



Onlangs werden in de “Notitie CCS: Aanbevelingen succesvolle en kosteneffectieve implementatie CCS in Nederland” van 2018.06.05, zoals deze in opdracht van Greenpeace is opgesteld door Kalavasta een aantal uitspraken gedaan over CCS. Belangrijkste conclusies van CATO ten aanzien van deze uitspraken zijn:

- Hoewel niet alle beweringen die worden gedaan juist zijn (zie detail opmerkingen hieronder), is het goed dat er (met name door Greenpeace) kritisch naar CCS gekeken wordt.
- De suggestie dat er in Nederland onvoldoende opslagcapaciteit is, klopt niet. Nederland heeft met de huidige ambities van het regeerakkoord nog voor decennia (> 80 jaar) opslagcapaciteit voor CO₂ alleen al met de lege offshore gasvelden (d.w.z. exclusief aquifers en onshore gasvelden).
- De suggestie dat er nog 10.000 jaar na injectie gemonitord moet worden is niet realistisch. Wanneer aangetoond is dat de CO₂ in de ondergrond stabiel is (na 5-10 jaar), is verdere monitoring niet meer nodig. Onderzoek toont aan dat de kans op lekkage afneemt met de tijd.
- Met name in het hoofdstuk “Alternatieven” wordt gesuggereerd dat er een keuze is om de klimaatdoelen te halen zonder CCS, terwijl in praktisch alle scenario’s CCS een significante rol speelt om de klimaatdoelen te bereiken. CCS is (naast Energiebesparing en andere Duurzame opties) nodig om de klimaatdoelen te bereiken, omdat CCS relatief snel, en relatief kosteneffectief grote hoeveelheden CO₂ emissies kan reduceren.
- De CCS-optie negeren is geen optie voor de klimaatdoelstellingen vanwege het beperkte carbon budget dat we hebben als wereld.

Detail opmerkingen:

BLZ 3 Introductie: TE WEINIG KENNIS VOOR RISICO’S: ‘Tegelijkertijd word er relatief weinig aandacht geschonken aan de risico’s, uitdagingen, en ‘uitwerking’ van CCS. Voor andere oplossingen is dit vaak wel gedaan, zoals voor elektrificatie met hernieuwbare energie’.

Er is juist heel veel R&D gedaan naar de risico’s, uitdagingen en uitwerking van CCS. Er zijn honderden miljoenen euro’s geïnvesteerd in CCS research (waarvan > 1 miljard de afgelopen 15 jaar). In Nederland heeft alleen al het Nationaal CCS programma CATO circa 100MEuro R&D gedaan specifiek op deze onderwerpen. Andere landen zoals UK, Noorwegen, US, Canada, Australië, China en landen in het Midden Oosten hebben vergelijkbare of grotere bedragen geïnvesteerd in research. Daarnaast worden alle onderdelen van de CCS keten al op industriële schaal toegepast/gedemonstreerd:

- In Nederland bestaan er reeds CO₂ transport netwerken met enkele 100 km’s aan pijpleidingen. In Nederland is er het OCAP netwerk dat 0,5Mton CO₂ transporteert van Rotterdam naar tuinders in het Westland. Internationaal is er sprake van een CO₂ transport netwerk met een lengte van vele duizenden kilometers. Er wordt jaarlijks >40Mton CO₂ geïnjecteerd voor EOR met name in de US. Er is ervaring met grootschalige CO₂ opslag (1 Mton per jaar) in lopende projecten in Noorwegen (Sleipner, Snovit, beide 1Mton CO₂ injectie per jaar), Weyburn & Illinois. In Nederland is er ervaring met K12B waar sinds 2007 CO₂ wordt geïnjecteerd (ca. 100 Kton totaal). TNO is betrokken bij CO₂ injectieprojecten (Sleipner, Saskpower Canada, Ketzin,



K12B, Hontomin). De risico's omtrent CO₂ opslag zijn uitgebreid onderzocht. Het gasveld P18-4 heeft een opslagvergunning voor CO₂ die voldoet aan de Europese Storage Directive en Nederlandse wetgeving.

- Er zijn tientallen afvanginstallaties die op commerciële schaal CO₂ afvangen. Voor o.a. bier en frisdrankindustrie en andere industriële toepassingen. Deze commerciële fabrieken hebben nu al een afvangcapaciteit in de orde van enkele Mton per jaar (alleen al bij Shell Pernis wordt 1 Mton per jaar afgevangen).
- Opslagcapaciteit in Nederland is uitgebreid onderzocht.

