

# VAN AARDGAS NAAR DUURZAAM GAS

## SAMENVATTING

Aardgas wordt in Nederland voor verschillende toepassingen gebruikt. Het wordt verbrand om hogetemperatuurwarmte te maken voor gebruik in de industrie. Het is de fossiele brandstof voor cv-ketels van huizen en andere gebouwen. We gebruiken het in huis om te koken. Ook wordt het veel gebruikt in Nederland als brandstof in elektriciteitscentrales.

Aardgas is geen duurzame bron van energie. Daarom zijn alternatieven noodzakelijk. Aardgas en ook andere gassen hebben als groot voordeel dat ze relatief makkelijk, veilig, zonder verlies en betaalbaar voor langere tijd zijn op te slaan en te transporteren. Ook kan de omzetting van gas naar warmte en/of elektriciteit snel op- en afgeschakeld worden. Dat zijn belangrijke goede eigenschappen die van pas komen in een duurzaam energiesysteem.

'Duurzaam gas' betekent dat gas geen fossiele herkomst heeft en dat bij de productie van dit gas niet of nauwelijks CO<sub>2</sub> wordt uitgestoten.

Biogas, groen gas en waterstof kunnen in deze definitie duurzaam zijn. Duurzaam biogas, groen gas en waterstof kunnen de rol van aardgas voor een deel overnemen. Ook in mobiliteit en in de industrie zullen duurzame gassen in de toekomst een rol spelen.

Aandachtspunt is dat in de keten van het produceren van het duurzame gas uit groene elektriciteit en de omzetting van dat duurzaam gas terug naar elektriciteit aanzienlijke verliezen optreden. Er zijn daardoor bij gebruik van duurzaam gas meer windmolens nodig voor hetzelfde eindgebruik dan wanneer de groene elektriciteit direct gebruikt kan worden.



## INLEIDING

Het grootste deel van de energievraag in Nederland is een vraag naar warmte. In de industrie vaak bij een temperatuur van meer dan 100°C en in de gebouwde omgevingen (woningen, kantoren) meestal bij een temperatuur van 70°C of minder.

Aardgas is nu de voornaamste bron voor deze warmte. Bij het verbranden van aardgas komt CO<sub>2</sub> vrij die bijdraagt aan de opwarming van de aarde. Daarom is aardgas geen duurzame bron. Voor 2050 moet het gebruik van fossiele bronnen naar 0 worden gebracht en zal de warmtebehoefte dus verlaagd en verduurzaamd moeten worden.

Deze whitepaper gaat in op de optie van duurzaam gas als vervanging voor aardgas. Een gas is duurzaam als in cyclus opwek-opslag-gebruik geen CO<sub>2</sub> uitgestoten wordt. Groene waterstof is daar een voorbeeld van. De voor- en nadelen van het maken en gebruiken van duurzaam gas worden besproken.

In de [whitepaper #4: Warmte – net wat ik nodig heb](#) en [whitepaper #5: All-electric: elektriciteit opwekken, gebruiken en transporteren](#) staan de andere hoofdroutes voor een duurzame warmtevoorziening van met name de gebouwde omgeving beschreven, namelijk warmtenetten en all-electric.

### AARDGAS IN NEDERLAND

In 2019 was 41% van de primaire energie die in Nederland gebruikt werd aardgas (zo'n 1300 PJ). Voor meer details zie LEVE [whitepaper #2: Energie: waar het vandaan komt en naartoe gaat](#).

Van dat aardgas gaat bijna 40% naar elektriciteitscentrales. Daar wordt aardgas verbrand om elektriciteit op te wekken. Er ontstaat daarbij ook warmte. Aardgas wordt ook als grondstof gebruikt in de industrie. De rest van het aardgas wordt door de eindgebruiker verbrand. De drie grootste toepassingen hierbij zijn:

- in de industrie met als doel midden- tot hogetemperatuurwarmte te maken (respectievelijk 100-500°C en 500-1500°C).

De industriële sector heeft een warmtevraag van circa 420 PJ, waarvan 180 PJ ingevuld wordt met aardgas.<sup>1-2</sup>

- in de gebouwde omgeving (cv-ketels) om huizen en gebouwen te verwarmen en voor het bereiden van warm water. Dit is een lage temperatuurtoepassing (<100°C). Koken is ook een toepassing in huizen. Dit betreft zo'n 480 PJ.
- Daarnaast wordt in de landbouw circa 50 PJ aardgas gebruikt voor verwarming. Ook wordt aardgas (met een energie-inhoud van bijna 100 PJ) gebruikt als grondstof in de industrie.

