



**Hoofdlijn CCUS,  
TKI-Toeslag-2013 project  
WP07, Deliverable 05:**

**CCS position paper**

Prepared by: Chris Hendriks,  
Joris Koornneef,  
Joop Oude Lohuis (Ecofys)

Approved by: J.Brouwer  
(CATO Director)



## Voorwoord

Binnenkort publiceert de Nederlandse overheid haar langetermijnvisie over afvang, transport en opslag van CO<sub>2</sub> (kortweg CCS) zoals aangekondigd in het Energieakkoord in 2013:

*“Om op de lange termijn te komen tot een volledig duurzame energievoorziening zal afvang, gebruik en opslag van CO<sub>2</sub> (CCS) onvermijdelijk zijn. CCS kan worden toegepast bij de industrie en ook bij gas- en kolencentrales. De rijksoverheid zal het initiatief nemen om te komen tot een langetermijnvisie op de positie van CCS in de transitie naar een volledig duurzame energievoorziening. Tevens zal de rijksoverheid bezien op welke wijze de elementen van dit akkoord kunnen worden benut, teneinde een demoproject te realiseren.”*

In reactie op de (draft) visie wil de CATO-werkgroep ‘Position Paper CCS’ concrete acties voorstellen die CCS in Nederland in een volgende fase moet brengen. De werkgroep Position Paper CCS is geïnitieerd door industriële partners in het kennisnetwerk rondom de ontwikkeling van CCS in Nederland. Leden vanuit Shell, ROAD CCS, TAQA, EBN, Energie Nederland, Universiteit Utrecht en Ecofys maken deel uit van de werkgroep. Een lid vanuit Tata Steel heeft een adviserende rol. Ecofys heeft in opdracht van de werkgroep het voorliggende document opgesteld.

De inhoud van dit document is tweeledig:

1. Het rapport beschrijft de stand van zaken over de nut en noodzaak van CCS in Nederland, Europa en de wereld (hoofdstuk 1). Ook wordt beschreven wat de stand van kennis is op het gebied van de toepassing van de technologie en wat voor kansen dit biedt voor Nederland gezien de reeds opgedane ervaring via onderzoek en ontwikkeling (hoofdstuk 0).
2. Het tweede deel van het rapport (hoofdstukken 3, 4 en 5) is gewijd aan de acties die op korte termijn CCS een stap dichterbij grootschalige implementatie zouden moeten brengen. Hiertoe is een workshop gehouden om met een brede groep stakeholders concrete acties te identificeren en bediscussiëren. De workshop heeft als uitgangspunt de volgende vraag gehad: *Als CCS in Nederland noodzakelijk is, welke acties zijn dan op korte termijn nodig?*

Om alvast voor te sorteren op enige denkbare acties heeft de CATO-werkgroep drie belangrijke onderwerpen geïdentificeerd waar de discussie zich op kon richten:

- Realisatie van het demonstratieproject voor CCS in Nederland: ROAD
- Economische condities voor toekomstige demonstratie en commerciële CCS-projecten
- Ontwikkeling en beheer van een Nationaal CCS-Projectplan

Deze drie onderwerpen worden in separaat gepubliceerde discussiepapers nader toegelicht en zijn besproken tijdens de workshop. De uitkomsten van de workshop zijn in het tweede deel van het document opgenomen.

## CCS position paper

---

Dit document bevat daarmee de meest recente inzichten over de huidige stand van zaken omtrent CCS in Nederland en bevat concrete aanbevelingen voor acties voor de korte termijn die de ontwikkeling van CCS in Nederland kunnen ondersteunen op weg naar een volwaardige optie voor het effectief en efficiënt realiseren van klimaatdoelstellingen.

Namens de project groep.

Chris Hendriks en Joop Oude Lohuis  
Utrecht, 16 November 2015

## Samenvatting



### CO<sub>2</sub>-reductie noodzakelijk

Het meest recente IPCC-rapport stelt dat het uiterst waarschijnlijk is dat de invloed van de mens de belangrijkste oorzaak is van de waargenomen opwarming sinds het midden van de 20<sup>ste</sup> eeuw. De toegenomen concentratie van het broeikasgas CO<sub>2</sub> in de atmosfeer draagt in belangrijke mate bij aan het klimaatprobleem. Veel landen - waaronder de EU en de G7- en organisaties willen dat de opwarming van de aarde deze eeuw niet de 2°C overschrijdt. Dat vraagt om drastische vermindering van de uitstoot van CO<sub>2</sub> in de komende decennia, aldus IPCC.



### CO<sub>2</sub>-afvang, -transport en -opslag is een onvermijdelijk onderdeel van de oplossing

CO<sub>2</sub>-afvang, -transport en -opslag (afgekort CCS) is een noodzakelijk onderdeel van een portfolio van maatregelen in de energiesector<sup>1</sup> en de zware industrie om CO<sub>2</sub>-emissies vergaand te reduceren. Modellen van nationaal en internationaal gerenommeerde onderzoeksinstituten laten zien dat het halen van strikte klimaatdoelstellingen in de komende decennia goedkoper is wanneer CCS-technologie beschikbaar is en wordt ingezet bij elektriciteitscentrales en in de industrie. Kortom, het niet inzetten van CO<sub>2</sub>-afvang en opslag is een risicovolle strategie<sup>2</sup>.



### Visie & doelstellingen moeten zekerheid bieden voor de lange termijn

Een sterke commitment is nodig van de Nederlandse overheid en de overige belanghebbenden om vertrouwen in de markt te genereren dat nodig is voor grootschalige investeringen in CCS-infrastructuur. Het stellen van uitdagende maar haalbare doelstellingen en mijlpalen door de overheid en industrie is nodig om de voortgang van CCS te stimuleren en inzichtelijk te maken en waar nodig bij te sturen.



### Concrete acties noodzakelijk op korte termijn

Concrete acties op de korte termijn zijn nodig om op de lange termijn het behalen van ambitieuze klimaatdoelstellingen mogelijk te maken tegen acceptabele maatschappelijk kosten. Drie discussiepapers doen suggesties voor kortetermijnacties, door verschillende stakeholders zoals beleidmakers, industrie en NGO's.

---

<sup>1</sup> Zie ook SER Energieakkoord 2013,

[http://www.energieakkoordser.nl/~media/files/internet/publicaties/overige/2010\\_2019/2013/energieakkoord-duurzame-groei/energieakkoord-duurzame-groei.ashx](http://www.energieakkoordser.nl/~media/files/internet/publicaties/overige/2010_2019/2013/energieakkoord-duurzame-groei/energieakkoord-duurzame-groei.ashx)

<sup>2</sup> <http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/PBL-2011-Routekaart-energie-2050-500083014.pdf>



### Nederland heeft veel ervaring met afvang, transport en opslag van CO<sub>2</sub>

Nederland begon al in 1988, als een van de eerste landen ter wereld, met studies naar het ontwikkelen van CCS-projecten. Dit resulteerde sinds 2004 in de opslag van CO<sub>2</sub> in een aardgasveld onder de zeebodem, 100 km uit de kust. Transport van CO<sub>2</sub> en nuttig hergebruik ervan in kassen vinden reeds plaats sinds 2005. Sinds de start van het onderzoek in de jaren '80 is de kennis over de kansen en beperkingen van CCS sterk toegenomen, mede dankzij onderzoeksprogramma's (bijv. [CATO](#)) met betrokkenheid van vele maatschappelijke partijen.



### Sterke positie Nederlandse industrie en kennisinstellingen

Nederland kent een zeer gunstige ligging met betrekking tot mogelijkheden voor CO<sub>2</sub>-opslag en -transportinfrastructuur. Er zijn legio voorbeelden van CO<sub>2</sub>-afvangmogelijkheden bij de sterk ontwikkelde industrieregio's. Aan de geografische en geologische voorwaarden voor het verder ontwikkelen van CCS wordt voldaan. Er zijn marktkansen voor Nederlandse (markt)partijen om technologieën en diensten te ontwikkelen op het gebied van CCS. Deze diensten en technologieën kunnen mogelijk wereldwijd worden ingezet. De Nederlandse industrie en kennisinstellingen bevinden zich in een goede positie om CCS in ons land te ontwikkelen en daaruit economisch voordeel te halen.

## Korte-termijn acties noodzakelijk

Demonstratie	Economische condities	CCS-Projectplan
<ul style="list-style-type: none"><li>•ROAD is sleutelproject in uitrol en ontwikkeling van CCS in Nederland en Europa</li><li>•Commitment van zowel industrie als overheid moet oplossing bieden voor stagnatie van ROAD</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>•CCS is nog niet commercieel haalbaar</li><li>•Extra stimuli zijn noodzakelijk om business case voor CCS (demonstratie)projecten te verbeteren</li><li>•Stabiliteit en duidelijkheid voor marktpartijen zijn hier de sleutelbegrippen</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>•Stappenplan gericht op voorbereiding grootschalige CCS implementatie in 2020-2030</li><li>•Eerste stappen van een CCS-project plan zijn no- of low-regret stappen.</li><li>•Belangrijke rol voor de overheid maar input en commitment nodig van private partijen</li></ul>

## Inhoudsopgave

<b>Voorwoord</b>	<b>2</b>
<b>Samenvatting</b>	<b>4</b>
Korte-termijn acties noodzakelijk	5
<b>DEEL I: Belang van CCS en stand van zaken</b>	<b>7</b>
<b>1 Nut en noodzaak van CO<sub>2</sub>-afvang, transport en opslag in Nederland</b>	<b>7</b>
1.1 Noodzaak: CCS vermindert de kosten voor het behalen van de klimaatdoelstellingen	7
1.1.1 CO <sub>2</sub> -afvang en opslag	8
1.1.2 Mondiaal	10
1.1.3 Europees	12
1.1.4 Nationaal	13
1.2 Nut: verdere ontwikkeling van CCS biedt economische kansen voor Nederland	16
1.2.1 Gunstige ligging biedt kansen voor Nederland	16
1.2.2 Exportkansen van technologie en diensten	20
1.2.3 Macro-economische kosten & baten	20
1.2.4 Reputatie van industrie	21
1.2.5 Ervaring uit het verleden met het terugdringen van emissies	21
<b>2 Nederland heeft veel ervaring met afvang, transport en opslag van CO<sub>2</sub></b>	<b>24</b>
2.1 Huidige ervaring en onderzoek	24
2.2 Status technologie voor verschillende sectoren	26
2.3 Veilig en verantwoord	30
2.4 Dialoog met belanghebbenden	31
<b>DEEL II: Wat is er nodig om CCS vooruit te helpen</b>	<b>32</b>
<b>3 Sterke visie en commitment zijn nodig om de toekomst van CCS zeker te stellen</b>	<b>32</b>
<b>4 Acties op korte termijn zijn nodig om lange-termijn perspectief van CCS te realiseren</b>	<b>33</b>
4.1 Realisatie van het demonstratieproject voor CCS in Nederland: ROAD	34
4.2 Economische condities scheppen voor toekomstige demonstratie en commerciële CCS projecten	35
4.3 Een CCS-Projectplan is nodig om visie om te zetten in realiteit	38
<b>5 Wat mag van de Nederlandse bedrijven worden verwacht?</b>	<b>44</b>
<b>6 Bibliography</b>	<b>45</b>

## DEEL I: Belang van CCS en stand van zaken

### 1 Nut en noodzaak van CO<sub>2</sub>-afvang, transport en opslag in Nederland

CO<sub>2</sub>-afvang, -transport en -opslag (afgekort CCS) is een belangrijk onderdeel van de portfolio van maatregelen in de energiesector<sup>3</sup> en zware industrie om CO<sub>2</sub>-emissies vergaand te reduceren. Modellen van nationaal en internationaal gerenommeerde onderzoeksinstituten laten zien dat het halen van strikte klimaatdoelstellingen in de komende decennia goedkoper is wanneer CCS-technologie beschikbaar is en wordt ingezet bij elektriciteitscentrales en in verscheidene industriële sectoren. Kortom, het niet inzetten van CO<sub>2</sub>-afvang en opslag is een risicovolle strategie.<sup>4</sup>

Nederland kent een zeer gunstige ligging met betrekking tot mogelijkheden voor CO<sub>2</sub>-opslag en transportinfrastructuur. Er zijn legio voorbeelden van CO<sub>2</sub>-afvangmogelijkheden bij de sterk ontwikkelde industriële regio's. Aan de geografische en geologische voorwaarden voor het verder ontwikkelen van CCS lijkt te worden voldaan. Er zijn marktkansen voor Nederlandse (markt)partijen om technologieën en diensten te ontwikkelen op het gebied van CCS. Deze diensten en technologieën kunnen mogelijk wereldwijd worden ingezet. De Nederlandse industrie en kennisinstellingen bevinden zich aldus in een goede positie om CCS in ons land te ontwikkelen en daaruit economisch voordeel te halen.

#### 1.1 Noodzaak: CCS vermindert de kosten voor het behalen van de klimaatdoelstellingen

Klimaatverandering en de gevolgen hiervan vormt één van de belangrijkste uitdagingen en thema's die de komende decennia op wereldniveau het hoofd moeten worden geboden. Volgens IPCC is de uitstoot van broeikasgassen in de atmosfeer door menselijk handelen een belangrijke oorzaak van verandering van het klimaat. Klimaatverandering kan mogelijk ernstige gevolgen hebben voor ecosystemen en de leefbaarheid voor mensen op de aarde. Om klimaatverandering tegen te gaan moeten de emissies van broeikasgassen drastisch worden beperkt.

De meest dominante antropogene bron van broeikasgassen is de verbranding van fossiele brandstoffen. Vooral sectoren als industrie, energievoorziening en transport nemen een groot deel van de wereldwijde emissies voor hun rekening. Dit zijn dan ook de sectoren waar het terugdringen van broeikasgassen, met name CO<sub>2</sub>, het meeste effect zal hebben.

---

<sup>3</sup> Zie ook SER Energieakkoord 2013,

[http://www.energieakkoordser.nl/~media/files/internet/publicaties/overige/2010\\_2019/2013/energieakkoord-duurzame-groei/energieakkoord-duurzame-groei.ashx](http://www.energieakkoordser.nl/~media/files/internet/publicaties/overige/2010_2019/2013/energieakkoord-duurzame-groei/energieakkoord-duurzame-groei.ashx)

<sup>4</sup> <http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/PBL-2011-Routekaart-energie-2050-500083014.pdf>

Er is een breed gedragen inzicht dat de maximaal toelaatbare temperatuurstijging in deze eeuw moet worden beperkt tot twee graden (ten opzichte van pre-industrieel niveau) om de gevolgen van klimaatverandering binnen aanvaardbare proporties te houden. In veel geschetste scenario's betekent dat dat de uitstoot van CO<sub>2</sub> en overige broeikasgassen in 2050 wereldwijd met circa 25% tot 70% moet zijn verminderd ten opzichte van de uitstoot in 1990, en dat de reductie in Europa en overige OECD-landen ten minste 80% moet bedragen (IPCC, 2014).

De laatste decennia is er daarom veel aandacht voor vermindering van de energievraag, efficiënter gebruik van fossiele brandstoffen en het toepassen van hernieuwbare energiebronnen. In de trias energetica is dit ook de volgorde van voorkeur. Daarnaast wordt ook gekeken naar het vastleggen van CO<sub>2</sub> uit de atmosfeer, bijvoorbeeld via bebossing. Een relatief nieuwe technologie is CCS, waarbij CO<sub>2</sub> wordt afgevangen en opgeslagen onder de grond (Carbon Capture and Storage – CCS). CO<sub>2</sub> kan worden afgevangen van zowel fossiele grondstoffen als van biomassa. In dat laatste geval wordt er effectief CO<sub>2</sub> uit de atmosfeer onttrokken en spreekt ook wel van 'negatieve emissies'.

Doordat de broeikasgasemissies sterk moet afnemen zal het nodig zijn om een palet van opties om emissies te verminderen toe te passen. Uitsluiten van belangrijke opties zal waarschijnlijk tot hogere kosten leiden. De kosten van de benodigde maatregelen in een twee graden scenario worden door het IPCC geschat tussen de 1 en 4% van bruto nationaal product. Daarbij is geen rekening gehouden met positieve effecten van het vermijden of verminderen van klimaatverandering. Wanneer CCS als optie wordt uitgesloten zullen de geschatte kosten met 29 tot 297% (gemiddeld 138%) toenemen (IPCC, 2014).

In de Global Energy Assessment worden drie belangrijke consequenties genoemd van het uitsluiten van CCS als emissiereductieoptie op mondiaal niveau (GEA, 2012):

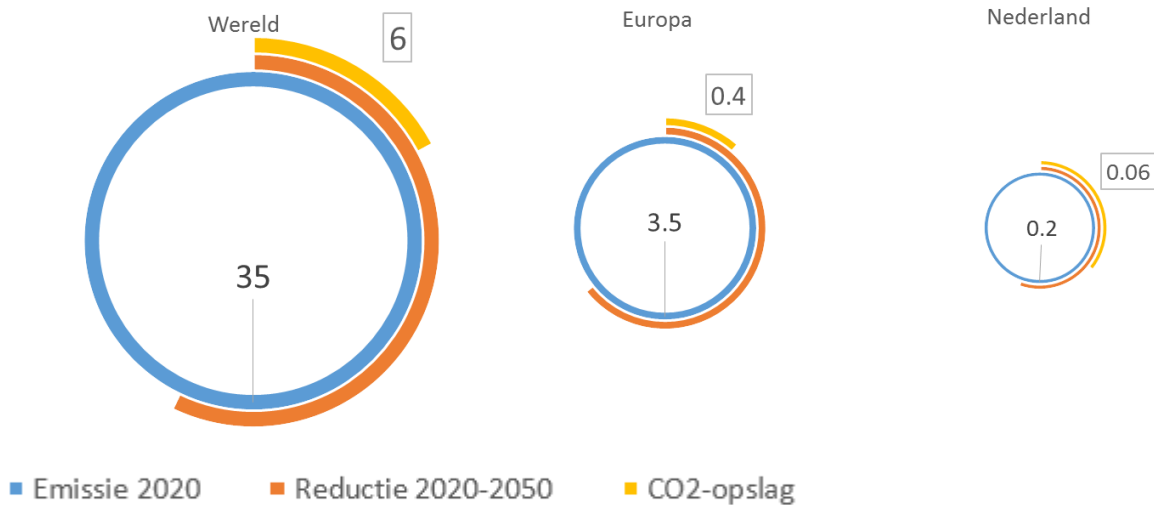
1. De kosten van emissiereductie zullen hoger uitvallen;
2. Diepe emissiereducties zijn wereldwijd wellicht niet haalbaar;
3. CCS en biomassa-CCS zijn in de transportsector en industrie belangrijke opties, aangezien diepe emissiereductie daar lastiger kan zijn dan in de elektriciteitssector.

