

## Position paper Moleculenopslag

Als we de transitie naar een duurzaam energiesysteem willen realiseren, dan zal naast voldoende duurzame productie en een geschikte transport-infrastructuur, de implementatie van groene moleculenopslag van cruciaal belang zijn. Leden van Energy Storage NL, de brancheorganisatie van de Nederlandse energieopslagsector, zijn dagelijks bezig met verschillende vormen van moleculenopslag. Deze position paper beschrijft dan ook het belang van moleculenopslag, de uitdagingen die hierin optreden en aanbevelingen die versnelling van moleculenopslag in Nederland mogelijk maakt.

### 1. Wat is moleculenopslag

Energie kan op verschillende manieren in molecuulvorm worden opgeslagen, denk bijvoorbeeld aan het opslaan van aardgas, waterstof, groen gas, methanol, ammoniak in vloeibare of gasvorm. Het opslaan van moleculen kan zowel boven- als ondergronds en zowel grootschalig als kleinschalig.

Via moleculenopslag kunnen grote energievolumes voor een lange periode worden opgeslagen, van weken tot zelfs maanden. Duurzame brandstoffen kunnen tevens ook bijdragen aan het balanceren van vraag en aanbod op de korte termijn, aangezien de duurzame brandstof het toestaat om flexibele (bestaande assets) zoals de huidige centrales te voeden met een duurzaam alternatief. Daarmee speelt moleculenopslag een belangrijke rol in het balanceren van vraag en aanbod op korte, middellange en lange termijn, maar ook voor het waarborgen van de leveringszekerheid in

een volledig duurzaam energiesysteem. Dit verbetert de betrouwbaarheid en stabiliteit van het energiesysteem, vermindert de (geopolitieke) afhankelijkheid van alle energie die je uit het buitenland moet halen en helpt de integratie van hernieuwbare energiebronnen te versnellen.

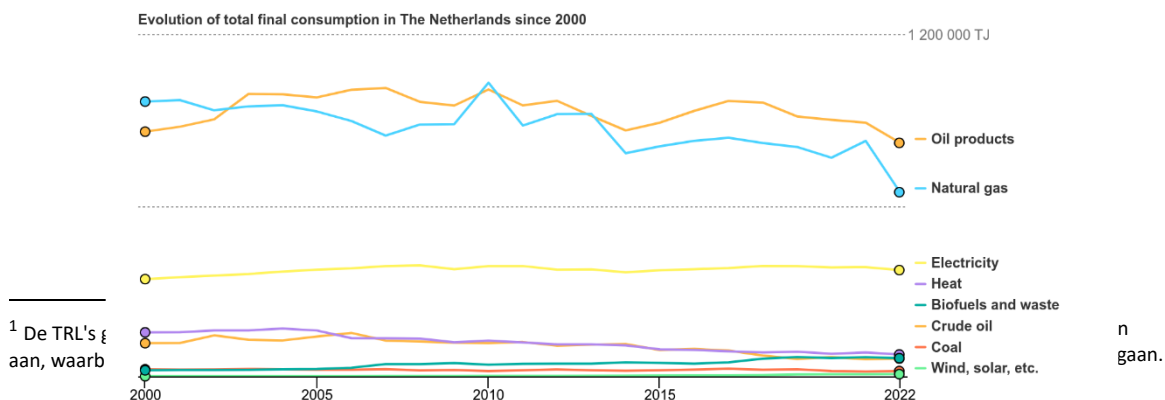
### Hoe worden moleculen opgeslagen?

Moleculen kunnen in kleine hoeveelheden bovengronds worden opgeslagen in pijpleidingen, vaten of tanks. Voor grotere hoeveelheden kan het echter ook ondergronds worden opgeslagen in zoutcavernes of in lege gasvelden.

### Grootschalige moleculenopslag

Het grootschalig opslaan van moleculen heeft grote potentie als oplossing voor een duurzaam energiesysteem van de toekomst. Over het algemeen wordt verondersteld dat moleculenopslag met een seizoenskarakter zich beter leent voor opslag in lege gasvelden en opslag met een hoog-flexibel karakter beter geschikt is voor cavernes.

