

Naar een hoog aandeel van duurzame energie

Opslag is noodzaak voor afstemmen van vraag en aanbod

Prof. Dr. Fokko Mulder – TU Delft
F.M.Mulder@tudelft.nl

Ir. Herman Postma MBA – Ingenieurs en Adviesbureau Grontmij
herman.postma@grontmij.nl

Ing. Egbert Klop – Industrial Energie Experts
egbert.klop@ieexperts.nl

Drs. Ir. Henk Jan Visser – NLingenieurs
industrie@nlingenieurs.nl

1 oktober 2015

Giga energieopslag nodig voor betrouwbare Duurzame Energie

De Nederlandse en Europese energievoorziening verduurzaamt. Doel is in 2050 80-95% vermindering van de CO₂ uitstoot¹. Gezien de aard van de duurzame productie van energie (zon en wind energie variëren in de tijd) voorzien wij dat naast de energie opwekking ook grootschalige opslag een essentieel onderdeel wordt van het systeem voor onze energievoorziening. Hiervoor zijn ook innovatieve energieopslag- en conversietechnologieën nodig. Om te voorkomen dat we tussen nu en 2050 "verrast" worden is nu regie in onderzoek en ontwikkeling op dit vlak gewenst.

Noodzaak en urgentie

In de komende 35 jaren zal de wereldwijde energieconsumptie naar verwachting met meer dan 50% groeien. In deze periode moet de CO₂-uitstoot in dezelfde periode met 60% reduceren, en in de EU zelfs met 80 tot 95%. In Nederland zal de groei van de energieproductie op lange termijn voor een belangrijk deel uit zon en wind komen. Het SER Energie Akkoord zet hier ook op in, en het recente akkoord van de G7 (8 juni 2015) geeft aan dat het gebruik van fossiele brandstoffen af moet nemen. Duurzame energieopwekking heeft de eigenschap dat het in de tijd niet constant het gevraagde vermogen levert. Hierdoor ontstaat de behoefte vraag en aanbod van (elektrische) energie te sturen en op elkaar af te stemmen. Naast slim aansturen van de vraag wordt groot- en kleinschalige opslag van elektriciteit noodzakelijk om de fluctuaties in het aanbod op te vangen.

Wereldwijde ontwikkeling energievraag

Energieprognoses² en –scenario's³ van het energiegebruik op wereldschaal tonen aan dat de grote uitdaging op het gebied van verduurzaming nog voor ons ligt. Dit wordt het best geïllustreerd⁴ door de groei van het primaire energiegebruik en de groei van duurzame energieproductie in de afgelopen decennia. De toename van de wereldwijde energieproductie in de periode 1990 – 2013 bedroeg 193 EJ⁵ (+56%; ca. +1,9% p/j); de toename van de wereldwijde productie van duurzame energie in dezelfde periode bedroeg 28 EJ (+228%; ca. +3,5% p/j). Inzoomend op de periode 2010 – 2013, is de toename van energieproductie wereldwijd **32 EJ** (+6,5%; ca. +1,6% p/j), terwijl de productie van duurzame energie in diezelfde periode met **8 EJ** toeneemt (+19%; ca. +4% p/j). Het aandeel duurzame energie van het primaire energiegebruik bedraagt in 2013 circa. 9,4%.

De toename van het energiegebruik werd in 2013 dus slechts voor 25% gecompenseerd door de groei van duurzame energie!

Hoewel de duurzame energieproductie wereldwijd duidelijk bezig is met een inhaalrace, laat dit onverlet dat de wereldwijde energieconsumptie nog steeds veel sneller toeneemt dan de productie van duurzame energie. Dit is een ongemakkelijke maar harde waarheid, die geïllustreerd wordt door onderstaande scenario studies. De GEA-studie⁶ toont een optimistisch beeld van de groei van duurzame energie en een snelle afbouw van fossiel,

¹ EU roadmap: zie http://ec.europa.eu/clima/policies/roadmap/milestones/index_en.htm

² Prognoses: EIA (Energy Information Administration): International Energy Outlook; Exxon Mobile Outlook 2040; BP Energy Outlook 2035.

³ Scenario's: IEA (International Energy Agency): World Energy Outlook (WEO); WEC (World Energy Council): World Energy Scenarios; Shell Energy Scenario's.

