

# System analyses of transition routes to advanced fossil fuel utilisation with CO<sub>2</sub> capture and storage

**Dr. K.J. Damen, Universiteit Utrecht**  
**i.s.m. Technische Universiteit Delft, Universiteit Leiden en CATO (nationaal programma voor CO<sub>2</sub>-afvang, -transport en -opslag)**  
**Onderdeel van 'Transition to sustainable use of fossil fuels'**

## Aanleiding

In dit onderzoek worden de technische mogelijkheden, kosten en risico's van CO<sub>2</sub> afvang en ondergrondse opslag (CCS) in kaart gebracht met het doel om systemen te vergelijken, veelbelovende opties te identificeren en te bepalen welke rol CCS kan spelen in het reduceren van CO<sub>2</sub> emissies in Nederland.

Om deze vragen te beantwoorden, wordt onder meer onderzoek gedaan naar:

- de rendementen en kosten van beschikbare technologieën voor elektriciteits- en waterstofproductie met CCS en de vooruitzichten inzake nieuwe technologische ontwikkelingen;
- de ruimtelijke verdeling en beschikbaarheid van CO<sub>2</sub> bronnen en reservoirs, welke de basis vormt van mogelijke CO<sub>2</sub> infrastructuurconcepten;
- de perspectieven van zogenaamde 'early opportunities', waarin pure CO<sub>2</sub> bronnen worden gecombineerd met nabij gelegen reservoirs waarin CO<sub>2</sub> tegen lage kosten kan worden opgeslagen;
- de opslag capaciteit van verschillende reservoirs, alsmede de factoren die de beschikbare capaciteit beïnvloeden, in het bijzonder de risico's van ondergrondse CO<sub>2</sub> opslag;
- het CCS potentieel in verschillende Nederlandse sectoren tot en met 2050.

## Resultaten

### CO<sub>2</sub> afvang

- De elektrische rendementen van 'state-of-the-art' kolen- en gasgestookte centrales met CO<sub>2</sub> afvang zijn respectievelijk 32-35% en 47%. De kosten van elektriciteitsproductie zijn geschat op 5-7 €/ct/kWh en de mitigatie kosten versus een identieke centrale zonder CO<sub>2</sub> afvang liggen tussen de 15 en 50 €/t CO<sub>2</sub> (exclusief transport en opslag).
- Op de lange termijn kunnen geavanceerde technieken op basis van vergassing, brandstofcellen, nieuwe turbines en membranen de huidige rendementen met zo'n 30-40% verbeteren. Mitigatie kosten kunnen mogelijk gereduceerd worden tot 10-40 €/t CO<sub>2</sub>.
- Voor kolengestookte centrales lijkt de KV-STEG de meest veelbelovende optie voor CO<sub>2</sub> afvang. Voor gasgestookte centrales liggen de rendementen van de verschillende CO<sub>2</sub> afvang strategieën erg dicht bij elkaar. Doordat er bovendien grote onzekerheid bestaat over (kapitaals)kosten kan er geen echte 'winnaar' worden aangewezen.
- In Nederland is het grootste afvang potentieel in elektriciteitssector: in 2020 wordt het geschat op 11-14 Mt CO<sub>2</sub>/jr (exclusief retrofit) en in 2050 zou 60-84 Mt CO<sub>2</sub>/jr vermeden kunnen worden in een scenario waarbij de elektriciteitsproductie verdubbelt.
- Om de Nederlandse CO<sub>2</sub> emissies in 2020 te reduceren met ten minste 15% t.o.v. 1990 moet CO<sub>2</sub> afvang worden toegepast bij de poederkool centrales die na 2010 in bedrijf komen.
- Indien strengere doelstellingen worden nagestreefd voor 2020 (20-30% reductie tov 1990) kunnen bestaande poederkoolcentrales worden uitgerust met CO<sub>2</sub> afvang. Door de meest efficiënte poederkoolcentrales te retrofitten met chemische absorptie units kan jaarlijks 13 Mt CO<sub>2</sub> worden vermeden tegen kosten rond 40 €/t CO<sub>2</sub>.