BLZ 3 Introductie: 'Voor CCS lijkt een dergelijke uitwerking te ontbreken en worden veelal enkel de kosten, uitgedrukt.....Dit doet CCS af als een eenvoudige eenzijdige oplossing',

Er zijn weinig voorbeelden van duurzame energieprojecten waarbij energie opslag integraal onderdeel uitmaakt van de oplossing. De kosten voor opslag worden niet meegerekend in de business case voor duurzame energieprojecten. Dit kan omdat het aandeel nog laag is. Het ontbreekt aan een probleemeigenaar voor energie opslag. Deze discussie zal groeien met de groei van het aandeel duurzame energie. Ten opzichte van verschillende opslag technologieën zoals waterstofopslag, compressed air opslag in de ondergrond etc. is CCS juist meer ontwikkeld. Het is waar dat in het verleden de aandacht uitging naar CCS op elektriciteitscentrales en dat deze base load draaien. De aandacht is verschoven naar CCS toepassingen gekoppeld aan industriële bronnen en het produceren van blauwe waterstof voor ondervuring in de industrie. TNO doet onderzoek naar het flexibel inzetten van afvangprocessen omdat deze niet 8000 uur per jaar draaien. Dit is hoge TRL en de meeste processen kunnen flexibel worden ingezet. Natuurlijk is de efficiency beter als processen continu draaien. Dit geldt overigens ook voor installaties voor de opslag van duurzame energie.

BLZ 3-4 Afvang & Compressie: Voor het strippen van de CO₂ is elektriciteit en, voor de meeste afvangmethodes (chemische absorptie en sommige vormen van fysische absorptie en adsorptie), ook warmte nodig.....

Voor het afvangen is voor de meeste methoden warmte nodig, samen met relatief weinig (elektrische) proces energie voor bijvoorbeeld rondpompen.

BLZ 3-4 Afvang & Compressie: Indien deze elektriciteit en warmte niet CO₂-neutraal zijn, wordt het effect van CCS deels tenietgedaan en valt de feitelijke kosteneffectiviteit van CCS lager uit etc.

CO₂ afvangen kost inderdaad energie en leidt dus tot CO₂-uitstoot. Volgens de omslachtige berekening in deze alinea lijkt dit ~18%. Dit betekent 82% klimaatwinst. In de meeste studies worden deze verliezen meegenomen. Tevens wordt er veel onderzoek gedaan om de processen geschikt te maken voor lagere temperaturen, zodat meer energie uit restwarmte gebruikt kan worden.

BLZ 5 Opslag: Met deze stap in de CCS keten heeft men de minste ervaring.'

Er is ontzettend veel onderzoek gedaan naar CO₂ opslag en er zijn in de wereld circa 11 projecten die CO₂ opslaan waarvan 4 grootschalige (~ 1 Mton per jaar). Daarnaast zijn er circa 12 pilotprojecten afgesloten. TNO is betrokken (geweest) bij CO₂ injectie pilots in Nederland (k12B), Duitsland (Ketzin), Recopol (Polen), Spanje (Hontomin), Australie (Otway) en grootschalige projecten zoals sleipner, snovit (Noo) en Weyburn (Canada). Deze projecten zijn gericht op monitoring en risico's van CO₂ opslag. Zoals aangegeven in de inleiding heeft het Nederlandse gasveld P18-4 een opslagvergunning voor de injectie van 1Mton CO₂ per jaar. Er zijn geen grote research gaps ten aanzien van opslag en monitoring van CO₂.

Naast projecten op het gebied van CO₂ opslag wordt er al tientallen jaren meer dan 40Mton CO₂ per jaar geïnjecteerd voor Enhanced Oil recovery. Zie onderstaande lijst. Dit is qua volume 2x de kabinetsdoelstelling. Hoewel het hoofddoel van deze EOR projecten productieoptimalisatie is (meer oliewinning door CO₂ injectie) en circa 20% van de CO₂ weer vrijkomt bij de productie is er veel ervaring opgebouwd met CO₂ injectie, veiligheid & transport, en terug productie, monitoring en reiniging van de CO₂. Dit zijn waardevolle lessen voor CO₂ opslag.



