

Opzet van een waterstofhub in de Noordoostpolder



Versie	0.4
Datum	25 januari 2019
Opdrachtgever	Gemeente Noordoostpolder
Projectleider	Hans Rienks
Auteur(s)	Michiel Geurds
Verspreidingslijst	Rocco van de Kar (NOP), Ruud Mooij (Liandon)

Versielog	Versielog	Datum	Auteur	Opmerking
	0.1	16 januari 2019	Michiel Geurds	Eerste versie
	0.2	22 januari 2019	Michiel Geurds	Commentaar verwerkt
	0.3	23 januari 2019	Hans Rienks	Redactie verhaallijn
	0.4	25 januari 2019	Michiel/Hans	Verwerking kwaliteitscontrole

Inhoud

1	Waterstofhub in de Noordoostpolder (NOP).....	2
2	Analyse van waterstofproductie en -toepassingen	2
3	Aanpak en routekaart.....	4
	Bijlage 1: Waterstofproductie, nu en in de toekomst.....	5
	Bijlage 2: Waterstof voor transport en mobiliteit	6
	Bijlage 3: Waterstof voor warmte en elektriciteit	9

1 Waterstofhub in de Noordoostpolder (NOP)

De Noordoostpolder heeft de ambitie om in 2030 energieneutraal te zijn en zet daarbij sterk in op energiebesparing en duurzame energie. De Noordoostpolder heeft daarbij sterke troefkaarten met het grootste windpark van Nederland en veel zonnepanelen. Lokale partijen in de Noordoostpolder verenigd in het Manifest Noordoostpolder, zien goede kansen in de toepassing van duurzaam opgewekte groene waterstof. Zo kan met waterstof duurzame energie uit zon- en windparken opgeslagen worden en lokaal worden ingezet ter verduurzaming van o.a. mobiliteit, logistieke dienstverlening, warmtevoorziening enzovoorts.

Om deze toepassingen van waterstof in 2030 mogelijk te maken, dient er nu een begin te worden gemaakt. Het is echter nog niet duidelijk wanneer en waar waterstof interessant wordt. De vraag is daarom met welke toepassing partijen in de NOP nu kunnen starten en welke kosten (in de vorm van een onrendabele top) dit met zich mee brengt.

In dit document is de productie en het gebruik van waterstof in de NOP verkend en zijn aanbevelingen geformuleerd voor de verdere aanpak en het opstellen van een routekaart.

2 Analyse van waterstofproductie en -toepassingen

Achtergrond

Waterstof gaat in het duurzame energiesysteem een belangrijke rol spelen door lokaal duurzame energie op te slaan en het daar in te zetten waar het nodig is. Bewoners, bedrijven, maatschappelijke groeperingen en de gemeente willen voorop (blijven) lopen in de energietransitie. Groene energie is inmiddels een exportproduct van de NOP. Met het grote aanbod van zon- en windenergie biedt de NOP een uitstekende uitgangspositie voor de ontwikkeling van een duurzame waterstofhub.

In een gesprek in december 2018 met de gemeente, één van de eigenaren van een windmolenpark en één van de eigenaren van een koelhuis is als gezamenlijke visie uitgesproken dat een waterstofhub een zichtbare productielocatie van duurzaam waterstof moet worden bij het windmolenpark. Deze groene waterstof dient daarbij idealiter lokaal en in de regio afgezet te worden ter versterking en verduurzaming van de bedrijvigheid in de NOP.

Om richting te geven is eigen duurzame waterstofproductie verkend en zijn verschillende toepassingen van waterstof bekeken. Zo zijn naast mobiliteit en de inzet van waterstof ter vervanging van aardgas en elektriciteit ook specifiek de toepassing van waterstof voor heftruks bij GroenVries en de toepassing van waterstof voor de energievoorziening van het Bosbad verkend.