<sup>1</sup> <https://www.energieinnederland.nl/feiten-en-cijfers/infographic/>

<sup>2</sup> *Towards 100% renewable energy supply for urban areas and the role of smart control*, R.P. van Leeuwen, University of Twente, 2017: <https://research.utwente.nl/en/publications/towards-100-renewable-energy-supply-for-urban-areas-and-the-role->

### AARDGAS EN CO<sub>2</sub>

Bij het verbranden van aardgas komt CO<sub>2</sub> vrij die bijdraagt aan de opwarming van de aarde. Daarom is aardgas geen duurzame bron. Voor 2050 moet het gebruik van fossiele bronnen naar 0 worden gebracht en dan zal aardgas geen rol meer spelen in de elektriciteitsproductie en de warmtevoorziening.

Dat is ook de reden dat nieuwbouwhuizen niet meer op het aardgasnet aangesloten worden. En ook bijna alle bestaande woningen en gebouwen zullen voor 2050 aardgasloos worden.

De industrie zoekt naar duurzame alternatieven en elektriciteit zal in de toekomst duurzaam opgewekt worden met windmolens en zonnecellen.

CO<sub>2</sub> die bij (grote) installaties vrijkomt door de verbranding van koolstofhoudende brandstoffen kan afgevangen worden en vervolgens voor lange tijd opgeslagen worden (CCS, Carbon Capture Storage). Dit voldoet in zichzelf niet aan definitie van 'duurzaam' (zie [whitepaper #2](#)) omdat er geen oneindige bron is, maar kan wel bijdragen aan het terugdringen van de CO<sub>2</sub>-uitstoot.

### VOORDELEN VAN GAS

#### MINDER UITSTOOT

Bij het verbranden van aardgas komt per hoeveelheid energie ongeveer de helft van de CO<sub>2</sub> vrij ten opzichte van het gebruik van kolen.<sup>3</sup> Het is dus veel beter om aardgas te gebruiken dan om kolen te gebruiken.

#### ENERGIETRANSPORT

Het transport van energie via een gasnet is relatief goedkoop: een aansluiting voor een woning op het elektriciteitsnet kost ongeveer net zoveel als een aansluiting op het gasnet. Via het gasnet komt echter veel meer energie binnen.

Je kunt je daarom zelfs voorstellen dat we elders op de wereld een duurzaam gas produceren met behulp van duurzame elektriciteit en dit per pijplijn of schip naar Nederland vervoeren.

#### OPSLAG

Aardgas en ook andere gassen hebben als ander voordeel dat ze relatief makkelijk, bijna zonder verlies en betaalbaar voor langere tijd zijn op te slaan. Ook blijkt het opslaan en vervoer van gassen in de praktijk relatief veilig te kunnen.

#### SCHAKELEN

De omzetting van gas naar warmte en/of elektriciteit kan snel op- en afgeschakeld worden. Als veel elektriciteit duurzaam wordt opgewekt met zonnecellen en windmolens, is het belangrijk dat er ook energie beschikbaar kan komen als het donker en/of windstil is. Duurzame gassen kunnen hiervoor zorgen en zijn daarom belangrijk in de energietransitie.

### DUURZAAM GAS

'Duurzaam gas' betekent dat gas geen fossiele herkomst heeft en dat bij de productie van dit gas niet of nauwelijks CO<sub>2</sub> wordt uitgestoten. Biogas, groen gas en waterstof kunnen in deze definitie duurzaam zijn.

Duurzaam biogas, groen gas en groene waterstof kunnen de rol van aardgas voor een deel overnemen. Ook in mobiliteit en in de industrie zullen duurzame gassen een rol gaan spelen. Voor aardgas, biogas en groen gas geldt dat het in onverbrande vorm ook een broeikasgas is, omdat het voor een groot deel bestaat uit methaan (CH<sub>4</sub>). Methaan blijft minder lang in de atmosfeer dan CO<sub>2</sub>, maar heeft in die tijd wel een grotere bijdrage aan de opwarming (global warming potential).<sup>4-5</sup>

