

Factsheet: Waterstof in de agrarische sector

Janet Nienhuis; Windunie

Wat is waterstof?

Waterstof, H₂, is het meest voorkomende element op aarde en onder normale omstandigheden een gas. Waterstof is, net als benzine en aardgas, een brandstof en kan voor langere tijd worden opgeslagen. Waterstof heeft qua massa een drie keer hogere energiedichtheid dan aardgas, maar qua volume drie keer lager. De waterstof dient daarom sterk gecompriëerd te worden, wat energie kost.

Hoe maak je waterstof?

Waterstof komt niet vrij voor in de natuur en moet dus geproduceerd worden. Er zijn tientallen manieren om waterstof te maken; een van de meest gebruikte duurzame manieren is via water-elektrolyse. De waterstof wordt geproduceerd door water te splitsen in waterstof en zuurstof via een elektrische stroom in een elektrolyser. Tijdens de elektrolyse komt warmte vrij die voor andere doeleinden gebruikt kan worden.

Zijn er gevaren?

Waterstof is een licht, snel ontvlambaar gas en wordt onder hoge druk (>350 bar) toegepast en getransporteerd. Deze hoge druk maakt dat de waterstof goed moet zijn afgesloten. De hoge vluchtigheid van waterstof heeft als voordeel dat het gas zich niet snel ophoopt.

Waarom waterstof?

Ons energiesysteem is aan het veranderen en het elektriciteitsnet kan beperkt toename van (duurzame) elektriciteitsproductie aan. De conversie van elektriciteit uit zon en/of wind naar waterstof biedt een oplossing als energieopslagmedium. Waterstof kan met minimale verliezen voor een veel langere periode worden opgeslagen vergeleken met de opslag van elektriciteit in een accu.

Wat kun je met waterstof?

Er zijn vele afnamemogelijkheden van waterstof in de agrarische sector. Waterstof kan worden gebruikt als brandstof voor mobiliteit, warmtevoorziening en elektriciteitsproductie. Laatstgenoemde kan worden gebruikt voor langdurige opslag van elektriciteit en wordt hier verder buiten beschouwing gelaten. Het diesel/benzine- en aardgasverbruik kan worden vervangen door waterstof.

Welke aanpassingen zijn er nodig?

Om waterstof als brandstof voor mobiliteit te gebruiken dient de verbrandingsmotor vervangen te worden door een elektromotor in combinatie met een brandstofcel. Om waterstof als brandstof voor warmtevoorziening te gebruiken dient de HR-ketel vervangen/aangepast te worden naar een waterstof-ketel.

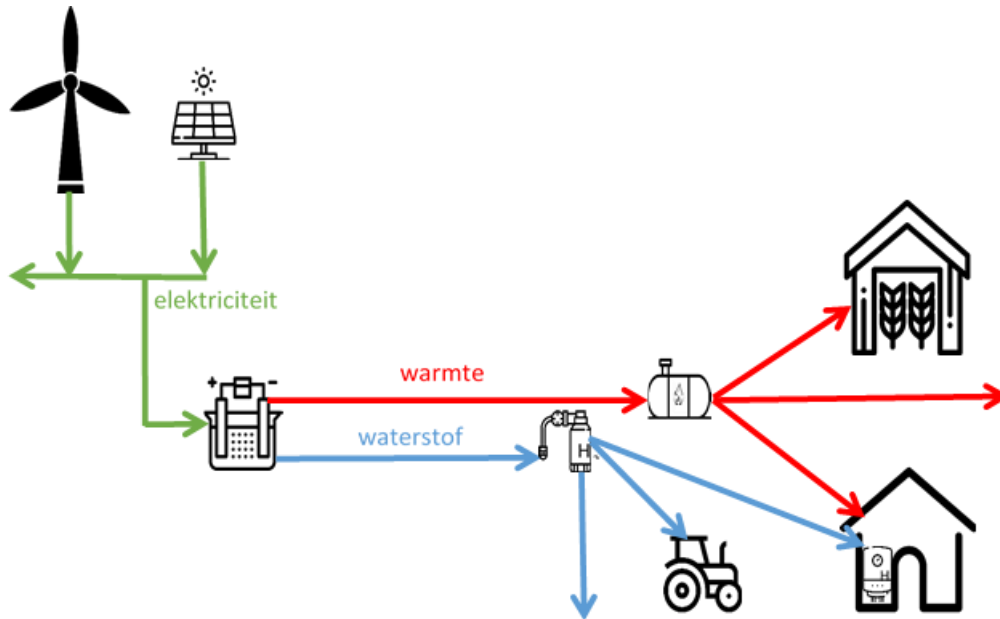
Welke investeringen zijn er nodig?