Waterstof productie

De door de Topsector Energie opgestelde routekaart waterstof geeft inzicht in de verwachte productiekosten voor groene waterstof op basis van elektrolyse (bijlage 1). Bij het huidige prijspeil van de installatie en energie kan dit vanaf 4,5 euro/kg waterstof. In de toekomst bedraagt dit nog maar 2,5 euro/kg door daling van de installatiekosten en de energieprijzen. Waterstof heeft daarmee de potentie om een duurzame energiedrager te worden die fossiele brandstoffen kan vervangen. Kleinschalige productie zou kunnen aanvangen bij een windmolenpark dat niet vastzit aan meerjarige leververplichtingen omdat openbreken van een bestaand contract minder aantrekkelijk is.

Waterstof voor transport en mobiliteit

De huidige grijze waterstofprijs (€4/kg) en de toekomstige groene waterstofprijs concurreren met de huidige brandstofprijzen voor diesel en benzine, zie bijlage 2. De investeringen in de tank- en opslagfaciliteiten alsook de ombouw of aanschaf van voertuigen vormen hierin nog een belemmering. Deze zijn te beschouwen als onrendabele top. Een waterstoftankstation kost indicatief €1,5 miljoen euro, er is momenteel beweging in de markt zichtbaar waarbij marktpartijen gaan investeren in dergelijke stations. De meerprijs voor de ombouw of aanschaf van voertuigen is afhankelijk van de toepassing. Zo is de meerprijs voor een personenauto op waterstof indicatief €30.000,-. De ombouw van een trekker kost indicatief €300.000,-. De voertuigen zijn al leverbaar.

HVC heeft desgevraagd aangegeven waterstof als potentieel alternatief om in de toekomst ons (inzamel)wagenpark te verduurzamen: (citaat) *“De markt is echter nog volop in ontwikkeling. Knelpunt is voornamelijk de beschikbaarheid van (betaalbare) voertuigen die op waterstof rijden, en de beschikbaarheid van (groene) waterstoftankstations. Daarom rijden we voornamelijk met diesel of LNG-wagens.*

We doen wel aan een aantal pilots mee om ervaring op te doen, om de vraag naar wagens te stimuleren en om lokaal het kip-ei-probleem tussen beschikbare tankstations en afnemers van waterstof te doorbreken. We kunnen ons dus nog niet committeren aan grootschalige overstap op waterstof als brandstof. We blijven wel graag op de hoogte van het project in Noordoostpolder”.

Waterstof voor verwarming en elektriciteit

De huidige grijze en groene waterstofprijzen zijn een factor 3 tot 9 keer hoger dan de huidige aardgasprijs. De toepassing van waterstof voor warmte-toepassingen is daarmee op dit moment nog niet haalbaar. Ook de omzetting van waterstof naar elektriciteit is nog 2 keer duurder ten opzichte van de huidige elektriciteitsprijs (zie bijlage 3).

Waterstof voor heftrucks

Toepassing van waterstof voor heftrucks is op basis van de energiekosten nog niet haalbaar. De stroomkosten bedragen nu €7-8,- per heftruck per dag. Met een waterstofprijs van €4-10 /kg en een typisch verbruik van 3 kg/dag resulteert dit in €12-30 per dag per heftruck. Daarbij ligt de aanschafprijs van heftrucks op waterstof €10 - €20.000,- hoger in vergelijking tot elektrische heftrucks met een accupakket (Bron GroenVries). Ook is er een tankfaciliteit nodig met prijzen vanaf €150.000,- excl. opslag. Deze toepassing kan interessant worden als er subsidie beschikbaar komt voor de benodigde investering. Wij bevelen aan dit onder de aandacht te brengen bij provincie en Rijk.