Veld	Land	Startjaar	Type	Scheiding	Mton/year	Toepassing
Sleipner CO ₂ Storage	Norway	1996	Natural Gas Processing	Industrial Separation	1.0	Dedicated Geological Storage
Great Plains Synfuels Plant and Weyburn-Midale	Canada	2000	Synthetic Natural Gas	Industrial Separation	3.0	Enhanced oil recovery
Snøhvit CO ₂ Storage	Norway	2008	Natural Gas Processing	Industrial Separation	0.7	Dedicated Geological Storage
Century Plant	United States	2010	Natural Gas Processing	Industrial Separation	8.4	Enhanced oil recovery
Air Products Steam Methane Reformer	United States	2013	Hydrogen Production	Industrial Separation	1.0	Enhanced oil recovery
Coffeyville Gasification Plant	United States	2013	Fertiliser Production	Industrial Separation	1.0	Enhanced oil recovery
Lost Cabin Gas Plant	United States	2013	Natural Gas Processing	Industrial Separation	0.9	Enhanced oil recovery
Petrobras Santos Basin Pre-Salt Oil Field CCS	Brazil	2013	Natural Gas Processing	Industrial Separation	1.0	Enhanced oil recovery
Boundary Dam Carbon Capture and Storage	Canada	2014	Power Generation	Post-combustion capture	1.0	Enhanced oil recovery
Quest	Canada	2015	Hydrogen Production	Industrial Separation	1.0	Dedicated Geological Storage
Uthmaniyah CO ₂ -EOR Demonstration	Saudi Arabia	2015	Natural Gas Processing	Industrial Separation	0.8	Enhanced oil recovery
Abu Dhabi CCS (Phase 1 being Emirates Steel Industries)	United Arab Emirates	2016	Iron and Steel Production	Industrial Separation	0.8	Enhanced oil recovery
Illinois Industrial Carbon Capture and Storage	United States	2017	Ethanol Production	Industrial Separation	1.0	Dedicated Geological Storage

BLZ 6 opslag in Nederland: *TNO verwacht dat de opslagcapaciteiten naar beneden bijgesteld zullen worden in vervolgstudies'. + In grote gasvelden en zoutformaties kan dus naar schatting maximaal 2,160 Mt opgeslagen worden, bij een maximale totale injectiecapaciteit van 75 Mton per jaar voor maximaal 4 jaar.*

75Mton/jaar x 4 jaar = 300 Mton en niet 2160 Mt(on?). De bedoeling van deze berekening is onduidelijk. Op bladzijde 7 staat een realistischere berekening.

In de nog te verschijnen update van EBN en Gasunie over de transport en opslag roadmap van Nederland is de opslagcapaciteit in Nederland (offshore) juist naar boven bijgesteld van 1200 Mton naar 1700 Mton. Dit gaat om opslag in oude gasvelden.

Gezien de ambitie uit het regeerakkoord: (20 Mton per jaar) kan er 85 jaar CO₂ worden opgeslagen. CCS is een transitie technologie en er zal waarschijnlijk niet 85 jaar lang 20 Mton CO₂ opslag nodig zijn. De opslagcapaciteit in Nederland is dus geen beperkende factor. Daarnaast is er veel meer opslagcapaciteit onshore en in de UK en Noorwegen. Dit gaat om gigatonnen opslagcapaciteit.

De ontwikkeltijd voor grote opslag locaties is inderdaad 5 – 7 jaar. Er is echter al een opslagvergunning voor grootschalige CO₂ injectie verleend en het eerste project kan dus sneller ontwikkeld worden (3 a 5 jaar). Het is dus zaak om tijdig te beginnen met de ontwikkeling van nieuwe grote CO₂ opslag locaties als CCS voor 2030 moet bijdragen aan de klimaatdoelstelling. Deze lange leadtimes zijn nodig voor de ontwikkeling van de opslaglocatie + infrastructuur en voor het doorlopen van de vergunningetrajecten.

BLZ 7 CO₂ bronnen in Nederland: *Hier wordt vermeld dat de totale afvangcapaciteit 75Mton is en dat de Nederlandse velden binnen 25 jaar vol zitten. Vervolgens wordt geconcludeerd dat dit geen oplossing kan zijn.*

Er zijn geen scenario's die uitgaan van 75Mton CCS per jaar. 10 jaar geleden ging de overheid uit van 20 tot maximaal 40Mton per jaar voor een transitieperiode. Het regeerakkoord gaat uit van ~ 20 Mton per jaar. De berekening hierboven laat zien dat er dan voor opslagcapaciteit is voor 85 jaar. Dit is exclusief mogelijke opslag in aquifers en eventueel on-shore. De opslagcapaciteit is voor de transitieperiode voorlopig geen beperking.