⁴ Om dit te illustreren zijn gegevens ontleend aan BP Energy Outlook 2035

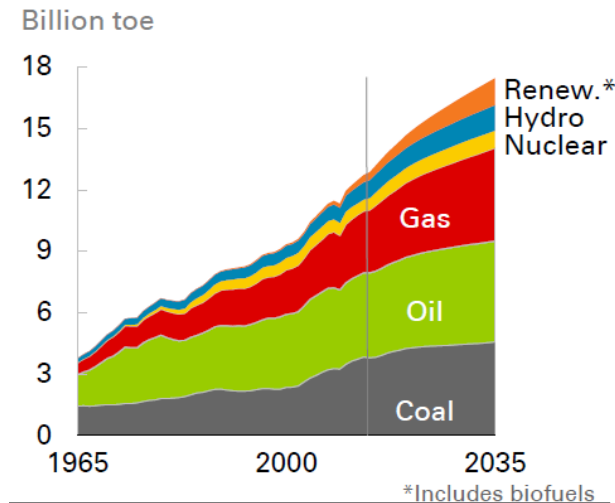
(<http://www.bp.com/en/global/corporate/about-bp/energy-economics/energy-outlook/energy-outlook-downloads.html>).

⁵ 1 EJ = 1.10¹⁸ J

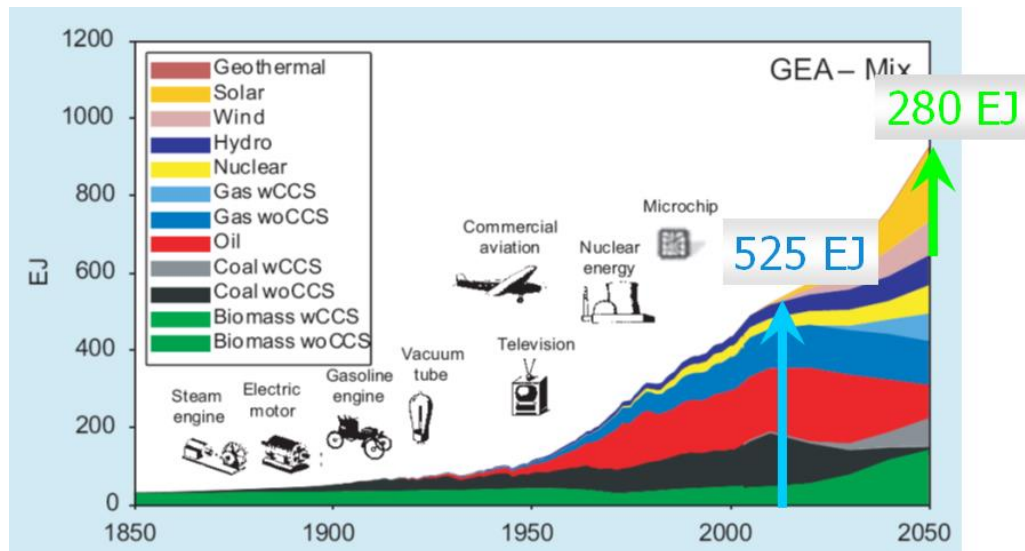
⁶ Bron: Global Energy Assessment: Towards a sustainable future. www.iiasa.ac.at

terwijl de prognose van BP⁷ een beeld laat zien waarin het aandeel fossiel nog meer dan 20 jaar zal toenemen. Een fossiele preek voor eigen parochie. Om de gestelde doelen te halen zal versnelde groei van duurzame energieproductie onvermijdelijk zijn, waarbij het technisch potentieel uiteindelijk bepaalt welke typen benut zullen gaan worden.

Consumption by fuel



Figuur 1: wereldwijde energieconsumptie 1965 – 2035; per energiedrager. Bron: BP Energy Outlook 2035



Figuur 2: Energiescenario wereldwijd energiegebruik tot 2050. Bron: Global Energy Assessment; www.iiasa.ac.at

Nuances

Zijn er nuances bij dit beeld? Ja, die zijn er. Zo is de groei van het energiegebruik in de OECD-landen sterk aan het afvlakken, en neemt de productie van duurzame energie in de OECD-landen eveneens sterk toe. Inzoomend op het Europese continent, zijn de onderlinge verschillen groot. Zo weten landen met een progressief duurzaamheidsbeleid

⁷ 1 billion ton oil equivalent (of mtoe) = $4,19 \cdot 10^{16}$ J, of 41,9 PJ

de nationale en Europese doelstellingen voor duurzame energie te overtreffen (Duitsland, Denemarken, Zweden, Noorwegen), maar zijn er ook achterblijvers, zoals Nederland.

