



Energietransitie en Goederenvervoer in de WLO

De energietransitie gaat gepaard met grote onzekerheden in de toekomstige omvang van het goederenvervoer. Vooral voor spoor en binnenvaart. De huidige referentiepaden van BasGoed – het Nederlandse goederenvervoermodel – geven nog steeds een representatief beeld van de onzekerheden in het goederenvervoer. Wel stellen we vast dat twee aspecten in de toekomst nadere aandacht vereisen: het toenemend gebruik van biomassa en het veranderende ruimtelijke patroon van vraag naar en aanbod van energie.

We raden aan om voor binnenvaart- en spoorprojecten altijd een uitgebreide gevoeligheidsanalyse met aanvullende scenario's te doen. Bovendien adviseren we om ook de toekomstige vestigingslocaties van energie-grootverbruikers in kaart te brengen.

Samenvatting en conclusies

De energietransitie gaat gepaard met grote onzekerheden in de toekomstige omvang van het goederenvervoer per spoor en binnenvaart. Deze onzekerheid is het grootst in een scenario met hoge economische groei en streng klimaatbeleid, omdat in een dergelijk scenario verschillende technische oplossingen voor het energiesysteem denkbaar zijn. Voorbeelden hiervan zijn grootschalige inzet van duurzame energie (zon, wind, aardwarmte), biomassa en fossiele brandstoffen, al dan niet in combinatie met de afvang en opslag van CO₂ (CCS). Hierdoor kan het vervoervolume toenemen of juist dalen. Aangezien bulkgoederen zoals kolen, olie en biomassa voornamelijk per spoor en binnenvaart worden vervoerd, is de onzekerheid voor deze modaliteiten aanzienlijk groter dan voor het wegvervoer.

De huidige referentiepaden van BasGoed – het Nederlandse goederenvervoermodel – geven nog steeds een representatief beeld van de onzekerheden in het goederenvervoer. De BasGoed-referentiepaden liggen namelijk tussen of dichtbij andere mogelijke scenario's, die door het CPB zijn ontwikkeld. De standaard BasGoed-referentiepaden blijven bruikbaar. Bij MKBA's van infrastructuurprojecten voor spoor en binnenvaart is het wel nuttig om, naast de standaard referentiepaden, ook met aanvullende scenario's te rekenen, om zodoende de grotere onzekerheden in beeld te krijgen. Aangezien het goederenvervoer per spoor en binnenvaart sterk afhankelijk is van lokale ontwikkelingen, zoals het openen of sluiten van een energiecentrale, adviseren we bovendien om locatie-specifieke analyses uit te voeren.

Wel stellen we vast dat twee aspecten in de toekomst nadere aandacht vereisen: het toenemend gebruik van biomassa en het veranderende ruimtelijke patroon van vraag naar en aanbod van energie. De huidige modelversie van BasGoed is onvoldoende geschikt om grootschalig gebruik van biomassa goed te modelleren. Dit komt voornamelijk doordat biomassa niet als aparte productgroep geregistreerd wordt. Hierdoor ontbreekt informatie over welke vervoerstromen hoeveel biomassa omvatten, en waar deze gebruikt wordt. Ook de vraag waar energie in de toekomst zal worden ingezet of omgezet, leidt tot extra onzekerheid. Deze onzekerheid is niet in de scenario's verwerkt, omdat het deels een beleidsoptie is.

Op verzoek van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat heeft het CPB in deze notitie een zestal energiescenario's uitgewerkt: drie voor een scenario met hoge economische groei (WLO-Hoog) en drie voor een scenario met lage economische groei (WLO-Laag). Deze energiescenario's zijn in lijn met de uitgangspunten van de verkenning Welvaart en Leefomgeving (WLO) 2015. Dit houdt in dat de gekozen energiemix in ieder scenario voldoet aan de WLO-aannames over de economische groei, de CO₂-reductiedoelen, technologische vooruitgang en de prijzen van gas, kolen en CO₂. De energiescenario's verschillen wel in de wijze waarop de energievraag wordt ingevuld, en geven daarmee een reële bandbreedte van de mogelijke toekomstige ontwikkelingen. Hierbij is aan te merken dat de WLO-scenario's zijn ontworpen voor het Parijs-akkoord en het regeerakkoord Rutte-III en dat deze ontwikkelingen dan ook niet expliciet in de scenario's zitten. Echter past het nieuwe beleid wel binnen het algemene kader van de WLO.

1 Introductie

De klimaatdoelen en het klimaatbeleid op nationaal en internationaal niveau zijn in de afgelopen jaren steeds verder aangescherpt. De ambitieuze doelstellingen vereisen dat we in de toekomst anders omgaan met energie, en vooral met energiedragers die gepaard gaan met CO₂-emissies, zoals kolen, olie en aardgas. Omdat energiedragers een substantieel onderdeel uitmaken van het Nederlandse goederenvervoer via het

spoor en de binnenvaart, heeft de energietransitie mogelijk grote gevolgen voor deze vervoersmodaliteiten. Een toenemende of afnemende vraag naar goederenvervoer via spoor of binnenvaart kan bijvoorbeeld leiden tot een geheel andere behoefte aan transportinfrastructuur, zoals spoorwegen en sluizen.

Tot nu toe houden de standaardanalyses van toekomstige vervoersstromen nog onvoldoende rekening met de goederenvervoerseffecten van de energietransitie. Daarom heeft het Centraal Planbureau – op verzoek van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat – onderzocht of het huidige modelinstrumentarium en bijbehorende langetermijnsценario's nog geschikt zijn voor het analyseren van toekomstige goederenvervoerstromen. Deze notitie bevat een weergave van onze belangrijkste bevindingen.

In deze notitie geven we een gedetailleerdere invulling aan de mogelijke ontwikkelingen van het energiedragervervoer in de komende dertig jaar. Aan de hand van energiemodellen, interviews met deskundigen en recente ontwikkelingen hebben we een zestal energiescenario's uitgewerkt: drie voor een scenario met hoge economische groei (WLO-Hoog) en drie voor een scenario met lage economische groei (WLO-Laal). Deze energiescenario's illustreren verschillende mogelijke ontwikkelingen van de energietransitie binnen de WLO 2015. Sommige scenario's bevatten bijvoorbeeld de sluiting van kolencentrales in Nederland en Duitsland en een grootschalige overstap naar het gebruik van biomassa. In een tweede stap zijn deze energiescenario's doorvertaald naar aangepaste invoergegevens voor het Nederlandse goederenvervoermodel BasGoed.

De eerste belangrijke bevinding is dat de onzekerheid rond de energietransitie doorwerkt naar de goederenvervoerprognoses. Met name in WLO-Hoog is de bandbreedte van mogelijke ontwikkelingen groot. Dit komt voornamelijk doordat de combinatie van strengere klimaatdoelstellingen en hogere economische groei ertoe leidt dat meerdere nieuwe technologieën in beeld komen. Vooral keuzes omtrent de opslag van CO₂ bij kolencentrales en de hoeveelheid beschikbare biomassa hebben grote gevolgen voor vervoersstromen. Het grootschalige gebruik van kolen en biomassa leidt namelijk tot grote vervoersstromen.

De tweede bevinding is dat de huidige langetermijnsценario's – te weten WLO-Hoog en WLO-Laal – nog steeds een goede weergave bieden van de onzekerheid omtrent het toekomstige goederenvervoer. Om deze reden stellen we vast dat de huidige scenario's, en het modelinstrumentarium dat deze scenario's gebruikt, nog geschikt zijn om het goederenvervoer te analyseren. Voor de lange termijn is het wel aan te bevelen om het model BasGoed verder door te ontwikkelen, opdat ook trendbreuken in de productie en consumptie van goederen, en met name biomassa, kunnen worden geanalyseerd.

De derde bevinding is dat vooral binnenvaart- en spoortrajecten richting Duitsland en België gevoelig zijn voor veranderingen in energiedragervervoer. Onze aanbeveling is dan ook om vooral voor binnenvaart- en spoorinfrastructuurprojecten altijd een uitgebreide gevoeligheidsanalyse te doen. Hiervoor kunnen de uitgewerkte scenario's van deze notitie worden gebruikt. Tevens raden we aan om bij MKBA's de toekomstige vestigingslocaties van energiecentrales en de industrie in kaart te brengen. Als grootverbruikers van energie kunnen vestigingskeuzes van deze partijen tot nieuwe vervoerspatronen leiden. Deze onzekerheden krijgen nauwelijks aandacht in een scenariostudie zoals de WLO, en vereisen daarom extra aandacht in MKBA's.

Het vervolg van deze notitie is als volgt. Paragraaf 2 geeft een kort overzicht van de scenariostudie WLO 2015, waarna we in paragraaf 3 de historische trends in het energiegebruik en het vervoer van energiedragers in kaart brengen. Vervolgens verkennen we in paragraaf 4 de verschillende mogelijkheden voor de energietransitie, gebaseerd op de uitkomsten van energiemodellen en recente beleidsontwikkelingen. Paragraaf 5 beschrijft zes verschillende energiescenario's: drie scenario's voor WLO-Hoog en drie scenario's voor WLO-Laal. Daarna bespreken we in paragraaf 6 de bijbehorende modeluitkomsten van BasGoed. Tot slot bevat paragraaf 7 de conclusies en aanbevelingen.

2 WLO -scenario's

De onzekerheid over de toekomst kan een plaats krijgen in de besluitvorming van beleidsmakers door gebruik te maken van scenario's. Op het gebied van de fysieke leefomgeving, wordt in veel gevallen gebruik gemaakt van de toekomstverkenning Welvaart en Leefomgeving (WLO), die in 2015 voor het laatst is verschenen. Deze scenariostudie is een gezamenlijk product van het Centraal Planbureau en het Planbureau voor de Leefomgeving. In deze paragraaf werpen we een korte blik op de verhaallijnen die ten grondslag liggen aan de WLO-scenario's en wat de scenario's vertellen over de omvang van het goederenvervoer in 2030 en 2050. De paragraaf eindigt met een toelichting waarom de energietransitie nauwelijks invloed heeft op het goederenvervoer in de huidige WLO.

2.1 Verhaallijnen en aannames in WLO-Hoog en Laag

Het belangrijkste verschil tussen de twee scenario's Hoog en Laag zit in de aannames over de economische groei en de aanwas van de bevolking (zie tabel 2.1). In WLO-Hoog wordt een economische groei van twee procent per jaar gekoppeld aan een sterke bevolkingsaanwas. In WLO-Laal daarentegen groeit de economie met slechts één procent per jaar en is de bevolkingstoename beperkter. In beide scenario's wordt aangenomen dat de internationale handel – volgens een historisch bepaald patroon – meebeweegt met de economische groei.

