

# Marktontwikkeling en marktordening Carbon Capture and Storage (CCS)

Eindrapport

Opdrachtgever: Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

Rotterdam, 6 augustus 2018



# Marktontwikkeling en marktordening Carbon Capture and Storage (CCS)

Eindrapport

Opdrachtgever: Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

Robert Haffner (Ecorys)  
Hans Bolscher (Trinomics)  
Harry van Til (Ecorys)  
Jurgen Vermeulen (Trinomics)



Rotterdam, 6 augustus 2018

# Inhoudsopgave

Samenvatting	5
Summary in English	12
<b>1 Inleiding</b>	<b>19</b>
1.1 Aanleiding van het onderzoek	19
1.2 Doelstelling en onderzoeksvragen	19
1.3 Gevolgde aanpak en inkadering	19
1.3.1 Gevolgde aanpak	19
1.3.2 Verdere inkadering	20
1.4 Opbouw van dit rapport	21
<b>2 De rol van CCS in het behalen van de Nederlandse klimaatdoelstellingen</b>	<b>22</b>
2.1 <i>Top-down</i> : Klimaatdoelstellingen en de rol van CCS in Nederland	23
2.1.1 Kosten van de transitie	24
2.2 <i>Bottom-up</i> : Het technisch en economisch potentieel van CCS	26
2.2.1 Afvang	26
2.2.2 Transport	30
2.2.3 Opslag	32
2.3 Referentiescenario uitrol CCS vanaf 2030	35
<b>3 Kenmerken en marktfalen CCS-keten</b>	<b>37</b>
3.1 Introductie marktfalen: rationale voor interventie	37
3.2 Afvang	39
3.2.1 Kenmerken	39
3.2.2 Marktfalen	41
3.3 Transport	42
3.3.1 Kenmerken	42
3.3.2 Marktfalen	44
3.4 Opslag	44
3.4.1 Kenmerken	44
3.4.2 Marktfalen	47
<b>4 Marktorderingsalternatieven</b>	<b>48</b>
4.1 Inleiding	48
4.2 Afvang	48
4.2.1 Op te lossen probleem en samenvatting beoordeling modellen	48
4.2.2 Toelichting mogelijke modellen	49
4.2.3 Toelichting beoordelingscriteria modellen	52
4.2.4 Toelichting beoordeling	53
4.3 Transport	56
4.3.1 Op te lossen probleem en samenvatting beoordeling modellen	56
4.3.2 Toelichting mogelijke modellen	58
4.3.3 Toelichting beoordelingscriteria modellen	61
4.3.4 Toelichting beoordeling	61
4.4 Opslag	65
4.4.1 Op te lossen probleem en samenvatting beoordeling modellen	65

# Inhoudsopgave

4.4.2	Toelichting mogelijke modellen	66
4.4.3	Toelichting beoordelingscriteria modellen	68
4.4.4	Toelichting beoordeling	68
4.5	Integrale ketenmodellen	71
4.5.1	Verticale integratie binnen keten	71
4.5.2	Regionale integratie (regionale clusters)	72
4.5.3	Mogelijke 'exit-strategie' overheid bij sterke publieke betrokkenheid	73
4.6	Verdienmodellen transport en opslag en vaststelling tarieven	73
4.7	Toekomstbestendigheid modellen	74
4.8	Rol van de overheid	76
Bijlage A Interviews		78
Bijlage B Lessen uit internationale ervaringen CCS		79

# Samenvatting

Als ondertekenaar van het akkoord van Parijs ondersteunt Nederland het doel om de wereldwijde temperatuurstijging te beperken tot 1,5°C of maximaal 2°C ten opzichte van pre-industriële waarden (1850-1990). Als gevolg daarvan moet Nederland emissies van broeikasgassen drastisch reduceren: minimaal met 49% per 2030 en 80-95% per 2050.

Het afvangen en opslaan van CO<sub>2</sub> (*Carbon Capture and Storage, CCS*) vormt één van de technologieën waarmee de industrie emissies tijdig en kostenefficiënt terug kan brengen. In de meeste door het PBL ontwikkelde scenario's, die voor Nederland de mogelijke paden schetsen om de Parijs doelstellingen te behalen, speelt CCS een significante rol. Ook het Regeerakkoord van Rutte-III gaat uit van een belangrijke rol voor CCS vanaf 2030.

