

Aan de tweede kamer commissie voor klimaat en groene groei
T.a.v. de heer Joris Thijssen
cie.kgg@tweedekamer.nl

Geachte Heer Thijssen.

De Hydrogen Science Coalition (HSC; <https://h2sciencecoalition.com/>) is een internationale groep van experts die onafhankelijk wetenschappelijk bewijs inbrengt in de politieke discussie over waterstof. Ondergetekenden, de twee Nederlandse leden van de HSC, volgen met aandacht de parlementaire discussies rondom energietransitie en de rol van waterstof daarin. Op basis van notulen van de commissievergaderingen en berichtgeving in de media maken wij ons zorgen dat de waterstofplannen die in Nederland gemaakt worden, te weinig gebaseerd zijn op onafhankelijk wetenschappelijk bewijs en teveel op suggesties van belangengroepen uit de industrie zoals de Gasunie en Shell.

Een coherente “waterstof strategie” omvat drie hoofdelementen: productie van waterstof, opslag en transport van waterstof en toepassingen van waterstof. Wat betreft de productie van waterstof moet volgens HSC de nadruk liggen op het opschalen van “groene” waterstofproductie via elektrolyse. “Blauwe” waterstof is een slecht alternatief: het is niet alleen kostbaar maar vangt in de praktijk slechts een deel van de geproduceerde CO₂ af, en gaat daarnaast gepaard met aanzienlijke methaan-emissies in upstream en transport.

Wat betreft de toepassingen van waterstof stelt HSC zich op het standpunt dat beschikbare emissiearme waterstof met prioriteit ingezet moet worden voor “decarbonisatie” van bestaande toepassingen waar geen alternatief is, bijvoorbeeld kunstmest productie en diverse processen in petroleum raffinage. Deze toepassingen gebruiken momenteel vrijwel uitsluitend “grijze” waterstof: wereldwijd zo'n 90 miljoen ton in 2023, verantwoordelijk voor zo'n 2.5% van 's werelds CO₂ uitstoot. Voor alle andere waterstof toepassingen (bijv. mobiliteit, verwarming) bestaan er alternatieven die veelal technisch beter en kosten-efficiënter zijn. Dergelijke toepassingen moeten daarom voorsnog niet aangemoedigd worden, in elk geval niet zolang de industriële grootverbruikers van waterstof niet voorzien zijn van voldoende “groene” waterstof.

Geplande locaties van emissiearme waterstofproductie dienen zo veel mogelijk afgestemd te worden op de locaties van industriële grootverbruikers van waterstof. Eventueel vanuit overzees geïmporteerde waterstof, vrijwel zeker in de vorm van ammonia, dient ook zo dicht mogelijk bij het aankomstpunt gebruikt te worden, als ammonia (bijv. voor kunstmest) en niet terug-geconverteerd via “cracking” naar waterstof. Een dergelijke strategie vermijdt het (kostbaar en energie-inefficiënt) transport van waterstof zoveel mogelijk. HSC gelooft daarom dat aanleg van een “trans-nationaal” netwerk van waterstof pijplijnen of “waterstof corridors” voorsnog niet nodig is.

In de appendix van deze brief vindt U een uitgebreidere discussie van bovenstaande punten met referentie naar wetenschappelijke artikelen en rapporten, waarbij de commissie zal zien dat in veel gevallen de huidige waterstofplannen zullen leiden tot hoger energieverbruik, vertraging van de energietransitie, hogere uitstoot van broeikasgassen en hogere kosten voor ondernemers en particulieren.

Wij willen u bij voorbaat danken voor uw ongetwijfeld kostbare tijd en hopen dat deze brief een welkome aanvulling zal zijn in het beleid aangaande de “waterstof strategie” voor Nederland. Mocht het nodig zijn kunnen wij het één en ander mondeling toelichten aan de commissie.