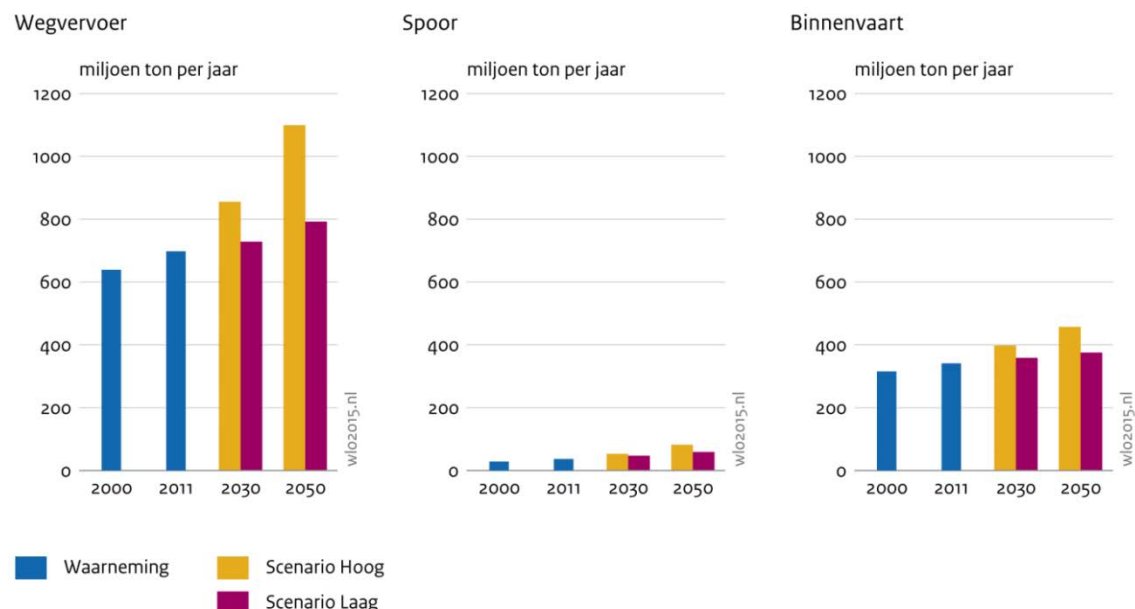
Tabel 2.1. Overzicht van belangrijke verschillen tussen WLO-scenario's.

	Scenario Laag	Scenario Hoog
Economische groei 2015-2050	1% per jaar (NL) 3% per jaar (wereld)	2% per jaar (NL) 4% per jaar (wereld)
Concurrentiepositie Nederland in HLH havenrange en HLH havenrange in Europa	Blijft behouden	Blijft behouden
Logistieke organisatie	Beperkte schaalvergroting, consolidatie en efficiëntieverbetering	Sterke schaalvergroting, consolidatie en efficiëntieverbetering
Mondiaal klimaatbeleid	Rond 2030 wordt duidelijk dat er geen mondiaal klimaatakkoord komt. Opwarming van de aarde loopt op tot 3,5-4 °C na 2100.	Rond 2025 wordt een mondiaal klimaatakkoord afgesloten. Opwarming van de aarde loopt op tot 2,5-3 °C na 2100.
Afname broeikasgasemissies ten opzichte van 1990	2030 – 30% 2050 – 45%	2030 – 40% 2050 – 65%
ETS-prijs van een ton CO ₂	2030 – € 15 2050 – € 40	2030 – € 40 2050 – € 160
Ontwikkeling CO ₂ -arme technologie	Traag	Snel
Olie-, kolen-, en gasprijs	Hoog	Laag
Biomassaprijs	Laag	Hoog

De combinatie van snellere groei en verdere ontwikkelingen in de transportsector leiden tot grotere vraag naar goederenvervoer in WLO-Hoog dan in WLO-Laal. Het goederenvervoer in en door Nederland is in hoge mate afhankelijk van de concurrentiepositie van Nederland binnen de Hamburg-Le Havre (HLH)

havenrange. Deze concurrentiepositie blijft in beide scenario's ongewijzigd. De technologische ontwikkelingen in het goederenvervoer nemen een relatief grote vlucht in WLO-Hoog. Dit zorgt ervoor dat het makkelijker wordt om goederenstromen te bundelen, wat gunstig uitpakt voor de inzet van grote voertuigen en de bezettingsgraden. Die ontwikkeling betekent dat de efficiëntiewinst groter is in WLO-Hoog dan in WLO-Laag.

Figuur 2.1. Vervoerd gewicht naar modaliteit volgens WLO-scenario's.



Bron: CPB/PBL (2015).

Het totaal vervoerde gewicht van, naar, in en door Nederland neemt van 2011 tot 2050 toe met 60% in WLO-Hoog en 17% in WLO-Laal. Deze toename wordt vooral gedreven door de internationale aan- en afvoer. Het binnenlandse vervoer groeit minder sterk, en daalt zelfs in WLO-Laal. Figuur 2.1 toont het vervoerde gewicht over land per modaliteit. In absolute hoeveelheden groeit het wegvervoer het sterkst. Procentueel gezien zien we de grootste toename in het spoorvervoer: 122% in WLO-Hoog en 61% in WLO-Laal. De binnenvaart groeit in beide scenario's, maar ziet wel een afname van het marktaandeel. Dit komt voornamelijk doordat het aandeel van bulkgoederen in de goederenmix afneemt en omdat de binnenvaart in WLO-Hoog te maken krijgt met een CO₂-heffing.

Bij een sterke economische groei, zoals in WLO-Hoog, past internationale samenwerking voor strenger klimaatbeleid. Het beeld van een sterk groeiende economie en wereldhandel is namelijk in lijn met wederzijds vertrouwen en succesvolle internationale diplomatie. Hierdoor komen afspraken over het beperken van broeikasgassen makkelijker tot stand. Bovendien is er meer draagvlak voor stevig klimaatbeleid in een scenario met hoge economische groei, omdat de toegenomen materiële welvaart ertoe leidt dat mensen meer waarde hechten aan het voorkomen van klimaatschade. De ETS-prijs van een ton CO₂ komt daarom in 2050 uit op 160 euro voor WLO-Hoog en op 40 euro in WLO-Laal. Hierdoor daalt de uitstoot van broeikasgassen in 2050 met 65% voor WLO-Hoog en 45% voor WLO-Laal ten opzichte van 1990.

Naast de economische groei is ook het toekomstige wereldwijde klimaatbeleid onzeker (UNEP, 2018). In de WLO wordt rekening gehouden met deze onzekerheid. Zo bedraagt de emissiereductie in WLO-Laal 45% in 2050, terwijl in WLO-Hoog sprake is van een emissiereductie van 65% in 2050. Andere mogelijkheden, zoals 2-gradenbeleid, zijn echter denkbaar. De gedachte achter de WLO is dat het mondiale beleid uiteindelijk leidend zal zijn: Nederland en de Europese Unie zullen zich na 2030 voegen naar de mondiale stand van zaken. Dus

zelfs als Nederland en de EU tot 2030 inzetten op 80-95% emissiereductie, is het mogelijk dat de doelen op een bepaald moment naar beneden worden bijgesteld als duidelijk wordt dat in de rest van de wereld het klimaatbeleid minder ambitieus is.

Ambitieuw klimaatbeleid in WLO-Hoog gaat ook samen met snelle ontwikkelingen in CO₂-arme technologieën en dus minder vraag naar fossiele brandstoffen. Anderzijds zorgen de weinige geopolitieke spanningen voor een ruim aanbod van olie. Hierdoor is de prijs van fossiele brandstoffen lager in WLO-Hoog dan in WLO-Laag. De biomassaprijs is hoger in WLO-Hoog dan in WLO-Laag, aangezien het ambitieuze klimaatbeleid in scenario Hoog leidt tot meer vraag naar duurzame biomassa. Grootschalige inzet van CO₂-afvang en -opslag (CCS) technologieën wordt in beide scenario's toegestaan, maar wordt in Laag niet kosteneffectief geacht.

Ondanks dat de economie in beide scenario's groeit, wordt er van uitgegaan dat het energieverbruik zal dalen. Deze trendbreuk is nodig om aan de klimaatdoelstellingen te voldoen, en wordt bewerkstelligd door inzet van efficiëntere technologieën. Het aandeel hernieuwbare energie¹ binnen het finale energieverbruik neemt bovendien sterk toe: van 5% in 2013 tot 40% (WLO-Laag) á 50% (WLO-Hoog) in 2050. Dit betekent tevens dat fossiele brandstoffen nog steeds een belangrijk aandeel in de energiemix zullen innemen. In WLO-Hoog wordt de uitstoot van broeikasgassen verder beperkt door ongeveer 30% van de broeikasgasemissies ondergronds op te slaan door middel van CCS. Deze technologie speelt geen rol in WLO-Laag omdat ondergrondse opslag van CO₂ niet rendabel is bij een lage CO₂-prijs.

2.2 Link tussen energietransitie en goederenvervoer in de WLO

In de WLO heeft de energietransitie nauwelijks invloed op het goederenvervoer. De reden hiervoor is dat BasGoed – het model waarmee het goederenvervoer in Nederland kan worden geanalyseerd – geen optie kent om rekening te houden met trendbreuken in het gebruik van energiedragers. BasGoed veronderstelt namelijk dat de aanbod- en gebruikstabel uit het basisjaar 2014, die weergeeft welke goederen een bedrijfstak in 2014 consumeerde en produceerde, ook van toepassing is op de zichtjaren 2030 en 2050.² Oftewel, als bijvoorbeeld de energiesector in 2014 sterk afhankelijk was van kolen, dan geldt dat in BasGoed ook voor de zichtjaren 2030 en 2050. Dit betekent dat als de omvang van de energiesector tot 2030 toeneemt met bijvoorbeeld 1%, ook het vervoer van kolen richting energiecentrales met ongeveer 1% stijgt. De energietransitie, die waarschijnlijk leidt tot een verandering in het gebruik van energiedragers, heeft dus geen expliciete rol gespeeld in de berekeningen van BasGoed.

Dat BasGoed geen rekening houdt met de energietransitie leidt echter niet noodzakelijk tot foutieve cijferbeelden voor het goederenvervoer. Een afname in het vervoer van een bepaald soort energiedrager, zoals kolen, kan namelijk worden gecompenseerd door een toename in het vervoer van een andere energiedrager, zoals biomassa. Hierdoor verandert wel de samenstelling van het goederenvervoer, maar niet per se de totale omvang. Wijzigingen in de samenstelling van het goederenvervoer kunnen wel de modaliteitskeuze beïnvloeden. Natte bulkgoederen, zoals olie, worden namelijk vooral vervoerd via de binnenvaart en droge bulkgoederen, zoals kolen, zowel via de binnenvaart als het spoor. Echter, als droge

¹ Belangrijke hernieuwbare energiebronnen zijn biomassa, wind, zon, aardwarmte en warmte uit de lucht.

² 2014 is het actuele basisjaar van BasGoed. Tijdens de doorrekening van de WLO in 2014/15 was het basisjaar nog 2010. Hierdoor wijken onze modelberekeningen in sommige gevallen af van de cijfers in de WLO 2015.

bulkgoederen worden vervangen door andere droge bulkgoederen, en hetzelfde geldt voor natte bulkgoederen, dan blijft ook de modal-shift beperkt. Kortom, het is allerm minst zeker dat de energietransitie gevolgen heeft voor de omvang van het goederenvervoer in Nederland. Het doel van deze notitie is om dit nader uit te zoeken.

Wat is Basgoed en hoe werkt het?

Basgoed is het strategische goederenvervoermodel van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en wordt beheerd door Rijkswaterstaat. BasGoed raamt hoeveel goederen in Nederland over de weg, het water en het spoor worden vervoerd. Deze informatie wordt gebruikt om onder andere de infrastructuurbehoefte te inventariseren. Ook de effecten van verschillende maatregelen en economische scenario's kunnen met BasGoed onderzocht worden. Denk bijvoorbeeld aan nieuwe belastingen, milieumaatregelen of een daling van de kosten door efficiëntere technologieën.

