

Waterstof voor gebouwverwarming en het klimaatakkoord

Hellinga, C.; van Wijk, A.J.M.

Publication date

2021

Document Version

Final published version

Published in

Hydrogen Rocks!

Citation (APA)

Hellinga, C., & van Wijk, A. J. M. (2021). Waterstof voor gebouwverwarming en het klimaatakkoord. In P. Luscuere, & A. van Wijk (Eds.), *Hydrogen Rocks!* (pp. 149-162). Delft University of Technology.

Important note

To cite this publication, please use the final published version (if applicable). Please check the document version above.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download, forward or distribute the text or part of it, without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license such as Creative Commons.

Takedown policy

Please contact us and provide details if you believe this document breaches copyrights. We will remove access to the work immediately and investigate your claim.

HYDROGEN ROCKS!

Peter Luscuere,
Ad van Wijk [EDS.]

WATERSTOF VOOR GEBOUWVERWARMING EN HET KLIMAATAKKOORD

CHRIS HELLINGA & AD VAN WIJK

TU DELFT, AFDELING PROCESS & ENERGY, FACULTEIT 3ME

Samenvatting

De belangstelling voor waterstof als energiedrager voor de gebouwde omgeving ontwikkelt zich snel. Veel indicatoren wijzen inmiddels in de richting dat waterstof een significante bijdrage gaat leveren in de verduurzamingsopgave, ook voor ruimteverwarming. Essentieel is de beschikbaarheid van een grootschalige infrastructuur voor waterstoftoelevering. De voorzichtige positiekeuze in het Nederlandse klimaatakkoord ten aanzien van waterstofbeschikbaarheid in 2030 is achterhaald met de Gasunieplannen voor een Nederlandse waterstofbackbone. De plannen richten zich weliswaar in eerste instantie op de waterstofvoorziening van de industrie, maar een inschatting laat zien dat ook beleving van honderdduizenden woningen in 2030 via deze waterstofbackbone mogelijk is. Gericht beleid om waterstof te integreren in de verduurzamingsrichtlijnen voor 2030 zou niet alleen het risico op de haalbaarheid van de CO₂-emissiereductiedoelstellingen voor de gebouwde omgeving verlagen, maar legt ook een fundament voor de vergaande maatregelen die na 2030 nog nodig zijn. Een realistisch en haalbare doelstelling voor 2030 is om 500.000 woningen te verwarmen op waterstof middels een waterstof CV-ketel of op een combinatie van waterstof en elektriciteit middels een hybride warmtepomp-waterstof CV-ketel.

Het klimaatakkoord: een gestructureerde aanpak van de energietransitie

Het Nederlandse klimaatakkoord is opgesteld om structuur te bieden aan de energietransitie tot 2030, wanneer de nationale CO₂-emissies met 49% gedaald moeten zijn ten opzichte van 1990. Plannen zijn uitgewerkt voor vijf sectoren: gebouwde omgeving, elektriciteit, industrie, mobiliteit en landbouw & landgebruik. Aan sectortafels zijn met de meest betrokken partijen specifieke doelstellingen geformuleerd en zijn inspanningen toegezegd.

Een belangrijke sectoroverkoepelende uitdaging is om de goede match te vinden van de energiedragers van de toekomst, die een duurzaam aanbod verbinden met leveringszekerheid en betaalbaarheid. Hier horen nieuwe infrastructurele voorzieningen bij zoals: versterkte elektriciteitsnetwerken, nieuwe warmtenetten en de ombouw van het aardgasnetwerk voor waterstoftransport, in combinatie met opslag. Kansen en behoeftes binnen sectoren kunnen niet los van elkaar worden gezien, en dat geldt zeker voor de gebouwde omgeving, met in Nederland 7,7 miljoen woningen en 1 miljoen overige gebouwen.

Voor waterstof geeft het klimaatakkoord voor de industrie een vraagtoename van 50-153 PJ/jaar in 2030, in de grootteorde van en verdubbeling van de huidige waterstofvraag. Voor de vervoerssector wordt genoemd dat mogelijk 300.000 personenvoertuigen in 2030 op waterstof rijden, en daarbij bussen en ander zwaar wegvervoer. Voor de gebouwde omgeving wordt het belang van pilots en demonstratiegebieden benadrukt, maar grootschaliger toepassing wordt pas voorzien na 2030. In deze bijdrage stellen we dat uitgangspunt ter discussie.

Doelstellingen en aanpak uit het klimaatakkoord

Het klimaatakkoord geeft een raamwerk voor de maatregelen tot 2030:

- 1,5 miljoen bestaande gebouwen verduurzamen
- Alle nieuwbouw na 2021 zonder gasaansluiting
- 40 PJ/jaar duurzame warmtelevering (aansluitingen op warmtenetten)
- De inzet van groen gas (gas geproduceerd uit biomassa dat is opgewerkt naar aardgaskwaliteit)

Als doelstelling noemt het klimaatakkoord een CO₂-emissiereductie van de gebouwde omgeving van 3,4 Mton/jaar bovenop de reductie voortvloeiend uit vastgesteld en voorgenomen (vv) beleid, wat is benoemd in de Nationale Energieverkenning 2017 [1]. We zien in tabel 1 dat de destijds voorspelde CO₂-emissies van de gebouwde omgeving in 2020 met ongeveer eenderde moeten dalen van 21,2 Mton per jaar naar 14,4 Mton per jaar in 2030. Dit betekent dus dat van 2030 tot 2050 nog de dubbele opgave resteert, om de gebouwde omgeving volledig klimaatneutraal te maken.

	NEV 2017 (vv) CO ₂ -Emissies		Klimaatakkoord Extra reductie		Totaal
	Woningen	Utiliteit	Woningen	Utiliteit	
	Mton CO ₂ /jaar				
2020	14,3	6,9			21,2
2030	12,4	5,4	-2,4	-1,0	14,4

Tabel 1. CO₂-doelstellingen voor de te bereiken CO₂-emissies voor de gebouwde omgeving in 2030. Het klimaatakkoord geeft een toevoeging op vastgesteld en voorgenomen beleid (vv), zoals opgenomen in de Nationale Energieverkenning (NEV) 2017 [1].

Het PBL heeft op basis van het concept klimaatakkoord berekend dat de warmtevraag van de gebouwde omgeving in 2030 gedaald zal zijn tot 333 PJ/jaar [2]. Als we dit afzetten tegen de gas- en warmtevraag van de gebouwde omgeving in 2018, die volgens het CBS 440 PJ bedroeg, gaat het om een besparing op de warmtevraag van 25%. Uit de PBL-analyse van het ontwerp klimaatakkoord [3] is af te leiden dat het tot 2030 om de aanpak van 1,75 miljoen woningequivalenten gaat (woningbouw en utiliteitssector – nieuwbouw (717.000 woningen) en bestaande bouw).