Wat betekent dit voor Nederland?

Nederland is met het Nationale Energie Akkoord bezig met een inhaalslag, waarbij de grootschalige toepassing van windenergie het meest in het oog springt. Er wordt in Nederland door overheid en marktpartijen hard gewerkt aan versterking van de positie van de duurzame energie in de energiemix. Gezien de wettelijk vastgelegde EU-28 doelstelling van CO₂-emissie reductie dienen we tenminste in de EU uit te gaan van grootschalige implementatie van duurzame energie. Daarbij gaat het om de gehele energie voorziening, die grootschalig op hoofdzakelijk duurzame stroom producerende renewables zal moeten overgaan. Niet alleen het huidige elektriciteitsgebruik moet verduurzaamd worden, maar ook de industrie, transport, etc. zal veelal via extra elektriciteit verduurzaamd moeten worden.

Grote opgave

In onderstaande uiteenzetting zal duidelijk worden dat wij in Nederland en in Europa grootschaliger technologische ontwikkelingen in gang moeten zetten om op termijn te kunnen beschikken over een stabiele energievoorziening. Teneinde dit transparant te maken, hebben we eerst het beeld van 2050 geschetst (EU: 80 tot 95% CO₂-reductie) en hebben vandaar uit terug geredeneerd wat de consequenties daarvan zijn.

Hierbij zijn wij uitgegaan van de volgende vooronderstellingen:

- Grootschalige toename van wind op land en wind op zee (in totaal 6 GWe wind op land in 2020 en 4,45 GWe wind op zee in 2023, en doorgroei daarna).
- Een (vrijwel) volledige verduurzaming van de totale energievoorziening betekent feitelijk een begin van massieve elektrificatie als gevolg van de EU-28 doelstelling en een koolstofarme economie.
- Kernenergie speelt na Fukushima geen rol van betekenis meer; de rol van hydro is geografisch gelimiteerd.
- Maximale valorisatie van biomassa; biomassa (koolstof) gebruiken als schaarse grondstof voor chemie en niet meer verbranden voor energieopwekking.
- Het opslagvraagstuk betreft zowel dag- en week- als seizoenscycli.
- Smart grids en super grids (intercontinentaal) lossen het opslagvraagstuk niet op zoals hierna zal blijken.

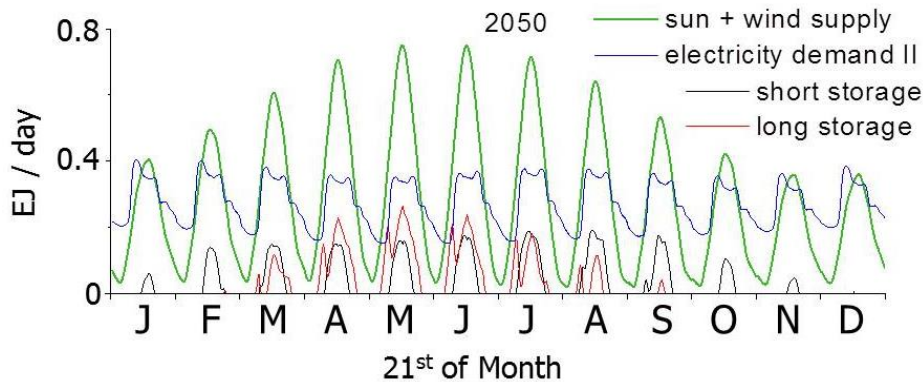
Patronen in vraag en aanbod van windenergie en zonne-energie

Willen we een beeld krijgen van de noodzakelijk opslagcapaciteit, dan is het nodig de profielen van het toekomstige duurzame energie aanbod op continent niveau nader te analyseren, en dit te vertalen naar de Nederlandse situatie.

Zonne-energie levert per vierkante meter de meeste energie per jaar op, vandaar dat deze bron als dominant gezien wordt in lange termijn prognoses. Dit geeft een sterk variërend patroon in het aanbod van elektriciteit. Ter illustratie: als de hele EU plus een deel van Noord Afrika aan elkaar gekoppeld wordt, dan is het in dit gebied 's nachts overal gelijktijdig donker. Ook vallen zomer en winter er gelijktijdig, met daartussen een verschil van een factor 3 tot 4 in opbrengst.