BasGoed bestaat uit vier modules. De eerste module, de *economiemodule* (SMILE+), berekent uit de economische gegevens van het CBS waar producten geproduceerd worden en waar ze gebruikt worden. Vervolgens maakt BasGoed gebruik van het bedrijfstakenbeeld uit de WLO-scenario's om te voorspellen hoe de productie en het verbruik van goederen in de toekomst verandert. De voorliggende studie grijpt in op deze economiemodule en past de hoeveelheid energiedragers in het economische systeem aan.

De *distributiemodule* vertaalt vervolgens regionale vraag en aanbod naar goederenvervoer tussen regio's. De *module Modal Split* bepaalt op basis van bijvoorbeeld afstand en reistijd gerelateerde kosten via welke vervoerswijze de goederen worden vervoerd: weg, binnenvaart of spoor. De laatste module, de *rittenmodule*, is alleen beschikbaar voor het wegvervoer. Deze module bepaalt hoeveel ritten nodig zijn om de hoeveelheid tonnen naar hun bestemming te brengen. Voor de binnenvaart en het spoor wordt het aantal transportbewegingen met aparte modellen berekend: BIVAS en NEMO.

3 Historische trends in energiegebruik en transport van energiedragers

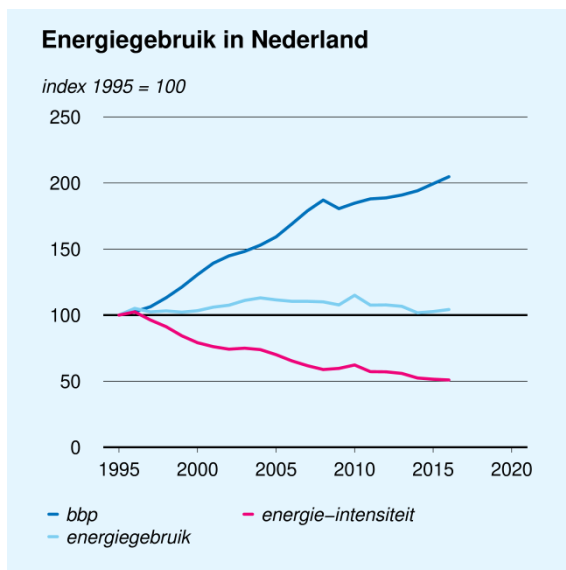
Deze paragraaf biedt een overzicht van de meest relevante historische trends op het gebied van energiegebruik, de samenstelling van energiedragers en het achterlandtransport van deze energiedragers via de verschillende modaliteiten.

3.1 Energiegebruik en samenstelling van energiedragers

Tal van verschillende energiebronnen worden ingezet om in onze energiebehoefte te voorzien.

Voorbeelden zijn aardolie, gas, kolen, kernenergie, zon, wind, waterkracht, geothermie en afval. Het grootste aandeel binnen de energiemix wordt ingenomen door fossiele brandstoffen: vaste minerale brandstoffen (zoals steenkolen), aardolie en aardgas. 73% van het Europese energiegebruik, en zelfs 92% van het Nederlandse energiegebruik, is afkomstig uit deze fossiele brandstoffen (Eurostat, 2018)

Figuur 3.1. De Nederlandse economie gaat steeds efficiënter om met energie.



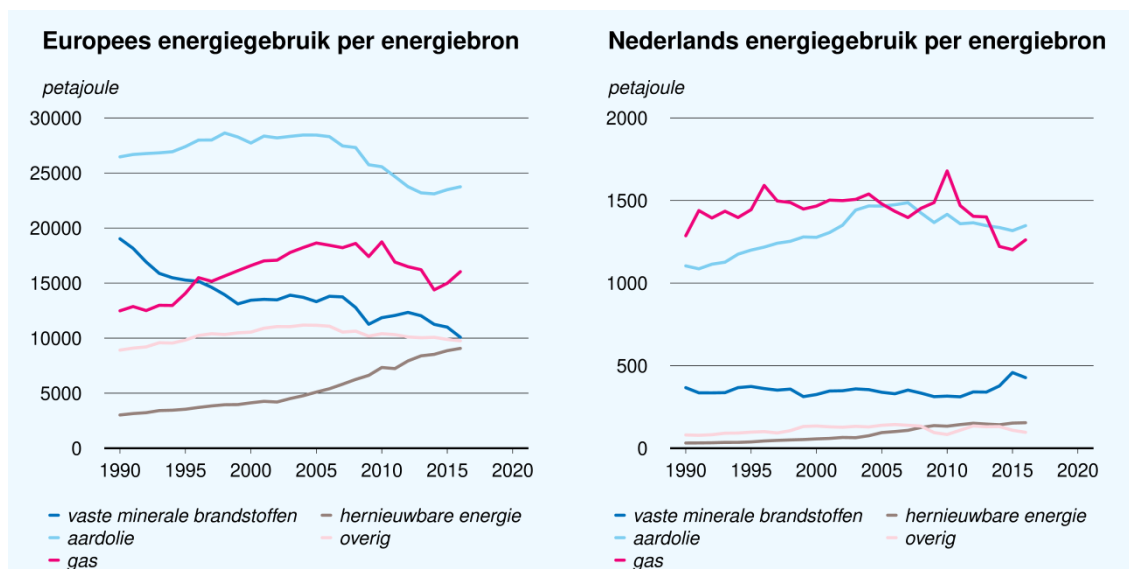
Bron: Eigen berekeningen op basis van Eurostat (2018).

Noot: Energie-intensiteit is gedefinieerd als het bruto binnenlandse energiegebruik per euro bbp.

De eerste belangrijke trend is dat de totale energieconsumptie in de afgelopen jaren ondanks de economische groei daalt (zie figuur 3.1). Experts spreken daarom van een ontkoppeling van economische groei en energiegebruik (Schoots en Hammingh, 2015). Oorzaken van deze trend zijn energiebesparingen door efficiëntere technologieën, en het toenemende belang van de dienstensector binnen de economie (CPB/PBL, 2015).

Ten tweede zien we een verandering in de energiemix. Op Europees niveau daalt het verbruik van kolen en olie al jaren (Eurostat, 2018). Hernieuwbare energie speelt een steeds belangrijkere rol in de energiemix (figuur 3.2). Het Nederlandse energiegebruik wijkt af van deze Europese trend. De beschikbaarheid van gas uit Groningen heeft lange tijd het energiegebruik in Nederland gedomineerd, zie figuur 3.2. Dit betekent dat Nederland minder afhankelijk is van andere energiebronnen zoals kolen of kernenergie, maar ook dat het aandeel hernieuwbare energie in Nederland achterblijft bij het Europese gemiddelde.

Figuur 3.2. De Nederlandse energiemix wordt gedomineerd door aardgas en aardolie, hernieuwbare energie blijft achter.



Bron: Eurostat (2018).

3.2 Achterlandtransport van energiedragers in Nederland

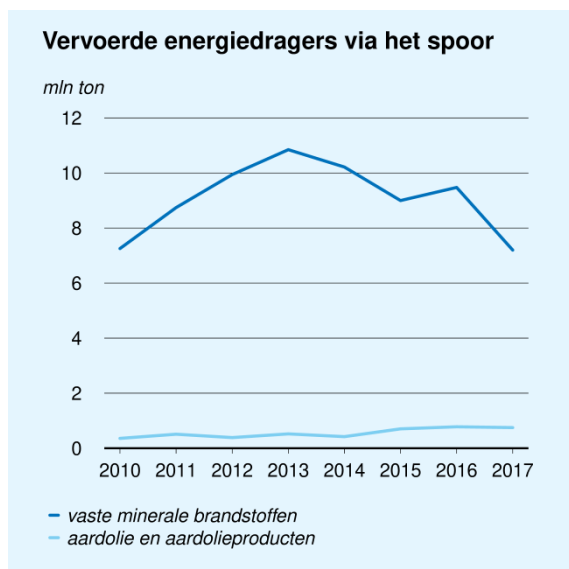
Een groot deel van de in Nederland geïmporteerde energiedragers wordt direct geëxporteerd. Voor vaste minerale brandstoffen en aardolie(producten) bedroeg dit aandeel in 2016 respectievelijk 63% en 46% (CBS, 2017).

De karakteristieken van de goederen, de bereikbaarheid van de bestemming, de snelheid en de kosten zijn bepalende factoren voor de keuze van de vervoersmodaliteit. Vaste brandstoffen, zoals steenkolen, zijn droge bulkgoederen en worden doorgaans op grote schaal naar een beperkt aantal energiecentrales en staalfabrieken vervoerd. Om deze reden zijn vooral het spoor en de binnenvaart aantrekkelijke modaliteiten. Vaak zijn deze grootverbruikers ook direct in havengebieden gevestigd om zo de transportkosten te minimaliseren. Olie en gas zijn natte bulkgoederen en kennen een veel groter aantal bestemmingen. Denk bijvoorbeeld aan alle tankstations in Nederland. Naast de binnenvaart en het spoor, worden olie en gas ook in grote hoeveelheden over de weg en door pijpleidingen vervoerd.

3.2.1 Spoor

Het Nederlandse spoorvervoer is in sterke mate afhankelijk van het vervoer van energie. Op het hoogtepunt van het kolenvervoer in 2013 werd rond 11 miljoen ton vaste brandstoffen vervoerd, wat ongeveer 28% van het totale spoorvervoer uitmaakte (figuur 3.3). De belangrijkste bestemming voor het achterlandtransport is Duitsland. Meer dan 95% van de treinen gaat naar Duitse kolencentrales en staalfabrieken. De Duitse beslissing om oude kolencentrales te sluiten en nieuwe kolencentrales dichtbij zeehavens of binnenlandse waterwegen te plaatsen (Bundesnetzagentur, 2018), heeft dan ook voor een flinke daling in het kolenvervoer via het Nederlandse spoor gezorgd. In 2017 werd nog slechts 7 miljoen ton vaste minerale brandstoffen vervoerd, wat neerkomt op circa 17% van het totale vervoersvolume via het spoor (figuur 3.3).

Figuur 3.3. Het vervoer van kolen via het spoor daalt sinds 2013.

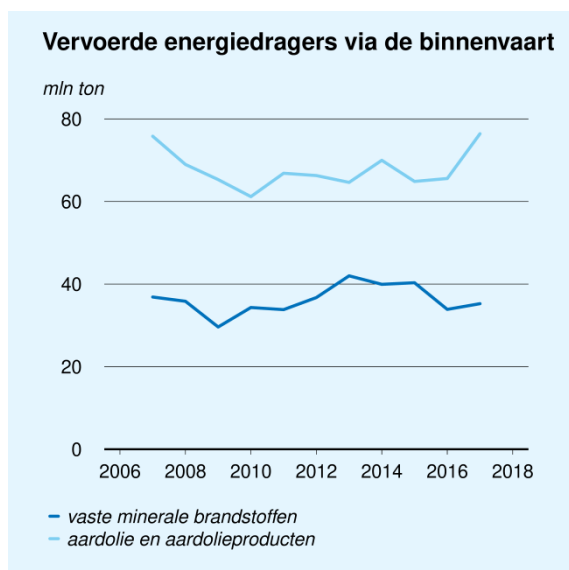


Bron: Eigen berekeningen op basis van CBS Publicatiebestanden Spoor.

