

Waarom “groene” waterstof op korte termijn (voor 2030) geen goed idee is.

Evert du Marchie van Voorthuysen.
2 april 2021.

Waterstof is een energiedrager, net als elektriciteit, met een aantal voordelen t.o.v. elektriciteit. Een zg. waterstofcoalitie, bestaande uit een samenwerking tussen een aantal fossiele energiebedrijven, milieuorganisaties en lokale overheden, wil Nederland opstuwen in de vaart der volkeren met een megalomaan plan om tegen 2030 jaarlijks 890.000 ton “groene” waterstof te gaan produceren ¹, zie appendix A, **Samenvatting van het Waterstofpact**. Aangezien vrijwel alle politieke partijen voorstander zijn van alles wat zich elateert als zijnde “groen”, is het aannemelijk dat het Waterstofpact van Greenpeace c.s. wordt opgenomen in het nieuwe regeerakkoord. In appendix D, **Analyse van het Waterstofpact** leggen wij uit dat de uitvoering van het Waterstofpact zal leiden tot een zeer ongewenste verhoging van de CO₂-uitstoot, in plaats van de vereiste verlaging.

Het probleem is terug te voeren op een begripsverwarring betreffende “groene stroom”. Ten onrechte wordt er in de energietransitie geen verschil gemaakt tussen het opwekken van groene elektriciteit en het verbruiken van groene elektriciteit. In appendix B, **Terminologie in de energievoorziening**, geven we een overzicht van energiebronnen en energiedragers, met bijbehorende bijvoegelijke naamwoorden (kleuren).

De opwarming van de Aarde door toedoen van de mensheid vormt een van de grootste bedreigingen voor de beschaving. Iedere handeling dient daarom beoordeeld te worden op zijn positieve of negatieve effect in de strijd tegen de klimaatverandering. Appendix C, **De ethiek van de energietransitie**, geeft met enkele voorbeelden een duidelijker, en dus beter, handvat om ethisch te handelen aan het individu in zijn/haar rol als consument, producent of politicus. Appendix D, **Analyse van het Waterstofpact**, geeft het belangrijkste voorbeeld.

Vanuit rationeel standpunt is de klimaatcrisis oplosbaar. Yuval Hariri besteedt er in zijn meesterwerk “Sapiens” een halve pagina aan (blz.366), meer is niet nodig. Om dezelfde reden is Jan Terlouw optimistisch. De oplossing is de uitbundige hoeveelheid beschikbare zonne-energie. De energie uit zonnestrallen is in de zonnige landen even groot als de energie van een olieregen van 200 mm per jaar, oftewel 1600 ton olie per hectare per jaar. De mensheid kan de problemen oplossen, mits er in voldoende mate internationaal wordt samengewerkt.

Een van de voorwaarden is wel, dat de valse profeten die het “groene”-waterstof evangelie prediken op tijd worden ontmaskerd.

Een goede, bondige, inleiding in alle aspecten van waterstof wordt gegeven door Jeroen Hordijk in zijn boekje “Een objectieve kijk op Waterstof” ²

Appendix A, Samenvatting van het Waterstofpact (noot 1).

Er moet tot aan 2025 een zg. basisketen worden gerealiseerd voor de productie, de opslag, het

¹ Waterstofpact Greenpeace, <https://www.greenpeace.org/static/planet4-netherlands-stateless/2021/03/5ad0059d-waterstofpact.pdf> .

² <https://lees.nl/boek/een-objectieve-kijk-op-waterstof-uitdagingen-en-kansen-voor-de-energietransitie/>

transport en het gebruik van waterstof.

Er moet een opschalingsregeling komen voor electrolyse (de productie van waterstof uit water, waarbij de benodigde energie door elektriciteit wordt geleverd).

Het huidige investeringstempo in duurzame stroomopwekking moet worden verhoogd opdat in 2030 voldoende extra elektriciteit beschikbaar is om 3 tot 4 gigaWatt aan waterstof op te wekken. Het programma t/m 2025 vergt een overheidsinvestering van 2,5 miljard euro. Na 2025 is verdere subsidieëring nodig.

Opbouw van een waterstof transportnet en opslag van waterstof in cavernes in ondergrondse zoutlagen.

Stimulering van het gebruik van waterstof door de industrie.

De extra vraag naar elektriciteit voor de productie van de waterstof wordt geleverd door extra windmolenparken op zee en aanvullende hernieuwbare energie-opwekking op land.

De waterstofcoalitie is een initiatief van 39 netbeheerders, industriepartijen, energiebedrijven, overheden, natuur- en milieuorganisaties en wetenschappers.

Appendix B, Terminologie in de energievoorziening

De essentie van het Waterstofpact is de productie van waterstof door middel van electrolyse. In het electrolyseproces wordt water gesplitst in waterstof en zuurstof. Dit proces vergt veel energie in de vorm van elektriciteit. Slechts een deel van de elektriciteit (80%, als je je best doet) wordt omgezet in de verbrandingswaarde van de waterstof, de rest gaat tijdens de electrolyse verloren (d.w.z. wordt omgezet in laagwaardige, meestal onbruikbare warmte).

Om de conclusie van dit betoog (Het Waterstofpact zal bijdragen aan een verhoging van de CO₂-uitstoot) goed te kunnen begrijpen, moeten we heldere definities hebben van de diverse soorten stroom (stroom en elektriciteit zijn synoniem).