Opslag van waterstof in cavernes is een technisch bewezen ondergrondse opslagmogelijkheid waar al mee wordt gewerkt in projecten in Engeland en de VS. Opslag in gasvelden, heeft een lagere TRL (Technology Readiness Level)<sup>1</sup>. De technische en economische haalbaarheid van opslag van waterstof in lege gasvelden, op land en op zee, wordt op dit moment onderzocht. De verwachting is dat waterstof in zeer grote volumes (meerdere TWh) in gasvelden kan worden opgeslagen, waarbij deze volumes met



een hoge capaciteit weer vrij gegeven kunnen worden.

Andere vormen van grootschalige moleculen opslag kennen we in de vorm van fossiele reserves (strategische olie reserves) in grote terminals (vele TWh). Daarnaast gebruikt de ammoniakindustrie aanzienlijke ammoniak terminals (tot 100 kton in een container ~ 0.6TWh). In Rotterdam is een terminal voor 1.5Mton in aanbouw.

#### Kleinschalige moleculenopslag

Het kleinschalig opslaan van moleculen vindt voornamelijk bovengronds plaats, via tankopslag. Typische tankopslag is het opslaan van ammoniak en methanol bij productiefaciliteiten en industriële processen. Het opslaan van gecombineerde waterstof in hogedruk tanks bij productielocaties van waterstof, transport en bij waterstoftankstations moet nog verder worden opgeschaald. Voor lokale toepassingen worden waterstof en haar derivaten in gas- of vloeibare vorm al in tanks opgeslagen. Dit is een toepassing die zeer waarschijnlijk zal toenemen in de toekomst bij industriële afnemers.

#### **Wat is de meerwaarde van moleculenopslag?-**

In een volledig duurzaam energiesysteem zal zowel de opwek en verbruik variëren in de tijd en ook vindt de opwek niet altijd plaats op de plek van verbruik, waardoor transport en opslag van (groene) moleculen een cruciale rol zullen spelen. Hierdoor is opslag is cruciaal voor de balancerings van de waterstofmarkt<sup>2</sup>. Er kan zich de situatie voordoen dat dagen of zelfs weken onvoldoende duurzame elektriciteit beschikbaar is, ook wel 'dunkelflaute' genoemd. Om zekerheid te hebben om continu aan de landelijke energievraag te voldoen, speelt moleculenopslag een belangrijke rol aangezien energie dan voor weken/maanden kan worden opgeslagen.

Met de voortgaande installatie van zonne- en windenergie beginnen er steeds meer dagen met lage prijs uren te verschijnen, hetgeen een indicatie is van overschotten ten opzichte van de vraag. Deze overschotten hebben verschillende nadelige effecten: **a)** afschakeling van productie en daarmee verlies aan energie, **b)** reduceren van de elektriciteitsprijs tot nul of zelfs negatief voor de elektriciteit die wel geleverd wordt, en **c)** verhoging van op- en afschakelingskosten van assets door een tekort aan flexibiliteit in afname, opslag en invoeding. De conversie en opslag van groene moleculen speelt een essentiële rol bij het opvangen van steeds grotere dagelijkse overschotten, die vele GWh beslaan. Deze overschotten kunnen later worden gebruikt, waardoor afschakeling wordt voorkomen en de waarde van de geleverde stroom stijgt. Zodoende verbetert ook de financierbaarheid van zon- en windprojecten verbeterd. Moleculenopslag wordt vooral belangrijk wanneer directe vraagrespon en batterijopslag hun maximale capaciteit hebben bereikt, terwijl wind- en zonne-energie nog steeds worden opgewekt.

Daarnaast is moleculenopslag momenteel de enige redelijk optie voor het aanhouden van een noodvoorraad/strategische reserve. Het onderhouden van deze strategische voorraad wordt aangeschreven als nationaal belang. Alhoewel er op dit moment nog sprake is van een fossiele noodvoorraad, zal dit op ten duur in stappen moeten gaan verduurzamen.

Als laatste zorgen zorgt lokale moleculenopslag voor strategische onafhankelijkheid in de internationale handelsmarkt van (groene) moleculen. En biedt voldoende groene moleculenopslagcapaciteit kansen voor Nederland als opslag- en doorvoerland (en waterstofhub) voor de rest van Europa. Een concreet voorbeeld is de ontwikkeling van de Delta Rhine Corridor.