OVERALL TOTAAL	OKA (2019)
All electric	742.250
Hybride	590.000
Warmtenet	417.750
Totaal	1.750.000

Tabel 2. Totaal te realiseren installaties en aansluitingen voor 2030 (vastgesteld en voorgenomen beleid, aangevuld met de maatregelen volgens het klimaatakkoord)

Volgens het CBS waren er in 2018 ongeveer 550.000 warmtepompen in de gebouwde omgeving geïnstalleerd. Met de extra te plaatsen systemen (1,3 miljoen) zou dit aantal in 2030 bijna 3,5 maal zo groot geworden zijn. Het aantal aansluitingen op grote warmtenetten bedraagt op dit moment naar schatting 420.000 [4], zodat het hier ruwweg om een verdubbeling gaat. In aanvulling op deze technische installaties dient de utiliteitssector nog een energiebesparingsslag te maken om de doelstelling van 1,0 Mton emissiereductie te halen. In totaal gaat het om ongeveer 2,8 miljoen woningequivalenten die tot 2030 aangepakt moeten worden (gemiddeld 250.000 per jaar). Tussen 2030 en 2050 stijgt dat aantal tot ruim 400.000 per jaar.

De optelsom van dit pakket zou inderdaad leiden tot de emissiereductiedoelstelling. Daarbij moet aangetekend worden dat alleen gerekend wordt met de directe CO₂-emissies uit de gebouwde omgeving: 'de CO₂ die uit de schoorstenen komt'. De CO₂ die ontstaat bij de warmteproductie voor warmtenetten (denk ook aan de piekwarmte, waar mogelijk nog aardgasbijstook voor nodig is) en bij de productie van de elektriciteit voor de warmtepompen is voor rekening van de energiesector. Wij schatten die overheveling op 0,6 Mton/jaar¹.

Hoewel de voorgestelde technische invulling dus consistent is met de doelstelling, zijn er nog veel vragen over de feitelijke haalbaarheid, die vooral voortvloeien uit de organisatorische en financiële randvoorwaarden. 3,4 Mton reductie wordt door het PBL alleen haalbaar geacht, wanneer bestaande subsidieruimte wordt aangevuld met langlopende leningen, de overheveling van energiebelasting van elektriciteit op aardgas, en wanneer voldoende kostenreductie op technische installaties en isolatiemaatregelen gaat plaatsvinden. Voor de aanpak van bestaande gebouwen wordt de bandbreedte geschetst in figuur 1², die correspondeert met een CO₂-emissiereductie tussen de 0,8 en 3,7 Mton/jaar³.

In het gunstigste scenario, waarbij 1 miljoen woningequivalenten tot 2030 uitgerust worden met een warmtenetwerk, een hybride systeem of een all electric warmtepomp, speelt de introductie van hybride systemen bij koopwoningen (70% van de Nederlandse woningvoorraad) een belangrijke rol. Dit is de meest kosteneffectieve variant. Afhankelijk van de mate waarin de systeemprijs gaat dalen kan in de tweede helft van de jaren 20 kostenneutraliteit ten opzichte van een aardgasgestookte CV-ketel gaan ontstaan. De meerprijs verdient zich dan terug uit een lagere energierekening. Voor de andere systemen blijft een onrendabele top over van 2.000-13.000 Euro per woning.

Hybride systemen hebben uiteraard het nadeel dat ongeveer de helft van de warmte nog met een aardgasgestookte CV-ketel geleverd moet worden, en het klimaatakkoord geeft geen aanknopingspunten voor de vergroening van de gastoevoer tot en na 2030⁴. In de PBL-scenario's wordt daarom gerekend met 'spijtvrije isolatie'. Gebouwen die worden uitgerust met hybride systemen dienen dezelfde isolatiemaatregelen te treffen als gebouwen die worden uitgerust met een all electric warmtepomp, zodat na de afschrijftermijn een all electric systeem kan worden geïnstalleerd.

1 *Onder de aanname dat de elektriciteitsproductie voor 70% met duurzame energie plaatsvindt in 2030, en de CO₂-emissie van warmtenetten gedaald is tot de klimaatakkoord doelstelling van 18,9 kg CO₂/GJ (70% minder dan bij verwarming met gasgestookte CV ketels).*

2 *De doelstelling van 1,5 miljoen 'aardgasvrije' woningequivalenten uit het klimaatakkoord ('de wijk aanpak') wordt niet haalbaar geacht.*

3 *3,7 Mton wordt als streefwaarde gehanteerd – dus iets hoger dan de opdracht voor de gebouwde omgeving: 3,4 Mton.*

4 *Ook als de indicaties van de groen gassector gerealiseerd worden, is de bijdrage aan de totale bestaande gasvraag (circa 40 miljard m³ per jaar) zeer bescheiden.*

DUIZEND WONINGEN EN UTILITEITSGEBOUWEN



Figuur 1. De onzekerheidsmarge bij de realisatie van de introductie van aardgasvrije en hybride verwarmingsvormen in de 'wijkaanpak' uit het klimaatakkoord (doelstelling: 1,5 miljoen bestaande woningequivalenten) volgens het PBL [3].

Hier lopen we tegen belangrijke principiële beperkingen van het klimaatakkoord aan.

- Een langetermijnbeeld (2030-2050) ontbreekt.
- Infrastructurele consequenties worden niet uitgewerkt: afwegingen tussen de aanleg van warmtenetwerken, versterking van het elektriciteitsnetwerk, de (toekomstige) rol van gasnetwerken.
- Sectoroverschrijdende effecten zijn nog onvoldoende uitgewerkt.