<sup>3</sup> <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2013/10/Vreuls%202005%20NL%20Energiedragerlijst.pdf>  
aardgas 56,1 kg CO<sub>2</sub>/GJ en steenkool 94,7 kg/GJ

<sup>4</sup> <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2020/19/uitstoot-broeikasgassen-3-procent-lager-in-2019/co2-equivalent>

<sup>5</sup> <https://www.nature.com/articles/nature19797>

## BIOGAS

Biogas is gas dat kan worden gewonnen uit reststromen van akkerbouw (plantenresten) en veeteelt (mest), afval (gft) en rioolslib. Bij vergisting hiervan komen verschillende gassen vrij en blijft digestaat over. Biogas bestaat meestal uit 50-60% methaan (CH<sub>4</sub>) en 40-50% CO<sub>2</sub>. Het bevat ook waterdamp en sporen van waterstofsulfide en ammoniak. Voor het maken van biogas is circa 25-30% van de primaire beschikbare energie nodig, zodat 70-75% uiteindelijk in de brandstof terecht komt.

Biogas is alleen duurzaam als het uit een korte gesloten kringloop komt waarbij geen sprake is van uitstoot van broeikasgassen.

## GROENGAS

Groengas is bewerkt biogas. Het grootste deel van de CO<sub>2</sub> wordt eruit gehaald en ook wordt het gezuiverd, bijvoorbeeld waterstofsulfide wordt eruit gehaald. Met deze bewerking wordt ervoor gezorgd dat het gas de verbrandingswaarde heeft die afgesproken is voor het Nederlandse gasnet. Het kan dan ook in het (aard)gasnetwerk worden toegevoerd.

In een verkenning van de Gasunie voor 2050 is de verwachting dat er dan circa 180 PJ groengas beschikbaar is.<sup>6</sup> Dit is circa 15% van het huidige gasverbruik. Groengas is alleen duurzaam als duurzaam biogas als grondstof wordt gebruikt.

## WATERSTOF<sup>7</sup>

Waterstof is in Nederland al een heel belangrijk gas, dat veel gebruikt wordt als grondstof in de industrie. Dit betreft nu een energie-inhoud van 110 PJ, grotendeels afkomstig van aardgas dat hiervoor als grondstof dient.

## WATERSTOF PRODUCEREN

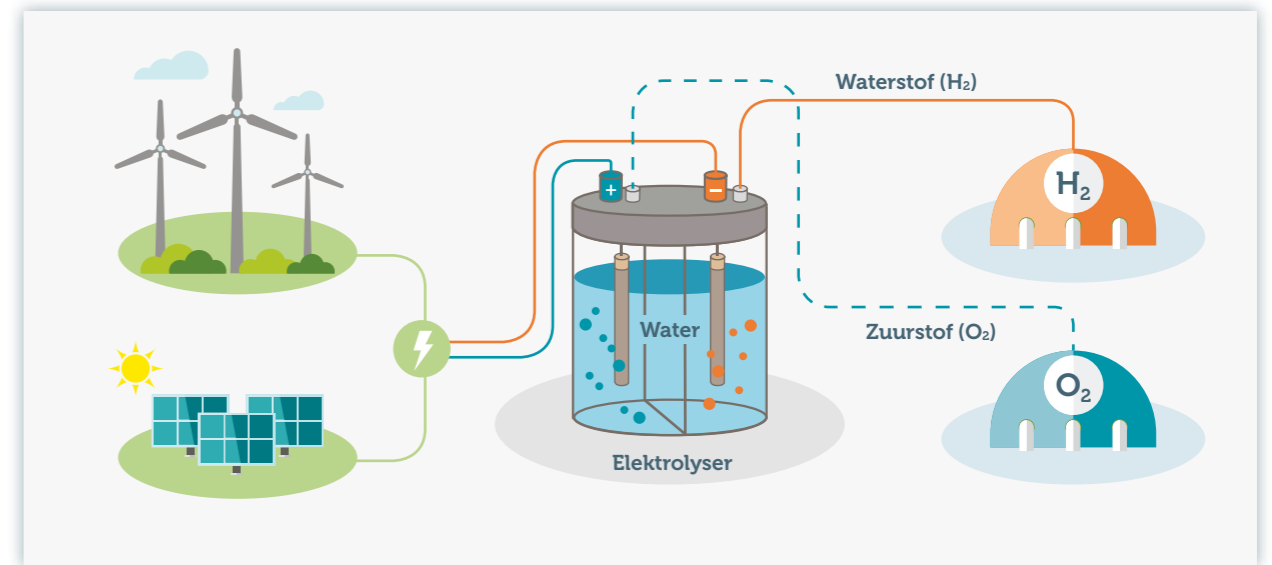
In duurzaamheid onderscheiden we drie 'kleuren' waterstof (H<sub>2</sub>):