---

<sup>2</sup> Drukschommelingen zouden binnen 10% moeten worden gehouden om het risico op vermoeiingsscheuren te verminderen (BilfingerTebodin Waterstof buisleidingen, 19 november 2019)

Concluderend, moleculenopslag kan een ernstige onbalans in aanbod en vraag naar energie voorkomen en is daarmee cruciaal voor het bevorderen van hernieuwbare energiebronnen, het vergemakkelijken van het decarbonisatieproces en het op orde houden van onze strategische energievoorraad door langdurige opslagopties te bieden, die door andere vormen van energieopslag, zoals batterijen, niet geboden kunnen worden.

## 2. Moleculenopslag in Nederland

Momenteel kent moleculenopslag in Nederland vooral een fossiel karakter via aardgasopslagen en de oliereserves. Een markt voor duurzame moleculenopslag is nog niet aanwezig.

Nederland kent een gasopslagcapaciteit van ongeveer 3 TWh (10 PJ) in zoutcaverneopslag en 140 TWh (500 PJ) in gasveldopslag verdeeld over vier locaties: Norg, Bergermeer, Grijskerk en Alkmaar. Deze opslagbuffer komt overeen met ongeveer 16% van het totale jaarlijkse primaire energieverbruik in Nederland en 25% van het Nederlandse gasverbruik. Uiteindelijk moeten deze fossiele vormen vervangen worden door duurzame opslagmethodes.

In de Integrale Infrastructuurverkenning 2030-2050 (II3050) is door Netbeheer Nederland en Gasunie de behoefte aan duurzame vormen van moleculenopslag richting 2030 en 2050 becijferd. De II3050 maakt bij moleculenopslag onderscheid in de 'operationele opslagbehoefte' dat wil zeggen de benodigde opslag voor overbrugging van seizoenen en voor kortcyclische opslag en de 'strategische opslagbehoefte' om daarmee bijvoorbeeld energietekorten in tegenvallende weerjaren mee op te vangen.

De operationele opslagbehoefte wordt in de II3050 becijferd voor groen gas, waterstof en methaan. De behoefte aan groengasopslag ligt tussen de 1-12 TWh en van waterstofopslag

en/of groene derivaten, zoals bijvoorbeeld methanol en ammoniak, tussen 14-29 TWh in 2050 in een gemiddeld weerjaar. Op basis van verkennende berekeningen voor alle weerjaren is in 2050 maximaal behoefte aan 30 TWh voor groengas. Voor waterstof neemt de opslagbehoefte naar 2050 toe tot maximaal 60 TWh wat bijvoorbeeld neerkomt op circa 100 grote tanks waar vloeibaar ammoniak in opgeslagen kan worden. Ammoniak als energiedrager is vooral relevant voor het import en distribueren van energie.

Een deel van de onbalans tussen energieopwek en -gebruik kan worden afgedekt door bijvoorbeeld het gebruik van bovengrondse tanks en in ammoniakkraakinstallaties. De benodigde hoeveelheid flexibiliteit is sterk afhankelijk van het scenario dat zich voltrekt en kan zo groot zijn - tot maximaal 38 TWh - waardoor het van invloed kan zijn op de geschatte benodigde ondergrondse capaciteit voor energieopslag.

Als duurzame seizoenopslag van groengas/biogas primair in de bestaande gasbergingen plaatsvindt en seizoenopslag van gasvormige waterstof ook in lege gasvelden gerealiseerd kan worden, zijn maximaal 70 cavernes nodig, voor groengas en waterstof samen. Op dit moment heeft Nederland zes cavernes voor opslag van aardgas in gebruik en er is er één in ontwikkeling voor waterstof. Volgens TNO zijn er tot 2050 maximaal 60 cavernes in Nederland te realiseren; daarnaast heeft Duitsland een groot potentieel aan bestaande en nieuwe cavernes.

Naast operationele opslag is in II3050-editie 2 onderzocht hoeveel strategische opslag van moleculen er nodig is om wisselende weerjaren en risico's van import op te vangen. Afhankelijk van scenario en weerjaar gaat het om 35 tot 59 TWh, boven op de operationele opslag.

### Nederlandse projecten rondom Moleculenopslag

Leden van Energy Storage NL zijn volop bezig met het ontwikkelen van verschillende duurzame moleculenopslag projecten in Nederland. Hieronder worden een klein aantal projecten van ESNL-leden toegelicht van zowel waterstof, methanol als ammoniakopslag tot opslag in cavernes, tanks en aggregaten.