Duurzame gassen

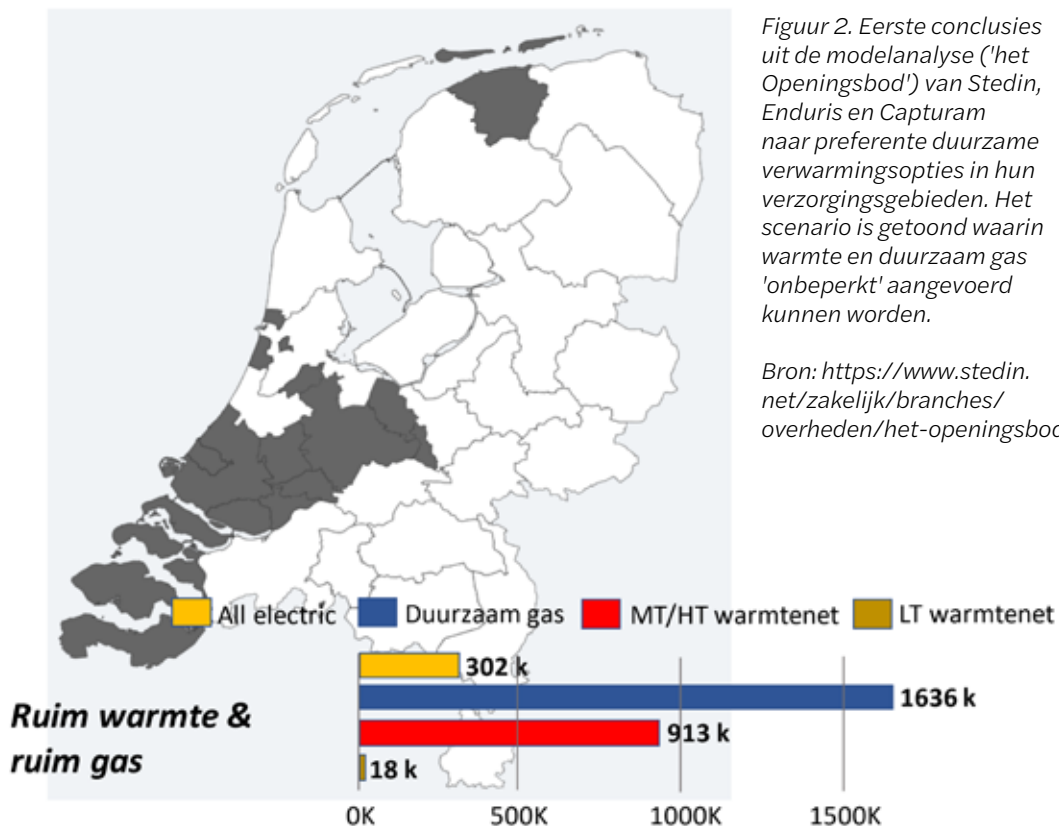
Het klimaatakkoord noemt dat de groen gasector inzet op een productievolume van 70 PJ/jaar (2,2 miljard m³ a.e.) in 2030. Het PBL neemt dat evenwel niet mee in de doorrekening voor een bijdrage aan de gebouwde omgeving. Het pad naar dat productievolume (ongeveer het vijfvoudige van de productie in 2018) is nog onvoldoende helder, en ook andere sectoren rekenen met de inzet van groen gas/biomassa. Een gedeeltelijke inzet van groen gas – bijgemengd in het aardgasnetwerk – zou dus gezien kunnen worden als een vangnet, voor het geval bovengenoemde maatregelen in deze omvang niet haalbaar blijken. Omdat groen gasproductie gesubsidieerd moet worden, gaat de groen gas inzet ten koste van de andere maatregelen binnen dezelfde subsidieruimte.

Waterstof is een alternatief, maar in het klimaatakkoord wordt de inzet daarvan nog niet haalbaar geacht voor 2030. Wel wordt het belang van demonstratie-/pilotprojecten benadrukt. Recente ontwikkelingen kunnen dit beeld evenwel doen kantelen, waar we onderstaand op terugkomen. Strategisch verdient het gebruik van duurzame gassen beslist aandacht – zeker ook in relatie tot maatregelen die na 2030 nog nodig zijn.

In een studie uit 2016 van CE Delft [5] is een ketenkostenanalyse gemaakt van de inzet van warmtenetten, elektrische warmtepompen en duurzaam gas⁵ voor 12.000 Nederlandse buurten.

5 Voor verspreiding met het gasnetwerk is alleen nog groen gas aangenomen. Wel wordt genoemd dat waterstof bijvoorbeeld voor piekverwarming van warmtenetwerken kan worden ingezet.

Per buurt kunnen de voorkeursopties verschillen, afhankelijk van de leeftijd van gebouwen, de nabijheid van duurzame warmtebronnen, de bebouwingsdichtheid, de benodigde versterking van elektriciteitsnetwerken, enzovoort. Indien voldoende groen gas beschikbaar zou zijn, zou ongeveer 75% van het finale energiegebruik (restwarmte, elektriciteit en groen/duurzaam gas) uit groen gas bestaan voor een kostenminimale invulling. Men rekende daarbij met een groen gasprijs zonder belastingen van 75 €/m³. 4-5 maal de huidige aardgasprijs.



Figuur 2. Eerste conclusies uit de modelanalyse ('het Openingsbod') van Stedin, Enduris en Capturam naar preferente duurzame verwarmingsopties in hun verzorgingsgebieden. Het scenario is getoond waarin warmte en duurzaam gas 'onbeperkt' aangevoerd kunnen worden.

Bron: <https://www.stedin.net/zakelijk/branches/overheden/het-openingsbod>

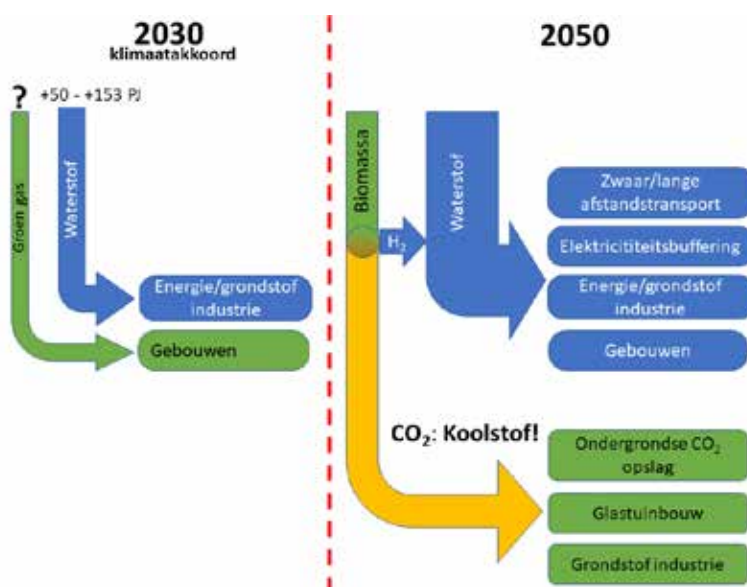
Stedin heeft in samenwerking met de Zeeuwse netbeheerder Enduris en Capturam in het Westland in 2020 vergelijkbare berekeningen met 3 modellen voor 3 scenario's laten doen voor de ruim 3.500 buurten in het verzorgingsgebied, met in totaal 3,1 miljoen woningequivalenten. Gemeentes kunnen de resultaten voor de eigen buurten op internet inzien. De studie wordt aangeduid met 'het Openingsbod' – bruikbaar voor de afwegingen die gemeentes moeten maken bij het opstellen van de Transitievisie Warmte die in 2021 moet worden opgeleverd, als uitvloeisel van het Klimaatakkoord. Voor 20% van de buurten kon in maart 2021 een robuuste voorkeursoptie worden benoemd, voor 80% van de buurten was er nog onvoldoende coherentie in de modeluitkomsten voor een robuuste eindoplossing. Als geen beperkingen worden aangenomen voor de beschikbaarheid van waterstof gaat de indicatie voorlopig in dezelfde richting als de conclusie van CE Delft. 2/3 van de buurten (een kleine 60% van de woningequivalenten) zou het meest gebaat zijn bij een aansluiting op duurzaam gas.