In Nederland zijn er tot op heden echter nog geen commercieel operationele CCS-projecten. Wereldwijd wordt de techniek al wel toegepast maar dan in de olie-industrie (met name in de VS en Noorwegen) om de winning van olie te versnellen (*enhanced oil recovery*). Uit deze internationale ervaringen met kleinschalige CCS-projecten en de ervaringen met gestrande CCS-projecten in Nederland blijkt dat er diverse belemmeringen zijn waardoor CCS tot nu toe niet tot stand komt.

Het ministerie van Economische Zaken en Klimaat heeft aan Ecorys en Trinomics gevraagd om te onderzoeken onder welke voorwaarden er bij de industrie bereidheid is om te investeren in het afvangen, transporteren en opslaan van CO<sub>2</sub>. De hoofdvraag luidt: *Wat zijn de mogelijke opties voor marktordening en aanvullend instrumentarium die leiden tot een tijdige en maatschappelijk kostenefficiënte realisatie van CCS?*

## Rol van CCS in het behalen van klimaatdoelstellingen

De Nederlandse industrie stootte in 2016 ongeveer 43 Mton (Megaton) CO<sub>2</sub> uit. Volgens VEMW (2017) zijn ongeveer 7 Mton hiervan procesemissies die ontstaan bij het verwerken van koolstofhoudende grondstoffen en ongeveer 36 Mton emissies gerelateerd aan de brandstoffen voor het creëren van warmte, voor transport en het aandrijven van machines. Niet alle industriële CO<sub>2</sub>-emissies kunnen afgevangen worden. Indien wel mogelijk hangen de kosten voor het afvangen van CO<sub>2</sub> af van de zuiverheid van de CO<sub>2</sub>-fractie in de rookgassen en de verdeling van de CO<sub>2</sub>-uitstoot over het bedrijfsterrein. De kosten voor het afvangen van CO<sub>2</sub> bij waterstofproductie bijvoorbeeld liggen ongeveer tussen de €20-€40 per ton CO<sub>2</sub>. Het afvangen van CO<sub>2</sub> bij warmtekrachtproductie kan daarentegen oplopen tot €120 per ton CO<sub>2</sub>.

PBL (2018) schat in dat het technisch mogelijk is dat er maximaal 24-26 Mton per jaar afgevangen wordt vanaf 2030. Dat zou leiden tot ongeveer 20 Mton emissiereductie (omdat er voor CCS energie nodig is). Voor het bereiken van dit technisch potentieel zijn echter veel coördinatie en tijdige investeringen nodig op diverse plekken in Nederland. Aangezien het bij bepaalde productieprocessen gemakkelijker (en dus goedkoper) is CO<sub>2</sub> af te vangen, zal voor sommige bedrijven CCS interessant kunnen zijn als emissiereductiemaatregel, waar voor andere bedrijven andere opties goedkoper zouden kunnen zijn. PBL verwacht derhalve dat middels CCS rond 2030 voor ongeveer 7,2 tot 11,8 Mton per jaar aan CO<sub>2</sub>-emissies vermeden worden. Er wordt verwacht

dat deze CO<sub>2</sub> dan met name afgevangen wordt bij grote procesemissies (ammoniak en waterstofproductie), bij de staalindustrie en eventueel bij overige industrie.

EBN en Gasunie hebben in een recente studie inzichtelijk gemaakt hoe de transport en opslag bij een dergelijke CCS-markt eruit zou kunnen zien. In het voorbeeldscenario dat in deze studie geschetst wordt voor een CCS-markt van 14Mt/jaar worden de grootste uitstoters in Nederland verbonden middels een onshore pijpleidingtracé in de Rijnmond-Zeeland-IJmuiden regio, welke ook aansluit op het bestaande OCAP-netwerk. Het opslaan van CO<sub>2</sub> vindt in dit scenario plaats in uitgeputte gasvelden op de Noordzee. Deze contouren van een Nederlandse CCS 'markt' rond 2030 zijn gebruikt als uitgangspunt voor de analyse van de mogelijke marktordeningsopties. Ondanks dat dit referentiepunt op 2030 gericht is, is er in deze studie ook rekening gehouden met de voorziene ontwikkeling van CCS ná 2030 (richting 2050) en de gewenste vormgeving van CCS als 'brugtechnologie' in deze periode (CCS als tussenstap naar duurzame modellen waarin fossiele grondstoffen als input zoveel mogelijk gereduceerd worden).