Elektriciteit wordt geproduceerd in de volgende installaties, ongeveer gegroepeerd in volgorde van de omvang van Nederlandse stroomproductie:

Gascentrales (het rendement van het verbrandingsproces is 50%, CO₂-uitstoot = 350 gram/kWh)

Kolencentrales (het rendement van het verbrandingsproces is 40%, CO₂-uitstoot = 800 gram/kWh)

Windturbines (opbrengst evenredig met de windsnelheid tot de derde macht, geen uitstoot van CO₂)

Zonnepanelen (opbrengst evenredig met de intensiteit van het (zon)licht, geen uitstoot van CO₂)

De kerncentrale (verbruikt verrijkt uranium, geen uitstoot van CO₂).

Het produceren van groene stroom gebeurt in windturbines en zonnepanelen, zonder uitstoot van CO₂³.

Het produceren van grijze stroom gebeurt in gascentrales en kolencentrales, met uitstoot van CO₂.

Bij het consumeren van stroom voor noodzakelijke, niet te vermijden activiteiten, zoals de verlichting van woningen, kantoren en straten, het openbaar vervoer, de machines en ovens in fabrieken, enz. is de oorsprong van de stroom gedeeltelijk grijs en gedeeltelijk groen. De hoeveelheid CO₂ per kilowattuur (kWh) ligt dan tussen ergens tussen 800 gram/kWh en 0, al naar gelang van de zg. energiemix. In 2019 was het nog 650 gram/kWh dankzij de vele kolencentrales in

³ In de woestijnlanden ook door zonnespiegelcentrales (CSP-technologie), die ook na zonsondergang stroom kunnen leveren.

Nederland.

Bij het nemen van de vrije beslissing om extra stroom te gaan verbruiken ligt het anders. Het zal nog een flinke tijd, minimaal 10 jaar, maar waarschijnlijk 20 jaar duren, voordat de windturbines en zonnepanelen een substantieel deel van de tijd volledig aan de stroomvraag kunnen voldoen. In de tussentijd zullen dus vrijwel voortdurend gascentrales actief zijn om het tekort aan productievermogen van groene stroom aan te vullen. Zodra je een machine inschakelt, een autobatterij gaat laden, of een electrolyseapparaat inschakelt, gaat ergens in de buurt de gaskraan in een gascentrale verder open. Met andere woorden, zodra je een machine inschakelt gaat de productie van grijze stroom omhoog, en blijft de productie van groene stroom constant, want de productie van groene stroom is al maximaal, gegeven de weersomstandigheden. De machine die wordt ingeschakeld, en de electrolyser die waterstof produceert, verbruikt grijze stroom.

Alleen in het geval dat de marginale stroomproductie afkomstig is van windturbines en zonnecentrales, en alle gascentrales (die wel aanwezig moeten blijven om in te springen bij ongunstig weer) stil liggen, brengt het inschakelen van de electrolyser een versnelling van een windturbine teweeg, zodat die windturbine de extra stroom gaat leveren voor de electrolyser. In dat geval, en ook alleen maar in dat geval, mag je zeggen dat de electrolyser gevoed wordt door groene stroom, en dat de waterstof die geproduceerd is de kwalificatie groene waterstof mag krijgen.

Samengevat:

Bij het consumeren van elektriciteit is er altijd sprake van grijze stroom, en pas in de toekomst zal het mogelijk worden om groene stroom te consumeren.

Groene stroom produceren = stroom uit windturbines, zonnepanelen, enz. van binnen- en buitenlandse oorsprong op het elektriciteitsnet zetten.

Grijze stroom produceren = stroom uit gascentrales, kolencentrales, kerncentrales, van binnen- en buitenlandse oorsprong op het elektriciteitsnet zetten.

Groene stroom consumeren = stroom verbruiken op de momenten dat er een overschot aan aanbod van groene stroom is, dus wanneer er geen gas, kolen of olie wordt verstoekt in centrales. Pas ruim na 2030 verwachten we dat dit meer dan 20% van de tijd het geval zal zijn.

Grijze stroom consumeren = stroom verbruiken op momenten dat gascentrales stroom leveren aan het net omdat het aanbod van windturbines en zonnepanelen tekort schiet. Iedere extra kiloWattuur die je verbruikt heeft tot gevolg dat er 2 kWh extra aan aardgas wordt verstoekt. De marginale stroom wordt immers geleverd door gascentrales. Dit geldt ook wanneer je een contract met bv. Greenchoice hebt gesloten.

Groene waterstof = waterstof geproduceerd door het consumeren van groene stroom in electrolyzers

“Groene” waterstof (spreek uit: nep-groene waterstof) = waterstof geproduceerd door het consumeren van grijze stroom in electrolyzers.

Grijze waterstof = waterstof geproduceerd uit aardgas, meestal d.m.v. steam reforming.

Blauwe waterstof = waterstof geproduceerd uit aardgas waarbij de ontstane CO₂ wordt afgevangen en ondergronds wordt opgeslagen, bv. in de lege gasvelden onder de Noordzee. Dit is een van de onderdelen van het Porthos project ⁴.

Het devies is dus:

Groene stroom moet je produceren. Groene stroom kun je niet consumeren, want die is nog niet beschikbaar.

Groene stroom kun je wel kopen, van Greenchoice, VandeBron, e.d. De stroom die je geleverd krijgt is meestal afkomstig van de dichtstbijzijnde gascentrale, waarbij aan iedere kWh een zg. groencertificaat of Garantie van Oorsprong (GvO) is gekoppeld, die de stroomleverancier moet aankopen bij exploitanten van windparken, waterkrachtcentrales, enz. Met het verbruik van stroom die door Greenchoice is geleverd ontstaat er een schaarste aan GvO's, waardoor de rentabiliteit van duurzame stroomopwekking, waar de GvO's worden gecreeerd, omhoog gaat, en er meer in wind en zon wordt geïnvesteerd. Dit is een gewenste ontwikkeling.