Duurzaam gas: groen gas en/of waterstof?

Invoeding van groen gas uit biomassa in het bestaande aardgasnetwerk is aantrekkelijk. Behalve de financiering en organisatie van productiecapaciteit zijn er geen aanpassingen nodig. Iedere CV-ketel kan een mengsel van aardgas en groen gas verbranden en het gasnetwerk behoeft geen aanpassingen.

Voor de langere termijn zijn er evenwel twee belangrijke beperkingen.

1. Ook in optimistische scenario's zal de productiecapaciteit onvoldoende blijven om in een substantieel deel van de warmtevoorziening van de gebouwde omgeving te voorzien, zeker ook gezien de vraag uit andere sectoren.
2. Maar minstens zo belangrijk is de waarde die biomassa/groen gas vertegenwoordigt voor de koolstofbehoefte in een duurzame samenleving, zonder fossiele brandstoffen. Koolstof die bijvoorbeeld nodig is voor de productie van kunststoffen en duurzame brandstoffen in de transportsector (zeker in de luchtvaart, maar misschien ook voor de scheepvaart en het zware/ lange afstandswegtransport). Maar ook de glastuinbouwsector heeft in Nederland een substantiële vraag naar CO₂ om te kunnen verduurzamen. En duurzame koolstof/CO₂ die een markt vraag zou overstijgen, kan ondergronds worden opgeslagen om netto CO₂ aan de atmosfeer te onttrekken. Het verbranden van groen gas in de gebouwde omgeving vermindert de inzetmogelijkheden van CO₂/koolstof aan sectoren die daar behoefte aan hebben, waarmee ook economische waarde verloren gaat.



Figuur 3. De inzet van biomassa/groen gas zal opschuiven naar toepassingen waar koolstof nodig is, dan wel CO₂ kan worden opgeslagen (negatieve CO₂-emissies).

Ook CE Delft concludeert dat biomassa/groen gas zal op de langere termijn moeten worden ingezet in sectoren die een gebrek aan een alternatief hebben [6]. Eventuele inzet voor gebouwverwarming moet derhalve als een overgangsmaatregel gezien worden. Groen gasproductie vindt momenteel nog vrijwel uitsluitend met vergisingsinstallaties plaats, maar in de toekomst zal vergassing dominant gaan worden.

Voor de 70 PJ doelstelling van de groen gasector zal de uitrol van superkritische vergassing bijvoorbeeld noodzakelijk zijn [7], waarvoor nu een eerste demonstratiefabriek in Alkmaar draait.

Bij vergassing ontstaat waterstof – en een logische denkrichting is dan ook dat biomassa in de toekomst wordt omgezet in waterstof en CO₂ om zo in een energie- en grondstoffenbehoefte te kunnen voorzien, met bijbehorende revenuen. Het aardgasnet in Nederland kan dan worden omgebouwd naar een waterstofnet (figuur 3).

Waterstof

Recente ontwikkelingen ondersteunen het beeld dat waterstof een goede kandidaat is voor de verwarming van gebouwen. Eerste HR CV-ketels op waterstof worden momenteel in een flat in een door Stedin aangezet project in Rozenburg gedemonstreerd en meerdere fabrikanten zullen dit jaar waterstof (ready) CV-ketels op de markt brengen. In combinatie met een warmtepomp (een hybride systeem) ontstaat belangrijke energiebesparing – typisch in de orde van 40-50%. De introductie van brandstofcellen, die waterstof in warmte en elektriciteit omzetten, kan de energievraag verder verlagen⁶.

Aardgastransport en -distributieleidingen kunnen met bescheiden investeringen op nationaal niveau voor waterstoftransport geschikt worden gemaakt, en qua veiligheid is er weinig twijfel dat waterstof niet onder doet voor aardgas. Door de grote stijgsnelheid van het lichte waterstof is de kans op het ontstaan van een brandbaar lucht/waterstof mengsel klein, en een belangrijk voordeel is dat er bij verbranding geen koolmonoxide kan vrijkomen. Voor normering krijgen veiligheidsaspecten overigens veel aandacht in lopend onderzoek.

Substantiële productie van groene waterstof (middels elektrolyse verkregen uit wind- en zonne-energie) moet nog van de grond komen, maar eerste stappen worden nu gezet. Zo hebben Shell en de Gasunie aangekondigd voor 2030 3-4 GW aan extra windturbines op de Noordzee te gaan plaatsen, die stroom gaan leveren voor elektrolyzers in het Eemshavengebied. In 2040 moet de capaciteit zijn vergroot tot 10 GW, met ook waterstofproductie op de Noordzee zelf. 1 GW aan windenergie kan waterstof leveren voor de verwarming van zo'n 320.000 woningen met een waterstof CV-ketel, of 640.000 woningen met een hybride verwarmingssysteem⁷.

De snelle daling van de kosten van duurzame elektriciteit is één van de redenen waarom de belangstelling voor waterstof zo sterk gegroeid is de laatste jaren. Recente biedingen voor de ontwikkeling van zonne-energieparken in het Midden-Oosten en Portugal liggen tussen de 1,11⁸ en 1,7 €ct/kWh, ongeveer 30% van de groothandelsprijs van 'fossiele elektriciteit'. In 2015 lag de bieding nog rond de 5 €ct/kWh⁹. Voor de productie van waterstof is verder de prijs van de elektrolyse-installatie van belang.

6 *In Japan zijn inmiddels ruim 300.000 'Ene-farm' brandstofcellen in woningen geïnstalleerd, die aardgas in waterstof omzetten, waaruit met de brandstofcel elektriciteit en warmte wordt geproduceerd. De kostprijs is gezakt tot onder de \$ 10.000. De ambitie ligt op 5,3 miljoen systemen in 2025. <http://www.pace-energy.eu/japan-a-success-story-in-deploying-fuel-cell-micro-cogeneration/>*