3.2.2 Binnenvaart

Vervoerde energievolumes via de binnenvaart zijn redelijk constant over de tijd, zie Figuur 3.4. Het vervoervolume bestond in de afgelopen 10 jaar uit 30 tot 40 miljoen ton kolen en 60 tot 75 miljoen ton aardolie. Ook het aandeel energiedragers binnen het totale goederenvervoer via de binnenvaart schommelt sinds 2007 rond de 30%. Ondanks deze constante trend op landelijk niveau is er wel een trendbreuk waarneembaar bij de metingen aan de belangrijkste binnenvaartsluizen in Nederland. Het aantal tonnen vaste minerale brandstoffen dat de Volkeraksluizen en Prinses Irenesluis passeert, is namelijk met ruim 50% gedaald sinds 2006.³

Figuur 3.4. Energievervoer via de binnenvaart is redelijk constant.



Bron: Eigen berekeningen op basis van CBS Publicatiebestanden Binnenvaart.

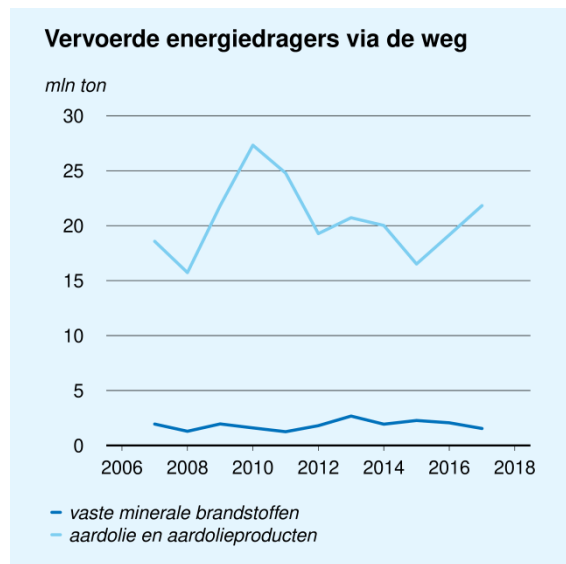
³ Cijfers zijn gebaseerd op metingen van Rijkswaterstaat.

Een mogelijke verklaring voor de dalende metingen bij binnenvaartsluizen is de wijziging in locaties van Nederlandse kolencentrales. Sinds 2013 zijn meerdere binnenlandse kolencentrales gesloten, terwijl de nieuw geopende kolencentrales dichtbij zeehavens zijn geplaatst. In Duitsland is het kolenverbruik over dezelfde periode relatief constant gebleven. Duitsland heeft echter wel oude en kleine kolencentrales vervangen door nieuwe en grootschalige centrales. Mogelijk heeft dit geleid tot een verandering in de vervoersstromen van kolen richting Duitsland.

3.2.3 Weg

Het vervoer van energiedragers speelt een relatief beperkte rol binnen het totale goederenvervoer over de weg. In het piekjaar 2010 werd 27 miljoen ton aardolie over de weg vervoerd, zie figuur 3.5. Desondanks bedroeg het aandeel energiedragers slechts 4,4% van het totale wegvervoer in 2010. Het transport van vaste minerale brandstoffen over de weg is met minder dan 3 miljoen ton per jaar bijna te verwaarlozen.

Figuur 3.5. Aardolie domineert het energievervoer via de weg.



Bron: CBS Statline.

4 Energiedragers in de toekomst

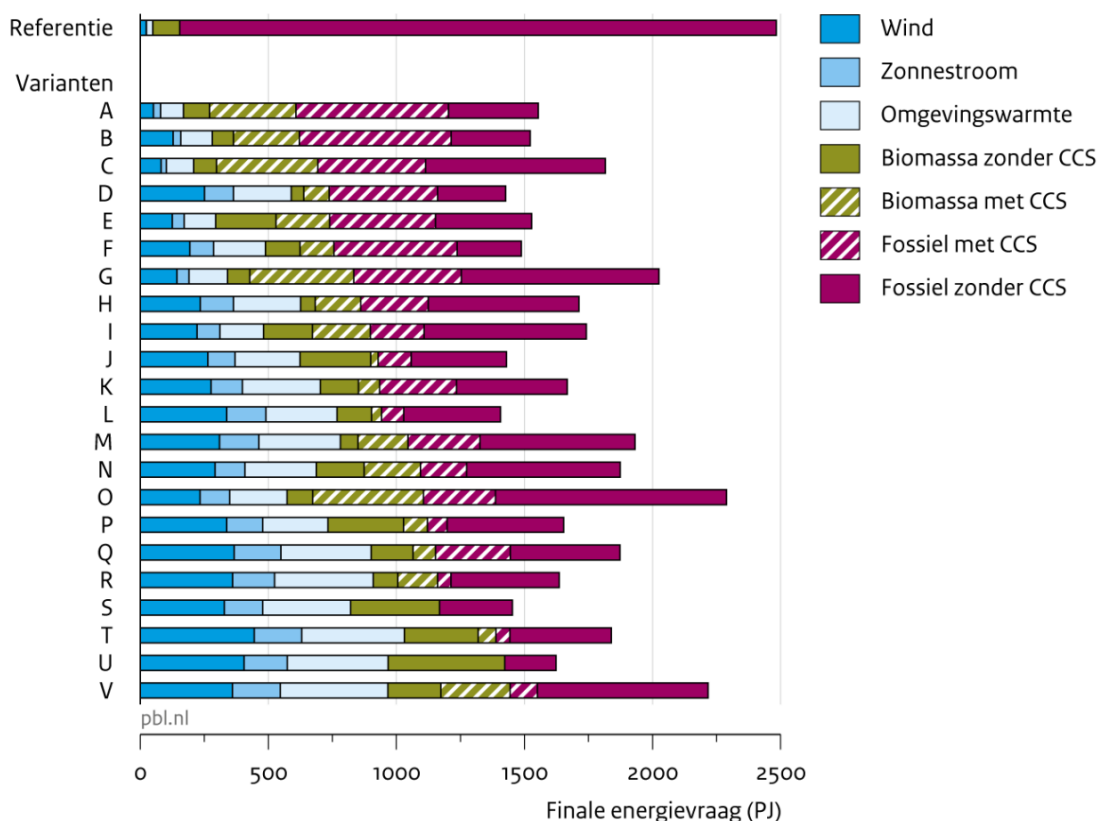
In het klimaatakkoord van Parijs is afgesproken dat de opwarming van de aarde, ten opzichte van het pre-industriële tijdperk, moet worden beperkt tot ruim onder de twee graden Celsius. Deze afspraak betekent dat Nederland de uitstoot van broeikasgassen in 2050 moet terugdringen tot 80% á 95% ten opzichte van het jaar 1990. Het is duidelijk dat deze doelstelling grote gevolgen heeft voor onze energievoorziening, maar het pad richting 2050 is met grote onzekerheden omgeven. Bovendien kunnen de nationale en internationale doelstellingen in de komende drie decennia nog worden bijgesteld. Paragraaf 4.1 biedt een overzicht van de verschillende opties om de energievraag in 2050 in te vullen. In paragraaf 4.2 gaan we in op de actuele beleidsontwikkelingen op dit gebied.

4.1 Energieopwekking in de toekomst: een groot spectrum aan mogelijkheden

Modelberekeningen van PBL en CPB laten zien dat er tal van opties zijn om de toekomstige energievraag in te vullen. De modeluitkomsten zijn gevoelig voor onderliggende aannames en voor de modelkeuze. Zo beïnvloeden verschillende aannames over kostenontwikkeling en beschikbaarheid van technologieën, beleidsdoelen en maatschappelijke draagvlak de totale energievraag en de verdeling daarvan over energiebronnen.

Berekeningen van het PBL-model E-design tonen aan dat bij 80% emissiereductie de finale energievraag bij nagenoeg alle opties met meer dan 20% dient af te nemen. Bij sommige varianten is dit zelfs 40% (zie figuur 4.1). Het aandeel energie uit wind, zon en omgevingswarmte neemt in alle gevallen sterk toe, maar is zelden groter dan het aandeel biomassa/fossiel. In de scenario's zonder toepassing van afvang en opslag van CO₂ (CCS) is het aandeel energie uit wind, zon en omgevingswarmte bijzonder hoog. De reden is dat de emissiedoelstelling geen groot verbruik van fossiele brandstoffen toestaat zonder CCS.

Figuur 4.1. Energiebesparing is vrijwel altijd nodig bij een emissiereductie van 80%.



Bron: Energiemodel E-design, gerapporteerd in Ros en Schure (2016).

Noot: De energievoorziening in 2010 dient als referentiekader.

Ros en Schure (2016) stellen bovendien dat biomassa nagenoeg onmisbaar is in 2050. De omzetting van biomassa in groen gas en biobrandstoffen is volgens de onderzoekers namelijk “de enige optie voor emissiereductie bij belangrijke energieverbruikers, zoals een deel van de gebouwde omgeving” (p. 14). Het belang van biomassa bij de productie van elektriciteit wordt minder groot geacht. Dit komt voornamelijk

doordat het aanbod van duurzame biomassa mogelijk beperkt is, en omdat er voldoende CO₂-vrije alternatieven zijn voor de opwekking van elektriciteit.

Het afvangen en opslaan van CO₂ (CCS) speelt een belangrijke rol, omdat deze technologie vrijwel onmisbaar is voor bepaalde industrieën, zoals de chemie en staalproductie. Het belang van CCS neemt sterk toe als de klimaatdoelstellingen opschuiven naar een emissiereductie van 95%. In dit geval zijn negatieve emissies nodig om te compenseren voor onvermijdelijk emissies in, bijvoorbeeld, de landbouwsector (Strengers e.a., 2018). Biomassa met CCS heeft volgens Strengers e.a. (2018) “met afstand het grootste potentieel voor negatieve emissies in Nederland.” In de WLO-scenario's zijn negatieve emissies echter niet nodig omdat de emissiereductie voor 2050 in de WLO aanzienlijk lager is dan 95%.

Waterstof als energiedrager

Waterstof wordt beschouwd als een belangrijk CO₂-arm alternatief voor sectoren die moeilijk te elektrificeren zijn, zoals de staalindustrie (proceswarmte) en de lucht- en zeevaart. Synthetische brandstoffen op basis van waterstof zijn meestal direct verenigbaar met de bestaande infrastructuur en kunnen zonder grote aanpassingen fossiele brandstoffen vervangen. Het grote nadeel van waterstof is echter dat de productie zeer energie-intensief is. Dit wil zeggen dat bij de conversie van elektriciteit naar waterstof een groot deel van de ingezette energie verloren gaat. Het directe gebruik van elektriciteit heeft daarom – indien mogelijk – de voorkeur.

Er zijn twee vereisten om waterstofproductie economisch rendabel te maken: de waterstofproductie draait zo vaak mogelijk op volle capaciteit en de prijs van hernieuwbare elektriciteit is laag. Dit vergt extra capaciteit voor wind- en/of zonenergie, want de overtollige Europese energieproductie is niet voldoende. Door de hoge kosten van de waterstof technologie gaan experts ervan uit dat waterstof pas na 2050 wordt ingezet (Agora Energiewende en Frontier Economics, 2018). In de WLO 2015 is ervan uitgegaan dat waterstofproductie alleen in een 2-graden scenario plaatsvindt. En ook in dat scenario gebeurt dat pas in 2050. Om deze redenen verkennen wij de productie van waterstof niet verder in deze studie.