### **1.1.1 CO<sub>2</sub>-afvang en opslag**

CCS bestaat uit drie basiselementen: afvang, transport en opslag van CO<sub>2</sub> in diepe geologische formaties. De afvang kent drie basisconcepten: na de verbranding (post-combustion), vòòr de verbranding (pre-combustion) en door middel van verbranding met (bijna) pure zuurstof (oxyfuel combustion). Een belangrijke toepassing van CCS is het afvangen van CO<sub>2</sub> bij puntbronnen, bijvoorbeeld bij zware industrie (ijzer & staal, raffinaderijen, olie & gas, cement, chemie) of elektriciteitscentrales. Voor de transport van CO<sub>2</sub> zijn pijpleidingen nodig en in sommige gevallen kunnen schepen een goed alternatief vormen. Mogelijke opslaglocaties zijn uitgeputte gasvelden, olievelden of aquifers.

Dat de rol van CCS belangrijk is in het behalen van emissiereductie doelstellingen wordt ondersteund door scenariostudies op mondiaal, Europees en nationaal niveau. Figuur 1 laat zien dat CCS een aanzienlijk deel van de emissiereductie kan leveren.





\*getallen in miljard ton CO<sub>2</sub>

**Figuur 1: Gemodelleerde CO<sub>2</sub> emissies en reductie in de periode 2020-2050 plus de hoeveelheid CO<sub>2</sub>-opslag in bijbehorende scenario's voor de wereld, Europa en Nederland. Bron: IEA 2014 en Ecofys, Universiteit Utrecht 2015<sup>5</sup>**

Volgens het internationaal energieagentschap (IEA), zullen zonder CCS de totale *investeringskosten* in de **elektriciteitssector** om de CO<sub>2</sub>-uitstoot te beperken, passend bij een twee-graden scenario, met 40% extra toenemen<sup>6</sup> in de periode 2010-2050. Dat komt neer op ruim 2 biljoen euro additionele investeringskosten (IEA, 2012).

De totale investering voor CCS in de **industrie** is ongeveer 0,5 biljoen euro tot en met 2050. De extra kosten door het uitsluiten van CCS voor de industriële sectoren worden een factor vijf hoger ingeschat dan voor de elektriciteitssector (Kober, Coninck, Mikunda, & Bazilian, 2012). De hogere kosten voor emissiereducties in de industrie zonder CCS komt vooral door het gebrek aan alternatieven voor het terugdringen van CO<sub>2</sub>-uitstoot uit industriële bronnen. Dit geldt met name voor de productie van ijzer en staal, cement en gas upgrading (IEA, 2012).

De noodzaak voor CCS wordt ook erkend in het Energieakkoord in 2013: "Om op de lange termijn te komen tot een volledig duurzame energievoorziening zal afvang, gebruik en opslag van CO<sub>2</sub> (CCS) onvermijdelijk zijn. CCS kan worden toegepast bij de industrie en ook bij gas- en kolencentrales. De rijksoverheid zal het initiatief nemen om te komen tot een langetermijnvisie op de positie van CCS in de transitie naar een volledig duurzame energievoorziening. Tevens zal de rijksoverheid bezien op welke wijze de elementen van dit akkoord kunnen worden benut, teneinde een demoproject te realiseren."<sup>7</sup>

<sup>5</sup> Meer informatie via: [http://ccs.ecofys.com/ImplementationPlan-Roadmap/index.php/CCS\\_Scenarios](http://ccs.ecofys.com/ImplementationPlan-Roadmap/index.php/CCS_Scenarios)

<sup>6</sup> Dit betreft de toename in kosten vergeleken met het behalen van de twee-graden doelstelling met het volledige pallet aan opties voor emissiereductie.

<sup>7</sup> Zie ook SER Energieakkoord 2013, [http://www.energieakkoordser.nl/~media/files/internet/publicaties/overige/2010\\_2019/2013/energieakkoord-duurzame-groei/energieakkoord-duurzame-groei.ashx](http://www.energieakkoordser.nl/~media/files/internet/publicaties/overige/2010_2019/2013/energieakkoord-duurzame-groei/energieakkoord-duurzame-groei.ashx)

### 1.1.2 Mondiaal

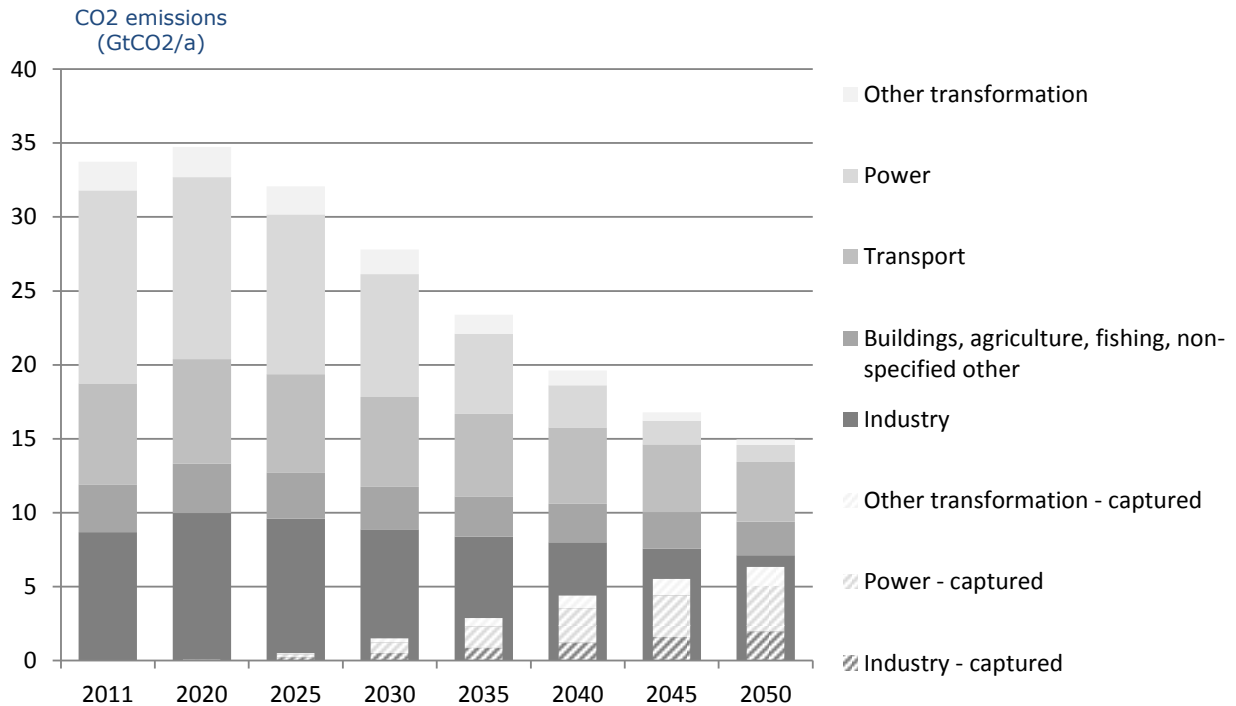
In het tweegraden-scenario van het internationaal energieagentschap IEA (aangeduid met 2DS) wordt aangenomen dat het aandeel elektriciteit in het energiegebruik in 2050 met circa 20 tot 30% zal zijn toegenomen (in OECD-landen), maar dat de uitstoot van broeikasemissies sterk is verminderd. In 2DS wordt twintig procent van de elektriciteit nog met fossiele brandstoffen opgewekt, waarvan het overgrote deel door centrales die met CCS zijn uitgerust (IEA, 2014). De IEA constateert ook dat CCS nodig is bij industriële productieprocessen waar het moeilijk is om fossiele brandstoffen te vervangen door hernieuwbare bronnen. In 2020 zal CO<sub>2</sub>-afvang wereldwijd succesvol worden gedemonstreerd in ongeveer dertig projecten in de energie-intensieve industrie, waaronder elektriciteitsproductie, aardgaswinning, bio-ethanolproductie en bij bepaalde waterstof-, ammoniakproductietechnieken. Na 2030 zal in de industriële sectoren CCS grootschalig worden toegepast, eerst in de geïndustrialiseerde landen maar uiteindelijk vooral in landen in ontwikkeling. In 2050 zal 70% van CCS in de zogenoemde niet-geïndustrialiseerde landen plaatsvinden.

In het 2DS scenario wordt er in 2030 wereldwijd 1,5 GtCO<sub>2</sub> per jaar opgeslagen oplopend tot ruim 6 GtCO<sub>2</sub> per jaar in 2050,<sup>8</sup> circa 16% van de totale emissiereductie (zie figuur hieronder).<sup>9</sup> Ongeveer de helft wordt in de elektriciteitssector afgevangen, een derde in de industrie en de rest in de transportsector. In dit scenario is er ook een forse toename van duurzame energie (41% van het primair energiegebruik in 2050) en kernenergie te zien. Volgens scenario-analyse kan de inzet van CCS worden vermeden als grootschalig wordt ingezet op energiebesparing en kernenergie, maar in scenario's zonder CCS stijgen de totale kosten substantieel (IEA, 2014).

---

<sup>8</sup> Dit komt overeen met 20% van de huidige CO<sub>2</sub>-emissies en de emissies van circa 1500 kolengestookte elektriciteitscentrales van 1 gigawatt vermogen.

<sup>9</sup> Meer informatie via: <http://www.iea.org/etp/datavisualisations/>



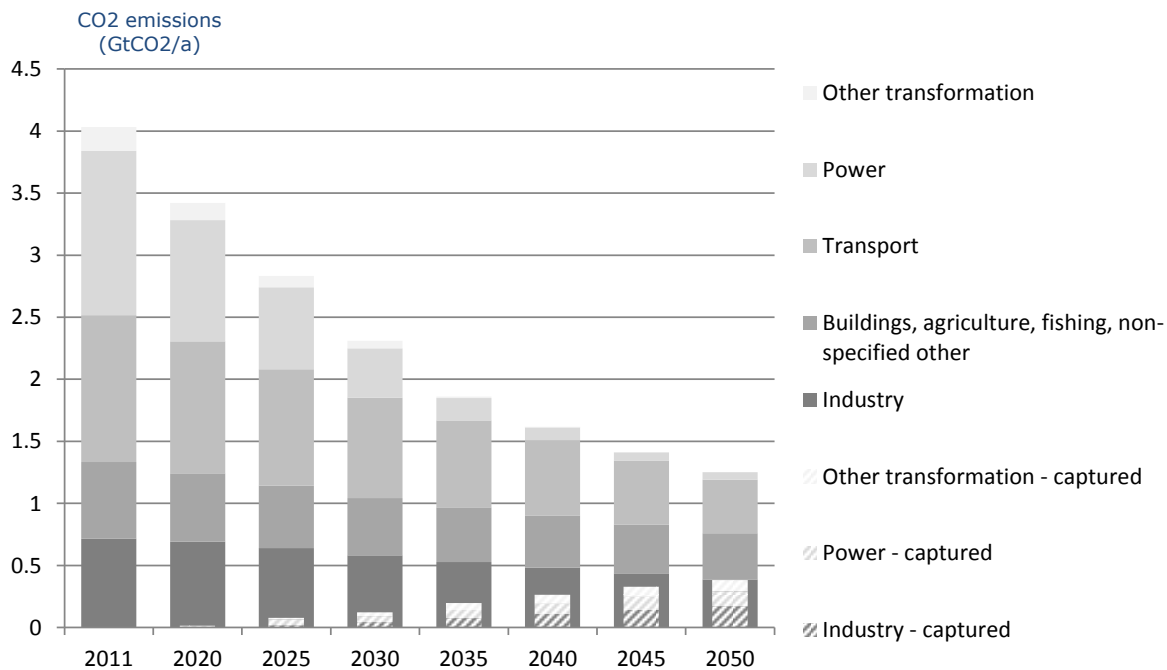
**Figuur 2: CO<sub>2</sub>-emissies en opgevangen CO<sub>2</sub> in het 2DS scenario van de IEA ETP 2014. (IEA, 2014)**

De Universiteit Utrecht en het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) hebben verschillende 'integrated assessment models (IAMs)'<sup>10</sup> vergeleken ten aanzien van de uitkomsten over CCS (Koelbl, Broek, Faaij, & Vuuren, 2014). Voor verschillende tweegraden scenario's geven de modellen een grote variatie in wereldwijd afgevangen CO<sub>2</sub>; variërend van 600 tot 3050 GtCO<sub>2</sub> in de periode van 2010-2100. CCS wordt als een belangrijke emissiereductiemaatregel gezien door de modellen, aangezien in geen enkel modelberekening de bijdrage van CCS lager wordt inschat dan 600 GtCO<sub>2</sub>. Daarnaast geeft de meerderheid van de modellen aan dat het belang van CCS in de tweede helft van deze eeuw groot blijft, aangezien de hoeveelheid afgevangen CO<sub>2</sub> in 2100 minstens gelijk is aan de hoeveelheid afgevangen CO<sub>2</sub> in 2050. De scenario's geven ook aan dat het belang van CCS toegepast bij het gebruik van biomassa groter wordt naarmate de klimaatdoelstellingen strenger worden en/of bij hogere beschikbaarheid van biomassa.

<sup>10</sup> Geëvalueerde modellen zijn: BET, FARM, GCAM, GRAPE, IMACLIM, IMAGE, MERGE, MESSAGE, POLES, REMIND, TIAMWORLD, WITCH

### 1.1.3 Europees

In het hierboven beschreven 2DS-scenario (IEA, 2014) lopen de CO<sub>2</sub>-emissies in de *Europese Unie* van de huidige 4 GtCO<sub>2</sub> terug naar 1,2 GtCO<sub>2</sub> per jaar in 2050. In 2050 wordt in totaal bijna 400 MtCO<sub>2</sub> afgevangen, waarvan circa 170 MtCO<sub>2</sub> in de industriële sectoren en 121 MtCO<sub>2</sub> in de elektriciteitssector. Hiermee vertegenwoordigt de EU 6% van de totale hoeveelheid afgevangen en opgeslagen CO<sub>2</sub> in de wereld. In 2025 is het Europees aandeel in CCS 16%, maar dit aandeel loopt in 2030 terug tot onder de 10%, daar CCS in landen in ontwikkeling relatief belangrijker wordt. In eerste instantie zullen de CO<sub>2</sub>-afvangactiviteiten sterk groeien in de elektriciteitssector, maar na 2030-2035 zal dit naar verwachting ook grootschalig in de industriële sectoren plaatsvinden. Zogenaamde 'early opportunities' in de industrie, met name CCS bij relatief pure CO<sub>2</sub> bronnen, kunnen beduidend eerder worden uitgerold omdat hier lagere kosten voor CCS mogelijk zijn. De onderstaande figuur geeft een grafische weergave van de CO<sub>2</sub>-emissieontwikkeling vanaf 2011 tot 2050 en de hoeveelheden afgevangen CO<sub>2</sub>.



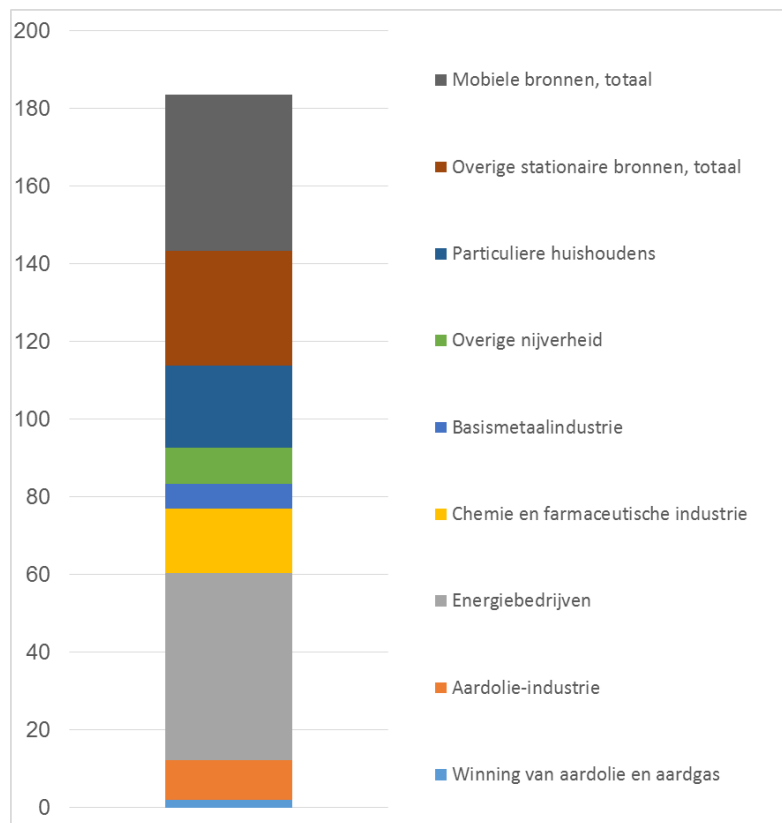
**Figuur 3: EU-27 CO<sub>2</sub>-emissies en opgevangen CO<sub>2</sub> in het 2DS scenario van de IEA ETP 2014. (IEA, 2014)**

## CCS position paper

### 1.1.4 Nationaal

Onderstaand figuur laat zien dat bijna driekwart van de Nederlandse CO<sub>2</sub>-emissies wordt veroorzaakt door energiebedrijven, industrie (metaal, chemie, farmacie en petrochemie) en transport.<sup>11</sup> Daarvan hebben de energiebedrijven de hoogste emissies met ongeveer 45 MtCO<sub>2</sub>, bijna een kwart van de totale Nederlandse CO<sub>2</sub>-emissies, gevolgd door de industrie (ongeveer 40 MtCO<sub>2</sub>) en transport (ongeveer 40 MtCO<sub>2</sub>).

Vanuit het oogpunt van CCS zijn vooral CO<sub>2</sub>-emissies afkomstig uit energie en industrie interessant, omdat daar CCS het meest kosteneffectief kan worden toegepast. Gezamenlijk nemen deze sectoren ongeveer 45% van de Nederlandse CO<sub>2</sub>-emissies voor hun rekening. Dat is iets lager dan het Europese en Wereld gemiddelde (zie Figuur 2 en Figuur 3) waarbij energie en industrie verantwoordelijk zijn voor respectievelijk ~50% en ~60% van de CO<sub>2</sub>-emissies.



**Figuur 4: CO<sub>2</sub>-emissies (in Mt) in Nederland in 2013. (bron: CBS statline)**

Voor de overige directe emissies, waaronder mobiele bronnen en kleine bronnen (inclusief huishoudens), speelt CCS (vooralsnog) geen rol.

De hierboven genoemde scenario's voor de wereld en Europa zijn gebaseerd op regionale ontwikkelingen en niet direct te vertalen naar ontwikkelingen op landenniveau. Om meer inzicht op de

<sup>11</sup> Noot: dit betreft getallen voor het jaar 2013. Ontwikkelingen in CO<sub>2</sub> emissies sinds 2013 zijn dus niet meegenomen.