Waterstof voor het Bosbad

Het Bosbad is een mooie toepassing met een hoge publiciteitswaarde, omdat daar veel bezoekers komen en zowel warmte als elektriciteit wordt gebruikt. De huidige apparatuur zou aangepast kunnen worden om op een mengsel van waterstof en aardgas te kunnen werken. Volledige vervanging van de apparatuur voor het draaien op waterstof (waterstofketel i.p.v. een combiketel op gas en een brandstofcel i.p.v. een gasgestookte wkk) vraagt een hogere investering dan aardgasgestookte ketels en WKK's (bijlage 3). Behalve de hogere investering in apparatuur, is het transport en opslag van waterstof een complicatie. Op basis van vervoer per as zijn er bijna 300 vrachtwagenritten per jaar nodig om het Bosbad. Vanwege het aantal vrachtbewegingen en de kosten van de benodigde lokale opslagcapaciteit is dit niet ideaal. Het ontwikkelen van een aparte waterstofleiding is door de afstand tot de productielocatie nabij het windpark voornamelijk niet interessant. Te overwegen valt om te onderzoeken of een productie-eenheid dichtbij het Bosbad haalbaar is.

Conclusie

Wij zien mogelijkheden om een stap te zetten in de ontwikkeling van waterstofproductie en gebruik in de Noordoostpolder. Per bekeken toepassing is de insteek verschillend. Meest kansrijk is in onze visie de toepassing transport en mobiliteit om twee redenen, namelijk de kleinste onrendabele top in brandstofkosten en daarnaast het in de markt verkrijgbaar zijn van voertuigen en tankinfrastructuur alsook de veelbelovende ontwikkelingen hierin. Wij bevelen daarom aan om deze optie als eerste uit te werken, zie ook het volgende hoofdstuk aanpak en routekaart.

Daarnaast kunnen subsidiemogelijkheden voor bijv. toepassing van waterstof bij heftrucks actief onder de aandacht worden gebracht bij relevante instanties.

3 Aanpak en routekaart

Er is veel aandacht voor waterstof en specifiek voor rijden op waterstof. Zo zet de automobielindustrie in op rijden op waterstof en ook worden er meer waterstoftankstations ontwikkeld. In Duitsland zet men hier sterk op in en wil men in 2020 400 waterstoftankstations operationeel hebben. Ook in Nederland is deze ontwikkeling gaande en zijn partijen als Orangegas en Pitpoint bezig met de ontwikkeling van waterstoftankstations. De gemeente Arnhem heeft een oproep uit staan om een waterstoftankstation operationeel te krijgen en tegelijkertijd 80 waterstofauto's de weg op te krijgen. In de stad Groningen rijden diverse gemeentevoertuigen op waterstof.

Wil de NOP koploper blijven op het gebied van duurzame energie en de transitie naar waterstof niet missen, dan bevelen wij aan om nu vol in te zetten op eigen waterstofproductie in combinatie met mobiliteit op waterstof. De NOP heeft hierbij sterke troefkaarten in handen. Naast de strategische ligging aan de A6 en de eigen duurzame zon- en windproductie heeft de NOP actieve ondernemers die hiermee aan de slag willen. De ambitie is dan ook om een duurzame waterstofhub te maken waardoor ondernemers binnen de NOP kunnen rijden op betaalbare eigen groene waterstof. Een hub die tegelijkertijd aansluit bij de waterstofcorridors die nu ontstaan binnen Nederland en Europa. Om deze ambitie vorm te geven is samenwerking tussen partijen noodzakelijk. Samenwerking tussen:

- zon- en windmolenparkeexploitanten voor de productie van groene waterstof;
- investeerder(s) en exploitanten voor het realiseren en bedienen van waterstoftankstations;
- gemeente en bedrijven als voortrekkers bij de overschakeling op rijden op waterstof.