Het CPB concludeert – op basis van het energiemodel MERGE – dat andere (maar evengoed plausibele) aannames omtrent de kosten van technologieën en wettelijke beperkingen leiden tot totaal verschillende energiemixen (Blanford e.a., 2015). Als CCS niet wordt toegestaan, dan is de rol van kolen nagenoeg uitgespeeld en bestaat de elektriciteitsmix voor het overgrote deel uit windenergie. Het belang van zonenergie blijft beperkt, zelfs wanneer de kosten van zonnepanelen sterk afnemen. Dit komt doordat er tijdens de winter ‘back-up capaciteit’ nodig is om aan de elektriciteitsvraag te voldoen. Dit maakt zonnepanelen relatief gezien een onaantrekkelijke optie.

Wanneer CCS wél wordt toegestaan, dan blijven kolen een belangrijk onderdeel van de energiemix in de modelberekeningen, vooral in scenario's met beperkt klimaatbeleid. Kolen zijn namelijk relatief goedkoop en kunnen door middel van CCS bovendien klimaatneutraal worden ingezet. Biomassa met CCS is vooral aantrekkelijk in scenario's met ambitieus klimaatbeleid, omdat deze techniek leidt tot negatieve broeikasgasemissies. Het belang van biomassa voor Europa en Nederland groeit aanzienlijk als internationale handel in biomassa wordt toegestaan.

De verschillende energiemodellen tonen aan dat er grote onzekerheid is met betrekking tot de energievoorziening in 2050. Veel zal afhangen van hoe de kosten van technologieën zich ontwikkelen en van eventuele wettelijke beperkingen die aan CCS en biomassa worden verbonden. In het volgende onderdeel van deze paragraaf bespreken we de actuele beleidsontwikkelingen op dit gebied.

4.2 Actuele beleidsontwikkelingen

In deze paragraaf werpen we een blik op de actuele beleidsontwikkelingen omtrent de energievoorziening. Hiervoor kijken we naar Nederland, maar ook naar het buitenland. Nederland is namelijk een belangrijk doorvoerland voor energiedragers, waardoor ook het buitenlandse beleid invloed heeft op het goederenvervoer in Nederland.

4.2.1 Nederland

In het regeerakkoord 2017-2021 is afgesproken om de CO₂-emissies in het jaar 2030 terug te brengen tot 49% ten opzichte van 1990, wat neerkomt op een reductieopgave van 56 megaton CO₂.⁴ Het kabinet beoogt het grootste deel van deze reductieopgave te realiseren bij de industrie (14,3 megaton) en elektriciteitssector (20,2 megaton). Het regeerakkoord stelt dat, voor de industrie, afvang en opslag van CO₂ (CCS) een van de belangrijkste instrumenten is om de doelstelling te verwezenlijken. De elektriciteitssector zal de uitstoot van CO₂ met 12 megaton terugdringen door de kolencentrales uiterlijk in 2030 te sluiten. Kleinere maatregelen die de elektriciteitssector moet nemen, zijn extra wind op zee (vier megaton), CCS in afvalverbrandingsinstallaties (twee megaton) en extra zonne-energie (één megaton).

Ook het klimaatakkoord bevat voorstellen van de belangrijkste stakeholders om de reductieopgave te bewerkstelligen.⁵ De industrie ziet CCS (op zee) als de belangrijkste oplossing voor de korte termijn maar verwacht dat CCS niet nodig is voor de lange termijn. In toekomst zou kunnen worden overgeschakeld naar CCU (hergebruik van CO₂, bijvoorbeeld in de vorm van plastics en brandstoffen). De elektriciteitssector zal voornamelijk investeren in wind op zee, en in mindere mate in hernieuwbare energie op land (wind op land en zon).

In het regeer- en klimaatakkoord speelt CCS een belangrijke rol bij de reductie van emissies in de industrie, terwijl het belang van CCS beperkt is voor de elektriciteitssector. Een mogelijke reden hiervoor is dat het maatschappelijke draagvlak groter is voor CCS in de industrie dan voor CCS bij kolencentrales (Dütschke e.a., 2016). In de elektriciteitssector zijn namelijk meer alternatieve oplossingen op korte termijn beschikbaar.

De Rijksoverheid streeft ernaar om de gaswinning in Groningen op zo kort mogelijke termijn volledig te beëindigen (ministerie van Economische Zaken en Klimaat, 2018). Het Groningengas wordt tijdelijk vervangen door buitenlands gas, wat na toevoeging van stikstof in Nederland gebruikt kan worden. Verder moet elektriciteit het wegvallen van het gas compenseren.

⁴ Weterings et al. (2018) stellen dat deze doelstelling overeenkomt met een reductie van 95% in 2050.

⁵ Deze notitie is opgesteld voor de presentatie van de doorrekening van het klimaatakkoord door de planbureaus en de kabinetsreactie daarop.

4.2.2 Buitenland

De Europese Unie (EU) heeft de klimaatdoelen in 2018 verder aangescherpt met het nieuwe maatregelenpakket ‘Clean Energy for all Europeans’. De EU streeft naar 40% CO₂-emissiereductie, 32% energie uit hernieuwbare bronnen en een 32,5% toename van de energie-efficiëntie tot 2030 (Europese Commissie, 2018). De bijdragen van individuele lidstaten worden vastgelegd in het nationale actieplan.

Een van de belangrijkste beleidsinstrumenten om de klimaatdoelen te halen, is het Europees systeem voor emissiehandel (ETS). Dit systeem trad in 2005 in werking, en stelt een uitstootplafond vast voor de ETS-sectoren. De ETS-sectoren, bestaande uit grote energie-intensieve bedrijven en sinds 2012 ook de luchtvaartsector, zijn verantwoordelijk voor circa 45% van de Europese uitstoot (Nederlandse Emissieautoriteit, 2015). Tot de niet-ETS-sectoren behoren de land- en tuinbouw, de gebouwde omgeving, verkeer en vervoer, en enkele onderdelen van de sectoren industrie en energie. Het uitstootplafond wordt stapsgewijs naar beneden gebracht, waardoor de ETS-sectoren in 2020 21% minder en in 2030 43% minder broeikasgassen moeten uitstoten ten opzichte van 2005 (Europese Raad, 2017). Er is echter op dit moment een overschot aan emissiecertificaten op de markt door onder andere de tegenvallende economische groei na de crisis van 2008. Dit leidt tot een lagere CO₂-prijs dan verwacht.

Begin 2018 nam de EU een nieuwe richtlijn aan om het overschot aan ETS-certificaten fors af te bouwen en zo de CO₂-prijs te stabiliseren (Europese Raad, 2017). De nieuwe regelgeving voorziet dat het emissieplafond sneller naar beneden wordt gebracht (2,2% per jaar). Bovendien worden tot 2023 twee keer zoveel certificaten als gewoon in de marktstabiliteitsreserve opgenomen. De reserve is bedoeld om grote schommelingen in het aanbod te dempen en daardoor de prijzen stabiel te houden. Hiervoor kent de reserve vanaf 2023 ook een maximumvolume dat gelijk is aan het veilingvolume van het voorgaande jaar. De surplus van emissierechten in de reserve wordt geannuleerd (Nederlandse Emissieautoriteit, 2018). Daarnaast omvat de richtlijn nieuwe maatregelen om koolstoflekage naar gebieden buiten de EU te voorkomen.

De EU stimuleert de energietransitie ook door financiering van onderzoek en ontwikkeling van nieuwe CO₂-arme technologieën, zoals CCS. De Europese Commissie verwacht dat CCS, samen met hernieuwbare energietechnologieën en verhoogde energie efficiëntie, een belangrijke bijdrage kan leveren aan het terugdringen van broeikasgasemissies (Europese Commissie, 2016). De financieringsprogramma's beogen de kosten van nieuwe technologieën omlaag te brengen.

Duitsland heeft, als grootste buurland van Nederland, een grote invloed op het goederenvervoer in Nederland. In overeenstemming met het klimaatakkoord van Parijs, streeft Duitsland naar een 80-95%-reductie in de broeikasgasemissies in 2050. De Bondsregering heeft de langetermijnstrategie vastgelegd in het ‘Klimaschutzplan 2050’.⁶ De twee hoofddoelen zijn energiebesparing en de uitbouw van hernieuwbare energiebronnen. In 2050 zal de energiebesparing oplopen tot 50% ten opzichte van het verbruiksniveau van 2008, terwijl elektriciteit bijna volledig uit hernieuwbare bronnen moet komen (BMUB, 2016). Het Duitse regeerakkoord van 2018 stelt als doel om 65% hernieuwbare elektriciteit in 2030 te genereren (CDU/CSU en SPD, 2018).

Daarnaast omvatten de maatregelen in het Duitse regeerakkoord ook de geleidelijke vermindering en uiteindelijk uitfasering van kolen in de elektriciteitssector. De omzetting van deze doelstelling is politiek gevoelig, omdat de economie in sommige regio's sterk afhankelijk is van de mijnbouwindustrie. In januari 2019 heeft een commissie bestaande uit de kolenindustrie, landsregeringen, milieuorganisaties en

⁶ Een Nederlandse samenvatting en analyse van het Duitse klimaatbeschermingsplan voor 2050 is te vinden op <https://spectator.clingendael.org/nl/publicatie/duitse-klimaatambities-zetten-nederland-onder-druk>.

wetenschappers een overeenkomst bereikt om tot 2038 volledig uit de kolenverbranding uitstappen. Het is nu aan de Bondsregering om dit akkoord om te zetten naar een wet.

Gascentrales en de modernste kolencentrales zullen in Duitsland dienen als brugtechnologie richting een volledig verduurzaamde elektriciteitssector (BMUB, 2016). Het potentieel van biomassa wordt in Duitsland beperkt geacht, omdat de daaraan verbonden landgebruiksverandering leidt tot extra CO₂-uitstoot (BMUB, 2016: p. 35). Ook CCS speelt een minder belangrijke rol. Dit heeft te maken met het grote verzet in de samenleving tegen CCS; voornamelijk bij de toepassing van CCS bij kolencentrales (Dütschke e.a., 2016). Bovendien is er maar een beperkte opslagcapaciteit in de directe omgeving van kolencentrales (BRG, 2018). CCS wordt mogelijk wel toegepast in de industrie (BMUB, 2016, p. 59). Het olieverbruik in de mobiliteitssector zal omlaag worden gebracht door toenemende elektrificatie van het personenvervoer, het gebruik van biobrandstof en mogelijk ook waterstof (BMUB, 2016: p. 61).

De beleidsontwikkelingen in België hebben minder grote effecten voor Nederland. België heeft met Antwerpen – na Rotterdam – de grootste zeehaven van Europa en is dus niet afhankelijk van Nederland voor de import van energiedragers. België importeert wel aardolieproducten van de Nederlandse raffinaderijen, die vooral via de binnenvaart worden vervoerd (CBS, 2018). Kolen worden alleen nog gebruikt in de industrie, maar de laatste Belgische kolencentrale sloot al in 2016. De huidige elektriciteitsproductie draait op kernenergie en biomassa.

In het voorjaar van 2018 werd een nationaal akkoord afgesloten over de toekomst van energie in België. Het Energiepact schrijft voor dat de kerncentrales uiterlijk in 2025 worden gesloten. Forse uitbouw in de wind- en zonnecapaciteit en nieuwe gascentrales zullen het ontstane gat in de energievoorziening vullen.

5 Scenario's voor energiedragers in WLO-Hoog en Laag

Beleidsmakers dienen zich bewust te zijn van de grote onzekerheden rond de energietransitie.