### Marktfalen in de CCS-keten: welke problemen moeten opgelost worden?

De voornaamste reden dat CCS op dit moment niet van de grond komt, is dat het financieel niet rendabel is om CO<sub>2</sub> af te vangen en op te slaan (geen commerciële business case). De kosten van afvangen, transporteren en opslaan zijn hoger dan de (relatief lage) opbrengsten ervan. Enkel als CO<sub>2</sub> hoogwaardig wordt afgevangen, wat enkel bij bepaalde processen kostenefficiënt is, is er een markt voor CO<sub>2</sub> als grondstof voor bijvoorbeeld de frisdrankindustrie of in de glastuinbouw. In beide gevallen wordt de CO<sub>2</sub> echter niet opgeslagen en is het dus geen CCS. In het geval dat het opgeslagen wordt zijn de enige opbrengsten de vermeden aankoop van emissierechten tegen de dan geldende ETS-prijs. Aangezien de maatschappelijke baten hoger zijn dan de huidige ETS-prijs is CO<sub>2</sub> nu een deels onbeprijde externaliteit.

Daarnaast zijn er, zelfs als CO<sub>2</sub>-afvang op papier rendabel zou zijn, nog andere redenen waarom een CCS-keten niet vanzelf (markt-gedreven) van de grond komt. Met name de coördinatie tussen de verschillende partijen in de CCS-keten is lastig, omdat ze sterk van elkaar afhankelijk zijn. Zowel in volumes als in plaats als in tijd moet de hele keten gecoördineerd worden. De uitstoter van CO<sub>2</sub> wil een betrouwbare en betaalbare transportoptie tot zijn beschikking hebben en er zeker van zijn dat de CO<sub>2</sub> correct wordt opgeslagen. De transport- en opslagoperators hebben echter behoefte aan voldoende zekerheid over de te verwachte volumes CO<sub>2</sub> om hun investeringen terug te kunnen verdienen. Kenmerkend voor opslag is dat er vanuit de CCS-Richtlijn (in Nederland overgenomen in de Mijnbouwwet) verplichtingen gesteld worden aan de vergunningaanvrager om het reservoir langdurig te monitoren en financiële zekerheden te verstrekken voor het geval CO<sub>2</sub>-lekkage optreedt of andere calamiteiten optreden. Deze verplichtingen vormen een significant deel van de totale kosten voor opslag, naast de technische kosten met betrekking tot de opslag operatie zelf. Onzekerheid over deze kosten, die pas in de vergunningverlening duidelijk worden, vormen een belangrijke barrière volgens marktpartijen om CO<sub>2</sub>-opslag te realiseren. Als laatste zijn partijen in de CCS-keten ook afhankelijk van overheidsbeleid wat reguleringonzekerheid kan opleveren.

### Marktmodellen ketenonderdelen

Om een grootschalige, functionerende CCS-markt te creëren in Nederland moet bovenstaand marktfalen verholpen worden. In deze studie is derhalve een aantal opties geformuleerd die, elk op

een verschillende manier, in meer of mindere mate een oplossing kunnen bieden voor deze marktfaalens. We bespreken eerst opties per ketenonderdeel, en daarna opties voor de integrale CCS-keten. De verschillende modellen zijn kwalitatief beoordeeld op de verwachte uitrolsnelheid van CCS, de effecten op binnenlandse en buitenlandse concurrentie, financiering en kostenefficiëntie en toekomstbestendigheid.