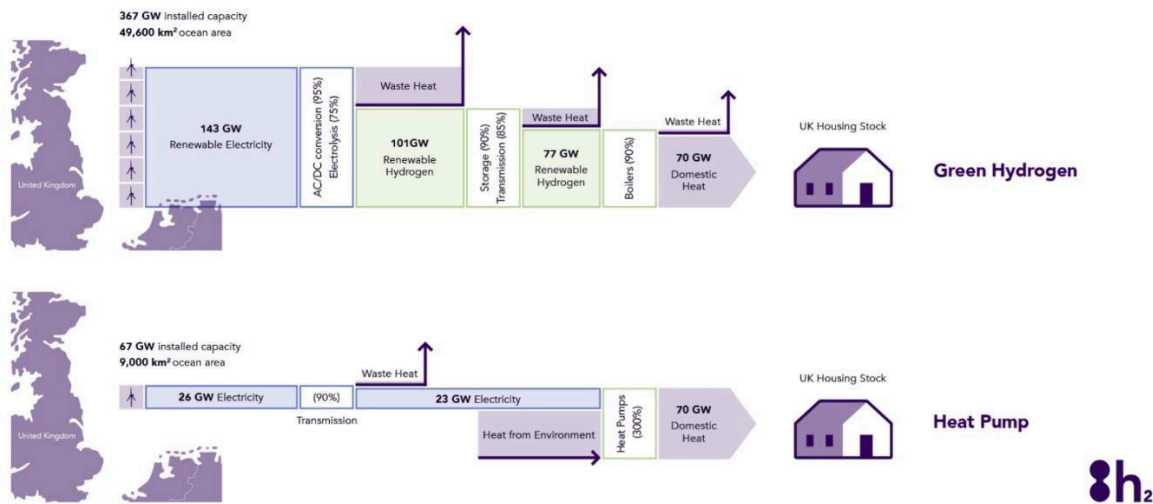
Intussen verblijven wij met de meeste hoogachting, namens de Hydrogen Science Coalition,

Bernard van Dijk en Dr. Arnout-Jan Everts

1) Waterstof voor verwarming van huizen en gebouwen.

Huizen en gebouwen kunnen veel beter verwarmd worden met warmtepompen. Dit is veel efficiënter en dus goedkoper. Je hebt voor het verwarmen van je huis met waterstof [vijf tot zes](#) keer zoveel groene energie nodig in vergelijking met een warmtepomp.

Heating the UK with Heat Pumps or Green Hydrogen

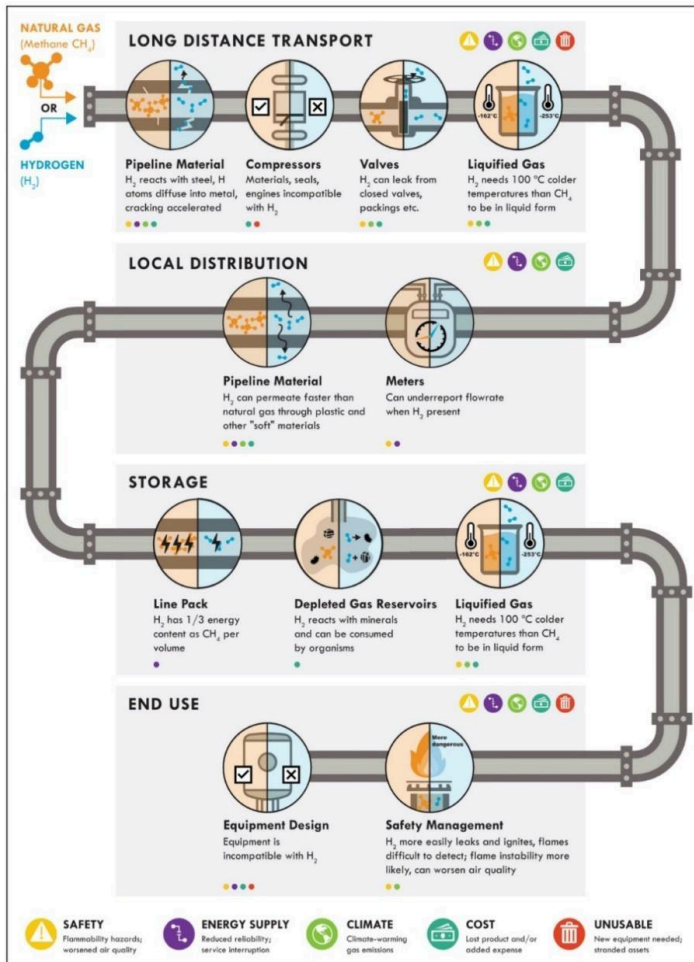


Er zijn reeds meer dan [54 onafhankelijke wetenschappelijke rapporten](#) die bewijzen dat je huis verwarmen met waterstof onzinnig en heel erg duur is.

Verder is het gevaar op een explosie met een waterstofketel [vier keer zo groot](#) in vergelijking met een gasketel en de explosie richt veel meer schade aan. 40 Gram waterstof heeft de explosieve kracht van één kg TNT.

2) Transport van waterstof over grote afstanden.

In tegenstelling tot wat de Gasunie beweert, is het Nederlandse gasnet [niet zondermeer geschikt](#) voor het transport van waterstof. Hier zijn uitgebreide aanpassingen voor nodig.