Tegelijkertijd is het helder dat meer houvast nodig is bij het beoordelen van potentiële beleidsmaatregelen. Om deze reden ontwikkelen we in dit hoofdstuk drie varianten voor WLO-Hoog en drie varianten voor WLO-Laal. Iedere variant verkent een andere invulling van de toekomstige energievoorziening. In paragraaf 5.1 worden de uitgangspunten toegelicht die het kader voor onze scenariokeuzes vormen. Vervolgens beschrijft paragraaf 5.2 de scenariovarianten voor de WLO-Hoog en paragraaf 5.3 voor WLO-Laal.

5.1 Uitgangspunten voor de scenariokeuzes

De aanvullende scenario's dienen consistent te zijn met de hoofdlijnen van de WLO-scenario's. Dit houdt in dat de gekozen energiemix van ieder scenario voldoet aan de WLO-aannames over de economische groei, de doelen voor CO₂-uitstootreductie, de snelheid waarmee CO₂-arme technologieën worden ontwikkeld, de ETS-prijs van een ton CO₂, de prijzen van olie en biomassa, etc. Vanwege deze aannames ligt het voor de hand om in WLO-Hoog te kiezen voor scenario's waarin Nederland toenemend energie bespaart en de energiemix uit minder fossiele en meer hernieuwbare energie bestaat. In WLO-Laal ontwikkelt de technologie zich trager, waardoor Nederland blijft inzetten op fossiele brandstoffen.

De scenario's dienen de onzekerheden omtrent de toekomstige energiemix in voldoende mate af te dekken. Hierbij ligt de focus uiteindelijk niet alleen op de variatie van de energiemix maar vooral op de bandbreedte van de resulterende vervoervolumes. De energiemodellen tonen aan dat een duurzamere energiemix kan leiden tot zowel dalende als stijgende vervoervolumes. Daarom kiezen we in ten minste één scenario voor een invulling die een dalend energiedragervervoer oplevert.

De scenario's dienen zoveel mogelijk bij de actuele beleidsontwikkelingen aan te sluiten. De WLO veronderstelt in 2050 een CO₂-reductie van 65% voor WLO-Hoog en 45% voor WLO-Laag. Deze emissiereductie is aanzienlijk lager dan de EU-doelen en de doelen in het regeerakkoord Rutte-III. Om recht te doen aan de huidige beleidsontwikkelingen, is in een van de scenario's (Gas+WZA) voor een zodanige invulling voor 2030 gekozen dat deze zowel passend is bij WLO-Hoog als bij een scenario waarin de CO₂-reductie in 2050 80 tot 95% bedraagt. Dit betekent bijvoorbeeld dat in dit scenario de kolencentrales in 2030 worden gesloten. Aan de andere kant is het ook mogelijk, vooral als de economische groei tegenvalt, dat de steun voor het mondiale klimaatakkoord wegvalt. De aanvullende scenario's van WLO-Laag illustreren hoe de energiemix er mogelijk uitziet als de in Parijs geformuleerde doelstellingen worden losgelaten.

5.2 Varianten van WLO-Hoog

Alle varianten van WLO-Hoog passen binnen de kaders zoals die in de WLO 2015 zijn weergegeven. Ten eerste betekent dit bijvoorbeeld dat WLO-Hoog wordt gekenmerkt door internationale klimaatafspraken die moeten leiden tot een emissiereductie van 40% in 2030 en 65% in 2050 ten opzichte van 1990. Verder is het doel gesteld om een aandeel hernieuwbare energie van circa 25% in 2030 en circa 40% in 2050 te bereiken. Deze doelen worden bereikt door een mix van energiebesparing en de inzet van CO₂-arme technologie. Ten tweede groeit de Nederlandse economie met 2% per jaar. Daardoor groeit ook de energievraag. De inzet van energiezuinige technologie beperkt deze groei, maar slaagt er nauwelijks in om de totale energievraag ten opzichte van 2015 te verlagen. Ten derde is de toepassing van CCS in alle varianten toegestaan en kosteneffectief. In 2030 wordt jaarlijks 19 megaton CO₂ opgeslagen en in 2050 33 megaton CO₂.

Hoog Bio+Kolen

In de eerste variant van WLO-Hoog wordt ten opzichte van andere varianten vooral ingezet op kolen en biomassa. Niettemin daalt het verbruik van kolen met ongeveer 60% tussen 2013 en 2050. Hiertoe sluiten Nederland en Duitsland gedeeltelijk kolencentrales. In de zelfde periode dringen vernieuwingen in de gebouwde omgeving en industrie de vraag naar aardgas met circa 50% terug. Het olieverbruik blijft daarentegen vrijwel constant omdat tegengestelde trends elkaar opheffen, zoals enerzijds de toenemende elektrificatie van het verkeer en anderzijds het stijgende aantal voertuigkilometers. Het wegvallen van de fossiele energie wordt opgevangen door een flinke uitbreiding van hernieuwbare energiebronnen. Zo verbruikt Nederland in 2050 in vergelijking met 2013 in dit scenario bijna vijf keer zoveel biomassa en zelfs 21 keer zoveel energie uit zon, wind en aardwarmte.

Hoog Gas+WZA

De tweede variant van WLO-Hoog geeft een beeld dat zoveel mogelijk aansluit bij actueel beleid en leidt tot een daling in energiedragervervoer. Ten eerste, wordt in dit scenario ervan uitgegaan dat Nederland en Duitsland al hun steenkolencentrales in 2030 hebben gesloten. Daardoor daalt het kolenverbruik en dus de benodigde import fors. In plaats van kolen speelt aardgas een grote rol in de elektriciteitswinning. Gascentrales fungeren als aanvulling op het zeer grote aandeel van wind, zon en aardwarmte (WZA) in de elektriciteitsmix. Het olieverbruik daalt door efficiëntieverbetering met circa 17%. Om tot een scenario met

lage vervoerstromen te komen, veronderstellen wij in deze variant dat biomassa slechts in beperkte mate wordt gebruikt in het achterland van de Nederlandse zeehavens. Europa beschikt in WLO-Hoog over een goed geïntegreerd elektriciteitsnet waardoor grote regionale verschillen in de elektriciteitsopwekking mogelijk zijn. Nederland gebruikt haar voordelige locatie aan de Noordzee om grootschalig windenergie te produceren, terwijl andere landen meer biomassa gebruiken.

Hoog Bio+Olie

In de derde variant van WLO-Hoog laten we zien dat een invulling conform de WLO ook past bij het huidige BasGoed-referentiepado. Met dit scenario onderbouwen we de vervoerprognose zoals die zonder aanpassing uit BasGoed komt. Om aan de klimaatopgaven uit de WLO 2015 te voldoen vereist dit scenario dat Nederland en Duitsland al hun steenkolen centrales in 2030 hebben gesloten. Daardoor daalt het kolenverbruik en dus de benodigde import fors. In plaats daarvan wordt ingezet op biomassa en andere hernieuwbare bronnen. Opvallend is dat duidelijk meer olie in de energiemix zit dan in de andere twee varianten. Daarom veronderstellen we dat een substantieel deel van de ‘olie’ afkomstig is uit biomassa (biodiesel, biogas, etc.).

Tabel 5.1. Primair energiegebruik per energiedrager in WLO-Hoog, in petajoule.

	Hoog Bio+Kolen ⁷			Hoog Gas+WZA		Hoog Bio+Olie	
	2013	2030	2050	2030	2050	2030	2050
Kolen	372	194	144	70	30	116	29
Olie	1.20	1.246	1.243	1.150	1.000	1409	1677
Gas	1.27	992	600	1.185	925	992	600
Biomassa	118	396	561	170	200	328	503
Hernieuwbaar*	30	380	632	400	700	380	632
Overig**	174	27	25	27	25	27	25
Totaal	3.173	3.235	3.205	3.002	2.880	3.253	3.466

*Hernieuwbaar omvat wind, zon en aardwarmte. **Overig omvat nucleair en afvalverbranding.

5.3 Varianten van WLO Laag

Alle varianten van WLO-Laal passen binnen de kaders zoals die in de WLO 2015 zijn weergegeven. Ten eerste wordt WLO-Laal gekenmerkt door een minder stringent klimaatbeleid. Nederland zal daarom de uitstoot van broeikasgassen in 2030 terugdringen met 30% ten opzichte van 1990. Na 2030 wordt het klimaatbeleid niet verder aangescherpt, wat uiteindelijk leidt tot een totale CO₂-reductie van 45% in 2050. Ten tweede groeit de Nederlandse economie met slechts 1% per jaar en de energievraag neemt minder snel toe dan in WLO-Hoog. Door de inzet van energiezuinigere technologieën kan de totale energievraag omlaag worden gebracht. Ten derde wordt CCS ook na 2030 niet toegepast omdat deze technologie economisch niet rendabel is met de lage CO₂-prijzen. Afsluitend veronderstellen we dat hernieuwbare en overige energiebronnen zich in alle varianten op de zelfde manier ontwikkelen.

⁷ Het scenario Hoog Bio+Kolen komt overeen met de energiescenario's die gepubliceerd zijn als tabellenbijlage bij de WLO 2015.

Laag Bio+Olie

Deze invulling lijkt in veel opzichten op het scenario Hoog Bio+Kolen, omdat de groei van de energiebehoefte (in Hoog meer dan in Laag) en de verduurzaming (in Hoog meer dan in Laag) elkaar deels opheffen. Ook in deze variant daalt het verbruik van kolen met circa 60% en de vraag naar aardgas met circa 50% tussen 2013 en 2050. Ten opzichte van andere varianten van WLO-Laag wordt in deze variant bijzonder veel olie en biomassa gebruikt. Terwijl de vraag naar andere fossiele energiedragers afneemt, blijft de vraag naar olie bijna constant. Minder strenge duurzaamheidseisen en de beperkte mondiale vraag leiden tot lage biomassa-prijzen. Hierdoor is het gebruik van biomassa ook bij minder streng klimaatbeleid een aantrekkelijke optie. In vergelijking met 2013 verbruikt Nederland in 2050 3,5 keer zoveel biomassa.

Laag Bio+Kolen

Kolen spelen een grote rol in de tweede variant van de WLO-Laag. Door de minder strenge klimaatdoelen blijven kolencentrales economisch rendabel. Gas wordt relatief duurder ten opzicht van kolen door toenemende geopolitieke spanningen en het ontbreken van een mondiale gasmarkt. Deze ontwikkeling draagt er ook aan bij dat het gasverbruik tot 2050 met ongeveer de helft afneemt, terwijl het kolenverbruik redelijk constant blijft. Over dezelfde periode daalt het totale olieverbruik licht, wat het gevolg is van enerzijds economische groei en anderzijds een toenemende efficiëntie van de vervoersector. Ook in deze variant van WLO-Laag veronderstellen we een sterke toename in het verbruik van biomassa.

Laag Gas+Olie

In de derde variant van WLO-Laag laten we weer zien dat een invulling conform de WLO ook past bij het huidige BasGoed-referentiepad. Het resultaat is een rustig scenario. Door een matige afname van kolen en olie ligt dit scenario tussen de andere twee varianten van WLO-Laag. Alleen een hoger gasverbruik en een lager biomassaverbruik onderscheiden deze variant.

Tabel 5.2 Primair energiegebruik per energiedrager in WLO-Laag, in petajoule.