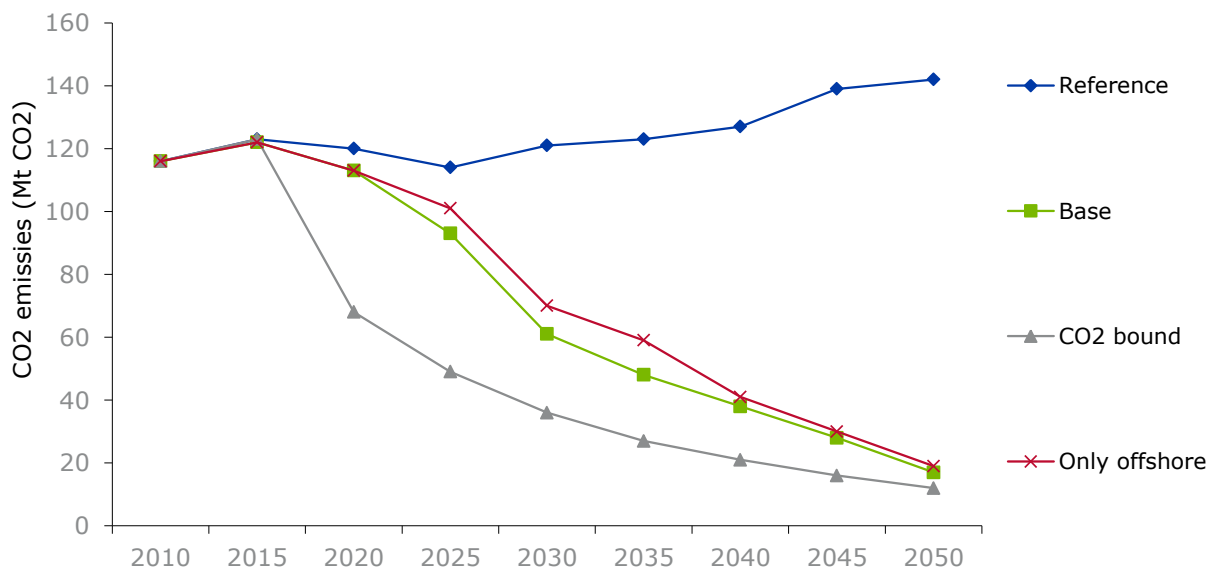
## CCS position paper

rol van CCS in Nederland te krijgen richten we ons daarom op scenario's die zich specifiek op Nederland richten of waar Nederland afzonderlijk is beschouwd.

In de beschouwde scenario's loopt de toekomstige Nederlandse energievraag sterk uiteen. De scenario's geven ook sterk verschillende uitkomsten voor toekomstige CO<sub>2</sub>-emissies, variërend van 38 MtCO<sub>2</sub> tot 332 MtCO<sub>2</sub> in 2050 (Weterings, et al., 2013). Alleen trendbreukscenario's die een duurzame energievoorziening halverwege deze eeuw als vertrekpunt nemen realiseren klimaatdoelen van 20% emissiereductie in 2020 en 80% in 2050. In Green4Sure wordt bijvoorbeeld gesteld dat CCS een belangrijke maatregel kan zijn en varieert CO<sub>2</sub>-opslag van 26 Mt tot 57 Mt in 2030 (ECN, 2007).

Onderzoeks- en adviesbureau CE Delft en DNV/GL hebben een studie gepubliceerd om inzicht te geven in toekomstige ontwikkelingen en vraagstukken die de energievoorziening met zich meebrengt (CE Delft and DNV-GL, 2014). In de studie is in één scenario CCS meegenomen wat resulteert in een schatting van 23 MtCO<sub>2</sub> opslag in 2030.

Een uitgebreide analyse van de rol van CCS in de energiehouding is uitgevoerd binnen CATO (CATO2, 2014). Dit onderzoek schetst een consistent beeld van de uitrol van CCS in verschillende CO<sub>2</sub>-emissiereductiescenario's in Nederland.<sup>12</sup> De studie omvat drie sectoren: de industrie (voornamelijk cement, raffinaderijen, staal en chemie), elektriciteitssector en transport. In de laatste sector wordt CCS vooral toegepast bij het produceren van (bio)brandstoffen. In de onderstaande figuur wordt de ontwikkeling in CO<sub>2</sub>-emissies weergegeven per scenario.

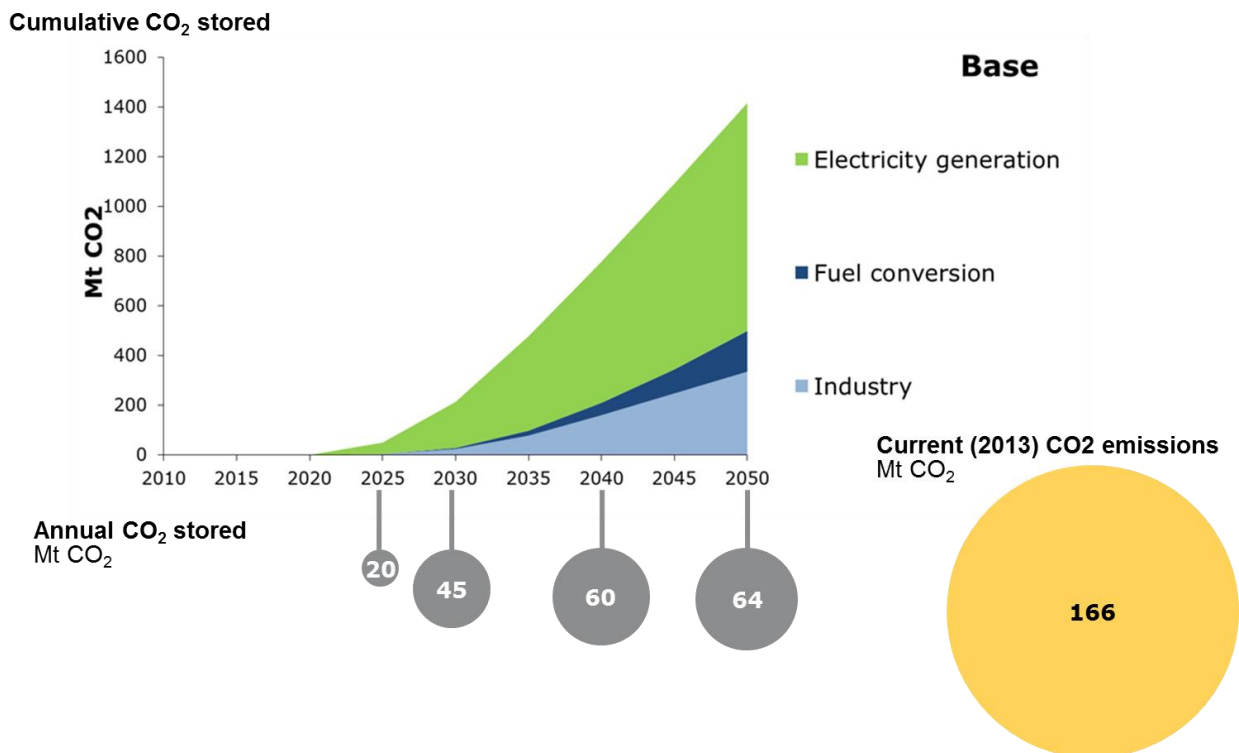


**Figuur 5: Totale CO<sub>2</sub>-emissies van drie sectoren (elektriciteitssector, industrie en productie van transportbrandstoffen) voor de drie scenario's 'Base', 'CO<sub>2</sub> bound' en 'Only offshore' en een referentie scenario zonder klimaatdoelstellingen.**

<sup>12</sup> Uitgebreide informatie over de scenario's is beschikbaar via: [http://ccs.ecofys.com/ImplementationPlan-Roadmap/index.php/CCS\\_Scenarios](http://ccs.ecofys.com/ImplementationPlan-Roadmap/index.php/CCS_Scenarios)

**CCS position paper**

In het basis (Base) scenario dalen CO<sub>2</sub>-emissies in de geselecteerde sectoren van ongeveer 120 MtCO<sub>2</sub> in 2005 tot ongeveer 20 MtCO<sub>2</sub> in 2050. In dit scenario wordt in 2030 ongeveer 45 MtCO<sub>2</sub> opgeslagen stijgend tot 64 MtCO<sub>2</sub> in 2050. CCS neemt daarmee een significant aandeel van de emissiereductie voor zijn rekening. Het overige deel van de emissiereductie wordt voornamelijk bewerkstelligd door de hoge mate van duurzame energie in de energiemix en energiebesparing. In 2050 is in de scenario's 28-50% van het geïnstalleerde vermogen uitgerust met CCS. Dit komt neer op maximaal 17 GW aan opgesteld vermogen in het jaar 2050.

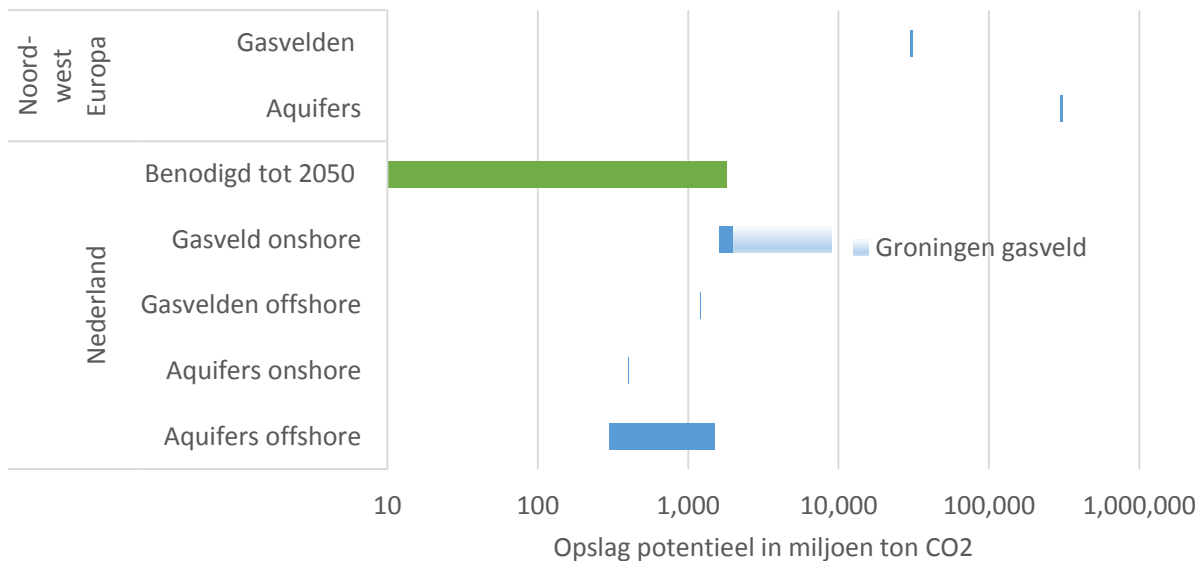


**Figuur 6: Cumulatief en jaarlijks (bollen) opgeslagen CO<sub>2</sub> voor drie sectoren (elektriciteitssector, industrie en productie van transportbrandstoffen) voor het basis scenario 'Base'. De oranje bol geeft ter vergelijking de feitelijke CO<sub>2</sub> emissies in 2013. Bron: CCS scenario's CATO roadmap en CBS.**

## 1.2 Nut: verdere ontwikkeling van CCS biedt economische kansen voor Nederland

### 1.2.1 Gunstige ligging biedt kansen voor Nederland

Nederland heeft een sterke strategisch ligging ten faveure van CCS. Zo heeft Nederland toegang tot een grote hoeveelheid dichtbij gelegen opslagcapaciteit. De exacte hoeveelheid is moeilijk in te schatten, maar studies geven aan dat er genoeg opslagcapaciteit beschikbaar is om minimaal decennia lang CO<sub>2</sub> op te slaan.



**Figuur 7: Opslagpotentieel in de ondergrond van Nederland en Noordwest Europa. ‘Benodigd tot 2050’ geeft de hoeveelheid cumulatief opgeslagen hoeveelheid CO<sub>2</sub> van Nederlandse bronnen zoals geschat in een scenario in een recente CATO studie.** <sup>13,14</sup>

Een deel van de opslagcapaciteit is te vinden in de diepe Nederlandse ondergrond: zowel onder land als onder zee. De geschatte hoeveelheid opslagcapaciteit voor **gasvelden** is ongeveer 2,7 tot 3,2 miljard ton CO<sub>2</sub>. Het grootste gedeelte ligt onder land 1,5-2 miljard ton en ongeveer 1,2 miljard ligt onder zee. **Waterhoudende lagen** in de diepe ondergrond, aquifers genoemd, kunnen ook worden

<sup>13</sup> Een uitgebreide analyse van de rol van CCS in de energiehouding is recent uitgevoerd in het kader van het CCS onderzoeksprogramma CATO. Dit onderzoek schetst een consistent beeld van de uitrol van CCS in verschillende CO<sub>2</sub>-emissiereductiescenario's in Nederland. Meer informatie is te vinden op [http://ccs.ecofys.com/ImplementationPlan-Roadmap/index.php/CCS\\_Scenarios](http://ccs.ecofys.com/ImplementationPlan-Roadmap/index.php/CCS_Scenarios)

<sup>14</sup> Neele, F. (2011). Independent storage assessment of offshore CO<sub>2</sub> storage options for Rotterdam - Summary report. TNO Earth, Environmental and Life Sciences.  
 Neele, F. (2012). Independent assessment of high-capacity offshore CO<sub>2</sub> storage options. TNO.  
 Neele, F., Hofstee, C., Dillen, M., & Nepveu, M. (2011). Independent storage assessment of offshore CO<sub>2</sub> storage options for Rotterdam - Summary report. Utrecht, Nederland: TNO.  
 TNO. (2007). Options for CO<sub>2</sub> storage in the Netherlands - time dependent storage capacity, hazard aspects, and regulations. TNO Built Environment and Geosciences.

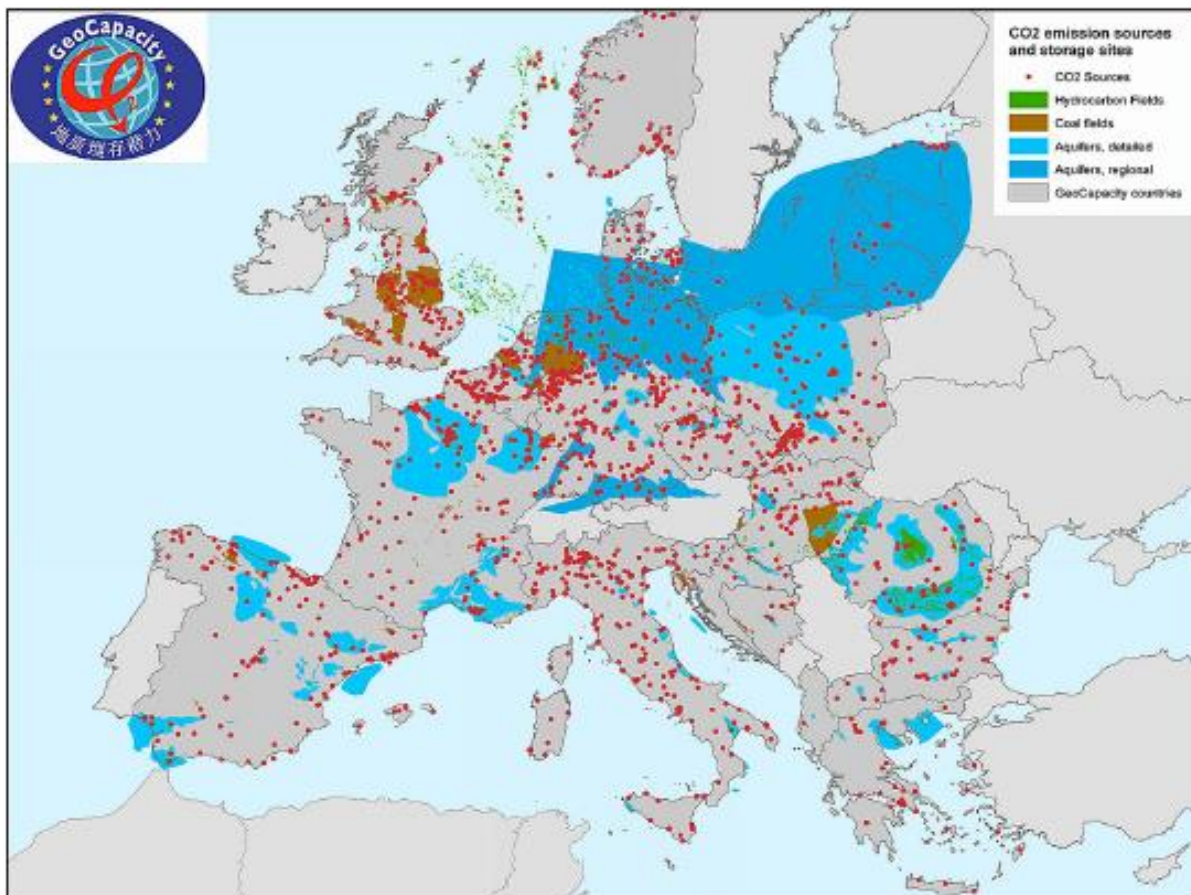


## CCS position paper

gebruikt voor CO<sub>2</sub>-opslag. De schatting is dat ongeveer 0,7 tot 1,5 miljard ton CO<sub>2</sub> kan worden opgeslagen in deze diepe ondergrondse reservoirs.

De opslagcapaciteit van aquifers in heel Noordwest Europa wordt geschat op ongeveer 300 miljard ton CO<sub>2</sub> en van uitgeputte gasvelden op ongeveer 30 miljard ton.

Op het kaartje hieronder is goed te zien dat er in Noordwest Europa veel mogelijkheden zijn om CO<sub>2</sub> op te slaan in (lege) olie- en gasvelden (de groene punten in het figuur) omdat ze relatief dicht bij de CO<sub>2</sub> puntbronnen (de rode punten in het figuur) liggen. De positie van Nederland is dermate gunstig dat het een potentiële hub-functie zou kunnen vervullen voor onze buurlanden die een minder goede toegang hebben tot dit opslagpotentieel.



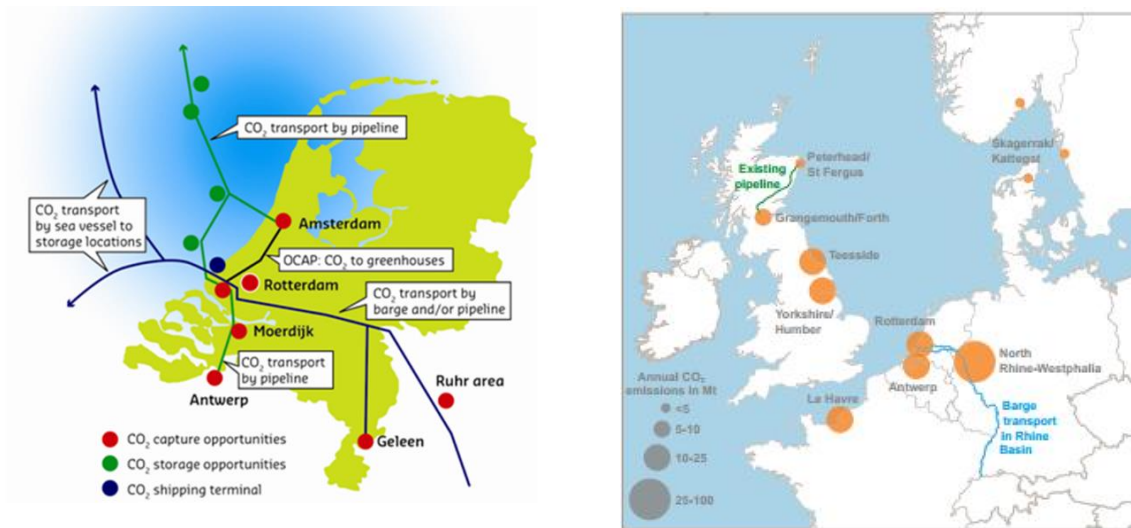
**Figuur 8: CO<sub>2</sub> emissiebronnen en opslag mogelijkheden in Europa. (bron: GeoCapacity 2009)**

De regio Rotterdam kan bijvoorbeeld een belangrijke hub-functie vervullen voor de haven van Antwerpen en het Duitse Ruhrgebied. Dit zijn belangrijke industriegebieden met beperkte opslagmogelijkheden in de directe omgeving. Verschillende studies zijn dan ook uitgevoerd om de haalbaarheid van deze hub-functie beter in kaart te brengen. Het Rotterdam Climate Initiative heeft dit idee uitgewerkt in vorm van een schematische kaart. Ook de Scottish Centre for CCS<sup>15</sup> geeft in een recente publicatie een aantal belangrijke CCS-clusters weer in Nederland, het Verenigd Koninkrijk,

<sup>15</sup> <http://www.sccs.org.uk/images/expertise/reports/catalysing/downloads/SCCSConference2014Report.pdf>

**CCS position paper**

België, Frankrijk, Duitsland en Scandinavië die op termijn kunnen worden gekoppeld tot een Europees CO<sub>2</sub>-netwerk (zie Figuur 9 hieronder).

