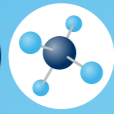


2050: twee CO₂-neutrale wegen naar Parijs

Wind op zee 105 GW

Moleculen



Aardgas CO₂
1.943 PJ
Blauwe waterstoffabriek (ATR centrale)
AANBOD
VRAAG

In dit scenario is er groei van wind en zon, maar modelmatig minder dan in het elektronenscenario. Zo zijn er geen zonneweiden voorzien en het windpark groeit hier tot de toekomstige piekvrage, maar niet hoger. De basis voor de waterstof in dit scenario is splitsing van (geïmporteerd) aardgas in (blauwe) waterstof en koolstofdioxide. Dit is afvang van CO₂ vooraf. Deze CO₂ wordt direct off-shore in oude gasvelden ondergronds opgeslagen. De blauwe waterstof is de nieuwe CO₂-vrije gasvormige energiedrager, vervoerd via een aangepast gasnet. Daarnaast is er groen gas uit binnenlandse biomassa, zoals in het elektronenscenario.

Sectoren
De elektrificatie in de industrie is hier minder groot en vooral gefocust op warmtepompen en stoomrecompressie. Daarnaast draait de industrie vooral op blauwe CO₂-vrije waterstof. De gebouwde omgeving is all-electric in nieuwbouw, terwijl de bestaande bouw wordt voorzien van hybride warmtepompen die grotendeels elektrisch zijn, maar waarbij groen gas wordt ingezet voor de winterpiek. Er wordt een beperkte groei van warmtenetten verondersteld (in beide scenario's); dit is niet zozeer een keuze, maar bedoeld om uiterste systeemconsequenties te laten zien. Voor transport en mobiliteit geldt dat alle personenauto's elektrisch zijn. Het langeafstands-wegtransport is op waterstof; het lokale transport is deels elektrisch en deels op waterstof. De landbouw ziet in beide scenario's een sterke groei in geothermie. Uitkomsten molecuulenscenario:
• De totale elektrische piekvrage is 26 gigawatt tegenover 16 gigawatt in 2016.
• Totaal opgesteld elektrisch vermogen (duurzaam plus waterstofgascentrales) is 79 gigawatt.

Met deze uitgangspunten zijn de totale jaarlijkse energiekosten voor dit scenario geraamd op 31 miljard euro per jaar.

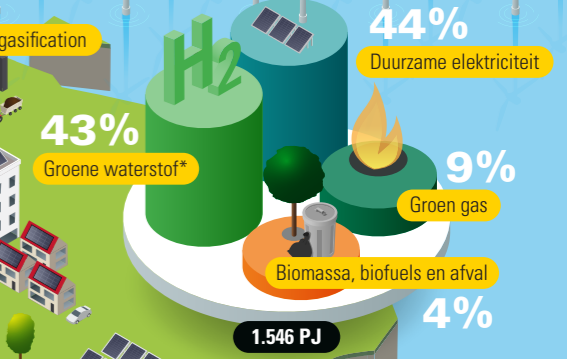
Scoping
N.B. Deze scenario's zijn globaal en bedoeld voor discussiedoeleinden, ter illustratie van de uiterste systeemconsequenties van verschillende paden voor verduurzaming en decarbonisering. Het is niet bedoeld om te hoeven kiezen voor het ene of het andere scenario; er zijn tal van tussenliggende mogelijkheden, zowel parallel als ontwikkeling in de tijd. Andere uitgangspunten kunnen resulteren in andere uitkomsten van de scenario's. Naast het elektronen- en molecuulenscenario onderzoekt Berenschot de mogelijkheid om een warmte-scenario op te stellen als derde variant.

* Elektriciteit dan wel aardgas voor waterstofproductie

Waterstof de sleutel

De toekomst ligt waarschijnlijk ergens tussen deze twee scenario's in. De scenario's sluiten elkaar niet uit en hebben deels dezelfde infrastructuur. Combinaties zijn goed denkbaar, maar waterstof is daarbij wel de sleutel. Als je dat wilt, zou dat het volgende betekenen: zo weinig mogelijk CCS bij de schoorsteen achteraf (post-combustion) en zo veel mogelijk CCS dicht bij de bron vooraf (pre-combustion), want die laatste route gaat via waterstof. Op deze manier worden de beide scenario's compatibel, waarbij alleen de bron verschilt (groen of blauw). Beiden maken gebruik van dezelfde waterstofinfrastructuur (ombouw huidige gasinfra). Het ene scenario kan bijvoorbeeld overgaan van moleculen naar elektronen: eerst snel inzetten op waterstofinfrastructuur met blauwe waterstof, op de langere termijn (na kostendaling van wind en elektrolyse) overgaan op grootschalige duurzame opwekking. In beide scenario's is CO₂-vrij gas de sleutel om CO₂ te reduceren in alle verschillende sectoren en tevens is het de sleutel voor een volledig CO₂-vrije elektriciteitsvoorziening met gegarandeerde levering, ook zonder wind en zon.

Elektronen



1.546 PJ
Zonneparken 34 GW
H₂ netwerk

De basis in dit scenario is zonne- en windenergie. Zo zijn er veel PV-zonneweiden en is er een groot vermogen (ruim 100 gigawatt) wind op zee: zevenmaal de huidige piekvrage van elektriciteit. Een deel van deze duurzame stroom wordt met elektrolyse omgezet in groene waterstof. Dit wordt (via opslag) ingezet in waterstofcentrales die elektriciteit produceren op de wind- en zonloze momenten. Verder wordt waterstof ingezet voor industriële proceswarmte en de staalindustrie. Er is in beide scenario's uitgegaan van groen gas (4 miljard kubieke meter) uit binnenlandse biomassa. Biomassa-import is niet verondersteld (in beide scenario's); dit is niet een keuze, maar bedoeld om uiterste systeemconsequenties te laten zien. Verder is er in dit scenario modelmatig geen carbon capture and storage (CCS).

Sectoren
Er is hier uitgegaan van maximale elektrificatie van warmte in de industrie, inclusief elektrische boilers. De gebouwde omgeving wordt voorzien van all-electric warmtepompen. Er wordt een beperkte groei van warmtenetten verondersteld (in beide scenario's); dit is niet zozeer een keuze, maar bedoeld om uiterste systeemconsequenties goed te laten zien. Voor transport en mobiliteit geldt dat alle personenauto's elektrisch zijn. Het langeafstands-wegtransport is op waterstof, maar lokaal transport is elektrisch. De landbouw ziet in beide scenario's een sterke groei in geothermie. Uitkomsten elektronenscenario:
• De elektrische piekvrage is 42 gigawatt tegenover 16 gigawatt in 2016.
• Totaal opgesteld elektrisch vermogen (duurzaam, voornamelijk wind op zee, plus waterstofgascentrales) is 217 gigawatt.

Met deze uitgangspunten zijn de totale jaarlijkse energiekosten voor dit scenario geraamd op 45 miljard euro per jaar.

Uitgebreide rapportage te vinden op www.berenschot.nl; Berenschot (2018), Elektronen en/of moleculen: twee transitiepaden voor een CO₂-neutrale toekomst.