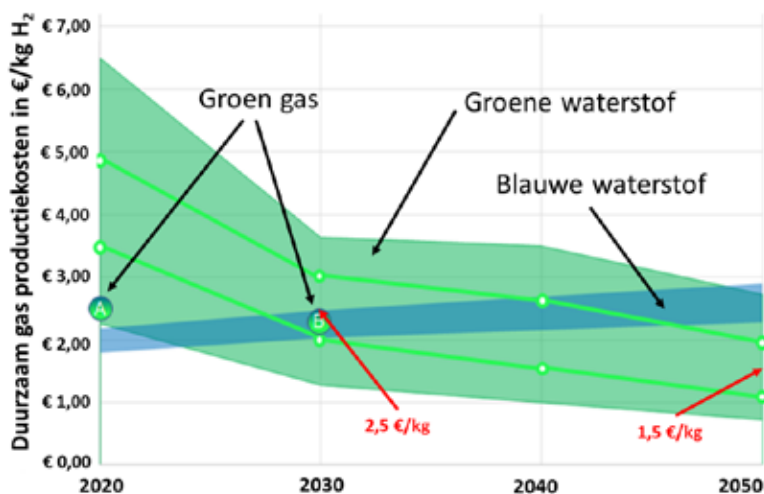
7 *Bij 5000 vollasturen, een elektrolyserendement van 80% op bovenwaarde en een vraag van 1200 m³ aardgas per woning.*

8 *<https://www.pv-magazine.com/2020/07/27/worlds-lowest-bid-of-0-0135-kwh-wins-in-abu-dhabis-2-gw-solar-tender/>*

9 *Mohammed bin Rashid Al Maktoum Solar Park – phase 2. <https://www.wattisduurzaam.nl/5969/energie-opwekken/zonne-energie/zonnestroom-mexico-duikt-4-dollarcent-per-kilowattuur/>*

Bloomberg New Energy Finance wijst erop dat waar in het Westen de systeem-prijzen nog rond de 1.000 €/kW liggen, in China al systemen gebouwd worden voor 200 €/kW [8], ondermeer door lagere arbeidskosten – de constructie vraagt nog veel handwerk – en door een betere benutting van de productiecapaciteit. Bij geautomatiseerde massaproductie voor een grote afzetmarkt moet dit ook in het Westen als een haalbaar prijsniveau worden gezien, met de huidige stand van de techniek. Verdere prijsdaling volgt de technologische ontwikkeling.

In Figuur 4 toont de bandbreedte van prijzen die in de literatuur gevonden worden voor de productieprijs van groene waterstof¹⁰. De spreiding heeft bijvoorbeeld te maken met de beschouwde productiecapaciteit van kW tot GW-schaal, aangenomen elektriciteitsprijzen voor verschillende productielocaties en de prijsontwikkeling van de elektrolyzers. De doorgetrokken groene lijnen geven de gemiddelde waarden van de hoge en lage voorspellingen. 1 Euro per kg waterstof komt overeen met 0,25 €/m³ aardgas – de prijs die in de Klimaat- en Energieverkenning 2019 [9] aangehouden wordt als de verwachte prijs in 2030. De analyse van Bloomberg NEF leidt tot de laagste prijs in de grafiek (0,7 €/kg in 2050)¹¹.



Figuur 4. Vergelijking van de verwachte productieprijs van groene waterstof uit literatuurgegevens met een prognose voor blauwe waterstof en groengas in 2020 en 2030 [6]. 1 €/kg correspondeert met 0,25 €/m³ aardgas.

Waterstofproductie in zon- en windrijke gebieden wordt relevant, gegeven de potentiële bijdrage van waterstof aan de nationale energievraag. In de kabinetsvisie over waterstof uit 2020 wordt erop gewezen dat bronnen een inzet van 30-50% noemen [10]. Ook in de Europese context worden nu plannen ontwikkeld voor een pan-Europese waterstofinfrastructuur, met pijpleidingen en waterstofopslag in zoutkoepels, waarbij als eerste streefwaarde voor het productievolume 2*40 GW wordt genoemd. 40 GW in Noord-Afrika en 40 GW in Europa en de Oekraïne. De transportkosten per pijpleiding tussen Noord-Afrika en Noordwest-Europa worden geraamd op 0,2 €/kg [11]. Dit kan er dus op wijzen dat de prijs van waterstof gaat tenderen naar de aardgasprijs.

¹⁰ Samengesteld door Richard van As-Jacobsson (HWW Advisory) en Tom Odijk
¹¹ Bij een aangenomen groene elektriciteitsprijs van 1,3 €/ct/kWh en elektrolyserkosten van ca. 70 €/kW in 2050.

In de figuur zijn ook indicaties voor de productieprijs van groen gas¹² en blauwe waterstof opgenomen. Blauwe waterstof ontstaat wanneer bij de waterstofproductie uit aardgas (vrijwel alle waterstof wordt momenteel nog op deze manier geproduceerd) CO₂ wordt afgevangen en ondergronds wordt opgeslagen. Tot 90% afvang is mogelijk [12]. Het H-Vision en Porthos project bereiden deze optie voor met respectievelijk aandacht voor de afvang van CO₂ in de industrie in het Rotterdamse havengebied en het transport en de ondergrondse opslag daarvan. De stijgende tendens van de prijs van blauwe waterstof heeft met aannames omtrent de aardgasprijs te maken.

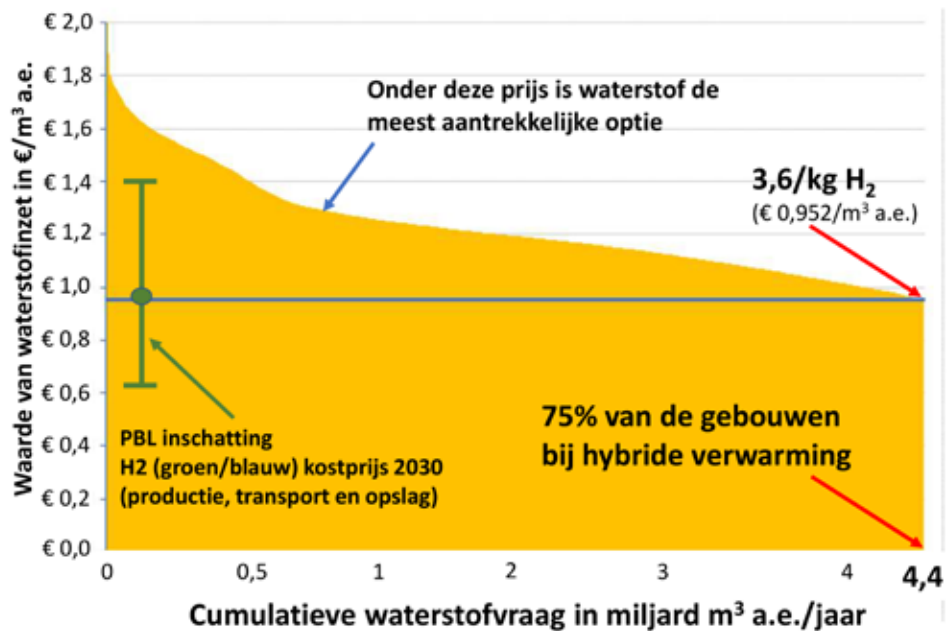
We zien in figuur 4 dat in 2030 de productieprijs van blauwe waterstof en groen gas vermoedelijk dicht bij elkaar liggen, binnen de bandbreedte voor de groene waterstofprijs. Op de langere termijn biedt groene waterstof het beste kostenperspectief. De prijsontwikkeling van groen gas is nog slecht te voorzien met de opkomende nieuwe technieken, en de marktwaarde van de koolstof.