4 <https://www.porthosco2.nl>

Appendix C, De ethiek van de energietransitie.

Het klimaatprobleem is een van de grootste bedreigingen van de mensheid, zo niet de allergrootste. Alle landen hebben in 2015 in Parijs een akkoord gesloten dat de gemiddelde temperatuur op Aarde in 2100 niet verder dan 2 graden mag zijn gestegen t.o.v. vroeger, en bij voorkeur niet verder dan 1,5 graad. Bij een stijging met 2 graden zal 99% van de koraalriffen verdwijnen⁵. Om het 1,5 graad doel te halen moet de mondiale uitstoot met 8% per jaar gaan dalen. Aangezien dat onmogelijk is, zal de mensheid ook moeten gaan investeren in negatieve-emissie technologie.

Ethiek betreft het vaststellen van de criteria om te kunnen beoordelen of een handeling als goed of fout kan worden gekwalificeerd (Wikipedia). In het licht van de klimaatcrisis is het evident dat iedere handeling die uitstoot van CO₂ teweeg brengt fout is, behalve als de handeling echt nodig is om lichamelijk en economisch in leven te blijven.

We geven enkele voorbeelden van ethisch handelen in het huidige tijdperk van energietransitie.

Voorbeeld 1, de groene burger.

Stel, men bewoont een groot huis, en heeft het hele dak volgelegd met zonnepanelen. De jaarproductie van de eigen panelen overtreft de stroomconsumptie van het gezin, inclusief de elektrische auto, die vrijwel uitsluitend wordt opgeladen met stroom uit eigen panelen. De hoofdbewoner reist iedere dag naar zijn/haar werk, op 10 km afstand, en staat dan voor de keus:

- met de auto, die op elektriciteit rijdt die zelf geproduceerd is;
- op de fiets.

In de ethiek dient men rekenschap te geven van alle gevolgen van het handelen, en is men verplicht om zich de kennis te verschaffen om de juiste afweging te maken (voorzover dit redelijkerwijs mogelijk is).

In geval b wordt er een grotere hoeveelheid elektriciteit door de eigen zonnepanelen op het elektriciteitsnet gezet dan in geval a. Hiermee wordt aardgas bespaard in de centrale, en daalt de CO₂-uitstoot. Een ethisch handelende burger zal dus zoveel mogelijk op de fiets gaan, en de elektrische auto laten staan. Dit geldt ook als hij alle stroom zelf duurzaam opwekt.

Voorbeeld 2, de groene fabriek.

In het Klimaatakkoord heeft de Nederlandse chemische industrie de opdracht gekregen om de eigen CO₂-uitstoot sterk te verminderen. Stel, een fabriek in Rotterdam verbruikt een grote hoeveelheid warmte van vrij hoge temperatuur. De warmte wordt momenteel opgewekt door het verbranden van aardgas. Een veelbesproken alternatief is het vervangen van de gasgestookte oven door een elektrisch verwarmde oven. De CEO staat nu voor de volgende keus:

- vervang de gasoven door een elektrische oven;
- laat deze actie achterwege.

In geval a gaat de directe uitstoot van de fabriek omlaag, en wordt de fabriek beloond met lagere uitgaven voor de aankoop van emissierechten en CO₂-belasting. Maar het verbruik aan grijze stroom gaat wel omhoog. Groene stroom is immers nog lang niet beschikbaar, zoals uitgelegd in Appendix B. Aangezien het rendement van de gascentrale die voor de marginale stroomopwekking zorgt slechts 50% is, zal in geval a twee keer zoveel gas in de centrale worden verstoekt dan er in

⁵ Heleen de Coninck, lezing voor D66-Delft en TA D66 Duurzaam op 24 februari 2021.

de fabriek bespaard wordt. Het resultaat van a is dat de uitstoot in Rotterdam daalt, maar dat de uitstoot in Nederland als geheel twee keer zo sterk stijgt dan in Rotterdam bespaard wordt.

Een ethisch handelende CEO zal de elektrificatie van zijn ovens achterwege laten tot het moment dat er regelmatig echte groene stroom beschikbaar komt. Dan zal hij de elektrische verwarming toevoegen aan de gasbranders (hybride bedrijfsvoering), en alleen inschakelen als alle gascentrales uitgeschakeld zijn wegens overvloedige windsterkte en zoninstraling. Met een goede, snel varieërende beprijzing van de geleverde stroom kan de stroomleverancier dit gewenste gedrag uitlokken.

Voorbeeld 3, hoe dient de Staat het Waterstofpact te bejegenen?

Een ethisch handelende overheid dient de Klimaatwet uit te voeren. Het is evident dat de overheid economische activiteiten die de Nederlandse CO₂-uitstoot verhogen met alle wettelijke middelen dient te bestrijden. Voor verdere details, zie Appendix D.

Appendix D, Analyse van het Waterstofpact

Het recente Waterstofpact van Greenpeace (zie noot 1), enkele andere milieuorganisaties, en een groot aantal fossiele energiebedrijven en lokale overheden, behelst het megalomane plan om tegen 2030 4 GW aan waterstof te gaan produceren. Om de lezer een idee te geven wat dit plan inhoudt, en welke consequenties dit plan heeft op de Nederlandse reductie van de CO₂-uitstoot, hier enkele berekeningen.

Berekening van de hoeveelheid waterstof die overeenkomt met 4 GW (de productie van “groene” waterstof volgens het Waterstofpact).

De verbrandingswaarde van waterstof⁶ = 141,8 MJ/kg = 141,8 MJ/kg * 0,278 kWh/MJ = 39,4 kWh/kg = 39,4 Mwh/ton = 0,0394 GWh / ton.