De eerste stap is om deze partijen bij elkaar te brengen om een gezamenlijke ambitie uit te spreken. De partners kunnen dan gezamenlijk een businesscase en routekaart opstellen. Op basis van de routekaart kunnen de partijen gelijktijdig de productie en afname van waterstof ontwikkelen en worden de benodigde investeringen op elkaar afgestemd. Uit deze routekaart en businesscase moeten de verwachte investeringen en opbrengsten duidelijk in de tijd uitgewerkt worden. Op basis van de huidige informatie is de investering in het tankstation (1,5 miljoen euro)¹ en de meerprijs voor de aanschaf of ombouw van de voertuigen (10 – 300 duizend euro per voertuig) te beschouwen als onrendabele top. De waterstofproductie op basis van eigen duurzame energie kan op basis van de routekaart waterstof al concurreren met de huidige brandstofprijzen. Voor de verdere uitwerking van de businesscase en routekaart is het daarbij raadzaam te leren van bestaande initiatieven zoals Waterstofnet en Hygro.

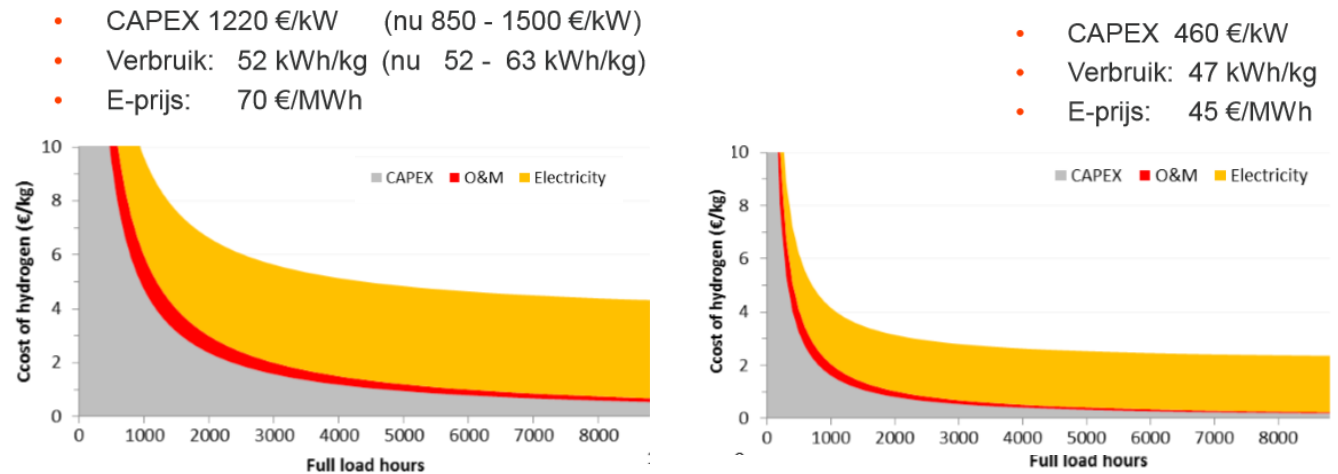
Samenvattend is ons advies om strategisch in te zetten op groene waterstofproductie en transport op waterstof. Een strategische keuze ter versterking van de NOP die aansluit bij de ontwikkeling van waterstof in Nederland en Europa.

¹ Indicatieve prijzen exclusief aanvullende projectkosten zoals civiele werkzaamheden, projectmanagement en vergunningen.

Bijlage 1: Waterstofproductie, nu en in de toekomst

Productiekosten nu en in de toekomst

De routekaart waterstof geeft inzicht in de verwachte productiekosten voor groene waterstof op basis van elektrolyse. Bij een huidig prijspeil van de installatie en energieprijzen kan dit vanaf 4,5 euro/kg bij continue productie (**Figuur**). In de toekomst bedraagt dit nog maar 2,5 euro/kg bij continue productie door daling van de installatiekosten en de energieprijzen. Deze kale productieprijs van waterstof is nog altijd ruim twee keer zo hoog als de huidige aardgasprijs. Dit zijn indicatieve productiekosten afhankelijk van de installatiekosten (excl. compressie en opslag), energieprijzen en het aantal draaiuren (vollasturen), exclusief aanvullende projectkosten zoals civiele werkzaamheden, projectmanagement en vergunningen.



