

Gebruik van waterstof in elektriciteitssector voorlopig onnodig en inefficiënt

De verduurzaming van de elektriciteitssector vergt een verandering van onze energiebronnen. Ook zijn er opslag- en conversietechnologieën nodig. Welke energiemix is het meest optimaal als we de beoogde emissiereducties willen halen, en tegelijkertijd de leveringszekerheid van elektriciteit willen garanderen?

IN HET KORT

- Om voor de elektriciteitssector de beoogde emissiereducties te halen, is hernieuwbare energie essentieel.
- Nederland heeft genoeg hernieuwbaar potentieel om de uitstoot bij de huidige elektriciteitsvraag met 99 procent te verminderen.
- Voor het elektriciteitssysteem is het efficiënter om eerst wind- en zonne-energie uit te breiden dan om in waterstof te investeren.

KAROLINA RYSZKA

Econoom bij de Rabobank

Om een grote klimaatverandering zo veel mogelijk te kunnen beperken, is er een drastische reductie nodig van de broeikasgassenuitstoot. Dit vergt grote aanpassingen en veranderingen in de gehele economie, en vooral ook in de energievoorziening. Het elektriciteitssysteem speelt daarbij een centrale rol: om energiegebruik overal duurzamer te maken, zullen steeds meer processen waarbij men nu nog fossiele brandstoffen gebruikt, elektrisch worden.

Tegenwoordig wordt rond de vijftien procent van de elektriciteit in Nederland hernieuwbaar opgewekt (CBS, 2019). De ambitie uit het Klimaatakkoord is dat, in 2030, zeventig procent van de in Nederland geproduceerde elektriciteit hernieuwbaar moet zijn (Klimaatakkoord, 2019). Het probleem bij hernieuwbare elektriciteit is dat de zon niet altijd schijnt en de wind niet altijd waait, terwijl er wel vraag naar elektriciteit is. Een elektriciteitssysteem dat grotendeels op hernieuwbare energiebronnen is gebaseerd, vormt dus een uitdaging voor de voorzieningszekerheid.

Voor de verduurzaming van het energiesysteem is er in de toekomst dus meer en duurzamere elektriciteit nodig. Het aandeel van elektriciteit in het energiesysteem is nu nog ongeveer 30 procent, maar de verwachtingen zijn dat het aandeel door de uitbreiding van elektriciteitsopwekking en -distributie naar 50 procent verschuift (World Energy Council The Netherlands, 2020). In Nederland zal deze

electriciteit vooral van zonne- en windenergie komen, terwijl in andere landen bijvoorbeeld ook waterkracht zorgt voor duurzame elektriciteit.

In de energietransitie zullen er naast investeringen in hernieuwbare energie (ook wel duurzame of groene energie genoemd) dus ook opslagtechnologieën nodig zijn om de leveringszekerheid van de elektriciteit te garanderen. Batterijen, elektrolyse, waterstofopslag en *power-to-gas* zijn voorbeelden van conversie- en opslagtechnologieën voor energie.

In dit artikel beschrijven we de optimale energiemix voor 2030. Dit onderzoek is uitgevoerd bij RaboResearch, samen met de Universiteit van Luik en hun partner Fluxys. Welke investeringen moeten er gedaan worden om in 2030 een duurzame elektriciteitssector te hebben?

Het elektriciteitssysteem-model

Aan de hand van een elektriciteitssysteem-model hebben we de toekomstige optimale energiemix in Nederland onderzocht (zie voor een gedetailleerde beschrijving van het model Berger et al., 2020). Het model zoekt naar de optimale energiemix, wat betekent dat de energiebronnen, technologieën en oplossingen gekozen worden die de totale kosten van het elektriciteitssysteem minimaliseren. De kosten omvatten zowel de investeringskosten als de kosten voor gebruik en onderhoud van het elektriciteitssysteem.

De bedoeling van het model is dus om de goedkoopste energiemix te vinden die zowel leveringszekerheid als de benodigde besparing van broeikasgasemissies garandeert. De uitkomst van het model is de mix van generatie-, conversie- en opslagtechnologieën, en ook de benodigde hoeveelheden van deze technologieën om in de elektriciteitsvraag te kunnen voorzien, gegeven de technische beperkingen en beleidsdoelstellingen. Het model berekent ook de kosten van het elektriciteitssysteem en de kosten per geleverd megawattuur aan elektriciteit, de hoeveelheid van geproduceerde elektriciteit en de emissies van het systeem.