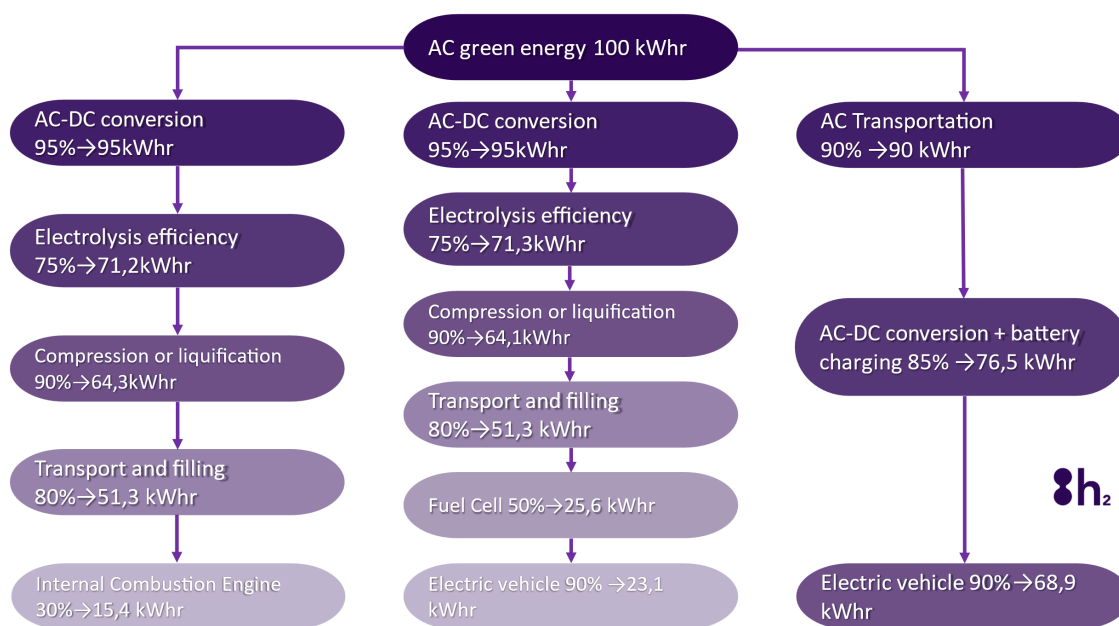


Dit heeft onlangs geleid tot een [kostenverhoging](#) van 1,5 miljard naar 3,8 miljard euro voor aanpassingen aan het Nederlandse gasnet.

Bijna overal op de wereld wordt de waterstof geproduceerd op precies dezelfde plaats waar hij wordt verbruikt en dat is niet voor niets. Transport van groene energie kan veel beter plaatsvinden via HVDC (High Voltage Direct Current) kabels die slechts een verlies hebben van ca 2% per 1000 km. Bij waterstof ben je al ca [35-40%](#) van de energie kwijt door alle omzettingen voordat het überhaupt in de pijpleiding zit.

3) Waterstof als brandstof voor de mobiliteit sector.

Al het transport over de weg wordt batterij elektrisch. Waterstof voor transport in auto's, bussen, bestel -en vrachtwagens is minstens drie keer zo inefficiënt en dus duurder als een vergelijkbaar batterij elektrisch type.



Vaak wordt als tegenargument aangevoerd, dat de zware batterijen de netto belading van een truck limiteren, maar slechts een klein deel (ca 10%) van de transporten is gelimiteerd door gewicht, de meeste zijn gelimiteerd door volume. Daarbij komt ook nog dat een groot gedeelte van de trucks die gelimiteerd zijn door gewicht, brandstoftransporten zijn naar tankstations die allemaal gaan verdwijnen als we overstappen op elektrisch transport. Met waterstof gaan de transporten naar tankstations met een factor zes toenemen door de lage energie/volume verhouding van waterstof.

Ok het sneller tanken is ook een veel gehoord argument, maar in Europa is het verplicht om elke 4 uur en 30 minuten rijden minimaal 45 minuten te pauzeren. Een elektrische truck kan dan tot 80% geladen worden met een mega lader en dan hebben we het nog niet eens over het prijsverschil tussen een mega lader en een waterstof tankstation

Verder is het gemiddelde winstpercentage van een transporteur slechts 1,5% in Nederland, die gaan echt geen truck kopen die minstens drie keer zo duur is in de operatie.