Windenergie levert gemiddeld over een dergelijk groot oppervlak ook een systematische variatie: overdag wind is gemiddeld aanzienlijk sterker dan 's nachts, aangezien de opwarming van de dampkring, bodem en wateroppervlak door de zon overdag ook de windpatronen veroorzaakt. In de winter is wind ongeveer twee keer sterker gemiddeld dan in de zomer. Zoals te zien is in figuur 3 hieronder, levert de som van zon plus wind (**groene lijn**) gemiddeld een patroon met hoge opbrengst overdag en lage opbrengst 's nachts; op seizoensschaal levert de som van wind en zon veel opbrengst in de zomer en

aanzienlijk minder in de winter. De mismatch tussen vraag en aanbod op dagelijkse (zwart: dag/nacht) en op seizoen schaal (rode lijn: overschot wordt dagelijks opgeslagen) voor elektriciteit is hieronder geïllustreerd. In de grafiek is voor iedere maand de 21^e dag weergegeven van energieopwekking, -verbruik en -opslag.



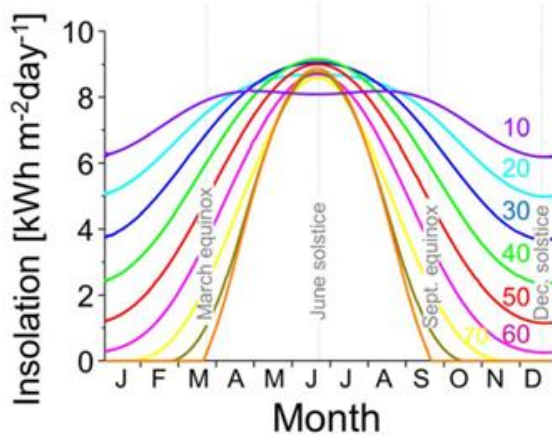
Figuur 3: Model opbrengst van zon en wind gemiddeld voor de OESO-EU plus een deel Noord Afrika, met de aanname van 95% duurzame energie.

Bron: bewerking van *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 6 (2014) 033105

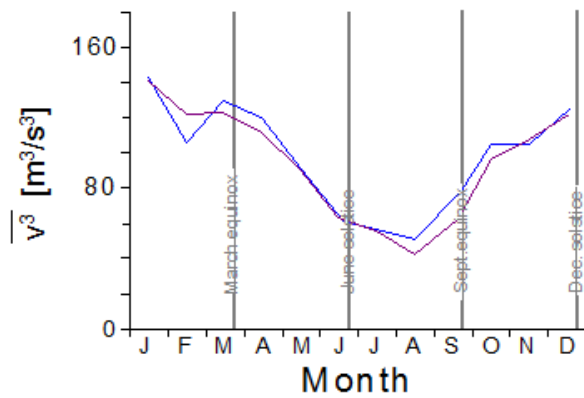
Seizoensvariaties in zon en wind energie

Zonne energie en windenergie hebben elk hun eigen dynamiek over de seizoenen. Dit wordt geïllustreerd aan de hand van de onderstaande figuren.

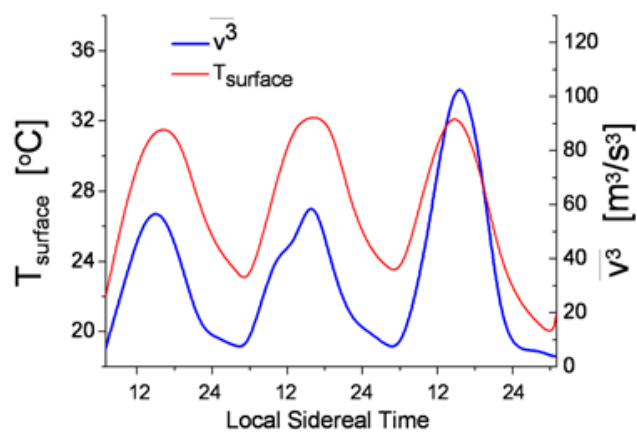
- Figuur 4 laat de totale hoeveelheid zoninstraling (Eng: insolation) als functie van de breedtegraad en de maand. Noord Europa tot en met de Sahara heeft allemaal tegelijk winter; dit vraagt een oplossing voor seizoensopslag. De beschikbare hoeveel instraling in de zomer is in Noord Europa gelijk of hoger dan in de Sahara (voornamelijk door de langere dagen) en in de winter ongeveer 1/6 van de instraling in de zomer. Ook dit vraagt om seizoensopslag.
- Figuur 5 laat de potentiële opbrengst zien van windenergie over de seizoenen; de paarse lijn is wind op zee en de blauwe lijn is wind op land. De potentiële opbrengst in de zomermaanden is minder dan de helft van die in de wintermaanden.
- Figuur 6 illustreert de dagelijkse variaties van windenergiepotentiaal. De windenergie volgt de temperatuur van het aardoppervlak; de piek ligt om drie uur 's middags. Het gevolg dat de windpotentie 's nachts circa 1/7 is van overdag.
- De som van beide verschijnselen komt als elektrische energie beschikbaar; dit is in figuur 3 weergegeven. In figuur drie is de opwekking door zon-PV een factor drie hoger dan die van windenergie. Deze verhouding is gebaseerd op het technisch potentieel, zoals gepresenteerd in de GEA-prognose uit figuur 2.