Mobiliteit. Er zijn waterstof personenauto's, bussen, vuilniswagens en heftrucks op de markt (*Tabel 3*). Momenteel liggen de kosten hoger dan hun fossiele-variant, maar kunnen met fiscale middelen worden teruggebracht. Daarnaast zijn er gespecialiseerde bedrijven, in samenwerking met de grotere fabrikanten, bezig met de ombouw van elektrische bestelbussen en tractoren naar waterstof-aangedreven voertuigen. Deze partijen zien kansen in samenwerking met agrariërs voor afname van de omgebouwde waterstof-voertuigen. **Warmtevoorziening.** Er zijn waterstof-ketels op de markt. Momenteel liggen de kosten hoger dan de HR-ketel variant, maar kosten dalen. Er werken ook partijen aan het ombouwen van HR-ketels naar waterstof-aangedreven ketels.

Welke financiële regelingen zijn er?

Er wordt veel gedocumenteerd over de waterstofeconomie en plannen worden steeds concreter. Er is echter ook nog onzekerheid, in wet- en regelgeving en verloop van kostenreductie. Er zijn subsidieregelingen voor de productie, distributie en afname van waterstof opgenomen in de DEI+, SDE++ en via de Topsector Energie. Verder kan er met fiscale regelingen worden bespaard via de Energie-investeringsaftrek (EIA), de milieu investeringsaftrek (MIA) en Vamil. Daarnaast zijn er ook waarde-toevoegingen mogelijk via het verkleinen van

de netaansluiting, verminderen aardgaskosten/dieselprijzen en de verkoop van restwarmte en evt. waterstof en zuurstof.



Figuur 1: Systeemkoppeling duurzame opwek met afname via elektrolyser.

Investeringsberekening waterstof voor mobiliteit in melkveebedrijf/akkerbouwbedrijf

In *Figuur 1* is een waterstof systeem schematisch weergegeven. Duurzame opwek, door wind en zon, is via een elektrolyser gekoppeld aan twee afnamemogelijkheden: warmte en mobiliteit. De warmte en waterstof kan tijdelijk worden opgeslagen in een warmwatertank en waterstoftank, respectievelijk. Vanuit daar kan de warmte en waterstof worden gebruikt voor het verwarmen van een stal en/of woning en voor mobiliteit in een wagenpark.

Het werkelijke verdienmodel verschilt sterk per specifieke casus. Op basis van de aannames genoteerd in *Tabel 1* is de volgende voorbeeldberekening gebaseerd (vd Voort en Timmerman (2019)). Het seizoensgebonden dieselverbruik verschilt tussen een melkveebedrijf en akkerbouwbedrijf, maar heeft een nagenoeg gelijk jaarlijks gemiddelde. Deze voorbeeldberekening maakt derhalve geen onderscheid tussen het type landbouwbedrijf.

Tabel 1: Aannames investeringen voorbeeldberekening.