4 GW continu = 4 GW * 8760 uur/jaar = 35040 GWh / jaar = (35040 GWh / jaar) / (0,0394 GWh / ton.) = 0,89 Mton waterstof/jaar.

Grootte van het extra windpark op zee dat nodig is om 4 GW aan waterstof te produceren.

De pretentie van het Waterstofpact is, dat er tijdens de uitvoering van de plannen in 2021-2030 extra capaciteit aan windturbines wordt geplaatst om aan de grote vraag naar elektriciteit voor de electrolyzers te voldoen. Gezien de ruimtelijke problemen bij windenergie is het evident dat deze extra capaciteit op zee zal worden geplaatst.

Uitgangspunten in de berekening: rendement electrolyse: 80%; capaciteitsfactor wind op zee: 40%.

Om 4 GW aan waterstof te produceren hebben we 4 GW/ 80% = 5 GW aan elektriciteit nodig, volcontinu, dus 365 x 24 = 8760 uren per jaar.

Aangezien windturbines op de Noordzee gemiddeld slechts 40% van hun piekvermogen leveren, moeten we 5 GW/40% = 12,5 GW aan piekvermogen plaatsen op de Noordzee. Dit is een veld van 1250 windturbines met ieder een piekvermogen van 10 MW. Ruwweg komt dit neer op een verdubbeling van de huidige bouwplannen voor nieuwe windparken.

Besparing aan Nederlands gasverbruik als de stroom van dat 12,5 GW windpark niet voor waterstofproductie wordt gebruikt, maar aan het elektriciteitsnet wordt geleverd:

Uitgangspunten: De kolencentrales zijn gestopt. De kerncentrale draait nog wel. Windturbines en zonnepanelen draaien maximaal, gegeven de weersomstandigheden. Geen in/export met het buitenland. De marginale stroom wordt geleverd door gascentrales. Dit is de verwachte situatie t/m 2030, en waarschijnlijk ook nog tot 2035. Volgens het Klimaatakkoord moeten windturbines en zonnepanelen in 2030 70% van de in Nederland verbruikte elektriciteit leveren. De rest wordt geleverd door gascentrales (en de kerncentrale van Borssele).

Als het 12,5 GW windpark wordt aangekoppeld, wordt er gemiddeld 12,5 *40% = 5 GW continu op het net gezet. Er wordt dus 5 GW * 8760 uur/jaar = 43800 GWh / jaar aan elektriciteit geleverd.

⁶ Alle data zijn afkomstig van algemeen toegankelijke bronnen, meestal Wikipedia.

Er wordt daarmee in de gascentrales $43800 / 50\% = 87600$ GWh / jaar aan (verbrandingswaarde van) aardgas bespaard; het rendement van de gascentrale is immers 50%.

Verbrandingswaarde van aardgas (= methaan) = 55 MJ/kg.

1 kWh = 3,6 MJ; 1 MJ = 0,278 kWh

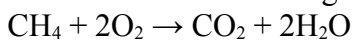
Verbrandingswaarde van aardgas (= methaan) = $55/3,6 = 15,3$ kWh/kg.

1 ton aardgas = 1000 kg levert 15300 kWh = 15,3 MWh = 0,0153 GWh/ton

De besparing aan aardgas door het windpark is $87600 \text{ GWh / jaar} / 0,0153 \text{ GWh/ton} = 5,73$ Mton/jaar.

Verlaging van de Nederlandse CO₂-uitstoot als de stroom van dat 12,5 GW windpark niet voor waterstofproductie wordt gebruikt, maar aan het elektriciteitsnet wordt geleverd:

De chemische reactievergelijking van aardgasverbranding:



16 + 64 = 44 + 36 (dit zijn de molecuulmassa's)

De CO₂-uitstootvermindering door het windpark is $5,73 \text{ Mton/jaar} * 44/16 = 15,8$ Mton/jaar.

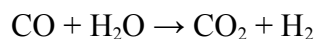
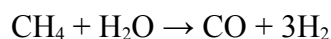
Dit is het heilzame effect van een windpark op zee met piekvermogen 12,5 GW.

Hoeveelheid aardgas die nodig is om 4 GW/jaar aan (verbrandingswaarde van) grijze waterstof te produceren.

Het Waterstofpact omvat vele nuttige en milieuvriendelijke toepassingen van waterstof. Het maakt hierbij niets uit of de waterstof groen, "groen", grijs of blauw is. Die bijvoegelijke naamwoorden hebben alleen maar betrekking op de wijze waarop de waterstof geproduceerd is. Waterstof = waterstof. Een aantal van deze toepassingen, zoals de benutting van waterstof als brandstof voor schepen, vrachtauto's en vliegtuigen, kunnen ook zinvol worden uitgevoerd met grijze waterstof.

Met 4 GW heb je de beschikking 0,89 Mton waterstof/jaar.

We gaan nu deze hoeveelheid waterstof produceren op de standaardmanier, met steam reforming:



gecombineerd: $\text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 4\text{H}_2$

De molecuulmassa's: 16 + 36 = 44 + 8

We hebben dus $0,89 * (16/8) = 1,78$ Mton/jaar aardgas nodig om 0,89 Mton waterstof/jaar te produceren.

De energie-efficiency van het steam reforming proces is 70%.

Als alle energie uit aardgas komt, dan wordt het totale aardgasverbruik 2,54 Mton/jaar aan totaal

aardgasverbruik.

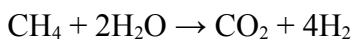
De CO₂ die hierbij vrij komt is $2,54 * (44/16) = 7,0$ Mton/jaar.

In Nederland wordt waterstof voornamelijk gebruikt als halffabrikaat in de chemische industrie.