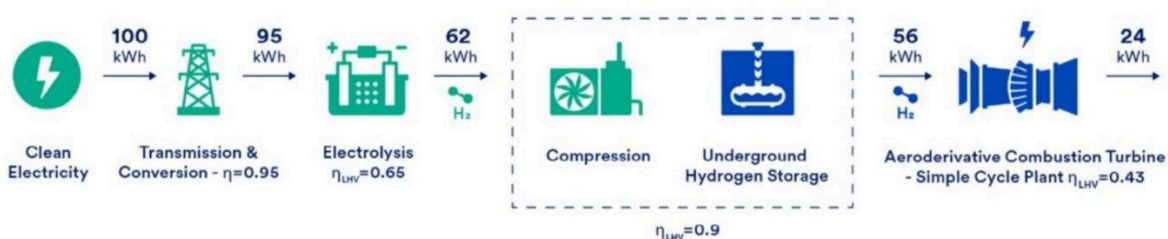
Voor transport door de lucht is het ook geen oplossing. Er wordt vaak gezegd dat waterstof drie keer lichter is voor dezelfde energie-inhoud, maar vloeibare waterstof heeft een vier keer lagere energie-inhoud per volume in vergelijking met kerosine. Dat betekent dat de netto betalende lading van deze transporten met ca 40% zal afnemen. Verder zijn de benodigde hoeveelheden groene energie voor de luchtvaart enorm. Om alleen Europese vluchten te vervangen door waterstof hebben we maar liefst een oppervlak van twee keer de grote van Nederland aan windturbines nodig.

Het is de mening van de H2science coalition dat korte en middellange luchtvaart overgaat op batterijen of HSL spoor en intercontinentale luchtvaart over gaat op biobrandstoffen.

4) Waterstof als brandstof in een energiecentrale om het cyclische gedrag zon -en wind op te vangen.

Dit is ook een grote verspilling van energie. Hoewel het aantrekkelijk klinkt om hier zoutcavernes voor te gebruiken als opslagmedium is de efficiency bedroevend laag. Stop er 100 kWh aan groene energie in en krijg slechts 24 kWh aan elektrische energie terug.

Figure 4: System efficiency of electrolytic hydrogen use in power generation in a simple cycle plant⁷

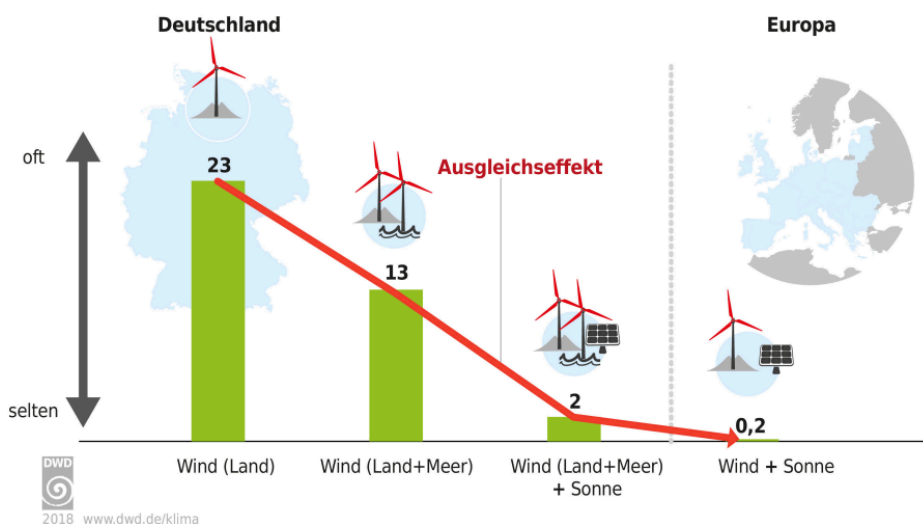


Lage efficiëntie zal onvermijdelijk leiden tot hoge energiekosten terwijl hier veel betere oplossingen voor zijn, zoals [batterijen](#) voor korte termijn opslag en interconnecties en redox flow batterijen voor lange termijn opslag. Ter vergelijking een redox-flow batterij heeft een rendement van 65-85%.

Ook zal het verbinden van alle groene Europese elektriciteitsnetten [de kans op](#) een periode van “dunkelflaute” van 48 uur of langer terugdringen naar een kans van 0,2 keer per jaar.