	Laag Bio+Olie ⁸			Laag Bio+Kolen		Laag Gas+Olie	
	2013	2030	2050	2030	2050	2030	2050
Kolen	372	182	140	375	378	291	239
Olie	1.203	1220	1180	1100	950	1153	1090
Gas	1.276	1035	679	1000	679	1092	761
Biomassa	118	319	421	230	380	206	300
Hernieuwbaar*	30	288	411	288	411	288	411
Overig**	174	22	28	22	28	22	28
Totaal	3.173	3.066	2.859	3.015	2.826	3.052	2.828

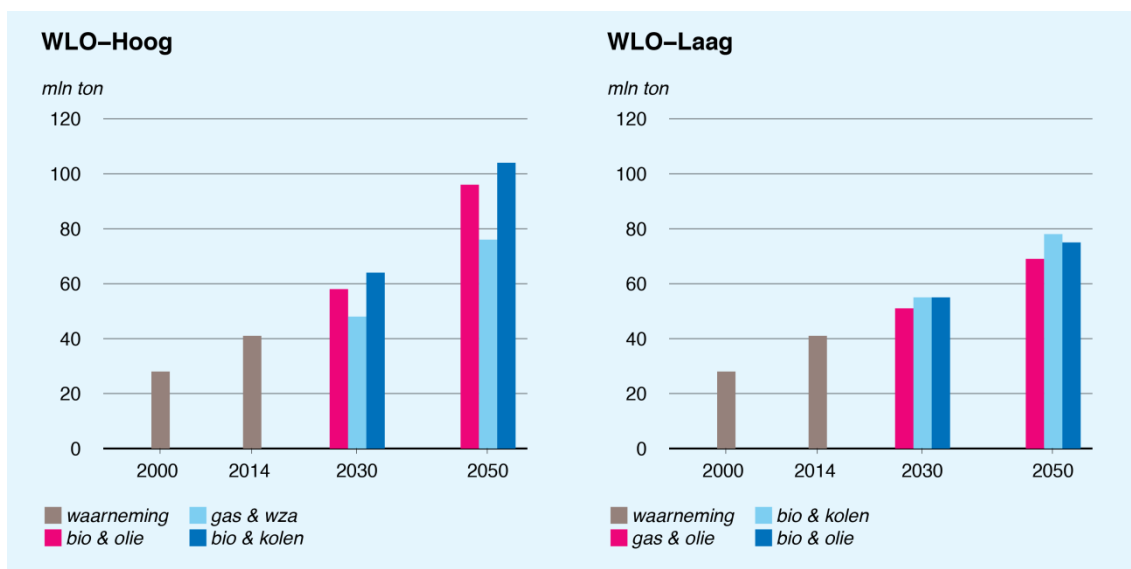
*Hernieuwbaar omvat wind, zon en aardwarmte. **Overig omvat nucleair en afvalverbranding.

⁸ Het scenario Laag Bio+Olie komt overeen met de energiescenario's die gepubliceerd zijn als tabellenbijlage bij de WLO 2015.

6 BasGoed modeluitkomsten voor de energiedrager-scenario's

Uit de totale goederenvervoerstromen, die voortkomen uit de verschillende scenario's, (zie figuren 6.1 tot en met 6.3) kunnen drie conclusies worden getrokken. Ten eerste blijft het totale goederenvervoer via alle drie modaliteiten toenemen richting 2050. Een harde trendbreuk in het goederenvervoer door de energietransitie – waarbij sprake zou zijn van dalende vervoervolumes – lijkt dus onwaarschijnlijk.⁹ Ten tweede kent WLO-Hoog meer onzekerheid ten aanzien van de totale goederenvervoerstromen dan WLO-Laag. Ten derde zijn deze onzekerheidsmarges voornamelijk groot voor de binnenvaart en het spoor. Het totale goederenvervoer via de weg daarentegen ondervindt geen substantiële effecten van de energietransitie.

Figuur 6.1. De bandbreedte van mogelijke ontwikkelingen voor het spoorvervoer is bijzonder groot in WLO-Hoog.



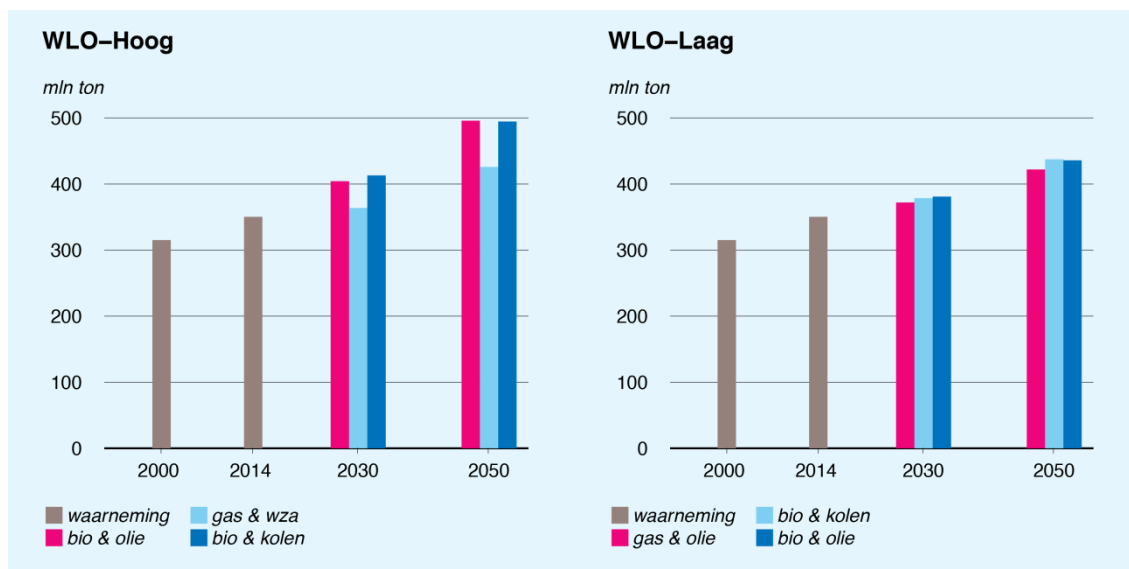
Bron: Voor 2000 WLO 2015; voor 2014 BasGoed basisjaar; voor 2030 en 2050 BasGoed modelresultaten.

De onzekerheid in de procentuele verandering van vervoerde tonnen is het grootst voor het spoor.

Enerzijds is het mogelijk dat het spoorvervoer maar matig toeneemt, door een sterke daling van de kolenvraag en een beperkte toename van biomassagebruik (scenario Hoog Gas+WZA). Anderzijds kan het spoorvervoer ook flink groeien, als wordt ingezet op kolen en biomassa (scenario Hoog Bio+Kolen). In dit scenario is er in 2050 2,5 keer zoveel spoorvervoer als in 2014. Het scenario dat zonder aanpassing uit de huidige BasGoed-versie komt (Hoog Bio+Olie), ligt tussen deze twee scenario's.

⁹ Althans, deze conclusie heeft betrekking op varianten die binnen de kaders blijven van de WLO 2015. Een harde trendbreuk behoort wel tot de mogelijkheden als de klimaatdoelstellingen scherper worden dan verondersteld in WLO 2015.

Figuur 6.2. Ook het vervoervolume van de binnenvaart loopt in de verschillende WLO-Hoog scenario's uit elkaar.

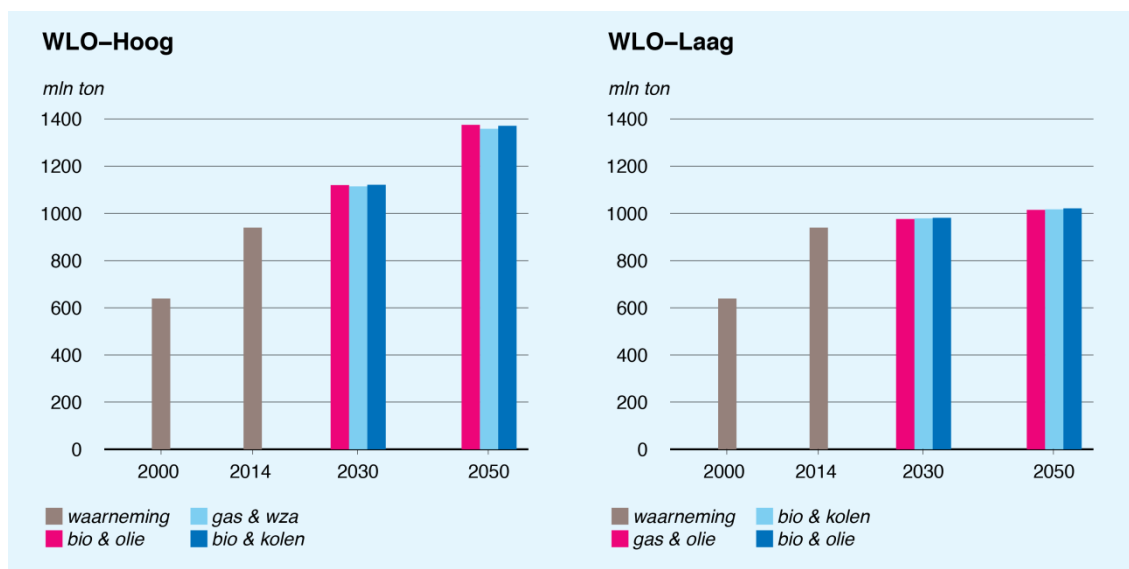


Bron: Voor 2000 WLO 2015; voor 2014 BasGoed basisjaar; voor 2030 en 2050 BasGoed modelresultaten.

Voor de binnenvaart is de onzekerheid, procentueel gezien, iets kleiner dan bij het spoor. Maar aangezien de binnenvaart in absolute zin grotere vervoerstromen kent, zijn de absolute verschillen wel groter dan bij het spoor. Zoals we ook zagen bij het spoor, blijft de vervoersgroei beperkt in het scenario Hoog Gas+WZA. De andere twee varianten verschillen nauwelijks van elkaar: beide leiden tot een toename in het vervoervolume van circa 41% tot 2050 in WLO-Hoog.

Ten slotte toont figuur 6.3 dat veranderingen in het gebruik van fossiele brandstoffen nauwelijks een effect hebben op het goederenvervoer via de weg. Dit komt omdat het wegvervoer minder goed geschikt is voor het vervoer van grote hoeveelheden aan bulkgoederen.

Figuur 6.3. Het goederenvervoer via de weg ondervindt geen substantiële effecten van de energietransitie.



Bron: Voor 2000 WLO 2015; voor 2014 BasGoed basisjaar; voor 2030 en 2050 BasGoed modelresultaten.

7 Conclusies en aanbevelingen voor gebruik

7.1 Gebruik van BasGoed en het uitvoeren van MKBA's

De energietransitie gaat gepaard met grote onzekerheden in de totale omvang van het goederenvervoer per spoor en binnenvaart. Voor specifieke trajecten van het spoor of de binnenvaart kan deze onzekerheid zelfs nog groter zijn, omdat het ruimtelijke patroon van de energievraag mogelijk verschuift. Vooral de toekomstige locatie van energiecentrales is hierbij bepalend. Het wegvervoer wordt minder sterk geraakt door veranderingen in de energiemix. Net zoals op het niveau van het totale goederenvoervolume is hier de onzekerheid omtrent de economische groei doorslaggevend.

Uit de analyse van verschillende scenario's blijkt dat de standaard BasGoed-referentiepaden (in deze studie aangeduid als 'Hoog Bio+Olie' en 'Laag Gas+Olie') samen een vrij goed beeld geven van de onzekerheden in het goederenvervoer. Deze scenario's liggen namelijk tussen of dichtbij de andere mogelijke varianten. Ons advies is daarom om de standaard BasGoed-referentiepaden te blijven gebruiken. Om een beter kwantitatief beeld te krijgen van wat deze referentiepaden precies betekenen voor de vraag naar energiedragers, hebben we een gedetailleerde invulling gegeven aan het gebruik van energiedragers die consistent is met de uitgangspunten van de WLO 2015, zie paragraaf 5. Dit ontbrak tot nu toe.