Gegevens in model

Om de kosten-minimaliserende energiemix te kunnen berekenen zijn er verschillende gegevens nodig. We specificeren hierbij de verschillende vormen van het opwekken van energie. Het model houdt ook rekening met de kwaliteit en beschikbaarheid van hernieuwbare energiebronnen, zoals zonuren en windsterkten. De eenheid hiervoor is een zogenaamde *capaciteitsfactor*, die de verhouding meet tus-

Dit artikel is gebaseerd op Berger et al. (2020)

sen enerzijds de elektriciteit die een zonnepaneel op een bepaalde plek kan opwekken, en anderzijds de hoeveelheid elektriciteit die dit zonnepaneel maximaal kan opwekken. Deze capaciteitsfactoren worden, samen met de elektriciteitsprijzen van 2017, gebruikt als schattingen voor de prijsignalen in 2030.

We gebruiken data over de elektriciteitsvraag op uur-basis voor het hele jaar 2017. Daarmee gaan we ervan uit dat deze vraag in de toekomst vergelijkbaar is met die van nu. Dit is een vereenvoudiging, omdat er verschillende trends gaande zijn die de vraag waarschijnlijk zullen veranderen: de elektrificatie van het energiesysteem zal bij-

Opslagtechnologieën zoals via waterstof zijn pas vereist bij een bijna volledig emissievrij elektriciteitssysteem

voorbeeld leiden tot een hogere vraag naar elektriciteit. Deze trend wordt deels gecompenseerd door toenemende energie-efficiëntie en een resulterende reductie van de elektriciteitsvraag.

Uiteindelijk zal het gebruik van elektriciteit voor andere toepassingen een ander gebruikspatroon kunnen veroorzaken. Denk bijvoorbeeld aan het opladen van elektrische auto's. Het modelleren van deze trends is gebaseerd op vele aannames, en is heel gevoelig voor onze keuze van aannames wat betreft bijvoorbeeld ontwikkelingen van energie-efficiëntie, ontwikkelingen in de transportsector en in het bijhorende beleid. Deze ontwikkelingen zijn nog zeer onzeker. Om de onzekerheid te beperken, hebben we ervoor gekozen om met de daadwerkelijke elektriciteitsvraag te werken, wetende dat het elektriciteitsvraagpatroon waarschijnlijk een ondergrens is van de vraag in de toekomst. Tot slot maakt het model gebruik van gedefinieerde beleidsdoelen, zoals CO₂-emissiereductiedoelen en een energie-importquota.

De opslag- en conversie-technologieën die we meenemen zijn elektrolyse van waterstof, waterstofopslag en waterstofbrandstofcellen. Methanisering, het maken van synthetisch methaan uit waterstof, methaanopslag en batterijen nemen we ook mee. We hebben het hier uitsluitend over 'groene' waterstof, dat is waterstof die met behulp van elektrolyse uit water wordt geproduceerd.

Beleidsscenario's

We kijken naar drie beleidsscenario's: 49, 75 en 99 procent minder uitstoot uit de elektriciteitssector in 2030 ten opzichte van 1990. Het jaar 2030 is gekozen omdat het een mijlpaal is voor beleidsmakers op de weg naar het koolstofvrije energiesysteem in 2050 (Europese Commissie, 2011; Klimaatakkoord, 2019). Bovendien is 2030 het jaar waarin Nederland de doelen van het Klimaatakkoord wil halen, dus een reductie van 49 procent van de emissie van alle

sectoren. Voor het Nederlandse elektriciteitssysteem is het doel voor 2030 om de broeikasuitstoot met 70 procent te verminderen. Het 75-procentemissiereductiescenario in deze studie komt daar het dichtst bij in de buurt.

Emissiereductie van 49 en 75 procent

Figuur 1 laat de optimale energiemix zien die bij de doelstelling van een uitstootreductie van 49, 75 en 99 procent hoort, in capaciteiten geïnstalleerd vermogen (in gigawatt). Een gigawattuur is voldoende elektriciteit om zo'n 850.000 huishoudens tegelijkertijd een uur lang van licht te voorzien. Het wordt duidelijk dat een uitstootvermindering van 49 en 75 procent, met een opschaling van vooral wind op zee, mogelijk wordt. Het is volgens het model het goedkoopste als het aantal zonnepaneel-installaties gelijk blijft aan de hoeveelheid in de huidige situatie en als de wind op het land in alle emissiereductiescenario's maximaal wordt benut. Dat is omdat wind in Nederland een hogere capaciteitsfactor heeft dan zon.

