil%20fuel%20economy>.

ENTEC (2022). *The role of renewable H₂ import & storage to scale up the EU deployment of renewable H₂*.

El Haj Assad, Mamdouh, Ali Khosravi, Mohammad Malekan, Marc A. Rosen, en Mohammad Alhuyi Nazari. 'Energy Storage'. In *Design and Performance Optimization of Renewable Energy Systems*, 205-19. Elsevier, 2021. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821602-6.00016-X>.

Giddey, S., S. P. S. Badwal, C. Munnings, en M. Dolan. 'Ammonia as a Renewable Energy Transportation Media'. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering* 5, nr. 11 (6 november 2017): 10231-39. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.7b02219>.

- IEA (2023), Global Hydrogen Review 2023, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2023>,
Licence: CC BY 4.0.
- IEA (2023b). Energy Technology Perspectives 2023. Verkregen via:
<https://iea.blob.core.windows.net/assets/d1ec36e9-fb41-466b-b265-45b0e7a4af36/EnergyTechnologyPerspectives2023.pdf>.
- Fluor (2022), Large-scale Industrial Ammonia Cracking Plant. A pre-feasibility study.
- IRENA (2023). The Global Energy perspective. Verkregen via: <https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/global-energy-perspective-2023-hydrogen-outlook>.
- IRENA (2022). Global Hydrogen Trade to Meet the 1.5°C Climate Goal Part I Trade Outlook For 2050 and Way Forward. Verkregen via:
<https://nationaalwaterstofprogramma.nl/documenten/handlerdownloadfiles.ashx?idnv=2264785>.
- IRENA (2020), Renewable Energy Prospects: South Africa. Verkregen via:
<https://www.irena.org/publications/2020/Jun/Renewable-Energy-Prospects-South-Africa>.
- Kumar, S., en V. Himabindu. 'Hydrogen Production by PEM Water Electrolysis - A Review'. *Materials Science for Energy Technologies* 2, nr. 3 (december 2019): 442-54. <https://doi.org/10.1016/j.mset.2019.03.002>.
- Makhloufi, Camel, en Nouaamane Kezibri. 'Large-Scale Decomposition of Green Ammonia for Pure Hydrogen Production'. *International Journal of Hydrogen Energy* 46, nr. 70 (oktober 2021): 34777-87.
<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.07.188>.
- Netbeheer Nederland. Waterstof als onderdeel van het toekomstig energiesysteem: nu investeren in onderzoek. Geraadpleegd via: <https://www.netbehernederland.nl/dossiers/waterstof-56>
- Timmerberg, Sebastian, en Martin Kaltschmitt. 'Hydrogen from Renewables: Supply from North Africa to Central Europe as Blend in Existing Pipelines - Potentials and Costs'. *Applied Energy* 237 (maart 2019): 795-809.
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.01.030>.
- TNO (2022) 'Ontwikkeling productiekosten klimaatvriendelijke waterstof'. Verkregen via
https://www.eerstekamer.nl/overig/20221122/tno_rapport_ontwikkeling/document.
- Wang, Anthony, Kees van der Leun, Daan Peters en Maud Buseman (2020). 'European Hydrogen Backbone. Verkregen via: <https://www.gasunie.nl/nieuws/gasinfrastructuurbedrijven-presenteren-plan-voor-europese-waterstofbackbone>
- Yusaf, Talal, Abu Shadate Faisal Mahamude, Kumaran Kadirgama, Devarajan Ramasamy, Kaniz Farhana, Hayder A. Dhahad, en Abd Rahim Abu Talib. 'Sustainable Hydrogen Energy in Aviation - A Narrative Review'. *International Journal of Hydrogen Energy* 52 (januari 2024): 1026-45.
<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.02.086>.
- Zhang, Tongtong, Joao Uratani, Yixuan Huang, Lejin Xu, Steve Griffiths, en Yulong Ding. 'Hydrogen Liquefaction and Storage: Recent Progress and Perspectives'. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 176 (april 2023): 113204. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113204>.

- AFRY (2020, 5 maart). The business case and supporting interventions for Dutch offshore wind. Verkregen via <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/publicaties/2020/03/05/the-business-case-and-supporting-interventions-for-dutch-offshore-wind>.
- CBS StatLine (n.d.). Windenergie op land; productie en capaciteit per provincie. Verkregen via <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/70960ned/table?dl=99D32>.
- Europees Parlement (2022, 26 januari). Future of Europe: Europeans see climate change as top challenge for the EU. *Press Releases*. Verkregen via <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20220119IPR21314/future-of-europe-europeans-see-climate-change-as-top-challenge-for-the-eu>.
- Gerlagh, R., & Vollebergh, H. (2023, 26 januari). De energiecrisis versnelt de energietransitie. *Economische Statistische Berichten (ESB)*, 108(4817), 32-35.
- IEA (n.d.-a). Renewable annual net capacity additions by technology, main and accelerated cases, 2015-2027. *Renewables 2022*. Retrieved from <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/renewable-annual-net-capacity-additions-by-technology-main-and-accelerated-cases-2015-2027>.
- IEA (n.d.-b). Tracking Wind Electricity: Country and regional highlights. *Wind*. Retrieved from <https://www.iea.org/energy-system/renewables/wind#tracking>.
- IEA (2019, november). Offshore Wind Outlook 2019. Verkregen via <https://www.iea.org/reports/offshore-wind-outlook-2019>.
- IEA (2023, juni). Renewable Energy Market Update - June 2023. Verkregen via <https://www.iea.org/reports/renewable-energy-market-update-june-2023>.
- Martínez-Gordón, R. Gusatu, L., Morales-España, G., Sijm, J., & Faaij, A. (2022). Benefits of an integrated power and hydrogen offshore grid in a net-zero North Sea energy system. *Advances in Applied Energy*, 7(7), 1-42.
- Ministerie van EZK (2022, 10 juni). Planning windenergie op zee 2030 gereed. Verkregen via <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2022/06/10/planning-windenergie-op-zee-2030-gereed>.
- RVO (2022, november). Dutch Offshore Wind Innovation Guide: Your guide to Dutch offshore wind policy, technologies and innovations. *Wind & Water Works, Issue 2023*. Verkregen via <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2022-11/Dutch-offshore-Wind-Innovation-Guide-Edition-2023.pdf>.
- RVO (2023, April). Dutch Offshore Wind Market Report 2023. Verkregen via <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2023-04/Offshore-Wind-Market-Report.pdf>.
- Taminiau, F., & Van de Zwaan, B. (2022). The Physical Potential for Dutch Offshore Wind Energy. *Journal of Energy and Power Technology*, 4(4).
- TenneT (2022, 12 april). Stijgende energieprijzen stimuleren niet alleen meer duurzaam gebruik maar ook de elektriciteitsproductie door kolencentrales. *Nieuws*. Verkregen via <https://netztransparenz.tennet.eu/nl/tinyurl-storage/nieuws/stijgende-energieprijzen-stimuleren-niet-alleen-meer-duurzaam-gebruik-maar-ook-de-elektriciteitsprod/>.