- Grijs waterstof wordt gemaakt uit fossiele bronnen. Bij de omzetting naar waterstof komen broeikasgassen, waaronder CO<sub>2</sub>, vrij en dit is dus niet duurzaam.
- Als bij dit proces de CO<sub>2</sub> wordt afgevangen en opgeslagen spreken we van blauw waterstof. Dit is niet volledig duurzaam, maar er komt wel minder CO<sub>2</sub> vrij dan bij de productie van grijs waterstof.
- Groen waterstof
  - > Door waterstof te produceren via vergassing van verantwoorde biomassa kan groen waterstof gemaakt worden, een duurzame brandstof. Omdat er een beperkte hoeveelheid verantwoorde biomassa beschikbaar is, kan op deze manier niet veel groen waterstof gemaakt worden.
  - > Waterstof kan ook gemaakt worden uit schoon water met behulp van elektrolyse. Hiervoor is elektriciteit nodig. De duurzaamheid van de elektriciteit bepaalt dan de duurzaamheid van de waterstof. Dit proces wordt Power2Gas (P2G) genoemd: met behulp van elektriciteit gas maken. Als dit proces met groene elektriciteit plaatsvindt, wordt groen waterstof geproduceerd. Zie *Figuur 3*.

Via de groene route van elektriciteit is de verwachting dat er in 2050 circa 180 PJ beschikbaar komt uit windparken die speciaal daarvoor aangelegd worden en circa 70 PJ uit lokale tijdelijke overschotten van elektriciteit.<sup>8</sup>

<sup>6</sup> Gasunie. Verkenning 2050, Groningen, 2018, <https://www.gasunie.nl/nieuws/grote-rol-voor-wind-en-waterstof-in-co2-vrije-energievoorziening>

<sup>7</sup> Meer lezen: Routekaart Waterstof (maart 2018): <https://www.topsectorenergie.nl/sites/default/files/uploads/TKI%20Gas/publicaties/20180307%20Routekaart%20Waterstof%20TKI%20Nieuw%20Gas%20maart%202018.pdf>



*Figuur 3* Productie van groene waterstof

(Groene) waterstof is geen energiebron: het is een chemische verbinding die op een duurzame manier gemaakt kan worden en die goed dienst kan doen om energie op te slaan en te distribueren. Dit noemen we een energiedrager. Groen waterstof, meestal gemaakt met behulp van groene elektriciteit, is de enige duurzame waterstof.

Met een verwachte beschikbaarheid van groen waterstof van 250 PJ in 2050 lukt het tegen die tijd om de huidige 110 PJ grijs waterstof te vervangen door groen waterstof. Daarnaast is dan 140 PJ waterstof beschikbaar voor nieuwe toepassingen. Dit is circa 10% van het huidige gasverbruik.

## TOTAAL

De energiedragers groen gas, biogas en waterstof zullen nog tientallen jaren veel minder beschikbaar zijn dan aardgas nu. Verwachtingen van verschillende partijen lopen sterk uiteen. De Gasunie verwachtte in 2018 dat er in 2050 naar verwach-

ting circa 430 PJ energie uit duurzame gassen van Nederlandse oorsprong beschikbaar zou zijn (180 PJ en 250 PJ respectievelijk voor groen gas en waterstof<sup>9</sup>): circa 1/3 van het huidige aardgasgebruik. Daarmee wordt duidelijk dat duurzame gassen naar verwachting geen 1-op-1 vervanger zullen zijn van aardgas. Over deze percentages is veel onzekerheid.

## TOEPASSINGEN VAN WATERSTOF

In de toekomst kan waterstof in verschillende toepassingen een rol spelen. Om te beginnen net als nu: waterstof als grondstof in de chemische industrie. De hoeveelheid grijs waterstof die nu in de Nederlandse industrie wordt gebruikt is 2/3 van de totale hoeveelheid groen waterstof die in 2050 naar verwachting beschikbaar is.