- De pure industriële CO<sub>2</sub> bronnen (waterstof, ammonia en ethyleenoxide productie, en aardgas zuivering), bieden een bijdrage van 2.5 Mt/jr.
- Door CO<sub>2</sub> af te vangen bij grote industriële bronnen kan circa 14 Mt CO<sub>2</sub> worden vermeden, waarvan ten minste 3 Mt/jr in staal productie, 4.5 Mt/jr in etheen productie en 6 Mt/jr in boilers en fornuizen op raffinaderijen. Kosten liggen tussen de 15 en 65 €/t CO<sub>2</sub>.
- H<sub>2</sub> (geproduceerd door aardgas reformen of kolenvergassing met CCS) en Fischer-Tropsch diesel (geproduceerd door kolen+biomassa vergassing met CCS) kunnen een groot potentieel bieden voor emissiereductie in de transport sector na 2030 (>10 Mt CO<sub>2</sub>/jr). De additionele kosten voor CO<sub>2</sub> afvang zijn marginaal. Echter, de mitigatiekosten voor het vervangen van conventionele systemen op benzine of aardgas voor brandstofcellen gevoed met waterstof uit fossiele brandstoffen met CCS zijn hoog in vergelijking met het toepassen van CCS in de elektriciteitssector.

### *CO<sub>2</sub> transport*

Afhankelijk van de emissiereductie doelstellingen en de timing en locatie van CO<sub>2</sub> bronnen en reservoirs zijn directe pijpleidingen nodig of grote leidingen om verschillende (clusters van) bronnen en reservoirs te verbinden. Investerings zijn geraamd tussen de 10<sup>7</sup> Euro voor relatief korte '1-op-1' leidingen en 10<sup>9</sup> Euro voor lange grote transmissie leidingen die CO<sub>2</sub> van meerdere bronnen vervoeren.

### *CO<sub>2</sub> opslag*

- Nederland heeft een groot technisch opslag potentieel in geologische reservoirs (>11 Gt CO<sub>2</sub>). De bulk van dit potentieel komt van het Groningen gasveld, dat mogelijk pas (ver) na 2050 vrij komt. Een kleine 3 Gt CO<sub>2</sub> kan in principe worden opgeslagen in kleinere gasvelden, echter:
  - o Er zijn allerlei factoren (o.a van geologische en geotechnische aard) die het technische potentieel verkleinen. Een belangrijke factor is het risico van CO<sub>2</sub> lekkage door putten, breuken en scheuren.
  - o Indien Nederland zich als gasland wil profileren met een belangrijke rol voor ondergrondse gas opslag (UGS) kan dat tot competitie leiden met CCS. De vraag naar UGS voorzien voor de komende 20 jaar kan mogelijk 13-20% van de huidige capaciteit in onshore gasvelden vereisen.
- In scenario's met hoge CCS penetratie is het mogelijk nodig om CO<sub>2</sub> op te slaan in aquifers, koollagen of reservoirs in het Britse deel van de Bunter formatie in de Noordzee of de Utsira formatie in het Noorse deel van de Noordzee.
- De omringende landen hebben een tekort aan opslag capaciteit en zullen mogelijk gebruik maken van reservoirs in Nederland of de Noordzee.

### **Conclusie**

In 2020 kan in Nederland jaarlijks circa 15 Mt CO<sub>2</sub> worden vermeden dmv CCS. Halverwege deze eeuw is het reductiepotentieel van CCS in de energie en industriële sector en in brandstof productie grofweg 80-110 Mt CO<sub>2</sub>/jr. Daarvan kan 60-80 Mt CO<sub>2</sub>/jr worden vermeden tegen kosten tussen de 10 and 40 €/t CO<sub>2</sub>, inclusief transport en opslag. Daarmee kan CCS mogelijk een grote en relatief goedkope bijdrage leveren aan CO<sub>2</sub> emissiereductie in Nederland. Om dit te realiseren is een heldere en internationaal georiënteerde visie en overbruggingsstrategie nodig om ervoor te zorgen dat de opslagcapaciteit die de komende decennia vrijkomt, kan worden gebruikt voor CO<sub>2</sub> opslag op de middellange termijn.

### **Meer informatie**

Kay Damen, [k.damen@chem.uu.nl](mailto:k.damen@chem.uu.nl), 030-2537645

Meet informatie over de dissertatie (2007) via:

[http://www.nwo.nl/nwohome.nsf/pages/NWOP\\_5WBFY](http://www.nwo.nl/nwohome.nsf/pages/NWOP_5WBFY)