Figuur 4: jaarpatroon zonne-instraling afhankelijk van breedtegraad en maand



Figuur 5: jaarpatroon windenergie afhankelijk van maand



Figuur 6: dag- en nachtpatroon van windenergiepotentiaal

Waarom een super grid niet de oplossing is

Er is in door de European Climate Foundation in 2010⁸ in een grote internationale studie aangegeven dat de aanleg van internationale hoogspanningsverbindingen de oplossing zou bieden voor een lokale energie onbalans die zou kunnen ontstaan. Interconnecties helpen inderdaad om tijdelijke overschotten weg te leiden naar regio's met meer vraag, maar meteorologische systemen die het aanbod van wind- en zonne-energie bepalen omvatten een gebied van vele honderden, soms zelfs duizend kilometer groot. Dan bestaat binnen dat gebied overal hetzelfde overschot of tekort, net zoals het over heel Europa gemiddeld ongeveer tegelijk dag en zomer is.

Om dag/nacht en seizoen opbrengsten gelijkmatiger te verdelen zou men zoals bovenvermeld kunnen denken aan nog uitgebreidere elektriciteitsnetten tot voorbij de evenaar of naar de andere kant van de aarde. Wij beschouwen dit niet als realistisch. Dit zou immers betekenen dat de energievoorziening van een continent in de winter van de andere kant van de aarde zou moeten komen. In vermogens uitgedrukt zijn dat zijn duizenden Gigawatts die door kabels geleid moeten worden, hetgeen - nog afgezien van de verliezen bij transport optreden - onrealistisch zware kabels zou vergen. De oplossing voor de tekorten enerzijds en overschotten anderzijds zal dus in het opslaan van elektriciteit in de eigen internationale regio en converteren naar transportabele brandstoffen daarbuiten moeten worden gezocht.

Energie opslag: niveaus, capaciteit en tijdhorizon

De behoefte aan opslag is natuurlijk sterk afhankelijk van het scenario dat men kiest. Voor korte termijn (dag/nacht) opslagcapaciteit zou 400 GWh (2030) respectievelijk 900 GWh (2050) voor heel Nederland nodig zijn. Deze hoeveelheden komen neer op een (2030) of twee grote accu's (2050) van in totaal zo'n 55 kWh omgerekend naar een Nederlands huishouden. Voor lange termijn (seizoens) opslag gaat het echter om een veelvoud hiervan: orde grootte van 50.000 GWh in 2030. Dit komt overeen met 80 olietanks van 60.000 m³, ofwel de strategische olievoorraad van Nederland.

Er zijn nog weinig mogelijkheden om in Nederland te komen tot dergelijke grote opslagcapaciteit; de belangrijkste opties zijn voor de korte termijn opslag zijn accu's en warmte. De opslag opties voor de lange termijn zijn opslag van elektrische energie na conversie tot brandstoffen zoals waterstof of methaan en warmte. Het voordeel van accu's en brandstoffen is dat de opgeslagen energie weer omgezet kan worden in elektriciteit. Dat geldt niet of nauwelijks voor lage temperatuur warmte. Andere opties zoals waterkracht of perslucht (CAED) zijn vanwege de omvang van de toekomstige energieopslag volstrekt ontoereikend. Ter illustratie: alle pumped hydro ter wereld bij elkaar is enkele duizenden GWh; alleen voor de toekomstige Nederlandse behoefte zal een veelvoud nodig zijn!