De toepassingen waarvoor waterstof ingezet kan worden zijn breder<sup>10</sup> dan deze 1-op-1-vervanging van grijs waterstof door groen waterstof.

<sup>8-9</sup> Gasunie. Verkenning 2050, Groningen, 2018, <https://www.gasunie.nl/nieuws/grote-rol-voor-wind-en-waterstof-in-co2-vrije-energievoorziening>

<sup>10</sup> Routekaart Waterstof (maart 2018): <https://www.topsectorenergie.nl/sites/default/files/uploads/TKI%20Gas/publicaties/20180307%20Routekaart%20Waterstof%20TKI%20Nieuw%20Gas%20maart%202018.pdf>

- Als transportbrandstof in (vracht)auto's. Waterstof kun je vrij eenvoudig en snel tanken. Een brandstofcel wordt gebruikt om met H<sub>2</sub> elektriciteit te maken. Restproduct is water. De elektriciteit wordt gebruikt om te rijden, net als in een elektrische auto. Bijkomend voordeel is dat je veel minder batterijen nodig hebt, wat de auto lichter maakt. Hoe zwaarder het transport en hoe groter de afstand, hoe interessanter waterstof wordt ten opzichte van batterijen.
- Als brandstof voor het produceren van (hogetemperatuur)warmte voor industrie, warmtebehoefte in de gebouwde omgeving en voor regelbare elektriciteitsproductie. Waterstof is een hoogwaardige brandstof: er komt hogetemperatuurwarmte vrij bij verbranding. Hiervoor zijn niet veel duurzame alternatieven.
- Als input voor brandstofcellen om elektriciteit en warmte te maken op het gewenste moment. Voor warmte bij relatief lage temperatuur - zoals in woningen en andere gebouwen - is deze route in combinatie met een warmtepomp efficiënter dan het verbranden van waterstof.

Het onderzoek naar waterstof richt zich ook op kostprijzdalingen en schaalvergroting van elektrolyzers om waterstof te maken. Nu is het nog zo dat deze elektrolyzers volcontinu gebruikt moeten worden om de waterstof economische enigszins haalbaar te maken. Daarmee is echter de flexibiliteit waar waterstof belangrijk voor is economisch niet haalbaar.

## KETENRENDEMENT

Het omzetten van elektriciteit in waterstof via elektrolyse heeft een rendement van circa 75%.<sup>11</sup> Als je daarna van waterstof naar elektriciteit terug wil dan kan dat met een brandstofcel met een rendement van 55%. Dus in de route elektriciteit-waterstof-elektriciteit hou je dan circa 40% (75%\*55%) van de elektriciteit over. Dit betekent dat je van elke 100 kWh die opgewekt wordt, uiteindelijk ongeveer 40 kWh weer in de vorm van elektriciteit kunt gebruiken.<sup>12-13</sup>

60% van de opgewekte elektriciteit van bijvoorbeeld een windmolen kun je dan niet effectief gebruiken. Dit betekent dat je 2,5 keer zoveel windmolens en/of zonnecellen nodig hebt om genoeg elektriciteit voor je toepassing op te wekken.

Het is daarom slim te bedenken hoe je de elektriciteit die opgewekt wordt direct kunt gebruiken, voordat je besluit waterstof toe te passen.

Bovendien komt bij beide omzettingen warmte vrij. Als deze restwarmte gebruikt kan worden, dan stijgt het ketenrendement.

## DILEMMA'S

Duurzame gassen zullen in het energiesysteem van de toekomst een belangrijke rol spelen. Die rol zal op termijn groeien: de beschikbaarheid van duurzame gassen is op dit moment zeer beperkt en betaalbaar is groene waterstof op dit moment niet. Biogas en groen gas komen voort uit biologische (rest)stromen en zijn dus per definitie beperkt beschikbaar.

De energietransitie vraagt om een forse reductie van uitstoot van broeikasgassen vanaf nu. Het ontwikkelen van betaalbare beschikbaarheid van groene waterstof vergt niet alleen enorme hoeveelheden extra groene elektriciteit vanwege het ketenrendement, maar ook onderzoek naar het grootschalig maken van die waterstof. Parallel aan het onderzoek aan en pilots met duurzame gassen zijn energie besparen en zorgen voor meer opwek van groene elektriciteit daarom van groot belang.