Europäischer Stromverbund minimiert Ertragsausfälle bei erneuerbaren Energien

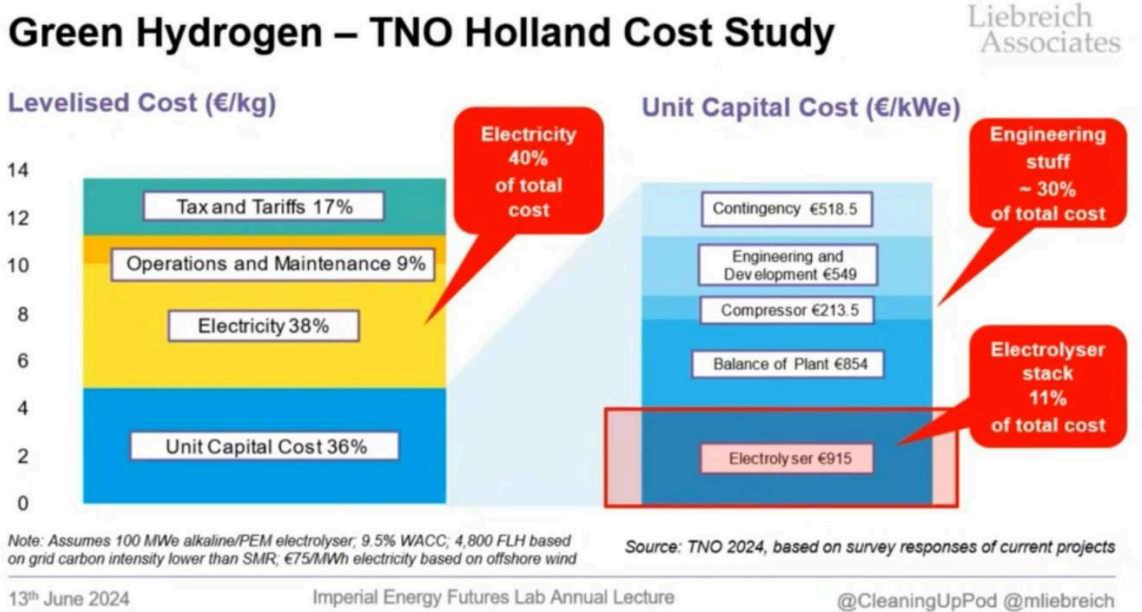
Abgebildet ist die Anzahl der Situationen pro Jahr, in denen zusammenhängende Flaute- und sonnenarme Phasen über die Zeitspanne von 48 Stunden über Deutschland und Europa auftraten (1995 -2015).



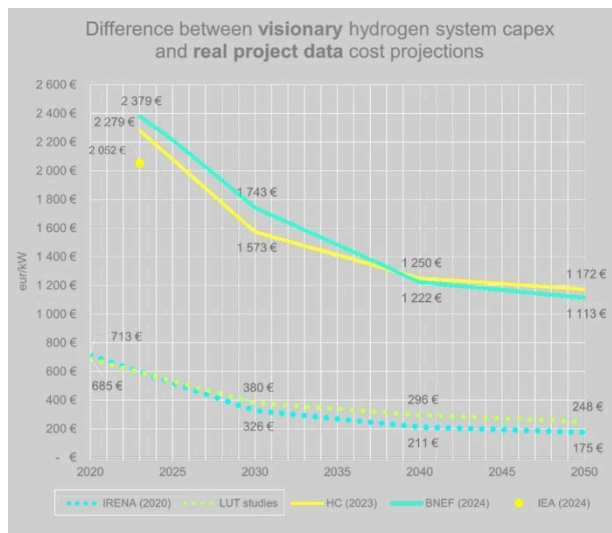
5) Zullen de kosten van groene waterstof gaan dalen?

Ook een veel gehoord argument is dat de kosten van groene waterstof gaan dalen als we de productie gaan opvoeren. Dit is helaas maar beperkt het geval. De productie van waterstof middels elektrolyse is gelimiteerd door zijn fysische eigenschappen. Het kost nu eenmaal heel veel energie om een watermolecuul te splitsen in waterstof en zuurstof. Dit heeft te maken met de interne kracht tussen het waterstof -en het zuurstofatoom die heel erg groot is en dat gaat nooit veranderen.

TNO heeft uitgerekend dat de productiekosten van groene waterstof rond de 14 euro per kg uitkomen en dat is exclusief transport en opslag en distributie van groene waterstof.



We maken al waterstof middels elektrolyse op grote schaal sinds 1890. De laatste uitvinding was de Poly Exchange Membrane (PEM) elektrolyser en Fuel cell in de jaren zestig. De rest van de waterstof apparatuur is allemaal pompen, compressoren, leidingen etc die we ook al jaren produceren. Dus grote prijsverlagingen van de apparatuur zijn niet te verwachten, wat ook blijkt als de verwachte en werkelijke kosten in een grafiek zetten.