BLZ 7 CO₂ bronnen in Nederland: *Met de huidige kennis impliceert deze simpele berekening twee zaken: de huidige CO₂-uitstoot kan onvoldoende met alleen CCS beperkt worden voor onze nationale doelstellingen, en*



Hoewel deze simpele berekening niet (meer) klopt (zie hierboven), is het correct dat CCS alleen niet voldoende is om de klimaatdoelstellingen te bereiken. CCS heeft echter wel de potentie om relatief snel en kosteneffectief een significante CO₂ emissiereductie te bewerkstelligen. Tevens is CCS voor sommige industrieën het enige realistische alternatief. Bovendien zijn met CCS ook negatieve emissies te realiseren.

Praktisch alle scenario's laten zien dat Energiebesparing, Duurzame Energie en CCS nodig zijn om de klimaatdoelen te bereiken. En de meeste scenario's geven ook aan dat negatieve emissies noodzakelijk zullen zijn.

***BLZ 7 CO₂ bronnen in Nederland:** CCS kan niet aanwezig zijn in een eindbeeld daar (Nederlandse) opslagcapaciteit eindig is.*

Uiteindelijk is de opslagcapaciteit eindig en hopelijk hebben we CCS zo snel mogelijk niet meer nodig. Bovenstaande berekening laten gelukkig zien dat de (Nederlandse) opslagcapaciteit voorlopig ruim voldoende is. Tevens is in o.a. Noorwegen nog voldoende opslagcapaciteit beschikbaar.

***BLZ 8 Huidige projecten:** Het is waar dat er 4 grootschalige projecten zijn die gericht zijn op geologische opslag en alle andere projecten zich richten op EOR. Het doel van deze projecten is extra olie productie d.m.v. extra CO₂ injectie. Dit gebeurt op grote schaal en al tientallen jaren. Circa 20 – 30% van de CO₂ komt weer vrij bij de productie.*

Zie boven. Er zijn voldoende demo en pilotprojecten van injectie tot decommissioning. Ook de EOR projecten zijn waardevol voor kennisontwikkeling omtrent CO₂ opslag. TNO is betrokken geweest bij Ketzin (Duitsland) waarbij CO₂ is geïnjecteerd, en na uitgebreide monitoring de site inmiddels is gesloten en de verantwoordelijkheid is overgedragen aan de overheid. Om de verantwoordelijkheden over te dragen moet worden aangetoond dat de CO₂ zich heeft verspreid zoals de modellen hebben voorspeld en er een stabiele veilige situatie is bereikt. Geologische modellen over verspreiding en gedrag zijn in dit project gevalideerd. Zelfde technieken zijn toegepast op andere locaties zoals Sleipner, Snovit, Otway en ook K12B in Nederland. In deze pilotprojecten (circa 100 Kton opslag) is er ontzettend veel kennis en ervaring opgedaan met monitoring en het voorspellen van het gedrag en verspreiding van de ondergrond. De liabilities zijn inmiddels overgedragen aan de Duitse overheid.

***BLZ 8:** Verder wordt de aldus verkregen olie na verdere verwerking bij gebruik verbrand. Zo is de netto CO₂ besparing al gauw minder dan 50% voor elke ton CO₂ die onder de grond blijft.*



Hier wordt gesuggereerd dat EOR nauwelijks klimaatwinst oplevert en dat is ook meestal niet het doel van EOR. Echter de olie wordt toch geproduceerd, omdat daar vraag naar is (onafhankelijk van EOR). We kunnen dus zeggen dat olieproductie mét EOR beter is voor het klimaat dan olieproductie zonder EOR. Bovendien is er door EOR veel kennis opgedaan over CO₂ opslag.

BLZ 8 Kosten Quest project 97 Euro per ton:

Dit is een grootschalig demo project. Doel is kostenreductie van de CCS. Door economies of scale zullen de transport en opslag kosten dalen. Verder moeten de afvang kosten dalen in de toekomst.

BLZ 9: Monte-Carlo simulatie laat zien dat er een kans van 50% is dat over een periode van 10.000 jaar cumulatief 4% lekt uit een goed gereguleerd opslagreservoir.