Dieselverbruik	211	l/ha/jr
Oppervlakte	60	ha
CAPEX		
Elektrolyser	2	k€/kW _{el}
Waterstof-opslagtank	0,6	k€/kg H ₂
Waterstof-tractor	100	k€
OPEX		
Elektriciteitsprijs	0,04	€/kWh
Dieselprijs	1,30	€/l

Een door diesel aangedreven wagenpark wordt vergeleken met een door waterstof aangedreven wagenpark, in de vorm van een waterstoftractor. Ervan uitgaande dat de dieseltractor is afgeschreven, zijn er sec diesel OPEX kosten in het Business as Usual (BaU) scenario. De kosten voor de elektrolyser, waterstofopslagtank, waterstoftractor en elektriciteit (OPEX) in het waterstofscenario worden vergeleken met het BaU scenario. De verwachting van de investeringskosten van de waterstoftractor variëren van 100 tot 300 k€. Een levensduur van 20 jaar betekent twee maal investeringskosten van de elektrolyser met een levensduur van 10 jaar.

Tabel 2: Gevoeligheidsanalyse verdienmodel.

	1/2 * e-prijs	e-prijs	2 * e-prijs	
Capaciteit elektrolyser	15,8	15,8	15,8	kW _{el}
Waterstofprijs	1,8	2,8	4,8	€/kg
Terugverdientijd	<u>9,7</u>	<u>11,9</u>	<u>21,4</u>	jr
	1/2 * oppervlakte	oppervlakte	2 * oppervlakte	
Capaciteit elektrolyser	7,9	15,8	31,6	kW _{el}
Waterstofprijs	2,8	2,8	2,8	€/kg
Terugverdientijd	<u>20,7</u>	<u>11,9</u>	<u>7,5</u>	jr

Naast de CAPEX kosten hebben de elektriciteitsprijs en oppervlakte van het landbouwbedrijf een grote invloed op de terugverdientijd van het waterstofscenario (Tabel 2). Een verdubbeling van de elektriciteitsprijs verdubbelt de terugverdientijd ook bijna. Hetzelfde geldt voor een halvering van het landoppervlakte.

Aandachtspunten

Het gebruik van de restwarmte en zuurstof is niet meegenomen in deze berekening, maar kan de jaarlijkse opbrengsten verhogen en bijdragen aan het totale verdienmodel. In de toekomst zal de uitstoot van CO₂ zwaarder worden belast, en omdat dieselgebruik gepaard gaat met een CO₂-uitstoot van 2,58 kg/L diesel, zullen de kosten voor diesilverbruik in de toekomst stijgen.

De seizoenfluctuaties in brandstofverbruik op een akkerbouw- en melkveebedrijf zijn niet meegenomen, maar beïnvloeden wel de grootte van de waterstof opslagtank. De hoogte van de investeringen is bepaald op basis van huidige inzichten en omdat waterstof een nieuw systeem in de landbouw betreft, kunnen deze sterk variëren. De investeringen in een evt. waterstoftankstation zijn niet meegenomen, omdat in deze berekening op schaal van een landbouwbedrijf gekeken is en de investeringen in een tankstation richting de 1 miljoen euro gaan en toepasbaar zijn op grotere waterstofmarkt.

Tabel 3: Afnamemogelijkheden waterstof mobiliteit.

Type	Merk	Status
Heftruck	Toyota	In ontwikkeling
	Hyster	In gebruik
	Still	Pilot in gebruik
	Linde	Pilot in gebruik
Auto	Hyundai	In gebruik
	Toyota	In gebruik
	Honda	In gebruik
	Mercedes-Benz	In gebruik
	Tesla	Pilot ombouw in ontwikkeling
Bestelwagen	Volkswagen	Pilot ombouw in ontwikkeling
Tractor	New Holland	Pilot ombouw in ontwikkeling
	Farmertronics	Prototype in ontwikkeling
Bus	DAF	Pilot ombouw in ontwikkeling
	Mercedes	Pilot ombouw in ontwikkeling
	van Hool	In gebruik
	VDL	In gebruik
	e-Truck	In gebruik
	Toyota	Pilot in gebruik
	Nikola Motor	In ontwikkeling
	Ginaf	In gebruik