6) Zal witte waterstof ons gaan redden.

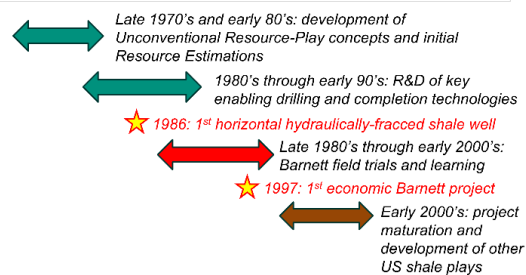
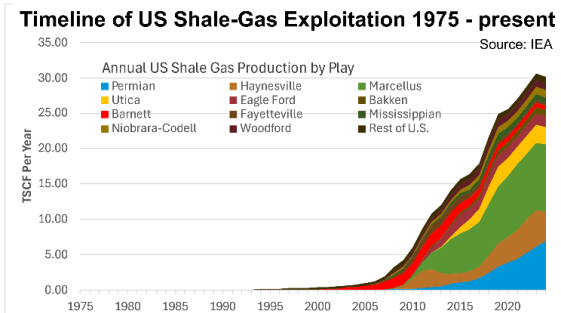
“Witte” waterstof, ook wel “natuurlijke” of “geologische” waterstof genoemd, wordt door sommigen gezien als een mogelijke bron van goedkope waterstof voor toekomstige energiesystemen. Een recente studie door de US Geological Survey schatte de mogelijk in de aardkorst aanwezige “witte” waterstof op niet minder dan 5.6 triljoen ton. Dit zijn echter hoogst speculatieve schattingen die haaks staan op het feit dat in ruim een eeuw olie- en gasexploratie met talloze boringen overal op de wereld, er nog nimmer gasvormig waterstof in aanzienlijke hoeveelheid is aangetroffen. ‘s Werelds enige waterstofput tot nu toe, Bougou-1 in Mali, produceert aanzienlijk minder energie [dan één enkele windturbine](#). Situaties en plekken waar mogelijk “witte” waterstof in de korst aangetroffen zou kunnen worden zijn veelal [moeilijk toegankelijk](#), moeilijk produceerbaar en eventuele waterstofproductie zal vrijwel zeker gepaard gaan met grote hoeveelheden waterproductie alsmede productie van andere, vanuit emissie-stantpunt ongewenste gassen zoals methaan en CO2.

De Nederlandse ondergrond heeft geen van de kenmerken die zouden kunnen wijzen op mogelijke aanwezigheid van “witte waterstof”. Zelfs als op andere, geologisch meer aantrekkelijke plekken in de wereld productie van “witte waterstof” uiteindelijk haalbaar blijkt is, zal het nog minstens 20 tot 30 jaar duren voor dergelijke productie gerealiseerd kan worden (gezien de hoogst embryonische staat van “waterstof exploratie” en afgaande op de analogie met schaliegas – zie onderstaand diagram).

OUTLOOK FOR NATURAL H₂ EXPLORATION AND DEVELOPMENT



- Exploration for Natural Hydrogen is at an embryonic stage:
 - Few discoveries through serendipity in difficult-to-exploit play types
 - Potentially more attractive plays (“H₂ gasfields”) have not been proven and may or may not exist
 - Few drillable prospects, most plays are still conceptual awaiting maturation (e.g., seismic, geochemistry, modelling)
 - Commercial flowrates have not been not been achieved. Research into commercial exploitation-techniques hasn’t even started
- Considering the analogy of US Shale-Gas Exploitation, production of Natural Hydrogen in material quantities (if proven viable) may be 20-30 years away