#### EnergyStock en Nobian – Hystock: eerste grootschalige ondergrondse opslag van waterstof in Nederland.

ESNL-leden EnergyStock en Nobian werken samen met Gasunie binnen het Hystockproject waarbij een waterstofopslagfaciliteit wordt ontwikkeld in Zuidwending, nabij Veendam. Op deze locatie worden een aantal zoutcavernes ontwikkeld voor waterstofopslag. Als alles volgens plan gaat, zal de installatie met een eerste caveerne in 2028 operationeel zijn. De andere drie cavernes zullen snel na 2030 worden gerealiseerd in lijn met de groei van de markt voor hernieuwbare waterstof. Diverse partijen kijken ook naar de haalbaarheid van waterstofopslag in lege gasvelden.

#### Bredenoord: methanol brandstofcelaggregaat levert duurzame energie voor tijdelijke verkeersregeling

ESNL-lid Bredenoord heeft een methanol brandstofcelaggregaat ontwikkeld. *Langs het Apeldoorn-Dierenskanaal* voorziet het aggregaat een tijdelijke verkeersregelinstallatie van energie. De pilot was in die tijd de eerste keer, dat methanol op deze schaal en dit formaat in de praktijk wordt toegepast. De pilotresultaten hebben laten zien dat een methanol brandstofcel aggregaat één kilometer rijbaanverlichting (20 masten, 50 meter hart-op-hart) laten branden en dat ongeveer 40 nachten zonder tanken van methanol



#### Proton Ventures: grootste ammoniakopslag in Europa

ESNL-lid Proton Ventures biedt oplossingen op maat voor groene ammoniak, zoals de duurzame productie van ammoniak voor gebruik in de landbouw, chemische industrie of energiesector. In Estland verzorgde Proton Ventures de basistechniek (proces, mechanisch, elektrisch, instrumentatie en besturing, leidingwerk) voor de grootste opslag- en overslagfaciliteit voor ammoniak in Europa, bestaande uit ondermeer twee gekoelde ammoniaktanks (capaciteit van 30.000 ton, de grootste opslagtanks van Europa





### **Metalot: ijzerpoeder voor compacte waterstofopslag**

ESNL-lid Metalot ontwikkelt een ijzerpoeder dat kan dienen als drager van duurzame moleculen zoals waterstof. Met ijzer kun je waterstof in verhouding heel compact opslaan. De grondstof heeft een hoge energiedichtheid en kan tot drie keer meer waterstof opslaan per volume, dan wanneer je waterstof onder hoge druk opslaat. Dit biedt een complementair medium voor opslag en import van duurzame energie, bijvoorbeeld voor toepassingen in de industrie.

### **Repowered en Novar – H2 Hollandia project**

In Nieuw-Buinen ligt, met zo'n 288.000 zonnepanelen, zonnepark Hollandia. De eigenaren hebben de ambitie om met een deel van deze zonnestroom, groene waterstof te produceren. Hiervoor is een 5MW PEM elektrolyser bij het 115 MWp zonnepark geplaatst. ESNL-lid Repowered berekende de dimensionering en het bedrijfsmodel. Door het plaatsen van een elektrolyser, is de curtailment van het zonnepark nog maar de helft. Jaarlijks wordt de curtailment omgezet naar 300 ton waterstof. Dat komt neer op 10% van de jaarlijkse productie van het waterstofsysteem.



### **3. Uitdagingen voor moleculenopslag in Nederland**

Ontwikkelaars van moleculenopslag in Nederland lopen tegen verschillende problemen aan. Hieronder volgt een opsomming van de grootste uitdagingen.

#### **Onvoldoende financiering en marktstimulansen**

Er zijn grote gaten in de financiering voor pilot- en opschalingsprojecten. Zonder zicht op lange-termijn afnamegaranties en rendement, zijn marktpartijen terughoudend om te investeren in waterstof en andere energieopslagprojecten. Nederland is aantrekkelijk vanwege geologische assets, maar andere factoren (zoals hoge

nettarieven) maken investeringen minder aantrekkelijk.