Opslag in batterijen

Accu's voor duurzame energieopslag dienen een lage kostprijs te hebben en daarnaast ook nog vele keren gedurende hun levensduur gebruikt te kunnen worden. Een eenvoudige rekensom laat zien dat een accu die 200 € per eenheid opslagcapaciteit (kWh) kost en in vijftien jaar dagelijks volledig geladen en ontladen wordt, kosten van 3,6 €ct per opgeslagen kWh met zich meebrengt. De huidige op lithium gebaseerde accu's zijn ontworpen voor mobiele toepassingen en zijn voorlopig veel duurder. Batterijen die zwaarder zijn kunnen wel dit prijs- en prestatieniveau halen, maar zijn voorlopig nog minder efficiënt of vergen onderhoud (Nikkel-IJzer batterij, redox flow batterij). De meest gebruikte lood-zuur accu's hebben een kortere levensduur en kunnen

⁸ 2010 European Climate Foundation. Roadmap 2050, a practical guide to a prosperous low carbon Europe

ook niet voor de volledige capaciteit benut worden. Natrium zwavel batterijen werken voorlopig nog alleen bij hoge temperaturen. Uit het bovenstaande blijkt dat er nog veel ontwikkelingen nodig zijn om de prestaties en de kosten-efficiency te verbeteren en de toepasbaarheid op grote schaal dichterbij te brengen.

Een opmerkelijke en belangrijke ontwikkeling is die van de elektrische auto, en de kansen die dit wellicht biedt voor communicatie en mobilisatie van het publiek voor opslag en vraagsturing. Los van alle technologische ontwikkelingen, blijkt dat trendy producten als de Tesla en de PowerWall een breed publiek aanspreken en mensen in hun duurzame comfortzone brengen. Wellicht ligt hier een belangrijke sleutel naar de toekomst: eerst beïnvloeding van de massa door modieuze producten op de markt te brengen en daarmee ook bovenliggende vraagstukken als energieopslag en leveringszekerheid te waarborgen.

Power to Heat

50 % van onze energiebehoefte is t.b.v. productie van warmte. Power to Heat (P2H) is daarmee enerzijds één van de oplossingsrichtingen voor benutting van overschotten aan elektriciteit, maar vraagt daarnaast ook om de mogelijkheid van warmteopslag (wederom op korte en lange termijn). Onder P2H kunnen worden begrepen:

- Elektrische boilers (heetwater, stoom, thermische olie)
- Warmtepompen (waaronder ook koelmachines) (WP)
- Mechanische damp recompressie (MDR; het (her)comprimeren van procesdampen of stoom tot een weer bruikbare druk en temperatuur)
- Korte en lange termijn opslag in speciale materialen, zoals gesmolten zouten, PCM's en TCM's; deze zijn nog sterk in ontwikkeling.

P2H heeft in toenemende mate bestaansrecht bij gratie van de toenemende dynamiek van de elektriciteitsmarkt, en is complementair aan warmtekracht. Een belangrijke voorwaarde voor P2H is een laag elektratarief gedurende een substantieel aantal uren per jaar. Conversieprocessen met een COP $\gg 1$, zoals warmtepompen en MDR (zie figuur 7) zijn hierbij sterk in het voordeel: de economische gevoeligheid voor hogere elektra tarieven is lager dan bij een elektrische boiler. Hierdoor kan op jaarbasis gedurende veel uren op een rendabele manier warmte worden geproduceerd. Het gevolg is dat de fossiele brandstof, in Nederland aardgas, blijft waar die was: in de aardkorst. Hiermee wordt indirecte wijze van opslag van elektrische energie bereikt. De andere P2H variant, een elektrische boiler, heeft echter een COP van 1,0, en door het hoge elektrische vermogen tevens aanzienlijke netwerkkosten. Een elektrische boiler is echter in het voordeel als er geen additionele netwerkkosten zijn, en back up capaciteit vermeden kan worden.

Power to Gas

Opslag van elektrische energie kan in de chemische industrie worden gerealiseerd door de productiecapaciteit aan te passen aan het tekort of overschot aan elektrische energie. Voorbeelden zijn de elektrolytische productie van waterstof door elektrolyse van water en de productie van methaan of ammoniak. Zelfs is de omzetting van CO₂ naar CH₄ mogelijk door een plasmolysereactie. Deze groep van conversies worden samengevat onder de vlag van Power to Gas (P2G). Genoemde producten worden in bulk als grondstof in de chemie toegepast. Waterstof en methaan zijn bovendien ook geschikt als motorbrandstof. Het is dus mogelijk de elektrische energie op te slaan in de vorm van chemische bindingen op moleculair niveau en deze op te slaan en te transporteren in

bestaande infrastructuur. Het Nederlandse en Europese gasnet heeft een zeer groot en goedkoop opslagpotentieel.