In de genoemde studies van CE Delft en van Stedin en andere netbeheerders, werd gekeken naar de inzet van duurzaam gas. Het PBL heeft eind 2020 de 'Startanalyse aardgasvrij buurten' gepubliceerd om de gemeentes te ondersteunen bij het ontwikkelen van de transitievisies warmte [13], waarin ook expliciet naar waterstofverwarming wordt gekeken. Daarvoor is met het Vesta-MAIS model voor alle Nederlandse buurten doorgerekend bij welke prijs waterstof de meest aantrekkelijke optie is, rekening houdend met de integrale ketenkosten van de alternatieven [14]. Door de warmtevraag van de 'waterstofbuurten' te sommeren, kan dan de totale hoeveelheid waterstof berekend worden die op dat prijsniveau in principe is af te zetten (figuur 5). Langs de horizontale as is de waterstofvraag uitgedrukt in miljarden m³ aardgasequivalenten per jaar. Langs de verticale as staat de waterstofprijs waarbij die vraag ontstaat in Euro's per m³ aardgasequivalenten (0,25 €/m³ = 1 €/kg H₂). Links in de figuur gaat het typisch om oude buurten waar de installatie van warmtepompen tot kostbare gebouwaanpassingen zou leiden en waar bovendien geen warmtenet aangelegd kan worden of waar dat te duur is (bijvoorbeeld door te weinig aansluitingen). Waterstof mag dan een hoge prijs hebben. Rechts in de figuur komen de buurten erbij waar de alternatieve opties financieel aantrekkelijker worden. Voor een waterstofprijs van 3,6 €/kg zou in totaal 4,4 miljard m³ waterstof per jaar afgezet kunnen worden. Als we ervan uitgaan dat het hoofdzakelijk om hybride systemen zal gaan, is met 4,4 miljard m³/jaar ongeveer 75% van de woningequivalenten in Nederland te bedienen¹³.

Een prijs van 3,6 €/kg is naar verwachting niet onredelijk in 2030, gegeven de prijsprognose voor dat jaar van het PBL voor blauwe en groene waterstof (geproduceerd op de Noordzee), waarbij men ook rekening houdt met waterstoftransport- en opslagkosten [15].

12 *In de SDE++ regeling wordt gerekend met productiekosten voor grootschalige vergisting van 0,064 €/kWh en voor vergassing van 0,1 €/kWh. Omgerekend naar waterstof is dit respectievelijk 2,1 en 3,3 €/kg [18].*

13 *De Nederlandse gebouwen (11,3 miljoen woningequivalenten) zouden volgens het lopende beleid in 2030 333 PJ aan warmtevraag moeten hebben, na isolatiemaatregelen. Wij blijven aan de voorzichtige kant en rekenen met 370 PJ, equivalent met 11,7 miljard m³ aardgasequivalenten. Bij hybride verwarming is ongeveer de helft van de verwarmingsvraag een vraag naar waterstof. $0,75 \cdot 11,7 / 2 = 4,4$ miljard m³ aardgasequivalenten.*



Figuur 5. Waterstofprijsprognoze in 2030 en kritische waterstofprijs voor gebouwaansluiting, beide volgens het PBL.

De drie genoemde studies komen dus tot de vergelijkbare conclusie dat duurzaam gas/waterstof de meest aantrekkelijke optie voor het grootste deel van de gebouwen in Nederland is, als er uiteraard voldoende van beschikbaar komt.

Een toekomstperspectief (2030-2050)

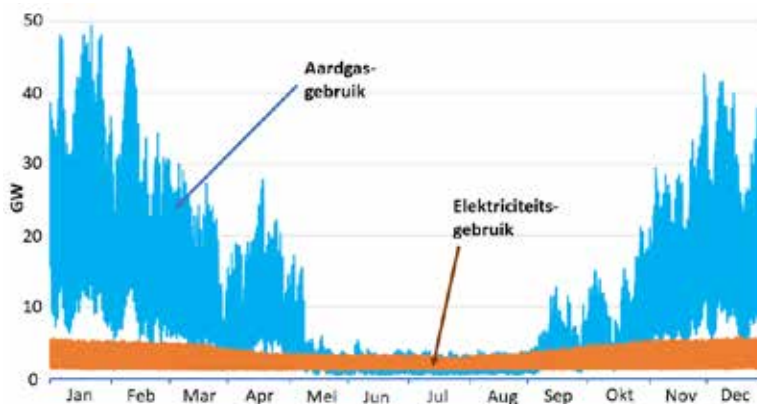
Er zijn goede argumenten om waterstof als een serieus alternatief te zien voor gebouwverwarming. Als we dat beeld omarmen, dan ontstaat er een interessant perspectief voor de langere termijn.

- Het aanbod van waterstof als duurzaam gas aan gebouwen maakt de keuze voor de kosteneffectieve hybride verwarmingssystemen uit het klimaatakkoord logischer. Zeker als deze uitgevoerd kunnen worden met 'waterstof-ready' CV-ketels, is de omschakeling naar een volledig CO₂-vrije verwarming eenvoudig, en vermindert dat de druk om ook bij de installaties van hybride systemen al vast 'spijtvrije isolatiemaatregelen' toe te passen, die nodig zijn voor volledig elektrische verwarming met een warmtepomp. Dit vertaalt zich dus in lagere transitiekosten.
- De omschakeling naar een duurzaam gas verschuift een veelheid aan inspanningen op decentraal niveau naar een centrale aanpak, die bovendien aansluit bij inspanningen die nodig zijn voor het integrale energiesysteem – grootschalige energieopslag [16] en het voorzien in een energie- en grondstoffenvraag die uitstijgt boven duurzame elektriciteitsvoorziening, vanuit het totaal der sectoren. Na 2030 moeten nog ruim 400.000 gebouwequivalenten per jaar worden aangepakt (zo'n 1600 per werkdag), en bij eenvoudige aanpassingen achter de voordeur wordt dat beter behapbaar qua inzet van de bouw-/installatiesector.