#### **Langdurige vergunningsprocedures**

Het verkrijgen van vergunningen duurt vaak langer dan de voorgeschreven 26 weken. De procedures zijn ingewikkeld en er is een tekort aan capaciteit en kennis bij de overheid om aanvragen snel en correct te verwerken. Kleinschalige<sup>3</sup> moleculenopslag, inclusief productie en opslag van waterstof, loopt vast omdat er geen richtlijnen zijn. Uit praktijkervaringen blijkt dat omgevingsdiensten in verschillende regio's verschillende besluiten nemen op vergelijkbare casuïstiek.

Er is geen vastgelegde technische ondergrens voor IPCC-installaties die onder de Richtlijn

<sup>3</sup> Onder kleinschalige opslag en productie van waterstof verstaan we opslag van maximaal 5000 kg (daarboven valt binnen BRZO) en elektrische aansluiting van maximaal 1750 kVA (MS met MS-meting)

industriële emissies (RIE) vallen. Hierdoor wordt vergunningsaanvraag zo geïnterpreteerd dat alle waterstofinstallaties onder de industriële categorie (Categorie 4) terechtkomen. In de huidige praktijk betekent dit dat de Omgevingsdienst geen vergunning verleend, en de aanvraag wordt doorverwezen naar de provincie. Deze loopt uiteraard tegen dezelfde zaken op. Voor de realisatie van projecten betekent dit een enorme vertraging.

### **Fragmentatie in de energieketen en gebrek aan infrastructuur**

De energieketen is gefragmenteerd, met opslag, productie en consumptie verspreid over verschillende locaties. Dit leidt tot knelpunten in infrastructuur zoals pijpleidingen en elektriciteitsnetwerken, die nodig zijn om de markt efficiënt te laten functioneren. Ook kan dit leiden tot een mismatch tussen de snelheid van productie (bijvoorbeeld 2GW H2 in 2028) en opslagcapaciteit (pas gereed in 2030). Er is meer richting nodig over hoeveel ondergrondse en bovengrondse waterstofopslag er nodig is en op welke locaties dit kan worden gerealiseerd.

### **Maatschappelijk draagvlak en externe factoren**

Het creëren van maatschappelijk draagvlak voor energie- en infrastructuurprojecten is een uitdaging, vooral als projecten dichtbij woongebieden plaatsvinden. Er is een duidelijke visie en communicatie vanuit de landelijke overheid nodig voor het creëren van draagvlak, vooral voor ondergrondse moleculenopslag.

## **6. Aanbevelingen**

Hieronder doen we een aantal aanbevelingen richting beleidsmakers om duurzame moleculenopslag in Nederland te versnellen.

### **Vaststelling en verankering van minimale energieopslagbehoefte voor 2030-2050**

Het Rijk moet snel vaststellen hoeveel energieopslag, zowel bovengrondse als ondergrondse opslag van groene moleculen, minimaal vereist is voor de periode 2030-2050. Deze analyse moet niet alleen gericht zijn op het vervullen van de toekomstige energiebehoefte en het halen van

klimaatdoelen, maar ook op het waarborgen van de stabiliteit van het energiesysteem. Omdat de realisatie van energieopslagprojecten vaak lang duurt, is het essentieel om nu al te beginnen met de planning en uitvoering.

### **Investeer in cruciale opslaginfrastructuur**

Om tijdig te kunnen beschikken over voldoende opslagcapaciteit is het van belang dat er heldere beleidskeuzes worden gemaakt. Beleidskeuzes zijn niet alleen nodig voor investeringen in infrastructuur, die zijn ook nodig voor keuzes van waar en hoeveel, wat is maatschappelijk acceptabel. Ook moet de benodigde transportinfrastructuur worden aangelegd om de connectie tussen de opslaglocaties met de producenten en afnemers van de groene moleculen te faciliteren

Tegelijkertijd moet ook de conversie-infrastructuur voor waterstof naar ammoniak, methanol of SAF worden ontwikkeld, waarvoor subsidies nodig zijn. Verder is inzicht in de complementariteit en uitwisselbaarheid van technologieën belangrijk om effectieve keuzes te maken.

### **Versnellen en vereenvoudigen van vergunningsprocedures**

De uitrol van moleculenopslag wordt ernstig vertraagd door onduidelijke of ontbrekende procedures – voor zowel marktpartijen als het bevoegd gezag – wat zorgt voor lange doorlooptijden voor deze projecten.