In een nationaal energiemodel is voor Nederland door ECN⁹ berekend of de opslag van een overschot elektrische energie uit zon en wind in waterstof of methaan macro-economisch verstandig is vanuit het oogpunt van toekomstig gewenste flexibiliteit in het elektrische systeem. Hierbij is rekening gehouden met de kosten van bestaande andere methoden om te voorkomen dat er een energie overschot ontstaat, door bijvoorbeeld windturbines stil te zetten of stroom te exporteren. Er is ook rekening gehouden met de bestaande marktprijs van de te produceren stoffen om uiteindelijk ook economische afzet en verkoop mogelijk te maken. Het bleek dat slechts in het geval van een zeer vergaande CO₂ reductie (80% ten opzichte van het huidige niveau) in een koolstofarme samenleving de opties voor productie van waterstof en methaan economisch verantwoord zijn vanwege de op deze manier gecreëerde flexibiliteit.

Er is in Nederland veel discussie over de waarde en de kansen van P2G voor de lange termijn. De genoemde studie roept in dit kader vragen op. ECN concludeert dat P2G niet rendabel is in het geval CO₂ reducties kleiner zijn dan 80%. Deze uitkomst zou acceptabel kunnen zijn, ware het niet dat deze gebaseerd is op voor discussie vatbare uitgangspunten: een grote beschikbaarheid van goedkope biomassa (0,5EJ tegen een lagere prijs dan aardgas op een totaal energie gebruik van 3EJ). Met name de aangenomen beschikbaarheid en lage prijs van biomassa op de lange termijn zijn niet realistisch. P2G is inderdaad een dure optie, maar bij totale elektrificatie wellicht onontkoombaar, te meer omdat de biomassa dan eerder de grondstof voor materialen met hogere toegevoegde waarde dan brandstof wordt. In een andere studie van DNV-GL en Berenschot¹⁰ wordt geconcludeerd dat er tot 2030 nog nauwelijks opslag behoefte zal zijn, maar neemt men duurzame energie scenario's aan met te beperkte introductie van renewables (11%) en geen indicatie van het halen van CO₂ emissie targets.

Waterstof als opslagmedium?

De productie van waterstof met behulp van elektriciteit is een bewezen technologie (elektrolyse). Waterstof wordt bovendien op grote schaal in de chemische industrie geproduceerd en gebruikt, voornamelijk met aardgas als grondstof. Waterstof is de basis voor productie van bijvoorbeeld vloeibare of gasvormige koolwaterstoffen of ammoniak. Er is dus veel technische ervaring, waarop voortgeborduurd kan worden. Een waterstofeconomie biedt bovendien potentieel een koolstofarme economie. Echter, de opslag en het transport van waterstof is door de combinatie van hoge druk of lage temperatuur nog een grote uitdaging. Waterstof biedt ons wel de richting van de oplossing! De kernvraag is: hoe gaan we deze waterstof op een veilige en compacte wijze grootschalig opslaan.

⁹ ECN, Juli 2014. De rol van Power to Gas in het Nederlandse Energiesysteem

¹⁰ Systeemintegratie en de rol van energieopslag, Routekaart Energieopslag 2030

De alternatieve waterstofroute via ammoniak

De opslag van waterstof in de vorm van ammoniak (NH_3) is één van de opslagopties. Als het gaat om de schaalgrootte van energieopslag is een vloeistof met hoge energiedichtheid bestaande uit veel voorkomende elementen het meest praktisch en realistisch. Ammoniak (NH_3) is aantrekkelijk omdat dat al vloeibaar wordt bij kamertemperatuur en 8,5 Bar, een energie-inhoud heeft van de helft van dieselolie (22,5 MJ/kg HHV) en bestaat uit alleen stikstof en waterstof, en dus geen koolstof bevat. Het is uitstekend bruikbaar als brandstof in onder meer gasturbines. De genoemde 50.000 GWh lange termijn opslag (2030) past daarmee in 9 Mton NH_3 . Ter illustratie, de strategische olievoorraad van Nederland bedraagt circa 5 Mton aardolie en aardolieproducten, hetgeen overeen komt met het Nederlandse verbruik van 90 dagen.