De huidige Nederlandse (grijze) waterstofproductie bedraagt 8 miljard m³/jaar = 0,66 Mton/jaar. Het Waterstofpact wil de Nederlandse waterstofproductie dus meer dan verdubbelen.

Hoeveelheid aardgas die nodig is om 4 GW/jaar aan (verbrandingswaarde van) blauwe waterstof te produceren.

Blauwe waterstof is waterstof dat met steam reforming wordt geproduceerd, waarvan de netto chemische reactie is:



We gaan nu een extra actie ondernemen, nl. 90% van de CO₂ afvangen, comprimeren en definitief opslaan in de lege aardgasvelden onder de Noordzee. Het resultaat is dus dat de CO₂-uitstoot geen 7,0 Mton/jaar bedraagt, maar slechts 0,7 Mton/jaar. Dit CCS proces vergt wel extra energie, laten we aannemen 10% extra. We hebben dus geen 2,54 Mton/jaar aardgas nodig, maar 2,8 Mton/jaar. Blauwe waterstof is een belangrijk onderdeel van het Porthos Project ⁷

Vergelijking van vijf scenario's.

We gaan nu 5 scenario's met elkaar vergelijken:

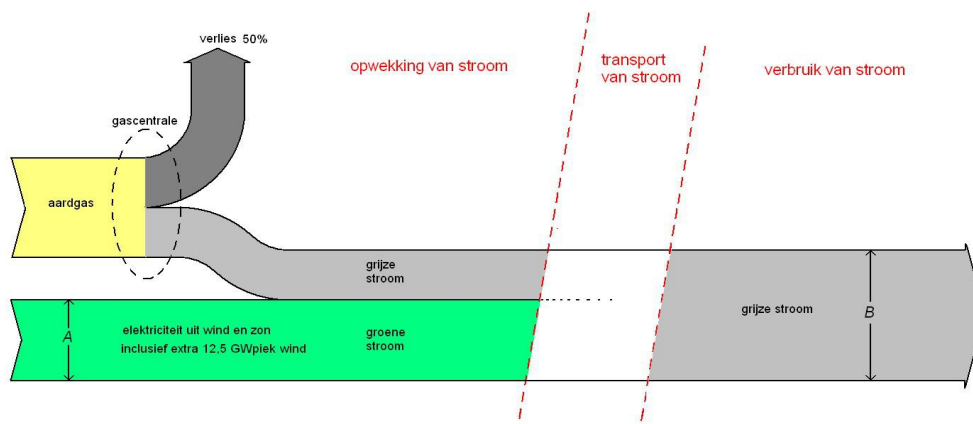
1. Het referentiescenario: De bouw van windparken met 12,5 GW piekvermogen, en verder niets.
2. Het Waterstofpact project = 12,5 GW wind + 0,89 Mton “groene” waterstof/jaar.
3. Alternatief 1 = 12,5 GW wind + 0,89 Mton grijze waterstof/jaar.
4. Alternatief 2 = 12,5 GW wind + 0,89 Mton blauwe waterstof/jaar.
5. Alternatief 3 = 12,5 GW wind + 0,89 Mton groene waterstof/jaar.

We berekenen bij ieder scenario de hoeveelheid aardgas dat verbrand wordt en de hoeveelheid CO₂ die wordt uitgestoten.

1. Referentiescenario.

Dit scenario bestaat uit het onderdeel van het waterstofpact dat voorziet in de bouw van de extra windparken die nodig zijn om de electrolyzers te voeden. Deze windparken moeten een gezamenlijk piekvermogen van 12,5 GW hebben. Het 12,5 GW windpark verbruikt uiteraard geen aardgas, en er wordt natuurlijk ook geen CO₂ uitgestoten. Alle stroom uit het windpark wordt op het elektriciteitsnet gezet, zie figuur 1.

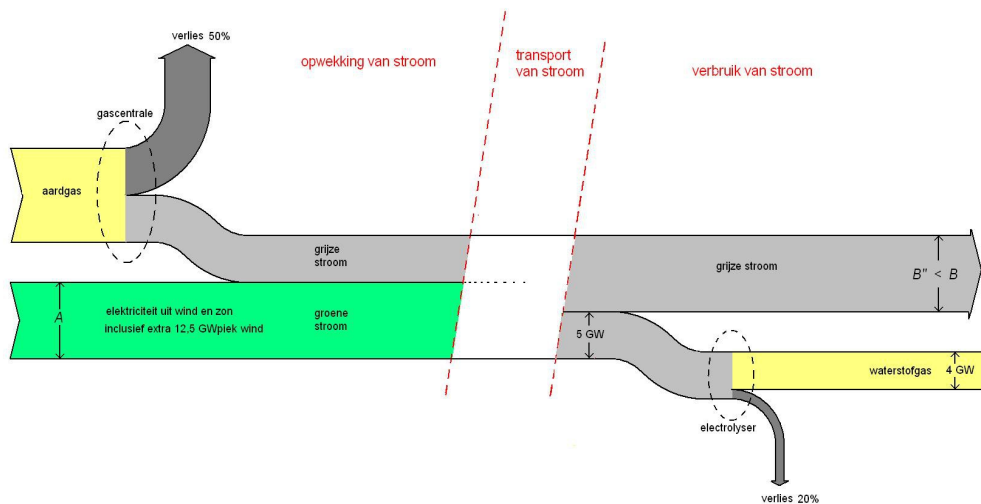
⁷ <https://www.porthosco2.nl>



Figuur 1. Sankey-diagram van het Referentiescenario. De totale hoeveelheid beschikbare duurzaam opgewekte elektriciteit uit windparken op land en op zee, zonnepanelen, en ingevoerde duurzame elektriciteit (uit zonnecentrales in Zuid-Europa en Noord-Afrika) is A GW. A hangt af van eerder genomen investeringen en van de momentane weersituatie, en wordt gedurende deze beschouwing constant genomen, d.w.z. onafhankelijk van de actie: wel of geen electrolyzers inschakelen. Het Nederlandse stroomverbruik (zonder electrolyzers) bedraagt B GW, en wordt ook constant gehouden in dit betoog. Omdat $B > A$ moeten er gascentrales bijspringen om aan de Nederlandse stroombehoefte te voorzien.