- Een focus op waterstof, die in onbeperkte hoeveelheden in de internationale context produceerbaar is, haalt de druk op biomassa/groen gas weg. Zeker met moderne vergassingstechnieken kan biomassa ook gebruik worden voor waterstoffoevering, maar de rationele inzet moet vooral recht doen aan maatschappelijke behoeftes voorbij de energielevering alleen, als een koolstof-behoefte uit de industrie en de glastuinbouwsector.
- Wat we bovenstaand nog niet uitgebreider hebben geadresseerd is de inzet van brandstofcellen in gebouwen, maar ook hier ligt een belangrijk perspectief. Brandstofcellen die aangeboden waterstof omzetten naar warmte en elektriciteit, maar die ook in een moderne variant het omgekeerde kunnen doen – zelf opgewekte elektriciteit (met zonnepanelen) omzetten in warmte (voor tapwater in de zomer) en waterstof – die via het gasnetwerk kan worden afgevoerd en centraal kan worden opgeslagen. Veel zonnepanelen in de steden zullen in belangrijke mate bepalend worden voor de capaciteit van elektriciteitsnetwerken. Bij een blauwe hemel moet er in de zomer een grote elektriciteitspiek worden afgevoerd. Als die elektriciteit lokaal naar waterstof wordt omgezet, kan dat via de goedkope gasnetwerken. Omgekeerd kan in de winter gekozen worden tussen het gebruik van waterstof en van elektriciteit (bij hybride systemen) om pieken in de elektriciteitsvraag voor verwarming op te vangen, wat de flexibiliteit vergroot in de afname van elektriciteit, die niet meer op afroep geproduceerd kan worden met windmolens en zonnepanelen. Ook krijg je op het nationale niveau zo omzettingcapaciteit van waterstof naar elektriciteit voor de momenten van een elektriciteitstekort, wat de elektriciteitssector investeringen bespaart en de gebouweigenaar extra inkomsten kan geven. Lopende ontwikkelingen in de automobielsector voor de massaproductie van brandstofcellen gaan bijdragen aan een lage kostprijs voor stationaire toepassingen.

Naar 500.000 woningen op waterstof in 2030






Vanuit dit perspectief achten we het raadzaam dat in aanvulling op de benoemde maatregelen in het klimaatakkoord, ook een doelstelling voor de inzet van waterstof voor de gebouwde omgeving in 2030 wordt geformuleerd en nagestreefd. Voor de haalbaarheid daarvan is een belangrijk ingrediënt dat de Gasunie heeft aangekondigd om een 'waterstofbackbone' te ontwikkelen, die de grote industriegebieden in Nederland met elkaar en met waterstofaanvoer en opslaglocaties verbindt.



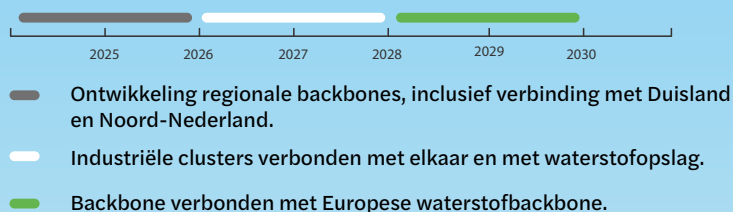
Figuur 7. Het dagelijkse gas- en elektriciteitsgebruik van Nederlandse huishoudens door het jaar. Bron: Kellner, 2018 [15]

Waterstofbackbone Gasunie

Gasunie werkt aan een duurzame energievoorziening voor Nederland en Europa met minder CO₂-uitstoot. Om de uitdagingen uit het Klimaatakkoord te realiseren is duurzame waterstof als energiedrager en grondstof onmisbaar. Voor veilig en betrouwbaar transport en opslag van deze CO₂-vrije moleculen wordt een waterstofbackbone gerealiseerd. Deze backbone brengt vraag en aanbod bij elkaar en bestaat grotendeels uit bestaande leidingen.

-  Gasunie waterstofbackbone verbindt regionale backbones met elkaar, het buitenland en waterstofopslag.
-  Grootschalig hergebruik bestaande infrastructuur (85%) maakt waterstoftransport betaalbaar, goed inpasbaar en snel beschikbaar.
-  Koppeling met waterstofopslag vangt fluctuaties op in vraag, industrie en aanbod duurzame energie.
-  Grootschalige capaciteit maakt verduurzamingsindustrie mogelijk: 10 GW capaciteit maakt ± 10 Mton CO₂-reductie mogelijk (70% van 2030-doelstelling industrie).
-  Landelijke dekking in 2030 met 1400 km leiding (dit is gelijk aan de afstand van Groningen naar bijvoorbeeld Marseille).

Fasering



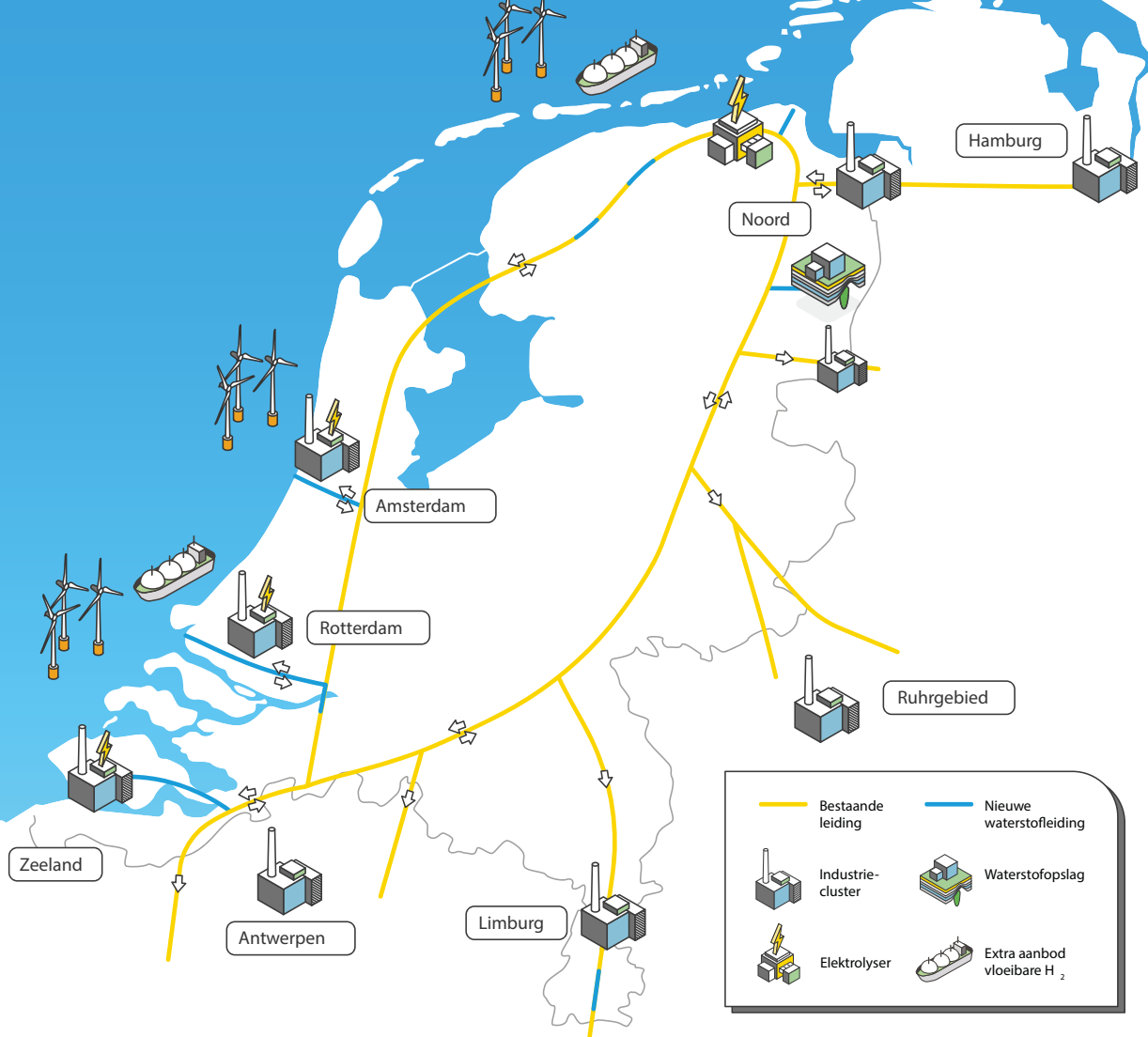
Hiervoor worden bestaande, redundante aardgastransportleidingen omgezet, enkele nieuwe tracés aangelegd, en worden compressorstations aangepast (figuur 6). Na de aanvankelijk indicatie dat de transportleidingen in 2030 operationeel moeten zijn, wordt nu als oplevermoment 2026 aangehouden¹⁴. De capaciteit van de leiding gaat 10-15 GW bedragen. Als we de nieuwe, extra vraag van de industrie zoals benoemd in het klimaatakkoord (+50-153 PJ/jaar) hiervan aftrekken¹⁵, vraagt dit bij continue afname maximaal 5 GW aan leidingcapaciteit.