Als aanvulling op de standaard BasGoed-referentiepaden, raden we aan om tevens het scenario 'Hoog Gas+WZA (Wind, Zon, Aardwarmte)' door te rekenen bij MKBA's van infrastructuurprojecten voor spoor- en binnenvaart. Deze variant bevat namelijk een grootschalige transitie naar hernieuwbare energiebronnen wat leidt tot substantieel minder groei van goederenvervoer per spoor en binnenvaart. Ook sluit deze variant het best aan bij actuele beleidsontwikkelingen. Voor investeringen in spoor en binnenvaart adviseren we bovendien een locatie-specifieke analyse van mogelijke veranderingen in de belangrijkste vervoerstromen. Bijvoorbeeld, het sluiten of openen van energiecentrales of industriecomplexen.

Tot slot heeft deze studie pragmatische rekenmodules ontwikkeld waarmee veranderingen van het energiesysteem in het huidige BasGoed-model kunnen worden ingebouwd. Met deze rekenmodules kunnen de effecten van allerlei toekomstige energiesystemen op het goederenvervoer worden geanalyseerd, zonder dat het huidige BasGoed-model rigoreus moet worden aangepast.

7.2 Aandachtspunten voor de toekomst

Deze studie stipt een tweetal aspecten aan die in toekomst aandacht vereisen: het toenemende gebruik van biomassa en het veranderende ruimtelijke patroon van de energievraag.

Biomassa zal in de komende jaren waarschijnlijk een veel grotere rol in het goederenvervoer spelen. Dit vraagt om een juiste vertaling naar het goederenvervoermodel BasGoed. Hier zitten een aantal haken en ogen aan. Op dit moment is biomassa binnen de aanbod-gebruikstabel van BasGoed nog niet goed aan de energiesector gekoppeld. Ook baseert BasGoed de ramingen op incrementele veranderingen op een geven

basisjaar. Hoewel dit een logische aanpak is aangezien vervoerstromen doorgaans redelijk constant blijven over de tijd, is de snelle opkomst van nieuwe goederengroepen daardoor minder goed te modelleren.

De transitie naar nieuwe CO₂-arme technologieën en bijbehorende energiedragers (zoals biomassa, waterstof, synthetische of bio brandstoffen) leidt mogelijk tot andere ruimtelijke patronen van energiegebruik en aanvoer. De vraag waar de energiedragers in Nederland worden verbruikt, leidt tot extra onzekerheid. Deze onzekerheid is niet in de scenario's verwerkt, omdat het deels ook een beleidsoptie is. Bij een grootschalige verandering van het energiesysteem is extrapoleren van het huidige ruimtelijke patroon naar 20 of 30 jaren in de toekomst nauwelijks mogelijk.

7.3 WLO 2015 en toekomstige klimaatdoelstellingen

Afsluitend willen we opmerken dat actuele beleidsontwikkelingen tot een ander beeld voor het gebruik van energiedragers kunnen leiden. Deze studie is gebaseerd op de WLO 2015 die er van uitgaat dat het klimaatbeleid met enige waarschijnlijkheid uit zal komen op een CO₂-reductie tussen de 30-40% in 2030 en 45-65% in 2050. Verschillende actuele ontwikkelingen, zoals de Klimaatwet en het Klimaatakkoord, zijn echter duidelijk ambitieuzer dan de WLO-scenario's. Op basis van deze studie verwachten wij dat deze ontwikkelingen grote gevolgen kunnen hebben voor het gebruik van energiedragers en het vervoer daarvan. Om deze reden kan het nuttig zijn om deze studie in de toekomst opnieuw uit te voeren, indien duidelijk wordt dat deze hoge ambities ook na 2030 worden doorgezet.

Referenties

Blanford, G., R. Aalbers, J. Bollen en K. Folmer, 2015, Technological Uncertainty in Meeting Europe's Decarbonisation Goals. <https://www.cpb.nl/sites/default/files/publicaties/download/cpb-discussion-paper-301-technological-uncertainty-meeting-europes-decarbonisation-goals.pdf>.

BMUB, 2016, Klimaschutzplan 2050 - Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung.

BRG, 2018, CO₂ Speicherung - Häufig gestellte Fragen.

https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Nutzung_tieferer_Untergrund_CO2Speicherung/CO2Speicherung/FAQ/faq_node.html;jsessionid=3DooF7CF621C2001EF1C1FBD887CA11E.1_cid292#doc1547494bodyText2.

Bundesnetzagentur, 2018, Kraftwerksliste.

https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/Versorgungssicherheit/Erzeugungskapazitaeten/Kraftwerksliste/kraftwerksliste-node.html.

CBS, 2017, Internationale handel en doorvoer; waarde en gewicht, vervoerwijze.

<https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/83819NED/table?ts=1525704047830>.

CPB/PBL, 2015, Toekomstverkenning Welvaart en Leefomgeving. Cahier Klimaat en Energie, Planbureau voor de Leefomgeving/Centraal Planbureau., Den Haag.

Dütschke, E., K. Wohlfarth, S. Höller, P. Viebahn, D. Schumann en K. Pietzner, 2016, Differences in the public perception of CCS in Germany depending on CO₂ source, transport option and storage location, *International Journal of Greenhouse Gas Control*, vol. 53: 149–159. <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2016.07.043>.

Europese Commissie, 2018, Clean Energy for All Europeans. /energy/en/topics/energy-strategy-and-energy-union/clean-energy-all-europeans.

Europese Raad, 2017, Hervorming van de EU-regeling voor de emissiehandel.
<http://www.consilium.europa.eu/nl/policies/climate-change/reform-eu-ets/>.

Eurostat, 2018, Energy trends - an overview. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_statistics_-_an_overview.

Ontwerp-Klimaatakkoord, 2018, Afspraken in de sector Industrie.
<https://www.klimaatakkoord.nl/industrie/documenten/publicaties/2018/12/21/industrie>.

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, 2018, Kamerbrief over Gaswinning Groningen.
<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2018/03/29/kamerbrief-over-gaswinning-groningen>.

Nederlandse Emissieautoriteit, 2015, Emissiehandel uitgelegd. Vragen en antwoorden over het Europese CO₂-emissiehandelssysteem (EU ETS). <https://www.emissieautoriteit.nl/onderwerpen/wat-is-emissiehandel>.

Ros, J. en K. Schure, 2016, Vormgeving van de energietransit, 1747, PBL, Den Haag.
<http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2016-vormgeving-van-de-energietransitie-1749.pdf>.

Schoots, K. en P. Hammingh, 2015, Nationale Energieverkenning 2015, ECN-O--15-033, Energieonderzoek Centrum Nederland, Petten.

Strengers, B., H. Eerens, W. Smeets, G.J. Van den Born en J. Ros, 2018, Negatieve Emissies. Technisch potentieel, realistisch potentieel en kosten voor Nederland, 2606, PBL, Den Haag.
http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2017-negatieve-emissies-technisch-potentieel-realistisch-potentieel-en-kosten-voor-nederland_2606.pdf.

Weterings, A., O. Ivanova, D. Diodato, M. Lankhuizen, T. Mark, K. Schure en R. Koelemeijer, 2018, Effecten van de energietransitie op de regionale arbeidsmarkt – een quickscan, 3006, PBL, Den Haag.
<http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2018-effecten-van-de-energietransitie-3006.pdf>.

Bijlage: technische omzetting van energiescenario's naar invoer voor BasGoed

Het doel van deze studie is om op basis van verschillende energiescenario's nieuwe goederenvervoerprognoses op te stellen. Hiervoor zijn enkele vertaalslagen nodig.

Stap 1: Energie-eenheden worden omgerekend naar vervoervolumes in gewicht. De benodigde energiedichtheid van iedere energiedrager (kg/GJ) is te vinden in de “Nederlandse lijst van energiedragers en standaard CO₂ emissiefactoren” (RVO, 2018).

Stap 2: De resulterende vervoervolumes van energiedragers worden toegewezen aan de twee goederengroepen die binnen BasGoed energiedragers omvatten: NSTR₂ (Vaste Minerale Brandstoffen) en NSTR₃ (Aardolie en Aardolieproducten). Onderliggend zijn twee belangrijke aannames. Om te beginnen gaan we ervan uit dat de biomassa in de energiescenario's vaste biomassa is, en hebben het daarom ondergebracht bij NSTR₂. Daarnaast gaan we ervan uit dat een deel van de olie in de energiescenario's vloeibare biomassa is (bijvoorbeeld biodiesel). Gas wordt vooral via pijplijnen vervoerd, en is dus geen onderdeel van BasGoed. Tabel 5.3 geeft een gedetailleerd overzicht van het aandeel biomassa in de goederenhoofdstukken NSTR₂ en NSTR₃ voor elke scenariovariant.

Tabel B.1. Aandeel biomassa in goederengroep per scenario.

HOOG		Bio+Kolen		Gas+WZA		Bio+Olie	
	2013	2030	2050	2030	2050	2030	2050
NSTR ₂	0%	73%	85%	58%	84%	77%	96%
NSTR ₃	0%	0%	0%	10%	20%	12%	22%
Totaal	0%	34%	46%	18%	34%	29%	46%

LAAG		Bio+Olie		Bio+Kolen		Gas + Olie	
	2013	2030	2050	2030	2050	2030	2050
NSTR ₂	0%	68%	76%	36%	57%	68%	76%
NSTR ₃	0%	0%	0%	5%	10%	5%	10%
Totaal	0%	28%	37%	19%	37%	28%	37%

Stap 3: Voor het berekenen van de nieuwe invoerbestanden voor BasGoed hebben we een Excel tool ontworpen. Voor ieder scenario, zichtjaar en goederengroep is er een apart bestand. Deze omvatten de basispad-tabellen voor het zichtjaar afkomstig uit de tussenresultaten van de BasGoed-economiemodule: het interzonale vervoer, het intrazonale vervoer, en internationale doorvoer. De energiescenario's worden gebruikt om een groeivoet te berekenen, die vervolgens worden toegepast op de goederenvervoerstromen in het basisjaar. Dit levert de aangepaste invoertabellen voor BasGoed op.

De berekening van de groeivoet gebeurt in twee stappen. Eerst gebruiken we de energiescenario's om de procentuele groei van de NSTR₂- of NSTR₃-volumes vast te stellen. Deze procentuele groei passen we vervolgens toe op de basisjaarbestanden van BasGoed (interzonale vervoer, het intrazonale vervoer, en internationale doorvoer). Hiermee maken we dus de aanname dat de procentuele groei van de NSTR₂- en

NSTR3-volumes uit de energiescenario's ook van toepassing is op de vervoervolumes in BasGoed. Bij elkaar opgeteld geven deze tabellen ons de totale volumes van de goederengroepen in het zichtjaar.

De verhouding tussen het beoogde nieuwe vervoervolume in het zichtjaar en het vervoervolume uit het BasGoed-basispad geeft ons een groeifactor. Deze passen we toe op de tabellen uit het basispad voor het interzonale vervoer, het intrazonale vervoer, en internationale doorvoer. Op deze manier houden we er rekening mee dat het binnenlandse vervoer mogelijk sneller of langzamer groeit dan bijvoorbeeld de doorvoer.