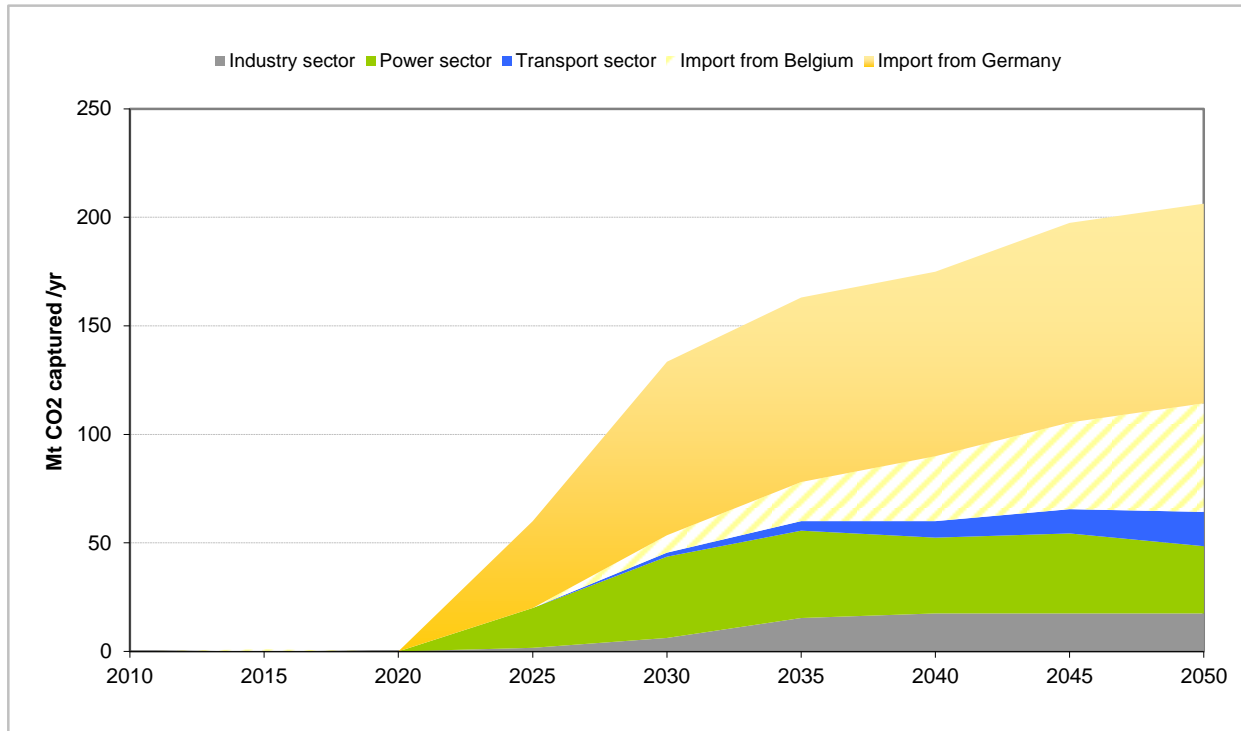


**Figuur 9: Mogelijke ontwikkeling CO<sub>2</sub> infrastructuur volgens het Rotterdam Climate Initiative met Rotterdam als belangrijke hub (links) en een weergave van potentiële CO<sub>2</sub> clusters in Noordwest Europa (rechts). Bron: RCI en SCCS 2014<sup>16</sup>**

Binnen Nederland is niet alleen Rotterdam in beeld als potentiële CO<sub>2</sub>-hub. Zo zouden ook de IJmondregio en de regio rond de Eemshaven goed kunnen ontwikkelen tot lokale CO<sub>2</sub>-clusters. Hierbij worden zowel clusters in Nederland, België en Duitsland ontsloten.

Geschatte hoeveelheden voor CO<sub>2</sub>-import (in MtCO<sub>2</sub> per jaar) vanuit Duitsland en België zijn relatief gedateerd en gebaseerd op relatief omvangrijke uitrol van CCS, zie Figuur 10. Deze waarden passen in een toekomstbeeld waar CCS op relatief grote schaal wordt toegepast in Nederland en onze buurlanden. Transport tussen de clusters en de landen kan plaatsvinden per schip en pijpleidingen.

<sup>16</sup> <http://www.rotterdamclimateinitiative.nl/>  
<http://www.sccs.org.uk/images/expertise/reports/catalysing/downloads/SCCSConference2014Report.pdf>



**Figuur 10: Optimistische schatting van CO<sub>2</sub>-import vanuit België en Duitsland. Ter vergelijking is een scenario voor hoeveelheid afgevangen CO<sub>2</sub> in de drie Nederlandse sectoren weergegeven. Bron: (Van den Broek, 2010).**

Door haar gunstige ligging kan Nederland een prominente rol spelen in het ontwikkelen van een CO<sub>2</sub>-rotonde in Noordwest Europa, net zoals Nederland streeft naar het creëren van een gasrotonde voor aardgas. Dit levert marktkansen op voor bedrijven in Nederland die transport- en opslagdiensten zouden kunnen gaan leveren aan omliggende landen. Belangrijk daarbij is dat optimaal gebruik kan worden gemaakt van bestaande infrastructuur en dat bijvoorbeeld lege gasvelden gebruikt kunnen worden voor opslag.

Een ander belangrijk voordeel van veel opslagpotentieel dichtbij de Nederlandse bronnen is dat transport van CO<sub>2</sub> tegen relatief lage kosten kan worden uitgevoerd. De concurrentiepositie van CO<sub>2</sub>-emitterende bedrijven kan hierdoor toenemen ten opzichte van bedrijven die deze voorzieningen niet in de omgeving hebben.<sup>17</sup> Schaalgrootte is daarbij een belangrijke voorwaarde om de kosten van CCS omlaag te brengen. Hoe meer CO<sub>2</sub> puntbronnen zich aansluiten bij de CO<sub>2</sub> infrastructuur des te lager de kosten, is de verwachting.

Het ontwikkelen van een gedeelde infrastructuur voor transport en opslag van CO<sub>2</sub> is noodzakelijk om CCS betaalbaar te houden voor de emitterende industrie. Dit kan ook de CO<sub>2</sub>-emitterende sectoren in Nederland een voordeel opleveren ten opzichte van concurrenten in landen met een minder voordelige positie voor het transporteren en opslaan van CO<sub>2</sub>.<sup>18</sup>

<sup>17</sup> Faber, J., D. Nelissen, et al. (2011). Economic impacts of a CCS network in the Rotterdam area, CE Delft.

Boeve, S., M. Briene, et al. (2011). CCS network - Economic Impact Assessment, Ecorys.

<sup>18</sup> Koornneef, J., Hendriks, C., Noothout, P., & Smith, M. (2014). Social costs and benefits of CCS research, development and deployment for the Dutch economy. CATO-2-WP2.0-D01.

Het vestigingsklimaat voor bedrijven kan daarmee een positieve impuls krijgen voor Nederland wat op zijn beurt positieve effecten op de regionale en nationale economie kan hebben.<sup>17</sup>

### 1.2.2 Exportkansen van technologie en diensten

Naast het creëren van een gunstig vestigingsklimaat kan investeren in CCS en het creëren van een CO<sub>2</sub>-hub ook op een andere manier competitief voordeel creëren voor Nederlandse bedrijven en kennisinstellingen. In een recente studie is een ruwe schatting gemaakt van het marktaandeel dat de Nederlandse industrie door RD&D (Research Development & Deployment) en het stimuleren van innovatie kan verkrijgen op de wereldwijde markt voor producten en diensten gerelateerd aan de uitrol van CCS. De omvang van deze markt tot 2050 wordt in een verkennende studie geschat in biljoenen euro's (duizenden miljarden).<sup>19</sup> Nederlandse industrie en kennisinstellingen die CCS-technologie (producten en diensten) ontwikkelen en later wellicht vermarkten kunnen zo waarde toevoegen aan de Nederlandse economie.

Nu al hebben partijen in Nederland een vooraanstaande positie in de verschillende stappen van de CCS-keten. Zo worden CO<sub>2</sub>-afvang technologieën in Nederland ontwikkeld en getest in pilot-programma's. Er is ervaring met CO<sub>2</sub>-transport per schip en pijpleiding in Nederland. CO<sub>2</sub> uit het Rotterdamse havengebied (van een raffinaderij en van ethanolproductie) wordt nuttig hergebruikt in kassen in het Westland om de groei te bevorderen en zo aardgas en kosten te besparen. CO<sub>2</sub>-injectie en -opslag wordt al enige jaren uitgevoerd in een aardgasveld onder de zeebodem, 100 km bij Den Helder uit de kust. Dit zijn enkele voorbeelden die de goede strategische positie op het gebied van CO<sub>2</sub> benadrukken. Nederland zou daarmee ook de goede positie omtrent de exploratie, winning, transport en handel op het gebied van aardgas verder kunnen uitbouwen en toepassen op een ander gas, namelijk CO<sub>2</sub>. Die ervaring biedt Nederlandse bedrijven en kennisinstellingen een kans om innovatieve producten en diensten te ontwikkelen voor CCS en om deze te vermarkten.

De Nederlandse en wereldwijde markt voor CCS producten en diensten kunnen in een optimistisch scenario voor de uitrol van CCS samen goed zijn voor ongeveer 27 miljard euro aan toegevoegde waarde voor de Nederlandse economie. Dit komt ongeveer overeen met 344.000 arbeidsjaren oftewel tienduizend arbeidsplaatsen (fte) per jaar in de periode tot en met 2050.<sup>18</sup>

### 1.2.3 Macro-economische kosten & baten

Een voordelig vestigingsklimaat voor bedrijven en mogelijkheden voor het vermarkten van CCS-gerelateerde diensten en producten lijken dus kansen te bieden voor Nederland. Deze twee aspecten geven echter nog niet een totaalbeeld van de macro-economische effecten van het uitrollen van CCS. In een studie door Koelbl (in druk)<sup>20</sup> zijn verschillende macro-economische effecten van een toekomstscenario met en zonder CCS in kaart gebracht. De focus van de studie is het schetsen van vier belangrijke parameters van de macro-economie van West-Europa voor de komende decennia tot het jaar 2050. De studie beperkt zich tot het toepassen van CCS bij energiecentrales.

<sup>19</sup> Deze schatting past bij een CCS scenario volgens de IEA en volgt een twee graden doelstelling; daarmee volgt dit scenario ook een grootschalige inzet van CCS.

<sup>20</sup> B. Koelbl, Richard Wood, M. van de Broek, M. Sanders, A. Faaij, D van Vuuren (in druk), Socio-economic impacts of future electricity generation scenarios in Europe: Potential costs and benefits of using CO<sub>2</sub> Capture and Storage (CCS), Utrecht University, the Netherlands

De onderzoekers rapporteren de totale output van de economie, de toegevoegde waarde, werkgelegenheid en de handelspositie.

De resultaten laten zien dat de werkgelegenheid stijgt en 80.000 tot 200.000 extra banen worden gecreëerd wanneer (bio-)CCS wordt toegepast bij elektriciteitscentrales.<sup>21</sup> Uitsluiting van CCS heeft volgens de studie positieve effecten op de economie, de toegevoegde waarde en de handelspositie. Het zal dus zaak zijn voor de komende decennia om een strategie te volgen die naast werkgelegenheid ook de overige macro-economische parameters zoals toegevoegde waarde, handelspositie en de totale output van de economie optimaliseert.

#### 1.2.4 Reputatie van industrie

Het leveren van klimaatvriendelijke producten en diensten draagt bij aan een duurzame samenleving. Het toepassen van CCS biedt voor verschillende sectoren zoals de metaalsector, de chemie, raffinaderijen en olie- en gasbedrijven de mogelijkheid om klimaatvriendelijker te produceren en tegelijkertijd optimaal gebruik te maken van de bestaande infrastructuur. De verwachting is dat bedrijven zonder klimaatvriendelijke productie significante reputatieschade oplopen in de toekomst en worden blootgesteld aan financiële risico's.<sup>22</sup> Bedrijven moeten ook oog houden voor hun (internationale) concurrentiepositie en een economisch verantwoorde transitie volgen die niet leidt tot onacceptabele kapitaalvernietiging. CCS is een goede oplossing om klimaatvriendelijk te produceren tegen acceptabele kosten voor de maatschappij. Voor een toekomstige duurzame bedrijfsvoering die People, Planet en Profit in oogschouw neemt is CCS dus een belangrijke pijler.

#### 1.2.5 Ervaring uit het verleden met het terugdringen van emissies

Het reduceren van CO<sub>2</sub>-emissies op mondiaal niveau zal veel inzet vergen van alle maatschappelijke actoren (overheid, industrie, maatschappelijke organisaties, publiek). Het verleden heeft echter laten zien dat mondiale acties om schadelijke emissies naar de atmosfeer terug te dringen op relatief korte termijn haalbaar zijn. Goede voorbeelden zijn de aanpak van zwaveldioxide emissies (veroorzaker van 'zure regen') en Chloorfluorkoolstofverbindingen (veroorzaker van aantasting van de ozonlaag). In onderstaand figuur is goed te zien dat de concentratie van SO<sub>2</sub> drastisch is afgenomen als gevolg van het toepassen van regulering die emissie van de stof in de atmosfeer beperkte. In de VS heeft regelgeving gezorgd voor een afname in emissies sinds 1990 van meer dan 40%.<sup>23</sup> In Europa zijn SO<sub>2</sub> emissies sinds 1990 zelfs met meer dan 70% afgenomen.<sup>24</sup>

---

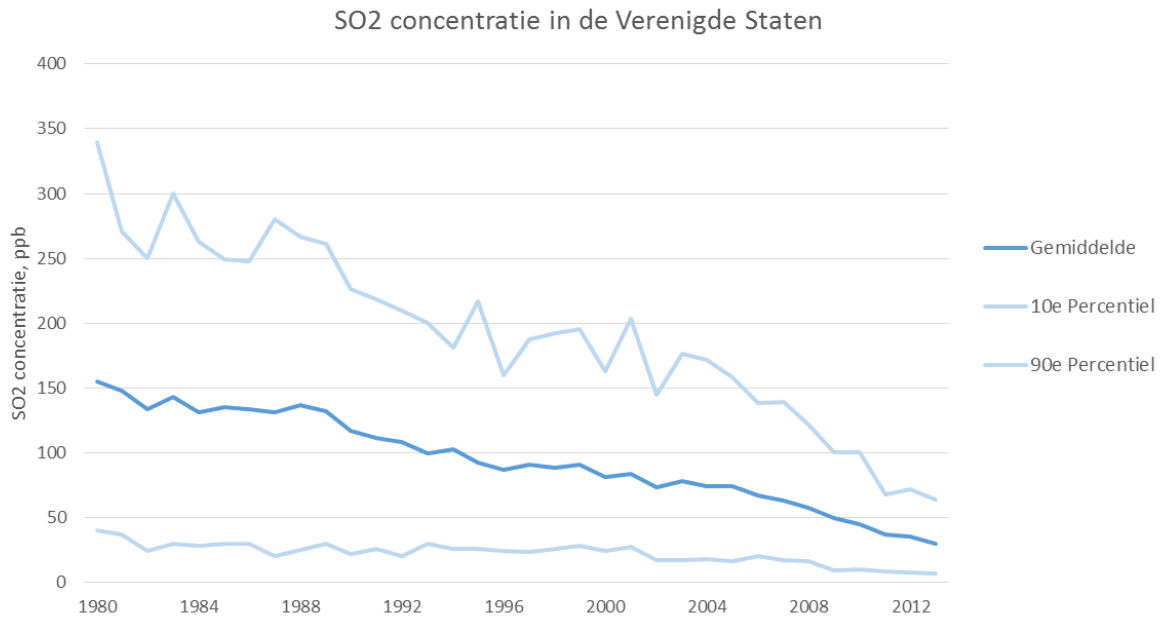
<sup>21</sup> De resultaten zijn sterk afhankelijk van aannames die worden gedaan over de kostenontwikkeling van CCS (en de alternatieven om emissiereductie te behalen), belastingen & subsidies en ontwikkelingen in de aanvoerketen van brandstoffen. Vooral aannames over werkgelegenheid bij de productie van biomassa is een belangrijke factor aangezien het model een rol weggelegd ziet voor negatieve emissies via bio-CCS. De aanvoerketen van biomassa vormt daarmee een belangrijke schakel in de studie en heeft veel gevolgen voor de resultaten.