Uit de aangehaalde publicatie blijkt dat hiermee CO₂ opslag een factor 100 beter is dan wat experts nodig achten om het een klimaat-effectieve maatregel te maken. Verder stelt het artikel dat de kans op lekkage naar de atmosfeer afneemt in de tijd; de kans op lekkage in de volgende periode van 10.000 jaar is dus veel kleiner. Zie hiervoor onder andere ook het onlangs in Nature verschenen artikel:

Estimating geological CO₂ storage security to deliver on climate mitigation. Juan Alcalde, Stephanie Flude, Mark Wilkinson, Gareth Johnson, Katriona Edlmann, Clare E. Bond, Vivian Scott, Stuart M.V. Gilfillan, Xènia Ogaya & R. Stuart Haszeldine.

BLZ 10: monitoring kosten van het Sleipner veld:

De genoemde kosten zullen niet representatief zijn voor CO₂ opslagprojecten. Het Sleipner project is een demonstratieproject, waarbij voor onderzoeksdoeleinden veel meer monitoringactiviteiten worden ontwikkeld, dan noodzakelijk is. Een realistische schatting van monitoringkosten liggen veel lager. De 'asymptotische monitoringkosten' liggen daar nog onder.

BLZ 10: 'De monitorduur is in principe zo lang als de opslagduur':



Monitoring is erop gericht te controleren dat opslag veilig en permanent is. Monitoring van het opslagproces en van het gedrag van de CO₂ in de ondergrond vindt plaats gedurende de injectie van CO₂. Aan het einde van een opslagproject dient te worden aangetoond, middels monitoring, dat de CO₂ in de ondergrond stabiel is. Vanaf dat moment is verdere monitoring niet meer nodig. Monitoring kan binnen 5 tot 10 jaar worden afgebouwd naar nul. De monitoringskosten van Sleipner toepassen en vervolgens x 10.000 jaar te doen is niet realistisch.

BLZ 11: Terug productie van CO₂:

Er wordt een “mogelijke richting” gesuggereerd om na een periode van bijvoorbeeld 100 jaar de CO₂ terug te produceren om in een ander proces op te slaan. Deze “mogelijke richting” zijn we nog niet als serieuze optie tegengekomen en zou inderdaad extra kosten (en risico’s) met zich meebrengen. De CO₂ bevindt zich op dat moment onder de grond, veilig en stabiel.

BLZ 11: Alternatieven:

Deze titel suggereert dat er alternatieven zijn voor CCS. Echter vrijwel alle scenario’s geven aan dat de klimaat uitdagingen zo groot en zo urgent zijn dat alle alternatieven (inclusief CCS, Duurzame Energie, Energiebesparing en alle andere alternatieven die in dit hoofdstuk genoemd worden) nodig zijn.

De genoemde volumes aan CO₂ besparing gaan voorbij aan de urgentie die nodig om emissies te beperken. We hebben een beperkt carbon budget en alles wat we voor 2050 teveel uitstoten moeten we uit de atmosfeer onttrekken (negatieve emissies). IPCC en IEA gaan ervan uit dat negatieve emissies voor het realiseren van de 1,5 en zelfs 2 graden doelstelling. De omvorming van de huidige energievoorziening en van bestaande industriële processen zal niet op een voldoende korte termijn afgerond zijn. Tot deze omvorming voltooid is, zal er vraag zijn naar fossiele brandstoffen; deze te gebruiken zonder afvang van CO₂ is onverantwoord. Desalniettemin zullen genoemde processen zeker ontwikkeld moeten worden; de bijdrage aan emissiereductie zal zeker niet vóór 2030 gerealiseerd kunnen worden.

BLZ 11 CCU:

CCU potentieel voor Nederland wordt ingeschat op max ~ 6 Mton CO₂ per jaar. Veel CCU routes zoals omzetten Van CO₂ naar brandstoffen zijn niet klimaatneutraal omdat de CO₂ korte tijd later weer vrijkomt.



BLZ 12: Wat te doen als we CCS willen inzetten:

De aanbevelingen in deze sectie betreffen activiteiten die stuk voor stuk al lange tijd worden uitgevoerd. Een uitzondering betreft de opmerking over terug productie van opgeslagen CO₂ om het op een veiliger wijze op te slaan. Een dergelijke handeling voegt extra kosten en risico toe aan een situatie die veilig is en mettertijd veiliger wordt (CO₂ onder de grond).