Ammoniak heeft als nadeel dat het giftig is. Deze eigenschap is echter goed te hanteren, aangezien momenteel de productie van ammoniak uit methaan al een van de grootste chemische processen op aarde is voor de productie van kunstmest. Er is dus veel ervaring met zowel productie als veiligheidsaspecten. Verduurzaming van de ammoniak productie door enkel het efficiënte gebruik van stroom, water en stikstof zou deze vorm van opslag mogelijk maken. Het elektrolytisch produceren van ammoniak vraagt ontwikkeling van efficiëntere nieuwe technologie.

Met ammoniak als brandstof en grondstof kan zowel de sprong gemaakt worden naar een toekomstige koolstofarme economie als naar grootschalige buffering van duurzame energie (elektriciteit). We kunnen dan verantwoord omgaan met de grondstof koolstof voor andere toepassingen.

Conclusies en aanbevelingen

De lange termijn (2050) duurzaamheidsdoelstellingen van de EU en Nederland zullen leiden tot een massieve elektrificatie van de energievoorziening uit duurzame bronnen. Hetgeen zal leiden tot de noodzaak van grootschalige (dag/nacht en seizoens)opslag. Voor het garanderen van continue levering van duurzaam geproduceerde energie zullen op verschillende niveaus verschillende opslagtechnologieën met verschillende omvang ingezet gaan worden. De totaal vereiste opslagcapaciteit in 2030 zal circa 50.000 GWh bedragen. De nu beschikbare duurzame opslagtechnieken zijn nog niet geschikt voor dergelijke grootschalige toepassing.

Batterijtechnologie kan een belangrijke bijdrage leveren, maar heeft qua performance en kostenefficiëntie nog een belangrijke weg te gaan. De andere oplossingsrichtingen zijn het ontwikkelen van nieuwe, koolstofvrije brandstoffen, zoals waterstof en/of ammoniak en warmte opslag.

Deze oplossingsrichtingen vragen nu om onderzoeks- en ontwikkelingswerk om tijdig technologisch en ook economisch rijp te zijn. Het onlangs uitgesproken oordeel van de rechtbank in Den Haag suggereert dat de rijksoverheid hier een belangrijke regierol in kan spelen. Voor het omvormen van een rampzalige achterstand naar een voorsprong en blijvende koppositie kunnen we een voorbeeld nemen aan de Deltawerken! Nederland heeft immers een sterke uitgangpositie voor het realiseren van de geschatte noodzakelijke ontwikkelingen. We hebben toponderzoeksinstituten, top toegepast wetenschappelijk onderzoek, een sterke energiesector met een uitmuntende energie-infrastructuur en een sterk ontwikkelde industriële sector (chemie, food, petrochemie, staal) die actief betrokken is bij verduurzaming. Voor de ingenieurs en onderzoekers biedt dit een grote uitdaging die uiteindelijk zal leiden tot commercieel voordeel en economische ontwikkeling. Goed voor burgers, het bedrijfsleven en overheid.

Samenvattend

- *De lange termijn duurzaamheidsdoelstellingen van de EU en Nederland zullen leiden tot een massieve elektrificatie van de energievoorziening uit duurzame bronnen, die zal leiden tot de noodzaak van (seizoens)opslag van energie.*
- *Aangezien aangrenzende landen dezelfde ontwikkeling doormaken, is het exporteren van ons toekomstige overschot energie geen lange termijn oplossing.*
- *De noodzakelijk lange termijn opslagcapaciteit van energie in Nederland in 2030 bedraagt circa 50.000 GWh.*
- *Voor het realiseren van energieopslag van deze omvang zijn ontwikkelingen nodig die vergelijkbaar zijn met de totale energie-opslagcapaciteit in de Botlek in de vorm van olie.*
- *De nu beschikbare opslagtechnieken zijn nog niet geschikt voor grootschalige toepassing.*
- *Ontwikkeling van methoden voor energieopslag dient prioriteit te krijgen, ook bij de wet- en regelgevers voor netbeheerders, zodat experimenteerruimte ontstaat voor alle stakeholders.*
- *Belangrijke ontwikkelingsrichtingen voor de toekomst zijn:*
 - *Batterijen met een laag kostprijsniveau, hogere prestaties en een grote cycleerbaarheid*
 - *Alternatieve vloeibare en veilige brandstoffen zonder koolstof, zoals ammoniak*
 - *Conversietechnieken voor efficiënte en grootschalige omzetting van duurzame elektriciteit in deze brandstoffen*
- *We moeten nu aan de slag met ontwikkelen om op tijd gesteld te staan.*