<sup>22</sup> <http://www.theguardian.com/environment/2015/mar/03/bank-of-england-warns-of-financial-risk-from-fossil-fuel-investments>

<sup>23</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Acid\\_Rain\\_Program#cite\\_note-europa.eu-39](https://en.wikipedia.org/wiki/Acid_Rain_Program#cite_note-europa.eu-39)

<sup>24</sup> [http://ec.europa.eu/environment/archives/cape/activities/pdf/case\\_study1.pdf](http://ec.europa.eu/environment/archives/cape/activities/pdf/case_study1.pdf)





**Figuur 11: Concentratie van SO<sub>2</sub> in de Verenigde Staten. Bron: EPA 2015<sup>25</sup>**

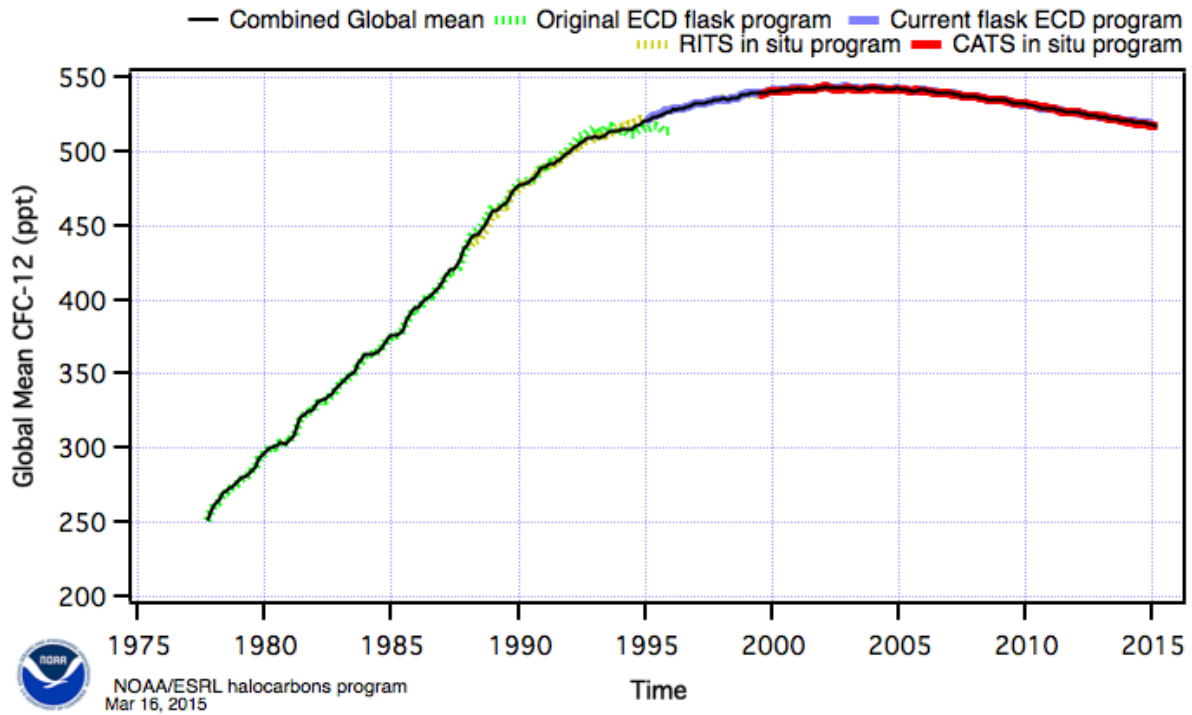
Een goed voorbeeld van wereldwijd handelen is de bescherming van de ozonlaag. In verschillende landen wereldwijd werden chloorfluorkoolwaterstoffen in de jaren 70 als drijfgas in spuitbussen verboden. Wereldwijde productie en toepassing werd pas een halt toegeroepen na de Vienna Convention (1985) en het tekenen van het Montreal Protocol (1987). Door maatregelen die zijn genomen als gevolg van het Montreal Protocol zijn emissies van ozonafbrekende stoffen al dalende.<sup>26</sup> Afname in concentraties in de atmosfeer voor verschillende van deze stoffen is reeds waargenomen.<sup>24</sup> Eén voorbeeld is (CCl<sub>2</sub>F<sub>2</sub>), waarvan de concentratie in de atmosfeer is weergegeven in de figuur hieronder.

Beide beknopt beschreven voorbeelden geven aan dat het mogelijk is om door middel van grootschalige actie en wereldwijd ondersteunde inzet de emissie van schadelijke stoffen naar de atmosfeer terug te dringen.

<sup>25</sup> <http://www.epa.gov/airtrends/sulfur.html>

<sup>26</sup> [http://www.epa.gov/ozone/science/sc\\_fact.html](http://www.epa.gov/ozone/science/sc_fact.html) en

[http://ozone.unep.org/Assessment\\_Panels/SAP/Scientific\\_Assessment\\_2010/03-Chapter\\_1.pdf](http://ozone.unep.org/Assessment_Panels/SAP/Scientific_Assessment_2010/03-Chapter_1.pdf)



Figuur 12: Concentratie van CFC-12 in de atmosfeer.<sup>27</sup>

<sup>27</sup> <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/hats/combined/CFC12.html>

## 2 Nederland heeft veel ervaring met afvang, transport en opslag van CO<sub>2</sub>

In de afgelopen decennia is er binnen verschillende projecten ervaring opgedaan in CO<sub>2</sub>-afvang, -transport en -opslag in Nederland. CATO-website geeft overzicht van belangrijke CCS mijlpalen voor Nederland.<sup>28</sup> Voorbeelden van CCS-projecten zijn K12B, OCAP en CO<sub>2</sub>-afvangpilots waarbij zowel technieken worden toegepast die CO<sub>2</sub> vóór en na de verbranding afvangen. Daarnaast is er in verschillende (internationale) projecten technische kennis opgedaan in gastransport, gasopslag, monitoringtechnieken en -programma's. Ook op het gebied van veilig en verantwoord opereren en de huidige discussies/dialogen over de ondergrond hebben in belangrijke mate bijgedragen aan de kennisontwikkeling en ervaring van Nederland op het gebied van CCS. In deze sectie zullen voorbeelden worden toegelicht.

### 2.1 Huidige ervaring en onderzoek

Nederland was één van de eerste landen ter wereld waar CCS activiteiten werden ontplooid. Sinds 1988 heeft Nederland een prominente rol gespeeld in de ontwikkeling van CCS. Zo werd in 1992 de "First International Conference on Carbon Dioxide Removal" georganiseerd in Amsterdam. Deze conferentie is uitgegroeid tot belangrijkste CCS conferentie ter wereld en staat nu bekend als het "International Greenhouse Gas Control Technologies Conference - GHGT".

#### OCAP

*Project eigenaar: Linde Gas Benelux en Volker Wessels*

*Locatie: Zuid-Holland*

*Tijdslijn: 2005 - nu*

In het OCAP project wordt CO<sub>2</sub> van industriële bronnen afgevangen en getransporteerd naar kassen als alternatief voor CO<sub>2</sub> door het verbranden van aardgas. Door het gebruik van industriële CO<sub>2</sub> wordt energie bespaard. De CO<sub>2</sub> is afkomstig van de raffinaderij van Shell en de bio-ethanol plant van Abengoa (sinds 2011). Hiermee worden ongeveer 500 kassen bediend. De CO<sub>2</sub> wordt getransporteerd door de voormalige olietransportleiding tussen Rotterdam en Amsterdam.

Meer informatie:  
<http://www.rotterdamclimateinitiative.nl/documents/Factsheets/OCAP.pdf>



In Nederland werd CCS politiek relevant in 1999 toen in de Uitvoeringsnota Klimaatbeleid een pilotstudie werd voorgesteld: CRUST (CO<sub>2</sub> Reuse through Underground Storage), later bekend als

<sup>28</sup> [http://ccs.ecofys.com/ImplementationPlan-Roadmap/index.php/History\\_of\\_CCS\\_in\\_the\\_Netherlands](http://ccs.ecofys.com/ImplementationPlan-Roadmap/index.php/History_of_CCS_in_the_Netherlands)



## CCS position paper

---

project K12B (zie inzet). Het project startte in 2004, hetzelfde jaar dat het onderzoeksprogramma CATO (CO<sub>2</sub>-afvang Transport en Opslag) werd opgestart.

In de tussentijd werd in 2005 OCAP opgestart (zie inzet) en werden in 2008 het Rotterdam Climate Initiative (met een grote rol voor CCS) en het ROAD-project opgestart. Andere projecten zijn pilots rondom het SEWGS afvang proces, het Catch-UP project in Buggenum en het Green Hydrogen project van Air Liquide.

In 2010 werd een handvol opslagpilots afgebroken, waarvan Barendrecht het meest bekend en vergevorderd was. De discussie richtte zich vooral op de mogelijk nadelige effecten van ondergrondse opslag van CO<sub>2</sub> op land. Kort na het stopzetten van de Barendrecht pilot werd de vergunningsprocedure voor CO<sub>2</sub>-opslag op land door de regering stopgezet, waarmee een moratorium voor opslag van CO<sub>2</sub> onder land een feit werd. Hiermee werd de aandacht verplaatst naar projecten voor CO<sub>2</sub>- opslag onder de zeebodem en CO<sub>2</sub>-hergebruik. De voorbereidingen van het ROAD project en ook het project 'Green Hydrogen' konden zo doorgang vinden. Dit laatste project is echter gestopt omdat er geen NER-300 subsidie vanuit Europa werd toegekend.

### K12B project

*Project eigenaar: GDF Suez E&P Nederland B.V. en TNO*

*Locatie: Noordzee (K12B gas field), 150 km ten noordwesten van Amsterdam*

*Tijdslijn: 2004 – nu*

Het K12B-project is het eerste project ter wereld waarbij CO<sub>2</sub> wordt verwijderd uit het gewonnen aardgas en waarbij het direct wordt geïnjecteerd in aardgasveld. Door het hoge CO<sub>2</sub>-gehalte in het aardgas moet de CO<sub>2</sub> worden verwijderd voordat het aardgas getransporteerd kan worden. In eerste instantie werd de verwijderde CO<sub>2</sub> geventileerd, totdat de mogelijkheid werd aangegrepen als testproject voor CO<sub>2</sub>-opslag. Jaarlijks wordt er 20 kiloton CO<sub>2</sub> afgevangen en opgeslagen.

Meer informatie:

<http://www.CO2remove.eu/Sections.aspx?section=422.430>

[http://www.CO2geonet.com/UserFiles/file/Open%20Forum%202011/PDF-presentations/2-10\\_Vanderweijer.pdf](http://www.CO2geonet.com/UserFiles/file/Open%20Forum%202011/PDF-presentations/2-10_Vanderweijer.pdf)

In Europa is het Rotterdam Opslag en Afvang Demonstratieproject (ROAD) een van de weinige overgebleven initiatieven die de gehele keten van CO<sub>2</sub>-afvang, -transport en -opslag op grote schaal wil gaan demonstreren. Dit project zou daarmee een sleutelrol in de ontwikkeling van CCS in Nederland en Europa kunnen vervullen. ROAD wil demonstreren dat het haalbaar is om CCS grootschalig toe te passen bij elektriciteitscentrales en energie-intensieve bedrijven. De kennis en ervaring die ROAD opdoet met het demonstratieproject zijn van belang om CCS binnen 5 tot 10 jaar op grotere schaal te kunnen gaan inzetten. Bijvoorbeeld, de infrastructuur van het ROAD-project zou een aanzet zijn voor het koppelen van meer CCS-projecten. Ook het testen van het juridisch kader om CO<sub>2</sub> op te slaan en het opzetten van communicatie met het grote publiek zullen belangrijke leerdoelen zijn.

De projectontwikkeling van ROAD is al vergevorderd. De technische ontwerpen en vergunningstrajecten zijn zo goed als afgerond. De financiering is nog het belangrijkste obstakel om een definitieve investeringsbeslissing te kunnen nemen.

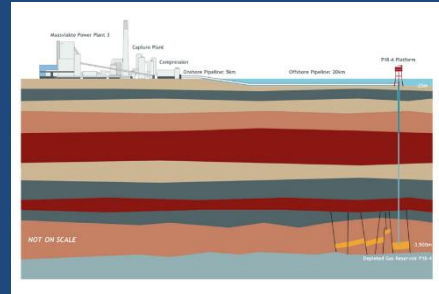
## ROAD

Project eigenaar: E.ON Benelux en ENGIE

Locatie: Rotterdam

Tijdslijn: Investeringsbeslissing 2016

ROAD, een initiatief van E.ON Benelux en ENGIE in samenwerking met TAQA wil circa 1,1 miljoen ton CO<sub>2</sub> per jaar van een nieuwe kolen- en biomassa gestookte elektriciteitscentrale op de Maasvlakte gaan afvangen en opslaan in een uitgeproduceerd gasreservoir onder de Noordzee.



Meer informatie:

<http://road2020.nl/en/>

## 2.2 Status technologie voor verschillende sectoren

De drie componenten van CCS, CO<sub>2</sub>-afvang, transport en opslag hebben in de afgelopen decennia een flinke ontwikkeling doorgemaakt. Van deze drie componenten is transport technologisch het meest volwassen. In totaal ligt er wereldwijd meer dan 6,500 kilometer aan CO<sub>2</sub>-pijpleiding, waarvan 6,000 kilometer in de Verenigde Staten (IEA, 2013; Ecofys, 2013). Verreweg het grootste deel van deze pijpleidingen bevinden zich op land. Op zee is er nog weinig ervaring met CO<sub>2</sub>-pijpleidingen (bijvoorbeeld Snøhvit in Noorwegen). Met de komst van projecten als ROAD, White Rose en Peterhead zullen CO<sub>2</sub>-pijpleidingen op zee de komende jaren verder ontwikkeld worden. Ook het alternatief, CO<sub>2</sub>-vervoer per schip is nog volop in ontwikkeling. De verwachting is dat transport per schip een rol gaan spelen bij relatief kleinere volumes, grotere afstanden en in situaties waar meer flexibiliteit in transport vereist is.

Op het gebied van CO<sub>2</sub>-afvang is er de afgelopen jaren veel progressie geboekt. Zo wordt bijvoorbeeld bij processen die bijna pure CO<sub>2</sub> uitstoten, zoals behandeling van aardgas, ethanol fermentatie en de productie van ammoniak en waterstof, CO<sub>2</sub>-afvang commercieel toegepast (IEA, 2013). Bij andere processen waarbij de CO<sub>2</sub> gescheiden moet worden van andere stoffen is CO<sub>2</sub>-afvang nog volop in ontwikkeling. Grootschalige CO<sub>2</sub>-afvangdemonstratieprojecten die recent (2014) operationeel zijn geworden zijn het 'Boundary Dam' project en Quest-project (2015) beide gelegen in Canada. In het Boundary Dam project wordt circa 1 MtCO<sub>2</sub> per jaar afgevangen van een kolengestookte centrale. Het Quest-project is onderdeel van een teerzandoperatie die dagelijks 225 duizend vaten zware olie oplevert. Ook in dit project wordt circa 1 Mt per jaar afgevangen en worden de totale CO<sub>2</sub>-emissies met een derde beperkt. De verwachting is dat in de komende 5 jaar deze technologieën commercieel beschikbaar zullen komen (IEA, 2013).

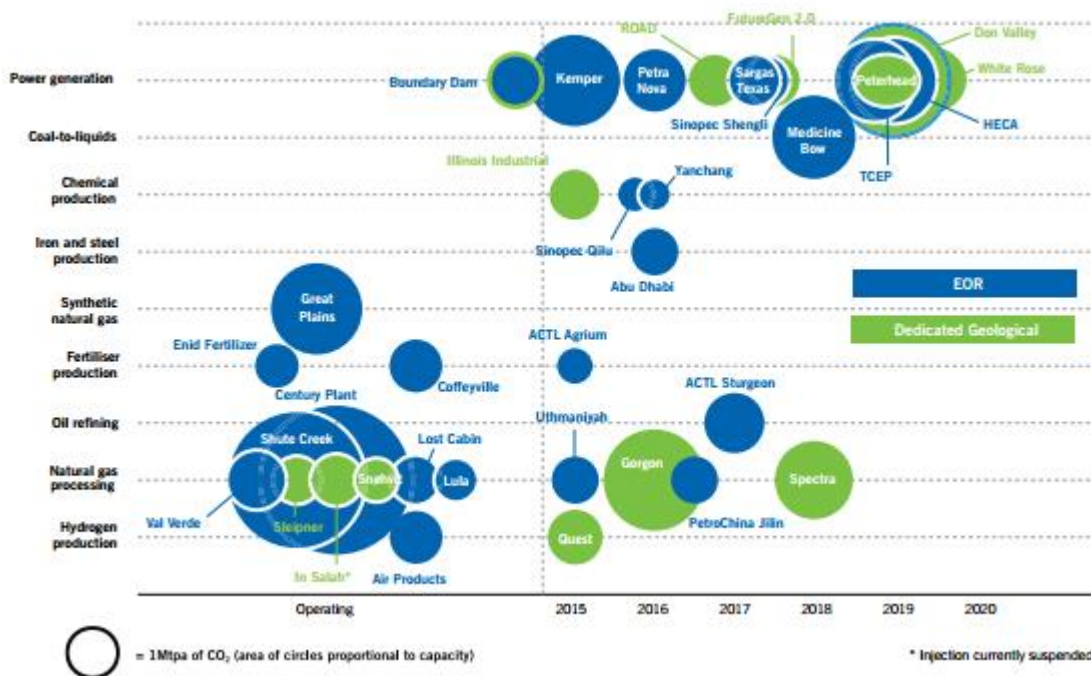
**CCS position paper**

In de ontwikkeling van CO<sub>2</sub>-opslag is er progressie geboekt door het uitvoeren van verschillende pilots en tests. Daarbij is er onder andere kennis opgedaan op het gebied van de omvang en de distributie van opslaglocaties op nationaal en regionaal niveau (IEA, 2013). Echter, het proces om geschikte opslaglocaties te identificeren zal nog de nodige aandacht vragen. De volgende stap in de ontwikkeling van CO<sub>2</sub>-opslag is het grootschalig toepassen ervan (IEA, 2013).

De grootste uitdaging is echter het samenbrengen van de drie componenten in grootschalige projecten (IEA, 2013). Volgens het Global CCS Institute waren er in 2014 in totaal 55 grootschalige CCS projecten bekend, in verschillende ontwikkelingsstadia (GCCSI, 2014). Van deze 55 projecten zijn er 22 aangemerkt als “actief”, waarvan 13 operationeel en 9 onder constructie. De verwachting is dat in 2017 deze projecten gezamenlijk een CO<sub>2</sub>-afvang van 40 MtCO<sub>2</sub> per jaar zullen realiseren. In 2020 kan dat doorgroeien tot 70 MtCO<sub>2</sub> per jaar onder de aanname dat er voldoende ondersteuning is en investeringsbeslissingen worden genomen zoals verwacht. Van deze 70 MtCO<sub>2</sub> per jaar zal volgens IEA ongeveer 50 MtCO<sub>2</sub> per jaar worden opgeslagen (IEA, 2013).

De meeste actieve grootschalige CCS-projecten bevinden zich in Noord-Amerika, waarvan 10 in de Verenigde Staten en 5 in Canada (GCCSI, 2014). Het gros van deze projecten zijn EOR-projecten. De overige projecten zijn verdeeld over de andere continenten, waarvan 2 in Europa: Sleipner en Snøhvit.

In de onderstaande figuur worden alle 55 bekende projecten weergegeven. De grafiek geeft informatie over het verwachte jaar van operatie, de CO<sub>2</sub>-bron, het type opslag en de omvang van het project. In deze grafiek is ook het ROAD-project opgenomen.