Het is opmerkelijk dat waterstof en andere opslagtechnologieën in de 49- en 75- procentemissiereductiescenario's geen rol spelen (figuur 1). De reden hiervoor is dat investeren in hernieuwbare energiebronnen goedkoper is dan investeren in dure opslagtechnologieën. Het is dus efficiënter om meer windturbines te bouwen, dan om bijvoorbeeld een grote batterij te gebruiken. De windturbines kunnen de piekvraag dekken, en bij een 'normale' vraag zijn ze misschien helemaal niet nodig. Bovendien kunnen de elektriciteitsoverschotten uit zonne- en windenergie vaak winstgevend aan het buitenland worden verkocht. Is de exportcapaciteit echter beperkt, dan zal er vooral minder wind-op-zee-capaciteit gebouwd moeten worden.

Emissiereductie van 99 procent

Het plaatje ziet er heel anders uit in het 99-procentsscenario. Er moet een forse hoeveelheid hernieuwbare energiecapaciteit worden bijgebouwd, vooral door wind op zee uit te breiden. In totaal is er rond de 70 gigawatt (GW) aan geïnstalleerde, hernieuwbare of twel duurzame energiecapaciteit nodig – bijna vijf keer meer dan de piekvraag in onze studie.

De overcapaciteit aan hernieuwbare energie is nodig omdat de gemiddelde capaciteitsfactoren van deze energiebronnen lager zijn in vergelijking met conventionele energiecentrales. Daarom is er een hogere capaciteit nodig om een bepaalde elektriciteitsvraag te dekken. Hetzelfde zonnepaneel in Nederland zal een lagere capaciteitsfactor hebben dan in bijvoorbeeld Spanje. De elektriciteitsvraag zo veel mogelijk door hernieuwbare bronnen worden gedekt, omdat het elektriciteitssysteem maar heel weinig CO₂ mag uitstoten.

Voor het eerst zien we ook dat er extra zonnepanelen-capaciteit wordt bijgebouwd. De reden hiervoor is dat zon (beperkt) complementair is met wind, want als de wind niet waait, is er nog wel een kans dat de zon schijnt. Dit is genoeg om in zon te investeren, in plaats van de relatief dure wind-op-zee-velden nog meer uit te bouwen.

Ook wordt er in dit scenario gebruik gemaakt van conversie-, opslag- en repowering-technologieën (dus een verhoging van de efficiëntie van energie-installaties): er wordt

aan elektrolysers van 5 GW gebouwd. Als we kijken naar de huidige elektrolysecapaciteit, is dat een forse stap vooruit.

Bovendien zijn in het 99-procentsemissiereductiescenario nog 4,2 gigawattuur (GWh) batterijopslag en 658 GWh waterstofopslag nodig. Het gebruik van waterstof en batterijen als opslagtechnologieën is dus goedkoper dan een nog grotere overdimensionering van het hernieuwbare energieportfolio. Een deel van de elektriciteitsoverschotten wordt in batterijen opgeslagen. Een ander deel wordt vooral als waterstof opgeslagen, dat vervolgens bij elektriciteitsproductietekorten weer in stroom omgezet kan worden.

Vraag naar elektriciteit

Het is onzeker of de vraag naar elektriciteit gelijk blijft aan het vraagpatroon van 2017. Op dit moment is elektriciteit twintig procent van het totale energiegebruik, maar het wordt verwacht dat dit in de toekomst kan oplopen tot vijftig procent. Volgens schattingen zal de elektriciteitsvraag in Noord-West-Europa bijvoorbeeld met ongeveer tien procent zijn toegenomen in 2030 (World Energy Council The Netherlands, 2020).

Aan de hand van een robuustheidscheck vinden we dat de uitkomsten vergelijkbaar zijn wanneer we de vraag naar elektriciteit met tien procent verhogen. Om de extra vraag te dekken, moest er meer capaciteit bijgebouwd worden: tien procent meer voor wind of zee, rond twaalf procent meer voor zonnepanelen, en rond vijftien procent meer elektrolyse-capaciteit in het 99-procentsscenario. We hebben geen rekening gehouden met grote vraagstijgingen van bijvoorbeeld meer dan vijftig procent, en met een verandering van het vraagpatroon.

Kosten

De totale systeemkosten zijn in het 99-procentsemissiereductiescenario bijna twee keer zo hoog als in het 49-procentsscenario: 8,6 miljard euro per jaar, tegen 4,7 miljard euro per jaar. In het 49-procentsemissiereductiescenario vormt brandstof voor gascentrales, met 40 procent van de totale kosten, nog steeds de grootste kostenpost – investeringen in wind op zee en wind op land zijn respectievelijk 37 en 13 procent van de totale kosten. De gemiddelde elektriciteitsprijs ligt op 44,8 euro per megawattuur.