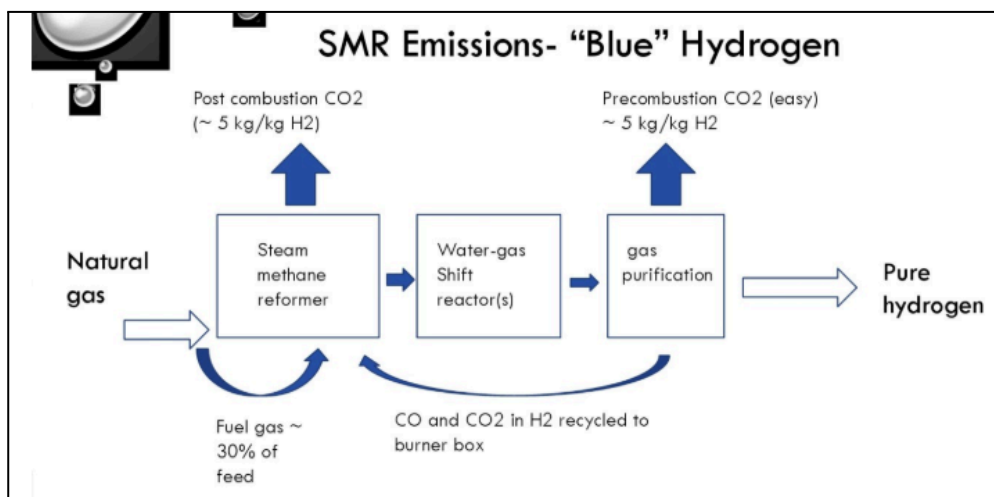


Ook hierbij is het belangrijk te vermelden dat waterstof op zichzelf geen broeikasgas is, maar wel reageert met andere gassen in de atmosfeer waardoor het een Global Warming Potential (GWP) van [11 maal heeft van CO₂](#) over een tijdschaal van 100 jaar. Het is het kleinste molecuul op aarde en dat maakt de kans op lekkage veel groter dan bv aardgas.

7) Blauwe waterstof als transitie naar groene waterstof?

Om de waterstof productie sneller op te schalen wordt vaak voorgesteld om blauwe waterstof te gebruiken, als een overbruggingsfase totdat voldoende groene waterstof beschikbaar is. Blauwe waterstof is waterstof die volgens de traditionele manier uit aardgas of steenkool wordt geproduceerd, maar waarbij de vrijgekomen CO₂ afgevangen en permanent opgeslagen wordt in de ondergrond, bijvoorbeeld in uitgeputte gasvelden.

Zoals diverse studies door onder meer het [Institute for Energy Economics and Financial Analysis](#) (IEEFA) laten zien, is blauwe waterstof echter lang niet zo'n schone en emissie-arme optie als wat door proponenten wordt beweerd. Ten eerste kost het afvangen van CO₂ enorme hoeveelheden energie die ook geproduceerd moet worden (vaak middels aardgas, met emissies tot gevolg). Daarnaast is totaalopvang van CO₂ problematisch: diverse stappen van het complexe productieproces van blauwe waterstof geven uitstoot maar slechts een deel van die CO₂ is eenvoudig op te vangen (zie onderstaand schema). Het netto afvang percentage berekend over het totaal van alle productiestappen in Shell Quest Canada, een van 's wereld's zeven (7) operationele blauwe-waterstof fabrieken, is [slechts zo'n 45%](#).



[Studies van uitstoot](#) over de gehele "productieketen" van waterstof laten zien dat de netto emissie-reductie bij blauwe waterstof ten opzichte van "fossiele" grijze waterstof slechts gering is (in de orde van 9-12%). Naast de [beperkte afvang](#) in het "blauwe" productieproces komt dit door CO₂ emissies in de toevoerketen en lekkage van de waterstof zelf.

Naast emissies in de productieketen moet ook de energie benodigd voor afvoer- en opslag van CO₂ (dwz. compressie, transport en injectie in de ondergrond) en daarbij vrijkomende emissies in beschouwing genomen worden; deze zullen de netto "emissie-winst" van blauwe waterstof ten opzichte van "fossiel" verder verlagen.

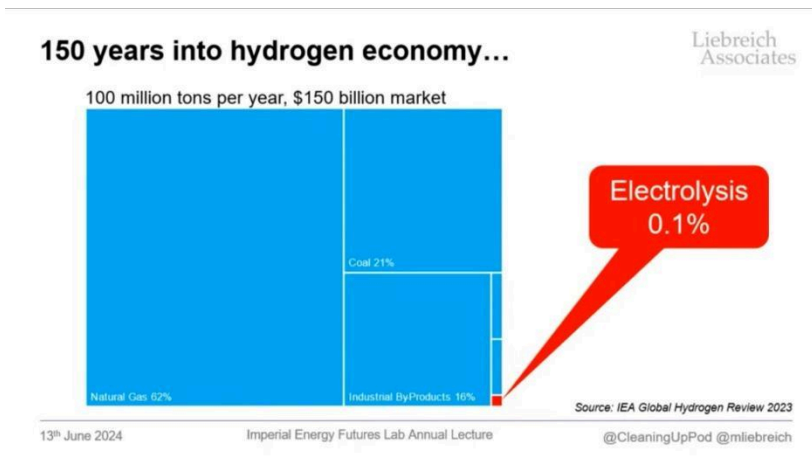
Tenslotte zijn de methaanemissies voor blauwe waterstof hoger dan voor grijze waterstof vanwege een toegenomen gebruik van aardgas om de CO₂ afvang van stroom te voorzien. Misschien verrassend genoeg is de GWP (Global Warming Potential) van blauwe waterstof meer dan 20% groter dan het direct verbranden van aardgas of steenkool voor warmte en ongeveer 60% groter dan het verbranden van dieselolie voor warmte.