**Figuur 13: Overzicht van actuele en geplande CCS projecten wereldwijd. (GCCSI, 2014)**

## CCS position paper

---

### *Ontwikkelingen in Nederland*

Dankzij onderzoek en pilotstudies die de afgelopen jaren zijn uitgevoerd, veelal als onderdeel van CATO, zijn er belangrijke stappen gezet in de ontwikkeling van CCS. Vooral op het gebied van afvangtechnologie heeft het Nederlandse onderzoek een belangrijke bijdrage geleverd. In 2006 waren er al vijf afvang pilot- en demonstratieprojecten in ontwikkeling (CATO, 2014; ZERO, 2015):

- CATO Catcher (E.On & TNO) – een kleine pilot plant voor het testen van oplosmiddelen;
- Zero Emission Power Plant (SEQ, Eneco, TU Delft en Energy Valley) – Pilot om oxyfuel technologie te testen in combinatie met CO<sub>2</sub>-opslag (ca. 0,2 MtCO<sub>2</sub>/jr) en ‘Enhanced Gas Recovery (EGR)’;
- Buggenum power plant (Nuon, ECN, TU Delft en KEMA) – Pilot om pre-combustion CO<sub>2</sub>-afvang te testen in de Willem-Alexander centrale in Buggenum;
- CRUST (Gaz de France) – Voortzetting en opschaling van het K12B-project in de Noordzee (opschaling van 20 ktCO<sub>2</sub> naar 0,4 MtCO<sub>2</sub>). Zie ook de tekst box in sectie 2.1);
- De Lier (Shell, NAM en TNO) – Pilot voor het testen van CO<sub>2</sub>-afvang en opslag van ca. 0,6 MtCO<sub>2</sub> per jaar afkomstig uit de Shell raffinaderij bij Pernis. Een deel van de CO<sub>2</sub> zou worden opgeslagen in het lege gasveld De Lier, de rest zou worden geleverd aan kassen en de frisdrank industrie (NAM, 2006).

Niet alle projecten in ontwikkeling zijn tot uitvoering gebracht, maar de afvangpilots en de opslag van CO<sub>2</sub> in het offshore K12B zijn successen te noemen.

Op het gebied van transport zijn er verschillende concepten ontwikkeld, waaronder CO<sub>2</sub>-transport per schip. Hiervoor heeft Anthony Veder een speciaal schip ontwikkeld, de “Coral Carbonic”, waarmee een flexibele transport optie wordt aangeboden voor het transporteren van CO<sub>2</sub> (Anthony Veder, 2015).

Zoals in de vorige sectie toegelicht zijn er de afgelopen jaren verschillende Nederlandse CO<sub>2</sub>-opslagprojecten ontwikkeld. Echter alleen de projecten op zee hebben doorgang kunnen vinden, zoals het K12B-project (in operatie) en het ROAD-project (in ontwikkeling).

### *Kosten*

CCS is op dit moment nog niet commercieel haalbaar. Om een CCS project rendabel te krijgen zonder subsidies is de prijs van CO<sub>2</sub>-emissierechten binnen het Europese emissiehandelssysteem (ETS) bepalend. Om verschillende redenen ontstond er de laatste jaren een overschot aan CO<sub>2</sub>-emissierechten in de markt, waardoor de CO<sub>2</sub>-prijs niet het vereiste niveau haalde voor een business case voor CCS (zie grafiek).



**Figuur 14: Ontwikkeling van de prijs van CO<sub>2</sub>-emissierechten in Europa in de periode 2010 tot juli 2015. Bron: Ecofys**

Naast ongeschikte marktcondities bevindt CCS-technologie zich wereldwijd momenteel in een belangrijke fase die bij ontwikkeling van technologie naar de commercialisatie ook wel de 'Valley of Death' wordt genoemd. Dit is de fase waarin grootschalige demonstratie hoge investeringen met zich mee brengt, terwijl de baten zich pas later aandienen. Dit is ook de fase waar in de regel de meeste publieke fondsen nodig zijn. Ook CCS moet deze fase doorlopen om zich te ontwikkelen tot volwassen technologie die commercieel kan worden toegepast.

Verder is het noodzakelijk op te merken dat de sectoren waar CCS kan worden toegepast sterk verschillen met betrekking tot de technische en economische haalbaarheid. Een aantal voorbeelden van de elementen die kunnen verschillen zijn:

- Verschil in kosten van CCS (uitgedrukt per eenheid product en per eenheid afgevangen/vermeden CO<sub>2</sub>).
- Alternatieven voor het verkleinen van de CO<sub>2</sub>-voetafdruk: voor sommige sectoren bestaan er naast CCS weinig alternatieven die CO<sub>2</sub>-besparing op grote schaal mogelijk maken.
- De hoeveelheden CO<sub>2</sub> die per bron en sector kunnen worden afgevangen.

**Tabel 1: Indicatieve kosten van vermeden CO<sub>2</sub> en de bandbreedte voor typische industriële installaties en energiecentrales. Per proces is de gemiddelde waarde gegeven en tussen haakjes de range. Kosten zijn exclusief transport en opslag. Bron (IEA, 2013)**

Sector	Proces	Kosten per vermeden ton CO <sub>2</sub> (EUR 2015)*
Raffinage	Waterstofproductie	33 (23 - 42)
	Process heaters	79 (42 - 126)
	Kraker (Fluid catalytic cracking)	99 (79 - 126)
	Warmte-krachtproductie	104 (42 - 126)
IJzer en staal	Hoogoven	53 (30 - 79)
	Hot stoves, power/steam plant	71 (71 - 85)
	Cokes oven	83 (83 - 92)
Chemie	Ethyleenoxide	15
	Waterstof (ammoniak/methanol)	34 (18 - 43)
	Ethyleen/propyleen	71
	Process heaters / Warmte-krachtproductie	101 (41 - 126)
Gasbehandeling	Gasbehandeling	12
Pulp en papier	Kraft-proces	67 (34 - 69)
Cement	Precalculator	37 (21 - 50)
	Volledige installatie	61 (35 - 111)
Biobrandstoffen	Ethanol	15
Aluminium	Aluminium smelter	15
Elektriciteit	Kolen (post-combustion)	57
	Kolen (pre-combustion)	43
	Kolen (oxyfuel-combustion)	51
	Gas (post-combustion)	79

\* Kosten zijn gecorrigeerd voor inflatie en wisselkoers (dollar/euro) per 1 juli 2015

## 2.3 Veilig en verantwoord

Om tot een geschikte opslagreservoir te komen voor daadwerkelijke injectie en opslag van CO<sub>2</sub> worden verschillende locaties op veel aspecten onderzocht. In dit onderzoekstraject worden technische, economische, juridische, milieu- en risicoaspecten van de opslag nauwkeurig in beeld gebracht. Tal van procedures dienen te worden doorlopen om te waarborgen dat alle signalen op groen staan voor een mogelijk project. Voorbeelden zijn uitgebreide milieueffectrapportages en risicostudies voor de ondergrond, de putten en transportinfrastructuur.

Een CCS-project zal alleen uitgevoerd kunnen worden als de betrokken partijen ervan overtuigd zijn dat het veilig en verantwoord kan worden uitgevoerd. Een garantie dat er nooit iets mis zal gaan kan echter niet worden gegeven. Werken aan veiligheid is dan ook geen statisch proces. Het is een proces van voorspellen, meten, analyseren, leren en aanpassen.

Daarom is het monitoren van de hele keten van afvang, transport en opslag van CO<sub>2</sub> in de ondergrond belangrijk om te waarborgen dat CO<sub>2</sub>-opslag veilig en verantwoord wordt uitgevoerd.



Monitoring biedt de spil in de veiligheid van een project, omdat kan worden gecontroleerd of de processen in het opslagreservoir naar verwachting verlopen. Als de monitoring aan goede plannen zijn gekoppeld met betrekking tot mitigatie en herstel van nadelige situaties kunnen de juiste stappen worden ondernomen wanneer er in de keten iets niet goed gaat. Dit hele pakket aan maatregelen en zorgvuldige selectie van mogelijk CO<sub>2</sub>-opslagprojecten bieden de voorwaarden om CCS veilig en verantwoord te ontwikkelen. Binnen het CATO onderzoeksprogramma is veel aandacht besteed aan en kennis opgedaan met deze aspecten van CCS-ontwikkeling.

## 2.4 Dialoog met belanghebbenden

Maatschappelijk draagvlak is essentieel voor een succesvolle uitrol van CCS. De belanghebbenden in Nederland hebben inmiddels veel lessen geleerd omtrent het opzetten van een goede dialoog rond CO<sub>2</sub>-opslagprojecten. Het maatschappelijke draagvlak van het gebruik van CO<sub>2</sub> in het kassengebied of de injectie ervan in een aardgasvel onder zee heeft geen tot zeer beperkte maatschappelijke weerstand opgeleverd. Het project zoals voorgesteld bij Barendrecht leverde daarentegen weerstand op in de maatschappij. In deze projecten zijn duidelijke lessen geleerd die nu en in de toekomst zullen moeten worden toegepast. Belangrijke lessen die in de communicatie met het publiek en overige belanghebbenden zullen worden nagestreefd zijn:<sup>29</sup>

- Communiceer helder en transparant over nut en noodzaak van CO<sub>2</sub>-opslagprojecten in Nederland en Noordwest-Europa.
- Communiceer over de belangrijke keuzes die moeten worden gemaakt om uitstoot van CO<sub>2</sub> te verminderen tegen haalbare maatschappelijke kosten. En specificeer de rol die CCS kan spelen samen met andere opties.
- Communiceer tijdig over plannen die er zijn omtrent CCS en op basis van gebalanceerde informatie.
- Beschrijf de opties die er zijn voor CO<sub>2</sub>-opslag en geef de belanghebbenden een rol in het besluitvormingsprocessen omtrent de ontwikkeling van projecten en projectalternatieven.
- Geef de belanghebbenden genoeg ruimte en tijd voor hoor en wederhoor.

---

<sup>29</sup> [http://www.CO<sub>2</sub>-cato.org/publications/library1/six-ccs-implementation-topics](http://www.CO2-cato.org/publications/library1/six-ccs-implementation-topics)

## DEEL II: Wat is er nodig om CCS vooruit te helpen

### 3 Sterke visie en commitment zijn nodig om de toekomst van CCS zeker te stellen

CCS is een technologie die bijna uitsluitend om klimaat-gerelateerde redenen nodig is. Dit vereist - nog meer dan bij andere emissiereductiemaatregelen - een sterke visie en beleid om een economisch competitieve technologie te ontwikkelen en in de markt te zetten. Zonder een goed CCS-beleidsplan zullen bedrijven onvoldoende vertrouwen hebben om succesvol de ontwikkeling van CCS te realiseren en een business case voor CCS te ontwikkelen. Als eerste stap is door de partners in het CATO programma een CCS-routekaart en een CCS-actieplan geformuleerd.<sup>30</sup> De overheid heeft vervolgens haar visie op CCS ontwikkeld. Deze visie zal naast heldere doelstellingen een plan moeten bevatten om de belangrijkste randvoorwaarden voor CCS te vervullen en de eerder genoemde economische kansen te benutten. De publicatie van de visie is tot op heden nog niet vastgesteld.

Een sterke visie zal een strategisch plan moeten opleveren zodat betrokken partijen vertrouwen hebben in een toekomst voor CCS. De eerste stappen naar realisatie van de visie zullen door de betrokkenheid in gezamenlijkheid moeten worden opgesteld en uitgevoerd. De projectgroep heeft belangrijke korte-termijnacties geïdentificeerd die in de volgende paragrafen worden besproken.

---

<sup>30</sup> Voor meer informatie zie: [http://ccs.ecofys.com/ImplementationPlan-Roadmap/index.php/CCS\\_Roadmap](http://ccs.ecofys.com/ImplementationPlan-Roadmap/index.php/CCS_Roadmap)



## 4 Acties op korte termijn zijn nodig om lange-termijn perspectief van CCS te realiseren

Om CCS op termijn succesvol in de markt te kunnen zetten zijn al op korte termijn acties noodzakelijk. Tijdige actie is de sleutel voor de continuïteit van de ontwikkeling van CCS op de langere termijn.

Binnen het projectteam zijn hiervoor drie belangrijke onderwerpen geïdentificeerd en uitgewerkt richting een set met concrete acties. Deze acties zijn tijdens een workshop aangevuld en verder bediscussieerd door een brede groep stakeholders. Het is goed te realiseren dat voor de uitvoering van de acties zowel de overheid als het bedrijfsleven belangrijke – en gedeelde – verantwoordelijkheden hebben. Gezien de aard van CCS, zijn sterke en langdurige commitment van zowel industrie als overheid een belangrijke voorwaarde voor verdere acties. Steun en betrokkenheid met en vanuit de rest van Europa zal daarnaast ook noodzakelijk zijn.

De drie onderwerpen zijn het realiseren op korte termijn van het ROAD demonstratieproject; het verbeteren van de economisch condities en het opstellen van een CCS-projectplan. Figuur 15 hieronder geeft de belangrijkste elementen aan die de keuze van deze drie onderwerpen ten grondslag ligt. Een uitgebreide beschrijving van deze onderwerpen is te vinden in de discussiepapers die opgesteld zijn voor de workshop.<sup>31</sup> Hieronder volgt een samenvatting aangevuld met de resultaten van de workshop.

Demonstratie	Economische condities	CCS-Projectplan
<ul style="list-style-type: none"> <li>•ROAD is sleutelproject in uitrol en ontwikkeling van CCS in Nederland en Europa</li> <li>•Commitment van zowel industrie als overheid moet oplossing bieden voor stagnatie van ROAD</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•CCS is nog niet commercieel haalbaar</li> <li>•Extra stimuli zijn noodzakelijk om business case voor CCS (demonstratie)projecten te verbeteren</li> <li>•Stabiliteit en duidelijkheid voor marktpartijen zijn hier de sleutelbegrippen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Stappenplan gericht op voorbereiding grootschalige CCS implementatie in 2020-2030</li> <li>•Eerste stappen van een CCS-project plan zijn no- of low-regret stappen.</li> <li>•Belangrijke rol voor de overheid maar input en commitment nodig van private partijen</li> </ul>

**Figuur 15: Kort weergave van de elementen die ten grondslag liggen aan de keuze van de drie discussieonderwerpen.**

<sup>31</sup> Serie Discussiepapers voor Demonstratie, Economic condities en CCS-Projectplan, CATO, 2015

## 4.1 Realisatie van het demonstratieproject voor CCS in Nederland: ROAD

Nederland heeft een sterke basis op het gebied van CCS. Sinds eind jaren tachtig is er veel onderzoek gedaan naar CCS en zijn sindsdien enkele proefprojecten uitgevoerd op het gebied van afvang en opslag. Een logische volgende stap in de ontwikkeling van CCS naar een commerciële en technisch haalbare activiteit is een grootschalig project met als doel om de bewezen stappen in de CCS-keten in samenhang te demonstreren. In Europa is het Rotterdam Opslag en Afvang Demonstratieproject (ROAD) een van de weinige overgebleven initiatieven die de gehele keten van CO<sub>2</sub>-afvang, -transport en -opslag op grote schaal wil gaan demonstreren. Dit project zou daarmee een sleutelrol in de ontwikkeling van CCS in Nederland en Europa kunnen vervullen. De kennis en ervaring die ROAD opdoet met het demonstratieproject zijn van belang om CCS binnen 5 tot 10 jaar op grotere schaal te kunnen gaan inzetten.

Betrokkenheid is nodig van de overheid en industriepartijen om de rol van Nederland als een van de koplopers in CCS te behouden en te versterken en de kennis en ervaring te gebruiken om CCS naar de volgende fase te brengen. Pre-commerciële projecten zoals ROAD zijn nodig om het bewijs te leveren dat de technologie en de randvoorwaarden om de technologie toe te passen klaar zijn voor commerciële toepassing.

Een positief besluit over ROAD kan meehelpen om te voorkomen dat er een breuk ontstaat in de ontwikkeling van CCS en dat veel kennis verloren gaat. Daarnaast kan zo'n breuk het effect hebben dat CCS niet op tijd beschikbaar is, waardoor de kosten voor vergaande CO<sub>2</sub>-emissiereductie in industrie en elektriciteitsvoorziening op termijn gaan stijgen. Ook kan een gebrek aan perspectief voor CCS leiden tot definitief sluiten van gasvelden die in aanmerking zouden kunnen komen voor opslag. Herinstalleren van infrastructuur en heropenen van die gasvelden is kostbaar.

De volgende suggesties voor acties kunnen bijdragen tot het doorgaan van ROAD.

- *Creëer een CCS fonds.* De industrie of sectoren die belang hebben bij de ontwikkeling van CCS dragen bij aan een 'CCS Industriefonds', ter financiering van een demonstratieproject. Bedrijven moeten zo ook kunnen profiteren van zogenaamde 'first-mover'-voordelen, zoals deeleigenaarschap van IPs, mogelijke inkomsten van CCS-projecten of op te richten bedrijven, of anderszins.
- *Pas het ROAD-project aan.* Door het aanpassen van bijvoorbeeld de grootte, de doorlooptijd en de rol kan het ROAD-project kleiner beginnen maar later gaan fungeren als CO<sub>2</sub>-hub project voor Noordwest continentaal Europa. Als de Europese industrie en andere nationale overheden meedoen, leidt dat mogelijk tot een bredere toepasbaarheid van de opgedane ervaringen.

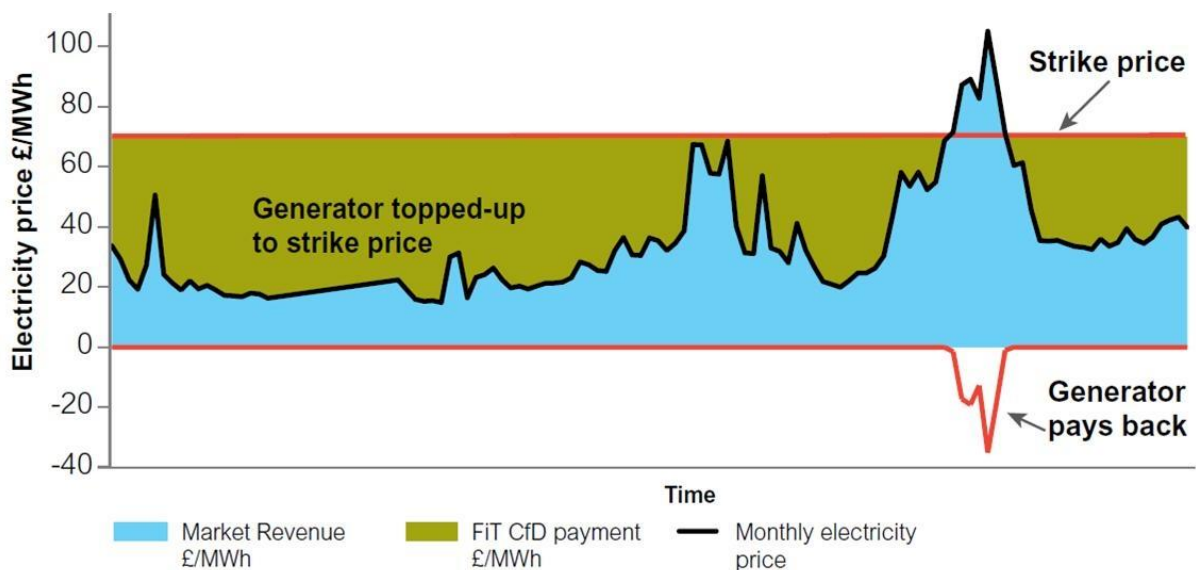
## 4.2 Economische condities scheppen voor toekomstige demonstratie en commerciële CCS projecten

Het huidige Europese en nationale marktinstrument dat klimaatbeleid vertaalt naar marktcondities is het Europese emissiehandelssysteem (EU Emissions Trading System). Om een CCS-project zonder subsidie rendabel te krijgen in een commerciële situatie is de prijs van CO<sub>2</sub>-emissierechten binnen het Europese emissiehandelssysteem (ETS) bepalend. Op dit moment is de prijs van de Europese emissierechten te laag voor een haalbare business case voor CCS-projecten. Om verschillende redenen ontstond er de laatste jaren een overschot aan CO<sub>2</sub>-emissierechten in de markt, waardoor de CO<sub>2</sub>-prijs niet de noodzakelijke prikkel gaf voor investeringen in emissiereductie en nog niet het vereiste niveau haalde voor een business case voor CCS.