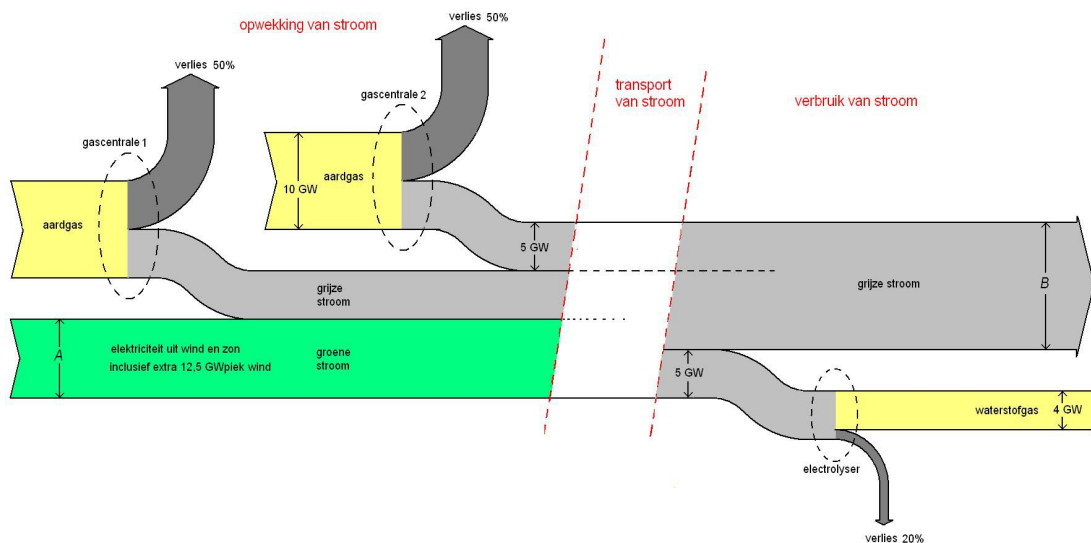
2. Waterstofpact (“groene” waterstof)

Dit is de volledige uitvoering van het Waterstofpact, dus niet alleen de bouw van de windparken van 12,5 GW piek, maar ook de inschakeling van de electrolyzers. Om 4 GW aan waterstof te produceren is 5 GW stroom nodig. Zoals in Appendix B is uitgelegd is deze stroom per definitie grijs, want het betreft het verbruik van stroom uit een netwerk dat deels gevoed wordt uit fossiele centrales, zie figuur 2.



Figuur 2. Sankey-diagram van het Waterstofpact. De electrolyzers worden ingeschakeld, en verbruiken 5 GW grijze stroom.

Er is nu een probleem. Voor de andere stroomgebruikers is nu opeens 5 GW minder elektriciteit beschikbaar. De netbeheerder is daarom genoodzaakt om extra vermogen, nl. 5 GW op het net te zetten uit de enige bron die beschikbaar is, nl. gascentrales, zie figuur 3.



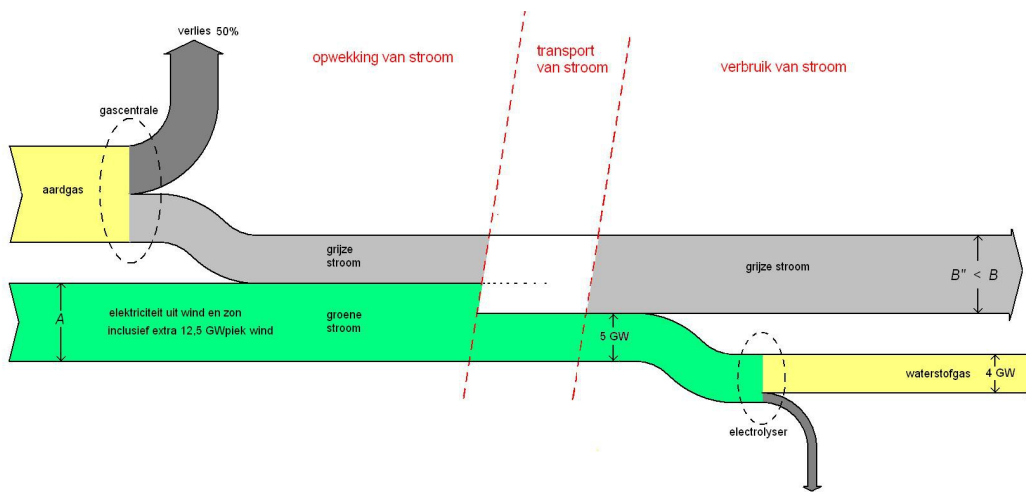
Figuur 3. Sankey-diagram van het Waterstofpact. Er worden gascentrales met een gezamenlijk vermogen van 5 GW ingeschakeld om de stroomtoevoer aan de rest van Nederland te herstellen.

Het effect van de bijgeplaatste gascentrales is groot. Het extra gasverbruik is 5,73 Mton/jaar, en de extra CO₂-uitstoot 15,8 Mton/jaar.

Het resultaat: Aardgasverbruik: 5,73 Mton/jaar
CO₂-uitstoot: 15,8 Mton/jaar.