Figuur 1 Productiekosten van groene waterstof afhankelijk van het aantal vollasturen van de installatie bij het huidige prijspeil (links) en het toekomstige prijspeil (rechts). Bron: Routekaart waterstof.

Bijlage 2: Waterstof voor transport en mobiliteit

Brandstofprijzen

Groene waterstof is commercieel beschikbaar. De huidige waterstofprijs aan de pomp (10 euro/kg) is op energiebasis nog 2,5 keer hoger dan diesel (Tabel 1). Wanneer deze prijs daalt tot 4 euro/kg kan deze op energiebasis concurreren met diesel. Grijs waterstof is momenteel commercieel beschikbaar voor 4 euro/kg, afhankelijk van de afleverlocatie. Dit is echter de kale inkoopprijs van het waterstof.

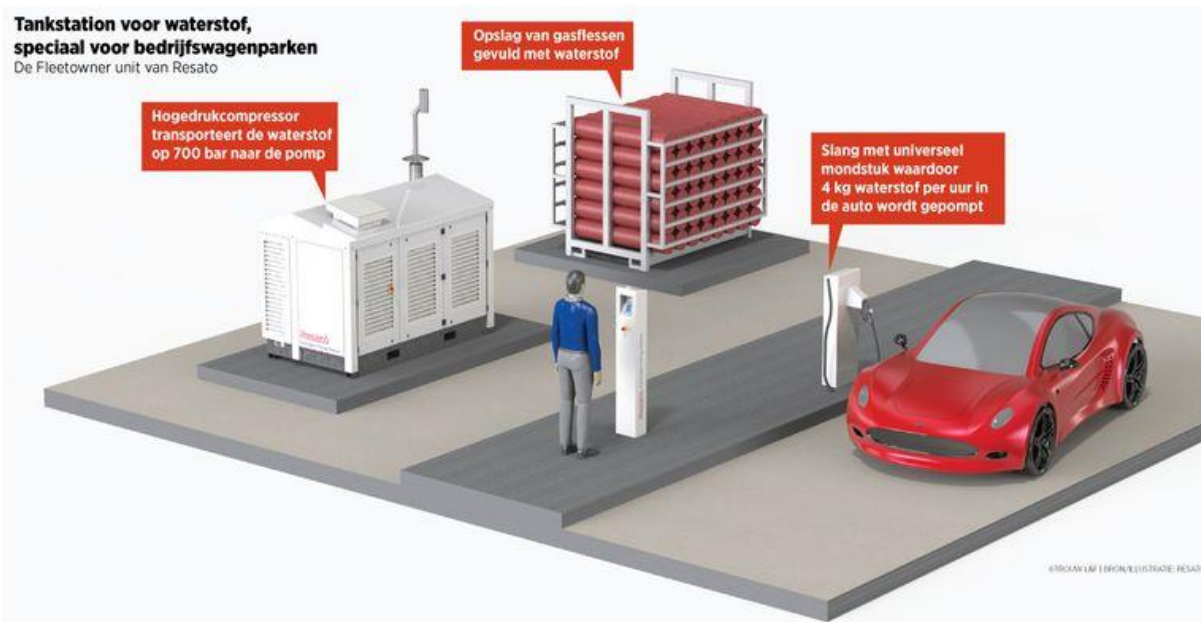
Tabel 1 Vergelijk brandstofprijzen o.b.v. energie-inhoud

Brandstof	Prijs	Eenheid	Energie-inhoud	eenheid	Prijs per eenheid energie	eenheid	Prijsfactor t.o.v. diesel
eigen productie toekomstig (zie bijlage 1)	2,5	euro/kg	121	MJ/kg	20,7	euro/GJ	0,6
eigen productie huidig (zie bijlage 1)	4,5	euro/kg	121	MJ/kg	37,2	euro/GJ	1,1
grijze waterstof	4	euro/kg	121	MJ/kg	33,1	euro/GJ	1,0
groene waterstof	10	euro/kg	121	MJ/kg	82,6	euro/GJ	2,5
Diesel*	1,165	euro/l	35,87	MJ/l	32,5	euro/GJ	1,0
benzine*	1,372	euro/l	31,68	MJ/l	43,3	euro/GJ	1,3