In figuur 7 zien we dat de maximale gasafzet in de piekmaanden voor de 7,7 miljoen Nederlandse woningen 50 GW aan aardgas bedroeg in 2018. Zonder besparingsmaatregelen of energiezuiniger apparatuur als hybride systemen, zou een overblijvende leidingcapaciteit van 5-10 GW voldoende waterstof kunnen bieden voor de piekvraag van 750.000 tot 1,5 miljoen woningen bij gebruik van waterstof CV-ketels, en het dubbele aantal (1,5-3 miljoen) bij hybride verwarmingssystemen.

Als we aan het klimaatakkoord een ambitie toevoegen om 500.000 woningen te voorzien van waterstof in 2030, in buurten nabij de Gasunie backbone,

¹⁴ René Schutte, programmamanager waterstof van de Gasunie, persoonlijke communicatie, 5-3-2020.

¹⁵ Ervan uitgaande dat de nu bestaande vraag lokaal blijvend wordt afgedekt



Gasunie, september 2020

Figuur 6. Gasunie-ambitie voor de aanleg van de 10-15 GW industriële waterstof-backbone met veel bestaande gastransportleidingen. Verwachte oplevering: 2026.

zou dat dus ruim binnen de bandbreedte van de leidingcapaciteit vallen. Bij invulling met groene waterstof, vraagt dat ongeveer 1 GW aan extra windenergiecapaciteit op de Noordzee met bijbehorend elektrolyservermogen, maar invulling met blauwe waterstof is voorlopig nog een alternatief.

Van de demonstratieprojecten die momenteel onder andere in Hoogeveen en Stad aan 't Haringvliet worden opgezet om eerste woonkernen te verwarmen met waterstof mag verwacht worden dat voor 2025 de resultaten opgeleverd zijn in termen van: bewonersacceptatie, een betere onderbouwing van de kosteneffectiviteit, eisen die gesteld moeten worden aan wet-, regelgeving en normering, de rollen van partijen als de netbeheerders, enzovoort. In de tweede helft van de jaren twintig kan bij voldoende resultaat dan gewerkt worden aan de ombouw van eerste wijken in Nederland. De bijbehorende CO₂-emissiereductie is ongeveer 1 Mton per jaar, wat dus een relevante risicospreiding geeft voor het realiseren van de doelstelling van 3,4 Mton/jaar.

Referenties

- [1] K. Schoots, M. Hekkenberg en P. Hamming, „Nationale energieverkenning 2017,” ECN, PBL, CBS, RVO, 2018.
- [2] „Klimaatakkoord,” Den Haag, 2019.
- [3] M. Hekkenberg, R. Koelemeijer, G. J. van den Born, C. Brink, H. Hilbers, N. Hoogervorst, P. Koutstaal, J. Ros, J. Notenboom, H. Vrijburg, J. van Dam, B. Daniëls, G. Geilenkirchen, A. van Hinsberg en M. van Hout, „Effecten ontwerp klimaatakkoord,” PBL, 2019.
- [4] R. Segers, R. Van den Oever, R. Niessink en M. Menkveld, „Warmtemonitor 2017,” CBS, ECN, TNO, 2019.
- [5] N. Naber, B. Schepers, M. Schuurbijs en F. Rooijers, „Een klimaatneutrale warmtevoorziening voor de gebouwde omgeving – update 2016,” CE Delft, 2016.
- [6] C. Leguit, K. Kruit en F. Rooijers, „Contouren en instrumenten voor een Routekaart Groengas 2020- 2050,” CE Delft, 2018.
- [7] H. Warmenhoven en P. Van Soest, „Green Liaisons - Hernieuwbare moleculen naast duurzame gassen,” De Gemeeynt, 2018.
- [8] „Hydrogen: the economics of production from renewables,” Bloomberg NEF, 2019.
- [9] K. Schoots en P. Hammingh, „Klimaat- en energieverkenning 2019,” PBL, 2019.
- [10] E. Wiebes, „Kabinetsvisie Waterstof,” Ministerie van Economische Zaken, 2020.
- [11] A. van Wijk en F. Wouters, „Hydrogen. The Bridge between Africa and Europe,” in Shaping an inclusive energy transition, Springer, 2020, p. 31.
- [12] S. Hers, T. Scholten, R. v. d. Veen, S. v. d. Water en C. Leguijt, „Waterstofroutes Nederland. Blauw, groen en import.,” CE Delft, Nuon, Gasunie, 2018.
- [13] M. Weeda en R. Niessink, „Waterstof als optie voor een klimaatneutrale warmtevoorziening in de bestaande bouw,” TNO, 2020.
- [14] N. Hoogervorst, M. Menkveld en C. Tigchelaar, „Achtergronddocument effecten ontwerp klimaatakkoord: gebouwde omgeving,” PBL, 2019.
- [15] M. Kellner, „De snelste route naar aardgasvrije wijken,” Smart Energy NL, 2018.