- TNO (2022, november). Offshore wind business feasibility in a flexible and electrified Dutch energy market by 2030. *Whitepaper*. Verkregen via <https://www.tno.nl/nl/newsroom/2022/11/winstgevendheid-offshore-wind-2030/>.
- TNO. (2023, May 31). Netherlands takes lead in development of third-generation electrolyser. Retrieved from <https://www.tno.nl>.
- International Energy Agency (IEA). (2023, September). Global Hydrogen Review 2023 – Analysis. Retrieved from <https://www.iea.org>.
- TNO. (2023, July 20). Waterstof ontwikkelingen in volle gang in de energie- en materialentransitie. Retrieved from <https://www.tno.nl>.
- Innovation Origins. (2021, August 28). The Netherlands is an export land for electrolyzers - 'But we do have to get cracking!'. Retrieved from <https://www.innovationorigins.com>.
- DWA. (n.d.). White paper Waterstof in de gebouwde omgeving. Retrieved from <https://www.dwa.nl>.
- TNO. (2022, October 12). Heavy Duty Waterstof Motoren_vDef. Retrieved from <https://www.tno.nl>.
- TNO. (2021, March 8). Met waterstofverbranding naar een schone scheepvaart. Retrieved from <https://www.tno.nl>.
- Waterstofgide. (2023, October 31). Waterstof Bussen in 2023: Kosten, Voor- en Nadelen & Toekomst. Retrieved from <https://www.waterstofgide.nl>.
- Netbeheer Nederland. (n.d.). Waterstof. Retrieved from <https://www.netbeheernederland.nl>.
- Port of Rotterdam. (n.d.). large-scale-industrial-ammonia-cracking-plant.pdf. Retrieved from <https://www.portofrotterdam.com>.
- Dekker, V. (02-07-2022). Nederland, koploper in laadpalen, neemt voortouw bij onderzoek naar slim laden. Trouw.
- International Energy Agency (2021). Global EV Outlook 2021: Accelerating ambitions despite the pandemic, IEA rapport 2021.
- International Energy Agency (2023). Global EV Outlook 2023: Catching up with climate ambition, IEA-rapport 2023.
- Nederlandse Agenda Laadinfrastructuur (NAL) (2023).
- Reitsma et al. (2021). Rapport Verdienpotentieel Elektrisch Vervoer 2020, RVO-rapport.
- RVO (2023). Economische betekenis sector elektrisch vervoer Nederland 2020-2022, RVO-rapport in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.
- Greenlots (2023). Open vs. Closed Charging Stations: Advantages and Disadvantages.
- WRR (2023). Goede Zaken, WRR-rapport.



“De wetenschap dat het goed is.”

SEO Economisch Onderzoek doet onafhankelijk toegepast onderzoek in opdracht van overheid en bedrijfsleven. Ons onderzoek helpt onze opdrachtgevers bij het nemen van beslissingen. SEO Economisch Onderzoek is gelieerd aan de Universiteit van Amsterdam. Dat geeft ons zicht op de nieuwste wetenschappelijke methoden. We hebben geen winstoogmerk en investeren continu in het intellectueel kapitaal van de medewerkers via promotietrajecten, het uitbrengen van wetenschappelijke publicaties, kennisnetwerken en congresbezoek.

SEO-rapport 2024-83

ISBN 978-90-5220-430-7

Informatie & Disclaimer

SEO Economisch Onderzoek heeft op de verkregen informatie en data geen onderzoek uitgevoerd dat het karakter draagt van een accountantscontrole of due diligence. SEO is niet verantwoordelijk voor fouten of omissies in de verkregen informatie en data.

Copyright © 2024 SEO Amsterdam.

Alle rechten voorbehouden. Het is geoorloofd gegevens uit dit rapport te gebruiken in artikelen, onderzoeken en collegesyllabi, mits daarbij de bron duidelijk en nauwkeurig wordt vermeld. Gegevens uit dit rapport mogen niet voor commerciële doeleinden gebruikt worden zonder voorafgaande toestemming van de auteur(s). Toestemming kan worden verkregen via secretariaat@seo.nl.

Roetersstraat 29
1018 WB Amsterdam

+31 20 399 1255
secretariaat@seo.nl
www.seo.nl