De energieinhoud van het extra benodigde aardgas is 10 GW. De energieinhoud van het geproduceerde waterstof is 4 GW. Het verschil tussen het Waterstofpact, figuur 3, en het referentiescenario, figuur 1, is dat er 6 GW aan waardevol energie-gas wordt vernietigd. Dit is ongeveer 10% van het totale energieverbruik van Nederland.

Het consortium van energiemaatschappijen, milieuorganisaties en lokale overheden kan deze ongemakkelijke waarheid moeilijk erkennen, en zoekt een toevlucht in retoriek, zie figuur 4.

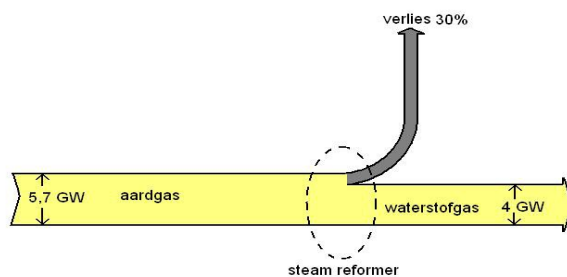


Figuur 4. De retorische truc van het Waterstofpact. Net doen alsof er een rechtstreekse verbinding zal komen tussen de 12,5 GW windparken en de electrolyzers, en staalhard ontkennen dat er 5 gascentrales van ieder 1000 MW moeten worden bijgeplaatst.

3. Alternatief 1 (grijze waterstof)

Het referentiescenario wordt nu niet aangevuld met electrolyzers voor waterstofproductie, maar met steam reforming fabrieken die even veel waterstof produceren, zie figuur 4. Om 0,89 Mton grijze waterstof/jaar te produceren wordt er 2,54 Mton/jaar aardgas verbruikt en wordt er 7,0 Mton/jaar CO₂-uitgestoten.

Het resultaat: Aardgasverbruik: 2,54 Mton/jaar
CO₂-uitstoot: 7,0 Mton/jaar.



Figuur 4. Sankey-diagram van de productie van grijze waterstof.

4. Alternatief 2 (blauwe waterstof)

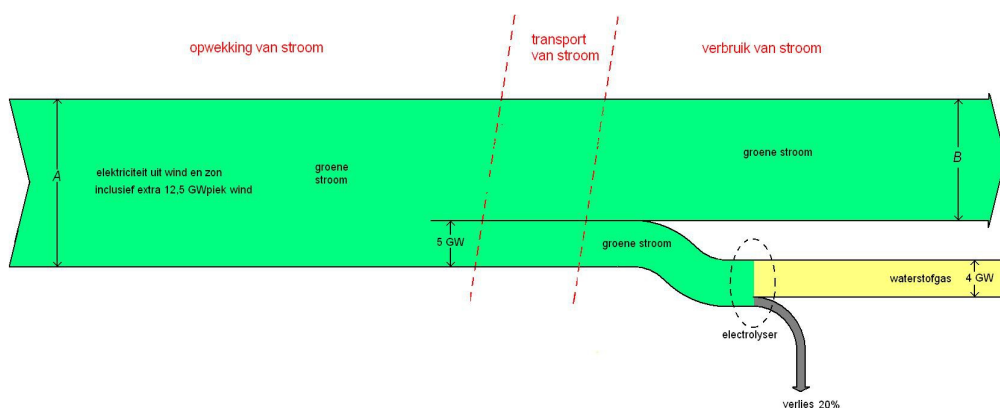
De steam reforming fabrieken van Alternatief 1 worden aangevuld met installaties waarmee 90% van de CO₂ wordt afgevangen en opgeslagen (CCS). Vergeleken met Alternatief 1 stijgt het aardgasverbruik met 10%.

Het resultaat: Aardgasverbruik: 2,8 Mton/jaar
CO₂-uitstoot: 0,7 Mton/jaar.

5. Alternatief 3 (groene waterstof)

Deze situatie treedt op bij een structurele overcapaciteit aan hernieuwbare energiebronnen. Er wordt uitsluitend groene stroom geproduceerd, en alle stroom die wordt verbruikt is automatisch ook groen. De electrolyzers worden gevoed uit het 12,5 GW windpark, zie figuur 5. Als de electrolyzers worden uitgeschakeld zou het windpark worden stilgelegd omdat er geen vraag is naar die stroom, wegens een overaanbod van groene stroom op het net.

Het resultaat: Aardgasverbruik: 0 Mton/jaar
CO₂-uitstoot: 0 Mton/jaar.



Figuur 5. Sankey-diagram van de ideale situatie: productie van groene waterstof. Als de electrolyzers zouden worden gestopt, dan zouden windturbines en zonnepanelen worden afgeschakeld (curtailment). De stroomkosten van de electrolyzers zijn dus vrijwel nihil. In het huidige bouwtempo van windparken en zonnenvelden zal het echter tot ver na 2030 duren voordat deze ideale situatie bereikt is.

Tabel 1 geeft de samenvatting.

Tabel 1. Samenvatting: Aardgasverbruik en CO₂-uitstoot bij 5 scenario's

Scenario →	1	2	3	4	5
	referentie-scenario	Waterstofpact	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3
	12.5 GWatt piek aan wind op zee plaatsen. Geen waterstof	12.5 GWatt piek aan wind op zee + 0,89 Mton/jaar “groene” waterstof	12.5 GWatt piek aan wind op zee + 0,89 Mton/jaar grijze waterstof	12.5 GWatt piek aan wind op zee + 0,89 Mton/jaar blauwe waterstof	12.5 GWatt piek aan wind op zee + 0,89 Mton/jaar groene waterstof
aardgasverbruik (Mton/jaar)	0	5,7	2,5	2,8	0
CO ₂ -uitstoot (Mton/jaar)	0	15,8	7,0	0,7	0

Het is evident dat Alternatief 5, werkelijk groene waterstof, de beste oplossing is. Maar aan de cruciale voorwaarde, een overschot aan aanbod van groene stroom, wordt helaas nog lange tijd niet voldaan. Het is dus evident dat verhoging van het investeringstempo in windenergie en zonne-energie de allerhoogste prioriteit in de Nederlandse klimaatpolitiek moet krijgen.