Uit bovenstaand is samen te vatten dat blauwe waterstof geen significante en duurzame reductie in emissies oplevert en daarom geen goed alternatief of "overbruggings oplossing" is in afwachting van groene waterstof.

8) Waar heeft groene waterstof wel zin.

Groene waterstof heeft zeker een toepassing in een groene economie, maar dat zijn niet de toepassingen als brandstof. Dit is een inefficiënt gebruik van energie dat zwaar werd gepromoot door de olie -en gasindustrie, die zich nu [terugtrekken](#) en het bestempelen als "commercieel niet haalbaar".

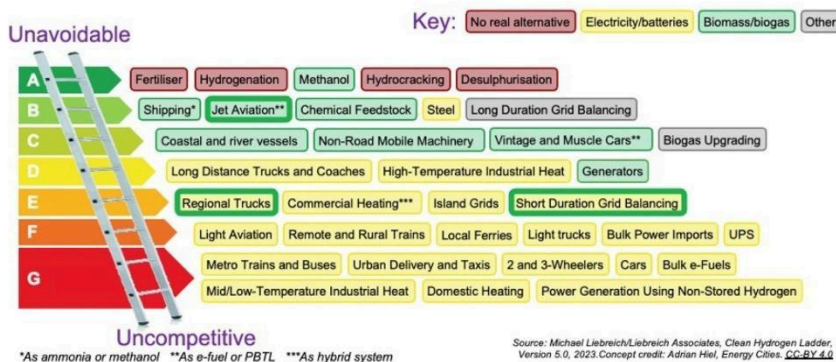
Waterstof is op het ogenblik een gigantisch vergroeningsprobleem ipv een oplossing. De huidige waterstof productie stoot ongeveer net zoveel CO2 uit als de gehele luchtvaartsector en [minder dan 1%](#) wordt groen geproduceerd. Om de huidige waterstof productie groen te maken is twee keer de hoeveelheid groene energie benodigd die op de gehele aarde werd geproduceerd in 2019.



Groene waterstof [heeft zin](#) in de sectoren waar waterstof gebruikt wordt als grondstof in chemische reacties, zoals ammoniak productie voor kunstmest, het conditioneren van fossiele -en biobrandstoffen en de reductie van ijzererts. Dat zijn industriële toepassingen die de waterstof gebruiken als grondstof in chemische reacties en niet als brandstof. Dit zijn de sectoren die categorie A scoren op de Liebreich waterstofladder.

Hydrogen Ladder 5.0 – Promotions (3)

Liebreich Associates



Laten we deze sectoren eerst vergroenen voordat we überhaupt denken aan andere toepassingen van groene waterstof. Dit zijn de “no regret” toepassingen waar je simpelweg geen andere keus hebt. Dat is ook precies waar de hydrogen science coalition [voor pleit](#).

Conclusie

Na het voorgaande zult u wel begrijpen dat die beloofde waterstofeconomie er niet komt en als hij er komt zal het kleinschalig zijn. Waterstof als energiedrager is gewoon te ingewikkeld, te inefficiënt en dus te duur. We hebben al eerder geprobeerd een waterstofeconomie proberen op te starten [na de eerste oliecrises](#) en we eten nu wat daar van terecht is gekomen. Sindsdien is er qua techniek niets veranderd.

We zien nu ook weer dat heel veel waterstofprojecten de Final Investment Decision (FID) niet halen, omdat de meeste bedrijven dan pas [zien wat het echt kost](#).

Wat er wel komt is grootschalige elektrificatie om de simpele reden dat het veel efficiënter en goedkoper en makkelijker is dan waterstof als energiedrager te gebruiken. Dat is ook de verstandige politieke keuze, ga eerst zo veel mogelijk elektrificeren, zet daar volledig op in. Dit heeft als additioneel voordeel dat het energieverbruik drastisch gaat dalen, omdat we in een fossiele economie ca 2/3 van onze opgewekte energie weggooien als waardeloze warmte. Met waterstof als energiedrager zal deze verspilling [alleen maar toenemen](#).