Het is ook belangrijk goed te overwegen waar duurzame gassen die nu en in de toekomst beschikbaar zijn het best gebruikt kunnen worden. Waar is het de beste optie, gegeven de schaarste en het ketenrendement, en waar zijn andere opties in verhouding effectiever?

## CONCLUSIE

Met behulp van waterstof en groen gas kunnen we er in de toekomst voor zorgen dat we duurzaam beschikken over het gemak van gas in gebruik en transport. De hoeveelheid beschikbare duurzame gassen zal echter niet zo groot zijn dat er 1-op-1 vervanging van het huidige aardgasgebruik plaats kan vinden. Toepassing moet daarom gebaseerd worden op een goede afweging met andere opties.

<sup>11</sup> <https://www.wattisduurzaam.nl/15443/energie-beleid/tien-peperdure-misverstanden-over-wondermiddel-waterstof/>

<sup>12</sup> <https://www.volkskrant.nl/economie/ineens-lijkt-waterstof-het-antwoord-op-alle-energieproblemen-waar-komt-al-dat-enthousiasme-vandaan~bd2acf2c4/60%verlies->electolyse57-77%rendement>

<sup>13</sup> <https://www.ce.nl/publicaties/1706/gas-als-zonnebrandstof-verkenning>

## OVER LEVE

Dit whitepaper is ontwikkeld door LEVE: Lectorenplatform Energievoorziening in Evenwicht. Dit is een samenwerking tussen lectoren van 7 hogescholen: AVANS Hogeschool, Hogeschool van Arnhem en Nijmegen (HAN), Hanzehogeschool, Hogeschool Zeeland, Hogeschool Rotterdam, Hogeschool Saxion en Hogeschool Windesheim.

Het lectorenplatform LEVE wordt ondersteund door het Sustainable Electrical Energy Center of Expertise (SEECE), Centre of Expertise Energy (EnTranCe) en de Topsector Energie (TKI Wind op Zee, TKI Nieuw Gas, Human Capital Agenda en Systeemintegratie).

**Hoofdauteur:** Jeike Wallinga (Windesheim).  
**In samenwerking met:** Jan-jaap Aué (Hanze), Richard van Leeuwen (Saxion), Christoph Maria Ravesloot (Rotterdam), Jacob van Berkel (Zeeland), Jack Doomernik (AVANS) en Aart-Jan de Graaf (HAN).

LEVE bevordert draagvlak en onderscheidend vermogen met betrekking tot het evenwicht tussen alle energiestromen richting 2030. Dit doen we regio-overstijgend door met gebiedsgericht praktijkonderzoek te komen tot betrouwbare modellen, data en informatie en deze resultaten kenbaar te maken.

De visie van LEVE is om richting 2030 een robuust en gedragen energiesysteem in evenwicht te behouden. Wij geloven dat we dit resultaat alleen door integrale samenwerking van kennisinstellingen, bedrijven, burgers en overheden kunnen behalen. Als verenigde lectoraten binnen LEVE verbinden wij stakeholders aan dit proces.

Meer informatie vindt u op de website van LEVE: [www.lectorenplatformleve.nl](http://www.lectorenplatformleve.nl). Hier vindt u ook de onderzoeksagenda waarin de programma's en thema's van LEVE staan beschreven. Ook kunt u zich aanmelden voor de nieuwsbrief van LEVE. U krijgt dan bericht als er nieuwe whitepapers beschikbaar zijn. U kunt contact opnemen via [lectorenplatform.leve@org.hanze.nl](mailto:lectorenplatform.leve@org.hanze.nl)

## WHITEPAPERS IN DEZE SERIE

Met deze serie whitepapers informeert LEVE beleidsmakers, beslissers en anderen met interesse in energietransitie over onderwerpen die van belang zijn voor het energiesysteem van de toekomst.

- **WHITEPAPER #1**    **ENERGIE PER JAAR EN PER PERSOON**
- **WHITEPAPER #2**    **ENERGIE: WAAR HET VANDAAN KOMT EN NAARTOE GAAT**
- **WHITEPAPER #3**    **ENERGIE IN BALANS**
- **WHITEPAPER #4**    **WARMTE – NET WAT JE NODIG HEBT**
- **WHITEPAPER #5**    **ALL-ELECTRIC: ELEKTRICITEIT OPWEKKEN, GEBRUIKEN EN TRANSPORTEREN**
- **WHITEPAPER #6**    **VAN AARDGAS NAAR DUURZAAM GAS**