### Financiële stimulering en markthervorming zijn noodzakelijk

Financiële middelen zijn op korte termijn noodzakelijk om CCS projecten economisch acceptabel te maken. Voorbeelden hiervan zijn het verbeteren van regelingen omtrent kapitaalsubsidies of subsidies om de operationele kosten te compenseren. Verschillende instrumenten zijn mogelijk om de economische condities te verbeteren voor CCS projecten.

Een goed voorbeeld hier is het Verenigd Koninkrijk dat inzet op CCS en de technologie als een belangrijke pijler ziet in haar energie- en klimaatstrategie. De nationale overheid heeft daar geïdentificeerd dat naast kapitaalsubsidies ook aanvullende maatregelen en hervorming van de markt noodzakelijk is om CCS projecten in de pre-commerciële fase te ondersteunen. Het Verenigd Koninkrijk heeft de intentie uitgesproken om operationele risico's te beperken door middel van een zogenoemd 'contract-for-difference' (zie grafische weergegeven hieronder) met operators. Dit instrument biedt zekerheid bij investeerders en projectontwikkelaars dat gemaakte investeringen ook terugverdiend kunnen worden in een periode dat de CO<sub>2</sub>-prijs niet hoog genoeg is. Dit voorbeeld geldt specifiek voor de elektriciteitssector, maar vergelijkbare instrumenten zijn denkbaar voor het stimuleren van CCS in de industriële sectoren.



## CCS position paper

---

Vorbereidingen zijn nu gaande om binnen het EU ETS circa 400 miljoen emissierechten te reserveren voor innovaties voor CO<sub>2</sub>-arme technologieën. Dit innovatiefonds zal een belangrijke factor kunnen spelen in de periode 2021-2030 om projecten en investeringen in CCS te stimuleren. Het programma zal in vergelijking met de voorloper NER 300 meer flexibiliteit moeten hebben zodat een breder portfolio aan CCS technologieën kan worden geïmplementeerd. Een revisie van de acceptatiecriteria is een randvoorwaarde om ervoor te zorgen dat er een portfolio aan CCS projecten in verschillende sectoren kan worden ontwikkeld.

Ook zou het nieuwe innovatiefonds de mogelijkheid kunnen bieden dat projectontwikkelaars gebruik maken van complementaire instrumenten voor financiële ondersteuning. Restricties in de belangrijkste stimuleringspakketten voor CCS - NER 300 en EEP<sup>32</sup> - hebben geleid tot beperkingen in de mogelijkheden voor het financieren van CCS-demonstratieprojecten en daarmee bijgedragen aan het uitstel van het Nederlandse ROAD project. Door ervaringen van de afgelopen jaren is gebleken dat het wenselijk is om meer flexibiliteit te bieden in het nieuwe fonds.

### **Gelijk speelveld voor oplossingen met een lage CO<sub>2</sub> voetafdruk mogelijk maken**

Bij hervorming van de markt en stimuleringsmaatregelen is het van groot belang dat er een gelijk speelveld wordt gecreëerd om het zogenaamde 'carbon leakage' te vermijden. Dit betekent dat – als gevolg van de maatregelen de kosten omhoog gaan –bedrijven productie gaan verplaatsen naar landen waar geen of minder stringente klimaatdoelstellingen gelden.

Zoals ook vermeld in het IPCC rapport zijn publieke middelen vaak noodzakelijk om nog niet marktrijpe technologieën te ondersteunen en een kans te geven. Duurzame energie is daarvan een goed voorbeeld. Het IPCC meldt ook dat de verschillende oplossingen met een lage CO<sub>2</sub>-voetafdruk niet gelijkelijk worden ondersteund. Zo heeft kernenergie in veel landen veel ondersteuning gekend en is het aandeel van duurzame energie in het totale RD&D budget gestegen. Het toekennen van publieke middelen aan de doorontwikkeling en implementatie van CCS is echter veel beperkter en niet in lijn met de mogelijk zeer belangrijke rol die CCS kan spelen in de toekomst, ook in haar bijdrage aan het behalen van negatieve emissies.<sup>33</sup>

Oplossingen die de CO<sub>2</sub>-voetafdruk van de industrie en elektriciteitsproductie verlagen zouden gelijk moeten worden gestimuleerd. Bij het invoeren van stimulering en markthervormingen moet goed gewaakt worden over het behouden van de concurrentiepositie van private partijen.

### **Bieden van lange termijn zekerheid voor het investeren in CCS.**

Het klimaatbeleid en de bijbehorende instrumenten op Europees en nationaal niveau bepalen samen de toekomstige economische en financiële randvoorwaarden voor CCS. Op dit moment biedt het EU ETS echter onvoldoende lange termijn investeringsklimaat voor CCS projecten.

---

<sup>32</sup> European Energy Programme for Recovery

<sup>33</sup> Bron IPCC AR5 WG III p 567: "Nuclear has received significant support in many countries and the share of RD&D for RE has increased, but public R&D for CSS is lower, and does not reflect its potential importance for the achievement of negative emissions"

## CCS position paper

---

Voor de toekomst worden hogere CO<sub>2</sub>-prijzen verwacht die een business case voor CCS dichterbij brengen, maar zeker geen garantie bieden. In een recente studie door PBL<sup>34</sup> worden verwachte CO<sub>2</sub>-prijzen gerapporteerd bij voorgenomen beleid van €12/t (range 5-27) in 2020 stijgende naar €21/t (range 9-49) in 2030. Thomson Reuters<sup>35</sup> noemt een prijs van €17/t in 2020 stijgend naar €29/t in 2030.

CCS is in zeer sterke mate afhankelijk van overheidsbeleid, zowel op Europees als nationaal niveau. Dit beleid zou een lange-termijn perspectief voor bedrijven moeten bieden en er voor moeten zorgen dat dit handelssysteem (of andere instrumenten) een stabiele prikkel gaat opleveren voor CCS. Alleen onder die voorwaarden zal voldoende geïnvesteerd worden in de ontwikkeling en implementatie van CCS. Private partijen hebben dus een lange-termijn commitment nodig van Europese en nationale overheden over de in te zetten instrumenten en de prikkels die de marktcondities zullen bepalen op de korte en lange termijn.

De volgende geïdentificeerde acties kunnen bijdragen tot het versterken van economisch klimaat voor CCS.

- *Invoering van CCS doelstellingen via één of meer van onderstaande methoden:*
  - *Invoering van een sectorspecifieke emissiestandaard of CCS-verplichting*, ter aanvulling op emissiehandel voor de periode tot 2030. Voor 2020 betekent dit een lichte emissiestandaard, die richting 2050 stringenter wordt en effectief CCS verplicht.
  - *Verankering van doelstellingen voor CCS en CO<sub>2</sub>-emissiereductie in nationale wet- en regelgeving*. Dit gebeurt door in samenspraak met de industrie realistische maar ambitieuze doelstellingen vast te stellen. Indicatieve doelstellingen, gebaseerd op scenariostudies worden besproken met stakeholders. Vervolgens zal er een akkoord moeten worden gesloten over de toepassing en timing van inpassing van CCS in Nederland. Een afzonderlijke CCS-doelstelling zal CCS projectontwikkelaars meer vertrouwen geven dat CCS daadwerkelijk zal gebeuren en dient dus als aanjager voor de ontwikkeling en toepassing van CCS. Overwogen kan worden om CCS-doelstellingen alleen op de korte en middellange-termijn vast te stellen.
- *Hervorming of aanpassing van huidige emissiehandel*
  - *Introduceer handel in CCS-certificaten*. Het bevoegd gezag geeft verhandelbare certificaten uit aan installaties uitgerust met CCS-technologie. Als alle installaties jaarlijks verplicht een vastgesteld minimum aan CCS-certificaten moeten inleveren (naast CO<sub>2</sub>-emissiecertificaten) ontstaat handel. Bedrijven kunnen deze CCS-certificaten verkrijgen door zelf CCS toe te passen of door CCS-certificaten aan te kopen van andere bedrijven. Net als bij CO<sub>2</sub>-emissiehandel wordt de prijs van het CCS-certificaat in de markt bepaald door het door de overheid vastgestelde volume aan CCS-certificaten.

---

<sup>34</sup> Raming CO<sub>2</sub>-prijs in de nationale energieverkenning 2014

[http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl\\_2014\\_raming-CO<sub>2</sub>-prijs-in-de-nationale-energieverkenning\\_1568.pdf](http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl_2014_raming-CO2-prijs-in-de-nationale-energieverkenning_1568.pdf)

<sup>35</sup> <http://trmcs->

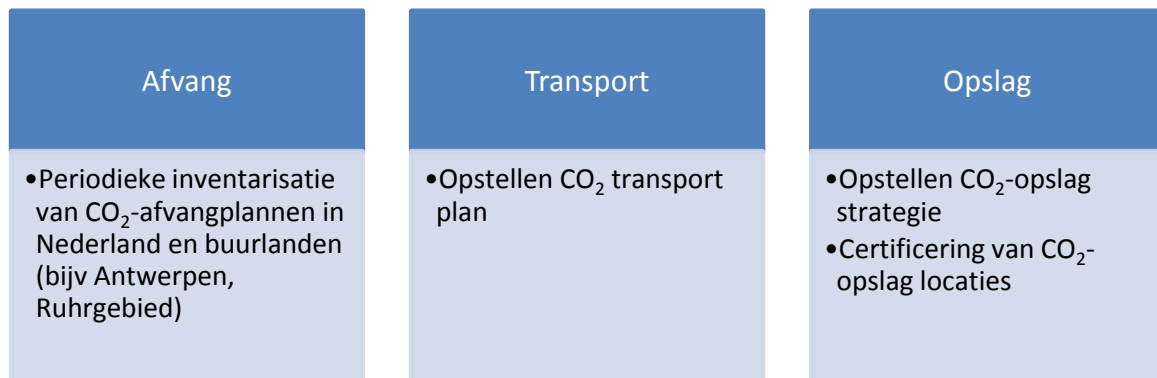
[documents.s3.amazonaws.com/6a279c1fcc308bebb0820e43857143fe\\_20150224034209\\_24022015\\_Media%20advisory\\_ENV\\_I\\_MSR\\_final\\_JH\\_MF.pdf](documents.s3.amazonaws.com/6a279c1fcc308bebb0820e43857143fe_20150224034209_24022015_Media%20advisory_ENV_I_MSR_final_JH_MF.pdf)

- *De EU kan de markt voor emissierechten verkrappen, bijvoorbeeld door emissierechten te verplaatsen naar de 'Market Stability Reserve' met transparante regels hoe deze emissierechten al dan niet terugvloeien naar de markt. Hierdoor moet de prijs van CO<sub>2</sub>-rechten voldoende hoog worden (~50€/t).*
- *Technologie-onafhankelijke subsidie voor CO<sub>2</sub>-arme elektriciteits- en warmteproductie. Op dit moment staat er geen premie op elektriciteits- en warmteproductie met CCS. Een subsidiesysteem vergelijkbaar met de huidige SDE (Stimulering Duurzame Energieproductie) wordt ingericht voor het stimuleren van CO<sub>2</sub>-arme elektriciteits- en warmteproductie.*
- *Het opzetten van publiek-private samenwerking voor het organiseren van CO<sub>2</sub>-infrastructuur, zoals een cluster rond het Rotterdam Climate Initiative. De overheid kan sturen op voldoende transportcapaciteit en voldoende verbindingsmogelijkheden tegen acceptabele kosten voor alle potentiële gebruikers.*
- *Het goed inrichten van het nieuw Europese innovatiefonds, zodat CCS ontwikkeling effectief kan worden ondersteund. De criteria van dit fonds zouden voldoende ruimte moeten laten voor de ontwikkeling van CCS-projecten in verschillende sectoren en minder beperkingen moeten stellen aan complementaire financiële ondersteuning.*

### 4.3 Een CCS-Projectplan is nodig om visie om te zetten in realiteit

De CCS-visie kan worden gezien als een waardevolle eerste stap, maar een concreet plan om CCS door de huidige luwte te brengen ontbreekt. De ontwikkeling van CCS in Nederland zou heel erg geholpen zijn bij het opstellen van een projectplan voor CCS. Dit projectplan zou gericht moeten zijn om het voorbereiden van grootschalige CCS-implementatie in de periode 2020-2030.

De eerste stappen van zo een project plan kunnen worden gekenmerkt als de zogenaamde no-regret of low-regret stappen. Deze stappen worden hieronder kort toegelicht:



#### Periodieke inventarisatie van CO<sub>2</sub>-afvangplannen

Op dit moment ontbreekt er overzicht van de plannen die er mogelijk zijn bij emitterende bedrijven in Nederland om CO<sub>2</sub> af te vangen voor de middellange termijn (5-10 jaar). Een inventarisatie van de vraag naar transport en opslagcapaciteit van de belangrijkste emitters in Nederland (confidentieel waar nodig) helpt het definiëren van de benodigde transportcapaciteit van CO<sub>2</sub> en de opslag ervan.



## CCS position paper

Vanwege continue ontwikkelingen in beleid is het gewenst om een inventarisatie periodiek uit te voeren, bijvoorbeeld elke 2 jaar.

Een vergelijkbare exercitie is uitgevoerd door Gas Transport Service in Nederland voor het inventariseren van de vraag naar transportcapaciteit van aardgas, zie tekst box.

“Landelijk netbeheerder Gas Transport Services B.V. (GTS), een 100%-dochteronderneming van Gasunie, heeft plannen ontwikkeld om het gastransportnet in Nederland uit te breiden met 500 kilometer leiding en vier compressorstations. Hiermee is naar verwachting een bedrag van 1 à 1,5 miljard euro gemoeid. De uitbreidingswerkzaamheden zijn met name voorzien op het traject van Noordoost-Nederland naar Zuidwest-Nederland.

De wens tot uitbreiding komt voort uit een toenemende vraag in de markt naar transportcapaciteit, niet alleen voor de beleving van de Nederlandse markt, maar ook voor de doorvoer van gas. Dit blijkt uit een inventarisatie die GTS heeft uitgevoerd onder haar klanten en illustreert de toenemende dynamiek in de open Nederlandse gasmarkt. Er is een set uitbreidingsmaatregelen in voorbereiding om met vaart in te spelen op deze vraagontwikkeling. Tijdige realisatie van uitbreiding is van belang om congesties in het net voor te blijven.

Aan de feitelijke projectuitvoering gaat nog een intensieve fase van besluitvorming en overleg vooraf. De plannen zijn ter beoordeling voorgelegd aan de aandeelhouder van Gasunie (de Nederlandse Staat) en zijn in lijn met het streven van zowel de overheid als Gasunie om de rol van Nederland als ‘de gasrotonde van Noordwest-Europa’ te versterken. De voorziene uitbreidingen komen zowel de marktwerking als de leveringszekerheid in Nederland ten goede, en ondersteunen voorts de verdere ontwikkeling van het transportbedrijf.”

<http://www.gasunie.nl/nieuws/toenemende-marktvraag-vergt-aanzienlijke-uitbreiding-gastransportnet>



### Opstellen van CO<sub>2</sub>-opslagstrategie

Studies hebben aangetoond dat er in de Nederlandse ondergrond voldoende CO<sub>2</sub>-opslagcapaciteit beschikbaar is en komt gedurende de komende decennia om grootschalige implementatie van CCS in Nederland te ondersteunen. Opslagcapaciteit is er zowel onder zee als onder land.

Er is echter veel tijd nodig om de haalbaarheid van individuele opslaglocaties te bepalen, juridische procedures ten uitvoer te brengen en de benodigde infrastructuur aan te leggen of bestaande infrastructuur aan te passen.

Het taxeren van CO<sub>2</sub>-opslaglocaties moet ver voor het ontwikkelen van CO<sub>2</sub>-afvanginstallaties beginnen. Het resultaat hiervan kan worden meegenomen bij het definiëren van een CO<sub>2</sub>-opslagstrategie voor Nederland. Dit geeft projectontwikkelaars duidelijkheid over welke CO<sub>2</sub>-opslaglocaties geschikt zijn, verkort doorlooptijd van het ontwikkelen van CCS projecten en verkleint het projectrisico.

## CCS position paper

Een veldenstrategie zal de verschillende belanghebbenden een heldere kijk moeten bieden op het korte- en lange termijn opslagpotentieel in samenhang met de ontwikkelingen in exploratie en productie van olie en gas in Nederland. Specifieke elementen die van belang zijn in een opslagstrategie zijn:

- Locatie
- Capaciteit
- Geschiktheid geologie voor opslag op basis van bestaande gegevens
- Beschikbaarheid over de tijd

De strategie moet aansluiten bij een gemeenschappelijke visie op de ontwikkeling van CCS in Nederland en omliggende landen, en moet in overeenstemming zijn met andere nationale strategische (ruimtelijke) plannen. De strategie moet uiteraard ook aansluiten bij de lange-termijn scenario's voor de productie van koolwaterstoffen. Zeker dit laatste vergt een hoge mate van coördinatie om CO<sub>2</sub>-opslagstrategie goed te laten aansluiten op productiestrategieën van olie- en gasproducenten. Er is regie nodig omdat meer dan 90% van de opslagcapaciteit in de Nederlandse onshore en offshore olie- en gasvelden bijbehorende infrastructuur al vóór 2025 vrijkomt. Indien de periode tussen winning van olie of gas en opslag van CO<sub>2</sub> vele jaren beslaat, kunnen de kosten voor het in stand houden van bestaande infrastructuur oplopen tot honderden miljoenen euro's. Daarom is het van belang dat er wordt geïnventariseerd waar en wanneer hoeveel CO<sub>2</sub> afgevangen gaat worden om de infrastructurele planning te kunnen optimaliseren. Daarnaast moet in de regelgeving helder zijn geregeld welke, wanneer en op welke wijze relevante data met betrekking tot potentiële CO<sub>2</sub>-opslagreservoirs moet worden vrijgegeven om toekomstige opslagactiviteiten zo goed mogelijk te faciliteren.

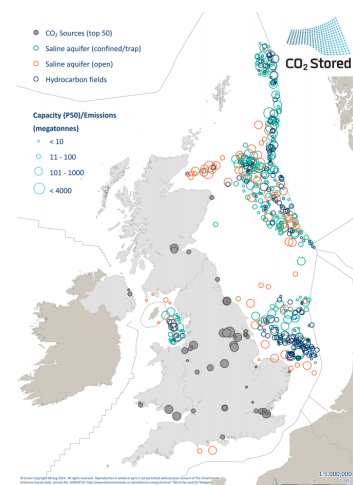
Sprekende voorbeelden in het buitenland van 'no-regret' en 'low-regret' acties met betrekking tot CO<sub>2</sub>-opslag zijn te vinden in het Verenigd Koninkrijk en Australië. In het Verenigd Koninkrijk is er een CO<sub>2</sub>-opslag atlas opgesteld met daarin gedetailleerde informatie over opslaglocaties onder zee. In Australië startte de nationale overheid in 2011 een CO<sub>2</sub>-infrastructuur plan waarin pre-competitieve identificatie en ontwikkeling van CO<sub>2</sub>-opslaglocaties wordt uitgevoerd.