*Indicatieve brandstofprijzen inclusief accijnzen exclusief BTW (bron: www.brandstofprijzen.info)

Tankstation of vulpunt

Voor transporttoepassingen moet er geïnvesteerd worden in een waterstoftankstation of –vulpunt. Een waterstoftankstation met een capaciteit van 8 personenauto's per uur kost indicatief 1,5 miljoen euro exclusief waterstofproductie en –opslag. Een goedkoper alternatief is een waterstofvulpunt (figuur 2). Waterstofvulpunten zijn beschikbaar vanaf 150.000,- euro exclusief waterstofproductie en -opslag. Deze hebben echter een beperkte vulcapaciteit van één personenauto per uur. Een waterstofvulpunt is daarmee vooral geschikt voor een beperkte vloot waterstofauto's voor bijvoorbeeld kantoorlocaties waar auto's lang stil staan. De genoemde prijzen zijn exclusief civiele werkzaamheden (eventueel gebouw, nutsvoorzieningen, bestrating, grondwerk) en overige projectkosten zoals vergunningen.



Figuur 2 Weergave van een waterstofvulpunt van leverancier Resato. (Bron: DagbladTrouw)

Waterstofopslag

Het tankstation of vulpunt kan aangesloten worden op eigen duurzame waterstofproductie en een waterstofopslag. Het waterstof wordt daarbij lokaal opgeslagen in gascilinders, een trailer of in een gasbuffer met een opslagcapaciteit vanaf 12 kg voor een bundel gascilinders tot 340 kg voor een gasbuffer. Deze opslagsystemen zijn commercieel beschikbaar met huurprijzen vanaf 1.000 euro per maand (opgave Lindegas).

Rijden op waterstof; kosten per km

Voor transporttoepassingen gaat het voor de gebruiker uiteindelijk om de kosten per km. Uitgaande van de huidige brandstofprijzen aan de pomp is rijden op waterstof twee keer zo duur als rijden op diesel voor een typische middenklassenauto. Bij een brandstofprijs van 4 euro per kg is rijden op waterstof goedkoper op basis van de brandstofkosten per km, bij een brandstofprijs van 2,5 euro/kg is waterstof zelfs de helft goedkoper (Tabel 2). Daarbij moet opgemerkt worden dat er geen accijnzen geheven worden op waterstof. Dit wordt op korte termijn ook niet verwacht, echter dit geeft geen garantie voor de toekomst.

Tabel 2 Brandstofverbruik en resulterende brandstofkosten per km voor een middenklasse auto.

Brandstof	Verbruik**	Pompprijs	eenheid	Kosten	eenheid	Prijsfactor t.o.v. diesel
Benzine*	1 L op 18 km	1,28	euro/l	7,1	euro/ 100 km	1,3
Diesel*	1 L op 20 km	1,13	euro/l	5,6	„	1,0
waterstof	1,1 kg op 100 km	10	euro/kg	11,0	„	1,9
waterstof	1,1 kg op 100 km	4	euro/kg	4,4	„	0,8
waterstof	1,1 kg op 100 km	2,5	euro/kg	2,8	„	0,5

* Indicatieve brandstofprijzen inclusief accijnzen exclusief
 ** Indicatieve verbruiksgegevens van een middenklasse auto volgens de ANWB

Aanschaf waterstofvoertuigen

Er zijn nog maar een beperkt aantal waterstofauto's beschikbaar zoals de Toyota Mirai en de Hyundai Nexo met een nieuwprijs van 70.000 – 80.000 euro. Net als bij de elektrische auto gaan er meer modellen op de markt komen en zullen de prijzen hiervan dalen. Zo verwacht Toyota in 2020 een waterstofauto te kunnen

leveren voor 40.000 euro. Tevens is het mogelijk om een voertuig om te laten bouwen naar een waterstofauto. Dit zijn maatwerkoplossingen. Zo kost de ombouw van een trekker naar waterstof indicatief 300.000 euro.