Stel landelijke basisprincipes op waaraan de vergunningverlening dient te voldoen, dit geeft richting aan lagere overheden. Dit moet ertoe leiden dat vergunningsprocedures transparanter worden uitgevoerd. Door aan deze procedures ook termijnen te koppelen, wordt er snelheid in de uitvoering geborgd. Maak hierbij gebruik van de Rijkscoördinatieregeling (RCR).

### **Veiligheidseisen en handelingsperspectief**

Er kunnen verschillende veiligheidseisen gelden, afhankelijk van het opslagmiddel (denk aan waterstof, ammoniak, groen gas, perslucht, etc.) en gelet op de opslaglocatie (denk aan zoutcavernes, tanks, lege gasvelden, etc).

Verder maatwerk op het gebied van veiligheidseisen is nodig.

Op korte termijn is een handelingsperspectief (bijvoorbeeld zoals voor Rijnstate Elst door ODRA) nodig voor omgevingsdiensten om kleinschalige waterstofprojecten van de grond te krijgen. Voor de lange termijn is een richtlijn hiervoor nodig binnen de PGS-reeks (Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen)

#### **Ondersteuning van projectontwikkelaars met financiële garanties om risico's te verkleinen**

De opslag van groene moleculen, zoals waterstof, ammoniak en methanol, wordt vertraagd door een gebrek aan werkkapitaal in de vroege ontwikkelingsfasen, voorafgaand aan de Final Investment Decision (FID). Om technische onzekerheden op te lossen, zoals materiaalcompatibiliteit, ondergrondse chemische en microbiële reacties, deklaag-afdichtingscapaciteit en seismische risico's, zijn grootschalige onderzoeken vereist. Deze onderzoeken zijn ook noodzakelijk om maatschappelijke zorgen weg te nemen.

Om dergelijke onderzoeken, evenals pilots en FrontEnd Engineering Design (FEED), te financieren, is aanzienlijke kapitaalinjectie nodig. Privaat kapitaal kan worden aangetrokken als de overheid langetermijnzekerheid biedt door garant te staan voor financiering van risicovolle innovatieve projecten. Daarnaast is een duidelijke beleidsrichting nodig en proactieve communicatie over de noodzaak van groene moleculenopslag.

#### **Versterken van financiering en marktstimulansen**

Er is onduidelijkheid over wie verantwoordelijk is voor grootschalige moleculenopslag, terwijl marktpartijen wel interesse hebben. Subsidies en tenders kunnen initiële stimulansen bieden, maar aanvullende marktprikkels, zoals een day-ahead markt voor groene waterstof, zijn nodig om vraag en aanbod te balanceren.

Het introduceren van lange-termijn afnamegaranties biedt investeerders zekerheid

over toekomstige afname van waterstof en energieopslagcapaciteit. Fiscale voordelen en subsidies kunnen marktpartijen stimuleren om te investeren in commerciële opschalingsprojecten.

#### **Onderzoek bijmengingsverplichting en gescheiden leidingen in het gasnet**

Er moet onderzoek worden gedaan naar de potentie van (tijdelijke) bijmenging van waterstof in het gasnet, aangezien dit de markt voor moleculenopslag kan stimuleren en de ontwikkeling van de benodigde infrastructuur kan versnellen. Een mogelijke oplossing is de ontwikkeling van een gescheiden leidingnetwerk voor waterstof, dat verschillende specificaties kan hanteren. Dit netwerk zou het mogelijk maken om zeer zuivere waterstof te transporteren waar dat nodig is, zoals in de mobiliteitssector, terwijl goedkopere, minder zuivere waterstof kan worden gebruikt in andere sectoren, zoals de industrie.

#### **Integreer de technische kennis van verschillende opslag methodes.**

Het is van groot belang om verschillende opslagtechnieken te vergelijken, niet alleen op basis van Technology Readiness Level (TRL), maar ook met betrekking tot hun functies en toepassingsgebieden. Zijn ze complementair of uitwisselbaar? Een aanbeveling is daarom om een expertisecentrum voor energieopslag op te richten, waar informatie over de laatste innovaties, mogelijke financiering voor opschaling en randvoorwaarden over inpassing, veiligheid en efficiënt ruimtegebruik wijzigingen toegankelijk worden voor alle betrokkenen.

#### **Meer informatie?**

Kijk op [www.energystoragenl.nl](http://www.energystoragenl.nl) of neem contact op met ons via [info@energystoragenl.nl](mailto:info@energystoragenl.nl).