### Understanding the Storage Potential of the UK Offshore Area

"The UK Government has funded or part-funded a number of assessments of the UK offshore area. The most recent and detailed assessment appraised around 600 potential storage sites, with a total of up to 78 gigatonnes of capacity. The CO<sub>2</sub> Stored database is one of the most complete storage atlases anywhere in the world and is being further developed and made available through The Crown Estate and the British Geological Survey."

The database includes derived data for each storage unit including: location, storage unit type, lithology, water depths, porosity, permeability, formation thickness, formation depth, pressures, and salinity.

<https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachm>





The National CO<sub>2</sub> Infrastructure Plan was announced by the Australian government in the 2011-2012 Budget. The government will provide A\$60.9 million in funding over four years to establish a National CO<sub>2</sub> Infrastructure Plan. The Plan includes a storage exploration and appraisal program for the identification of long-term storage hubs, acquisition of pre-competitive offshore and onshore CO<sub>2</sub> storage data, a national CO<sub>2</sub> drilling rig deployment strategy, and an infrastructure and transport assessment.

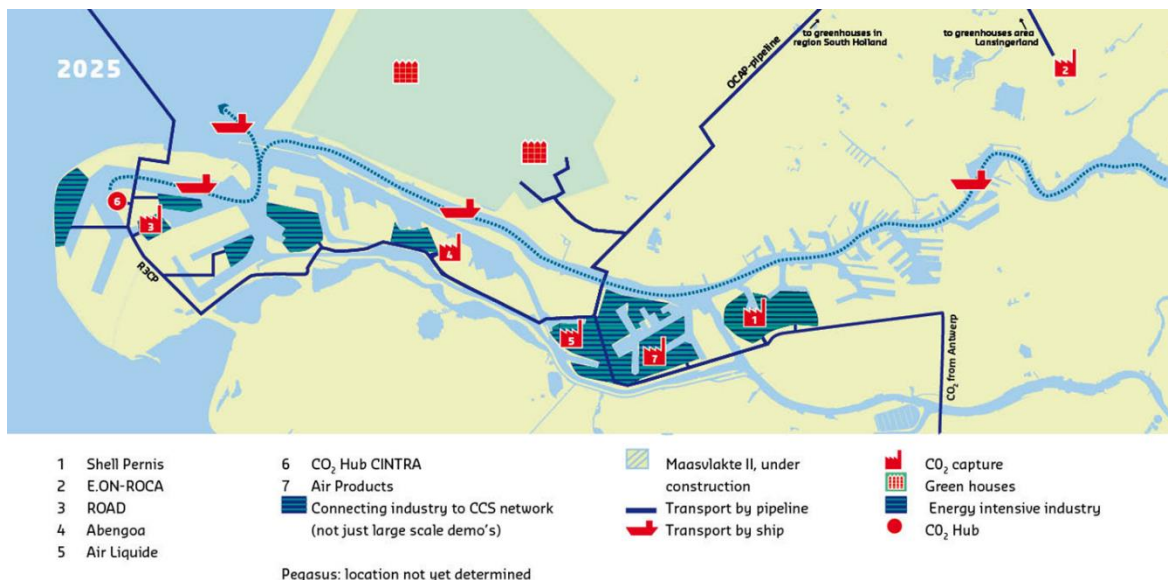
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610213006528>  
[http://www.cslforum.org/aboutus/australia\\_demo.html](http://www.cslforum.org/aboutus/australia_demo.html)

### Certificering van CO<sub>2</sub>-opslagmogelijkheden

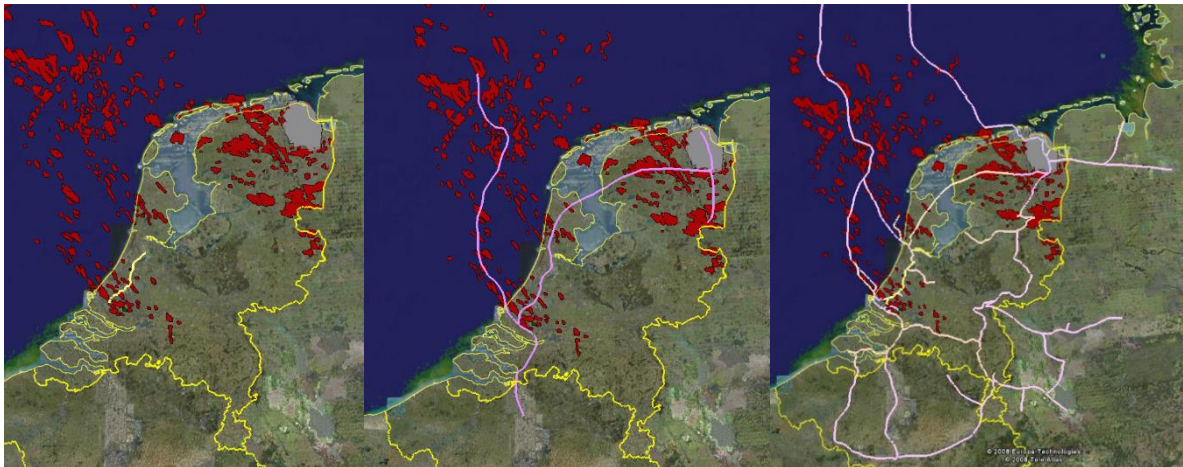
Een stap verder dan het inventariseren van het opslagpotentieel en het opstellen van een strategie om dit potentieel te ontsluiten is het certificeren van opslaglocaties. Dit vergt voorinvesteringen voor enkele kansrijke opslaglocaties. Het idee is dat voor die opslaglocaties het taxeren en het vergunning traject (gedeeltelijk) al wordt doorlopen. Een CCS-projectontwikkelaar kan dan versneld deze CO<sub>2</sub>-opslaglocaties inpassen omdat er veel voorwerk is uitgevoerd en zekerheid over de geschiktheid van de locatie fors is toegenomen. De voorinvestering kan door de nationale overheid bijvoorbeeld (gedeeltelijk) worden terugverdiend door middel van het veilen van opslaglocaties wanneer CO<sub>2</sub>-opslag commercieel aantrekkelijk wordt.

### Opstellen van CO<sub>2</sub>-transportplan

CO<sub>2</sub>-transport is de link tussen CO<sub>2</sub>-afvang en opslag. Een transportplan kan dus alleen in samenhang met de opslagstrategie en CO<sub>2</sub>-afvanginventarisatie worden opgesteld. Voor de korte termijn kan een CO<sub>2</sub>-transportplan gebaseerd zijn op de reeds geformuleerde plannen in de regio's Rotterdam, Eemshaven en IJmond. De regio Rotterdam kent op dit moment reeds een transportinfrastructuur en de meest gedetailleerde plannen voor toekomstige uitbreiding.



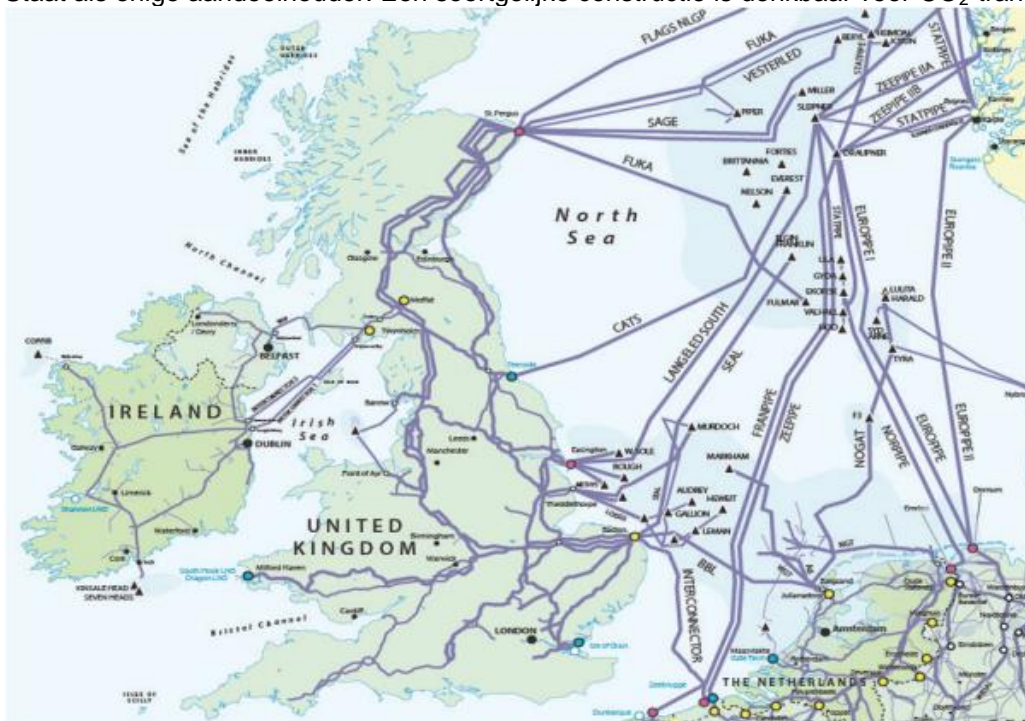
Figuur 16: Voorbeeld transportplan voor de regio Rotterdam. Bron: RCI 2012



**Figuur 17: Mogelijke ontwikkeling CO<sub>2</sub>-infrastructuur van nu tot 2050 (linker figuur laat bestaande OCAP-infrastructuur zien), waarbij ook clusters in Nederland, België en Duitsland worden ontsloten. Bron: Ecofys 2008**

Het creëren van een lange-termijn CCS strategie voor de totstandkoming en uitbouw van een CO<sub>2</sub>-infrastructuur en de realisatie van CO<sub>2</sub>-opslag, en dat de uitvoering volgens deze strategie verloopt, is een semipublieke taak in nauwe samenwerking met private partijen.<sup>36</sup>

Een analogie is te vinden in het transport van aardgas waar de ‘transmission system operator’ een tienjarenplan publiceert. Gasunie Transport Services is de Nederlandse TSO met de Nederlandse Staat als enige aandeelhouder. Een soortgelijke constructie is denkbaar voor CO<sub>2</sub>-transport.



**Figuur 18: Gasinfrastructuur in Noordzee en aangrenzende landen. (bron: ENTSO-G)**

<sup>36</sup> Zie ook Ecofys 2008

Een pijpleidingennetwerk is in principe een natuurlijk monopolie, waarbij er toezicht nodig is om te garanderen dat er redelijke transport- en opslagtarieven worden gerekend. Verder is het nodig dat de overheid het principe van open toegang vastlegt in de Nederlandse wetgeving. Aandachtspunt is hierbij de toegangsverlening tot Nederlands transportcapaciteit en opslagpotentieel aan buitenlandse bronnen.

De volgende geïdentificeerde acties kunnen een rol spelen in een CCS-project plan.

- *Stel een CO<sub>2</sub>-opslagstrategie vast.* Dit strategisch plan zou moeten worden geïnitieerd door de overheid en gerealiseerd in samenwerking met de private sector. De strategie dient mede in te gaan op geschikte opslaglocaties, het gebruik of openhouden van bestaande infrastructuur en op het regelen van informatieoverdracht tussen productie en (potentiele) opslagoperator. De strategie dient toezeggingen te bevatten van zowel de overheid als de private partijen.
- *Classificering van opslaglocaties.* De overheid levert voorinvesteringen om kansrijke opslaglocaties te identificeren en te karakteriseren. Via een veiling van deze locaties kunnen investeringen worden terugverdiend.
- *Stel een inventarisatie van CO<sub>2</sub>-afvangplannen (nationaal en internationaal) vast.* Dit strategisch plan zou moeten worden geïnitieerd door de overheid, met input (desgewenst vertrouwelijk) en betrokkenheid vanuit private partijen.
- *Stel een CO<sub>2</sub>-transportplan vast.* Dit strategische plan zou moeten worden geïnitieerd door de overheid, met input en commitment vanuit private partijen.
- *Maak het CCS-projectplan onderdeel van een Noordzee CCS-strategie/visie.* De rol van CCS in Nederland zal moeten aansluiten bij ontwikkelingen in de ons omringende landen: Noorwegen, Duitsland, België, Verenigd Koninkrijk.
- *Informeer Nederlandse bevolking adequaat.* Een continue proces is nodig om de rol, het belang en de impact van CCS op Nederlandse en de internationale gemeenschap duidelijk te maken. Een mogelijke methode hiervoor is de zogenaamde 'draaggolf campagne', waar elke volgende boodschap voortborduurde op de vorige.
- *Verbeter regelgeving omtrent CCS.* Stel helder en efficiënte regelgeving op en laat deze goed aansluiten op internationale regelgeving. Heldere wetgeving vergroot de duidelijkheid en verkort de ontwikkelingsduur van een project. Voor grensoverschrijdende activiteiten, zoals transport van CO<sub>2</sub> zijn vastgelegde internationale afspraken nodig.

## 5 Wat mag van de Nederlandse bedrijven worden verwacht?

Onderzoek heeft duidelijk gemaakt dat CCS met hoge mate van waarschijnlijkheid nodig is om op een kosten-verantwoorde wijze de doelstellingen te halen die passen bij een twee graden-scenario.

Bedrijven in de energie-intensieve sectoren erkennen deze noodzaak en willen proactief met de Nederlandse en Europese overheid samenwerken om deze technologie – en alles waar daar mee samenhangt – op een economisch en maatschappelijke verantwoorde wijze te ontwikkelen en in de bedrijfsvoering in te passen. Samenwerking met de overheid kan plaatsvinden op onder andere de volgende aspecten:

- Private partijen werken met de overheid samen om een CO<sub>2</sub>-transport en opslagplan te ontwikkelen.
- Private partijen ondersteunen het oprichten van een CCS financieringsfonds om 'first-movers' te ondersteunen, waarbij opgedane kennis en IPs dienen te worden gedeeld.
- De energie-intensieve industrie deelt plannen met de overheid en CO<sub>2</sub>-netbeheerder over wanneer en hoeveel aanbod van CO<sub>2</sub> verwacht kan worden zodat een gedegen inventarisatie gemaakt kan worden voor de infrastructurele behoeftes.
- De olie- en gasindustrie maakt die kennis en data over reservoirs openbaar die nodig is om geschiktheid van het reservoir voor opslag van CO<sub>2</sub> te kunnen bepalen en die kan bijdragen aan het certificeren van een reservoir voor CO<sub>2</sub>-opslag.
- De industrie pakt een voortrekkersrol in coördinatie en definiëren van CCS onderzoek- en ontwikkelingsbehoefte en zal de uitvoering mede financieren.
- De industrie werkt mee aan een publiek-private samenwerking om CO<sub>2</sub>-infrastructuur te ontwikkelen.



## 6 Bibliography

- Anthony Veder. (2015, August 5). *CO2 shipping*. Opgehaald van Anthony Veder: <http://www.anthonnyveder.com/activities/segments/co2-shipping/>
- CATO. (2014). *History of Carbon Capture and Storage in the Netherlands*. Opgehaald van Ecofys: [http://ccs-roadmap.ecofys.com/index.php/History\\_of\\_CCS\\_in\\_the\\_Netherlands](http://ccs-roadmap.ecofys.com/index.php/History_of_CCS_in_the_Netherlands)
- CATO2. (2014). *CCS deployment scenarios*. Opgehaald van CCS roadmap: [http://ccs-roadmap.ecofys.com/index.php/CCS\\_Scenarios](http://ccs-roadmap.ecofys.com/index.php/CCS_Scenarios)
- CATO2. (2014, October 16). *Ecofys*. Opgehaald van All about implementation of Carbon Capture and Storage in the Netherlands: [http://ccs-roadmap.ecofys.com/index.php/CCS\\_Roadmap](http://ccs-roadmap.ecofys.com/index.php/CCS_Roadmap)
- CE Delft and DNV-GL. (2014). *Scenario-ontwikkeling energievoorziening 2030*. Delft, Nederland.
- ECN. (2007). *Effecten op CO2-emissie en energiegebruik van Green4Sure*. Petten: Energiecentrum Nederland (ECN).
- Ecofys. (2013). *CO2 pipeline infrastructure*. Cheltenham: IEAGHG.
- GCCSI. (2014). *The Global status of CCS 2014*. Canberra: Global CCS Institute (GCCSI) .
- GEA. (2012). *Global Energy Assessment - Toward a Sustainable Future*. Austria: Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA and the International Institute for Applied Systems Analysis.
- Hamelinck, C. (2001). *Potential for CO2 sequestration and Enhanced Coalbed Methane production in the Netherlands*. Netherlands Agency for Energy and the Environment (NOVEM).
- IEA. (2012). *Energy Technology Perspectives 2012 - how to secure a clean energy future*. Paris, France: International Energy Agency.
- IEA. (2013). *Technology roadmap - Carbon capture and storage*. Paris: International Energy Agency (IEA).
- IEA. (2014). *Energy Technology Perspectives 2014*. Paris, France: International Energy Agency.
- IPCC. (2014). *5th Assessment Report: Summary for Policymakers*. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Knopf, B., Chen, Y.-H. H., De Cian, E., Förster, H., Kanudia, A., Karkatsouli, I., . . . Vuuren, D. P. (2013). *Beyond 2020 - Strategies and Costs for Transforming the European Energy System*. Energy Modelling Forum 28.
- Kober, T., Coninck, H. d., Mikunda, T., & Bazilian, M. (2012). *CCS in industry: the case for an undervalued mitigation option*. ECN/IIASA - CATO2-WP2.3-D09.
- Koelbl, B., Broek, M. v., Faaij, A., & Vuuren, D. v. (2014). *Uncertainty in Carbon Capture and Storage (CCS) deployment projections: a cross-model comparison exercise*. Climate Change (2014) 123:461-476.
- Kramer, L. (2007). *Excel database "CATO2\_DB\_v3" (inventory of potential CO2 storage locations)*. TNO.
- NAM. (2006). *Duurzame dialoog - Maatschappelijk Verslag 2006*. Assen: Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM).
- Neele, F. (2012). *Independent assessment of high-capacity offshore CO2 storage options*. TNO.
- Nogepa. (2008). *Potential for CO2 storage in depleted gas fields on the Dutch Continental Shelf Phase 1: Technical assessment*.
- TNO. (2007). *Options for CO2 storage in the Netherlands - time dependent storage capacity, hazard aspects, and regulations*. TNO Built Environment and Geosciences.
- Van den Broek, M. (2010). *Modelling approaches to assess and design CO2 capture, transport and storage*.
- Veenstra, J.-W. (2013, April 11). Interview OCAP and Barendrecht project.
- Weterings, R., Harmelen, T. v., Gjaltemea, J., Jongeneel, S., Manshanden, W., Pollakov, E., . . . Schoots, K. (2013). *Naar een toekomstbestendig energiesysteem voor Nederland*. TNO, UU, ECN.
- ZERO. (2015, August 5). *List of CCS-projects*. Opgehaald van Zero CO2: <http://www.zeroco2.no/projects/list-projects/>