Overige initiatieven

Er zijn verschillende initiatieven in Nederland die actief zijn op het gebied van rijden op waterstof en waterstof binnen de energietransitie. Deze initiatieven hebben kennis en ervaring opgebouwd over het toepassen van waterstof. Het is zinvol om hiermee in gesprek te gaan en hier mogelijk bij aan te sluiten. Denk hierbij aan Waterstofnet dat een eigen waterstoftankstation exploiteert in Helmond. Tevens zijn er verschillende organisaties met concrete plannen om waterstoftankstations te realiseren en te exploiteren. Mogelijk is er een samenwerking mogelijk waarbij de NOP duurzame waterstof levert en de commerciële partij het tankstation exploiteert. Qirion heeft goede contacten met verschillende partijen waaronder Orangegas, Hygro en Waterstofnet.

Bijlage 3: Waterstof voor warmte en elektriciteit

Waterstof- en energieprijzen

Waterstof is commercieel beschikbaar. Zo is grijze waterstof leverbaar voor ongeveer 4 euro per kg. Groene waterstof komt beschikbaar tegen een prijs van 10- 15 euro per kg. Bij een prijs van 4 euro is dit 3,5 keer duurder dan aardgas teruggerekend naar energie-inhoud (**Tabel 3**). Bij een prijs van 10 euro is dit bijna 9 keer duurder dan aardgas.

Tabel 3 Vergelijking energieprijzen

Brandstof	Prijs	eenheid	Energie-inhoud	eenheid	Prijs per eenheid energie	eenheid	Prijsfactor t.o.v. aardgas
eigen waterstof	2,5	euro/kg	121	MJ/kg	20,7	euro/GJ	2,2
eigen waterstof	4,5	euro/kg	121	MJ/kg	37,2	euro/GJ	3,9
grijze waterstof	4	euro/kg	121	MJ/kg	33,1	euro/GJ	3,5
groene waterstof	10	euro/kg	121	MJ/kg	82,6	euro/GJ	8,7
aardgas*	0,3	euro/m ³	31,65	MJ/m ³	9,5	euro/GJ	1,0
elektriciteit*	0,08	euro/kWh	3,6	MJ/kWh	22,2	euro/GJ	2,3

*Indicatieve zakelijke prijs inclusief energiebelasting exclusief BTW

Verwarmingsketels op waterstof

Naast de hogere waterstofprijs moet men ook rekening houden met aanpassingen aan of vervanging van ketels die de inzet van waterstof duurder maken. Zo gaat het mogelijk zijn om bestaande aardgas-combiketels om te bouwen naar waterstof tegen een indicatieve meerprijs van €1.500. Combiketels op waterstof zijn in ontwikkeling door bijvoorbeeld Remeha. De prijs en beschikbaarheid hiervan zijn nog onbekend.

Elektriciteit en warmte uit waterstof

Groene waterstof wordt gemaakt uit duurzame elektriciteit. De omzetting van groene waterstof terug naar elektriciteit gaat gepaard met energieverliezen. Met een typisch rendement van 50% is het geproduceerde waterstof twee keer zo duur als de ingaande elektriciteit. Daarnaast moet men rekening houden met de aanschaf van apparatuur (brandstofcel) en de opslag van waterstof. De investeringskosten voor een brandstofcel (1.500 - 3000 euro/kW geïnstalleerd vermogen) zijn daarbij tot drie keer hoger dan een gasgestookte WKK (500 - 1.500 euro/kW geïnstalleerd vermogen). Dit gecombineerd met de hogere energieprijzen voor waterstof maakt de toepassing van waterstof voor bijvoorbeeld het zwembad niet interessant.