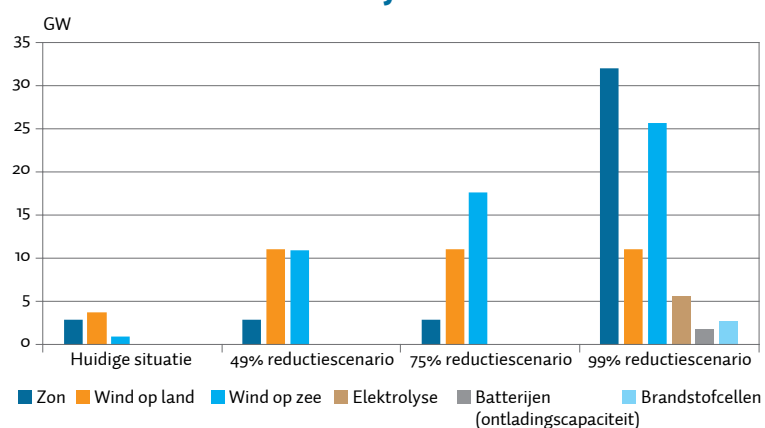
In het 99-procentsscenario verdubbelen de elektriciteitskosten bijna ten opzichte van het 49-procentsscenario, naar 82 euro per megawattuur. Daarbij vormen investeringskosten in hernieuwbare energieproductiecapaciteit rond 80 procent van de totale kosten, waarbij investeringen in wind op zee rond 50 procent van de totale systeemkosten uitmaken. De inzet van brandstofcellen en elektrolysecentrales is verantwoordelijk voor respectievelijk 10 en 5 procent van de totale kosten. De totale systeemkosten vormen een ondergrens – de kosten voor opbouw van bijvoorbeeld additionele netinfrastructuur zijn hierin nog niet meegenomen.

Conclusie en discussie

Nederland heeft, bij een emissiereductie van 99 procent, genoeg hernieuwbaar potentieel om de elektriciteitsvraag van het niveau van 2017 te dekken. Het is opmerkelijk dat Nederland een emissiereductie kan bereiken in

Optimale mix hernieuwbare energie in het Nederlandse elektriciteitssysteem¹

FIGUUR 1



¹ De figuur geeft alleen de energiemix binnen het aandeel hernieuwbare energie per scenario. Fossiele energiebronnen zoals gasgestoker centrales worden daarom niet getoond.

ESB

zijn elektriciteitssysteem van 49 en zelfs 75 procent, zonder dat er opslagtechnologieën zoals via waterstof nodig zijn. Deze zijn pas vereist bij een bijna volledig emissievrij elektriciteitssysteem.

Ons onderzoek kent een aantal beperkingen. We kijken bijvoorbeeld niet naar mogelijke belemmeringen voor de uitbouw van hernieuwbare energiebronnen, zoals burgerprotesten en de *not-in-my-backyard*-mentaliteit. Dit zou het moeilijker maken om de verschillende reductiescenario's te bereiken. Concurrerende belangen van ruimtelijk gebruik in de Noordzee zijn deels meegenomen, aangezien we de maximaal beschikbare ruimte voor wind op zee, wind op land en zonnepanelen uit onderzoeken halen waarin deze belangen zijn meegenomen.

De belangrijkste beperking is wellicht dat we hier de waarde van waterstof alleen voor het elektriciteitssysteem beoordelen, en niet voor de gehele energietransitie. Dit laten we nu echter buiten beschouwing. Waterstof heeft veelbelovende toepassingen, maar de verduurzaming van de elektriciteitssector is er dus niet een van. Doordat de kosten voor de elektriciteitssector op korte tot middellange termijn hoog zullen zijn, zal de elektriciteitssector waarschijnlijk geen grote rol gaan spelen in de waterstofontwikkeling. Dit sluit, in de nabije toekomst, andere toepassingen in sectoren zoals industrie, transport en de gebouwde omgeving niet per se uit.

Literatuur

Berger, M., D. Radu en K. Ryszka (2020) *The role of hydrogen in the Dutch electricity system – Technical report*, januari. Te vinden op <https://economics.rabobank.com/publications/2020/january/the-role-of-hydrogen-in-the-dutch-electricity-system/>

CBS (2019) *Electriciteit en warmte; productie en inzet naar energiedrager*. CBS StatLine, te vinden op opendata.cbs.nl.

Europese Commissie (2011) *Energy Roadmap 2050*. COM(2011) 885 final, 15 december. Te vinden op ec.europa.eu.

Klimaatkoord (2019) *Klimaatkoord*, 28 juni. Te vinden op www.klimaatkoord.nl.

World Energy Council The Netherlands (2020) *Phasing out carbon: how to decarbonise North-Western Europe's energy mix in the run-up to 2050*. Te vinden op www.worldenergycouncil.nl.