Volgens het Klimaatakkoord zal in 2030 70% van de Nederlandse elektriciteit een duurzame oorsprong hebben (dus groen geproduceerde stroom zijn), en 30% niet duurzaam zijn (dus grijze stroom). Het continu bedrijven van electrolyzers, zoals het Waterstofpact voorstaat, kolom 2, resulteert dan in een waterstofproductie die twee keer zo vervuilend is dan de conventionele productie van grijze waterstof, kolom 3.

Merk op dat het in de vergelijking tussen de kolommen 2, 3 en 4 niets uitmaakt of de bouw van een extra windpark deel uitmaakt van het plan. “groene” waterstof, nep-groene waterstof, is nog lange tijd altijd vervuilender dan grijze waterstof. En blauwe waterstof is dus nog lange tijd de beste keus.

Alternatief 2 verdient de voorkeur verdient boven het Waterstofpact en Alternatief 1.

Een ander alternatief is de invoer van “groene” waterstof uit zonnige landen, waar de elektriciteit wordt opgewekt met zeer goedkope zonne-stroom. Maar, helaas, ook in die landen is “groene” waterstof vervuilender dan grijze waterstof. Er is echter wel een verschil. Juist omdat zonne-energie in die landen zo goedkoop is kan de energietransitie aldaar veel sneller verlopen, en kan er al tegen 2030 in een land als Tunesie sprake zijn van een structureel overschot aan groene stroom, en kunnen electrolyzers aldaar groene waterstof gaan leveren in plaats van “groene” waterstof, en dat waterstof naar Nederland gaan exporteren. Nederland en Europa hebben er een groot belang bij om te gaan investeren in zonne-energie in Noord-Afrika, zoals bepleit in het verkiezingsprogramma van D66.

Het Waterstofpact vergt tot 2025 subsidies van 500 miljoen euro per jaar van de overheid (de belastingbetaler en de stroomconsument). Daarna worden de jaarlijkse subsidiebedragen

waarschijnlijk veel hoger. Dit geld is nodig om de exploitatietekorten van de electrolyzers te compenseren. De deelnemende energiemaatschappijen varen hier wel bij, en gedragen zich hierbij buitengewoon onethisch. Over de motivatie van Greenpeace, Natuur&Milieu en de natuur en milieufederaties om mee te doen aan het vermoedelijk grootste vervuilingsschandaal van dit decennium kun je alleen vermoedens hebben. Het kan stupiditeit zijn.

Appendix E, Politieke en maatschappelijke context.

De in appendix D genoemde feiten zijn op waarheid gecontroleerd door diverse personen met kennis van zaken betreffende de energievoorziening. Dit heeft ertoe geleid dat het definitieve verkiezingsprogramma van D66 voor de Tweede Kamer verkiezingen van maart 2021 een genuanceerd standpunt inneemt betreffende waterstof.

Op de sessie over waterstof tijdens het partijcongres van D66 op 27 februari 2021 gaf prof. Ad van Wijk, de grote voorvechter van de waterstofeconomie, mij min of meer feitelijk gelijk, maar hij stelde dat we het nadeel op de korte termijn moeten zien als een noodzakelijke investering voor de toekomstige duurzame economie. Wij bestrijden dit argument met het feit dat het voor de klimaatverandering heel belangrijk is om de reductie van de CO₂-uitstoot zo snel mogelijk uit te voeren. Een in 2025 vermeden ton CO₂ heeft een veel groter effect van een in 2045 vermeden ton CO₂.

De publiciteit die in binnen- en buitenland wordt gegeven aan het thema groene waterstof is van een zodanige intensiteit dan men kan spreken van een hype. De oliemaatschappijen en de olie- en gasexporterende landen hebben er een groot belang bij dat de huidige megalomane plannen worden uitgevoerd, zie Tabel 1. Zie ook het megalomane NEOM project in Saoedi-Arabie, waarin “groene” waterstof een hoofdrol speelt ⁸. En de opwarming van de Aarde neemt daardoor extra toe.

Het is van het grootste belang dat in het regeerakkoord prioriteit wordt gegeven aan de **opwekking** van duurzame energie, en minder aan zg. vergroening van het **verbruik** van duurzaam opgewekte elektriciteit. Meer concreet: geef uitvoering aan het ambitieuze plan van D66 om 6000 windturbines op zee te plaatsen, en minder op het “van het gas af” programma. En bovenal: ontwikkel blauwe waterstof, en beperk “groene” waterstof tot onderzoeksprojecten.

Als een komende regering gaat besluiten om vele miljarden te gaan verspillen aan een programma dat de nationale CO₂-uitstoot gaat verhogen in plaats van verlagen, dan is dat regelrecht in strijd met letter en geest van het klimaatverdrag van Parijs. Een dergelijk schandaal mag nooit gebeuren.

Voor verdere toelichting en correspondentie over dit onderwerp:

Evert van Voorthuysen
Dr.E.H. du Marchie van Voorthuysen,
Hildebrandlaan 29, 9752ET Haren,
voorthuysen@gezen.nl
06-51635345

⁸ <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-03-07/saudi-arabia-s-plan-to-rule-700-billion-hydrogen-market>