### Afvang

Het op grote schaal afvangen van CO<sub>2</sub> is op dit moment niet rendabel. Het vindt enkel op kleine schaal plaats bij waterstofproducenten voor gebruik in de drankindustrie en in de tuinbouw. Dit hergebruik van CO<sub>2</sub> levert weliswaar inkomsten op maar de afname is beperkt en levert geen 'finale' opslag van CO<sub>2</sub>. De industrie is pas bereid om grootschalig te investeren in afvang van CO<sub>2</sub> voor opslag als daar een business case voor is. Bij afvang is het dus noodzakelijk dat er een financiële prikkel komt waarmee de business case verbetert. De grootte van de prikkel zal bepalen hoe groot de 'CCS-markt' in Nederland kan worden.

De twee voornaamste varianten om deze prikkel te bewerkstelligen zijn via het (extra) beprijzen van CO<sub>2</sub>-uitstoot in Nederland (de *stick*) en het verlenen van subsidies (de *carrot*). Deze opties kunnen ook gecombineerd worden. Het beprijzen van CO<sub>2</sub> heeft grote voordelen omdat het bedrijven zelf laat kiezen tussen CCS en alternatieve maatregelen om emissies te beperken. Een nadeel van CO<sub>2</sub>-beprijzing op nationaal niveau is dat het de internationale concurrentiepositie van bedrijven beïnvloedt. Daarmee samenhangend kunnen sommige bedrijven alleen tegen hoge kosten hun emissies reduceren. Subsidies hebben geen negatief effect op de concurrentiepositie en geven (mits juist vormgegeven) investeringszekerheid aan bedrijven. Bij subsidies is er echter een risico dat de overheid een te hoge vergoeding betaalt en innovatie achterblijft. Dit verhoogt maatschappelijke kosten, beïnvloedt de concurrentieverhoudingen en leidt tot staatssteunrisico's. Voor een goede vormgeving van een mogelijk subsidie-instrument is dus veel aandacht nodig.

### Transport

Naast afvang moeten ook transport en opslag geregeld zijn om CCS op gang te laten komen. Voor zowel transport als opslag hebben wij enkele marktordeningsalternatieven geanalyseerd die beschrijven welke bedrijven op de markt actief mogen zijn (toetredingsregulering) en onder welke voorwaarden (gedragsregulering).

Het transport van CO<sub>2</sub> kan op drie manieren vormgegeven worden (zie tabel S.1). Het initiatief en de verantwoordelijkheid voor aanleg en beheer ligt in het ene uiterste volledig bij marktpartijen (model 1). In het andere uiterste krijgt een overheidsdeelneming de taak om het transportnet te realiseren en te beheren (model 3). Een tussenvariant is een concessie-model waarbij de overheid een concessie aanbesteedt waarop marktpartijen kunnen inschrijven (model 2).

**Tabel S.1 Modellen marktordening transport**

	1. Markt	2. Concessie-model	3. Taak overheidsdeelneming
Aansturing/initiatief	Markt	Publiek	Publiek
Uitvoering	Markt	Markt	Publiek
Risico's gedragen door overheid	Nee	Mogelijk	Ja

Model 1 heeft als voordeel dat gebruik wordt gemaakt van marktprikkels en dat de overheid geen financiële risico's op zich hoeft te nemen. Maar investeringen in transport komen alleen tot stand als er voldoende zekerheid is over de capaciteit die afgenomen zal worden. Als transport volledig wordt overgelaten aan marktpartijen is er een risico dat investeringen niet of pas in een laat stadium van de grond komen omdat er voor een investeringsbeslissing een grote mate van zekerheid moet zijn dat de overige delen van de keten op tijd gereed zijn. Het is daarnaast onwaarschijnlijk dat marktpartijen bereid zijn om bij de aanleg rekening te houden met een mogelijke groei van de volumes na het investeringsbesluit. Het karakter van CCS als brugtechnologie betekent daarnaast dat onzekerheid bestaat over de terugverdienperiode voor investeringen die na 2030 plaatsvinden.

In model 3 neemt de overheid de ontwikkelrisico's (indirect) op zich door een overheidsdeelneming opdracht te geven om het net te ontwikkelen, terwijl dit in model 2 gebeurt door een concessie uit te geven. Het uitschrijven van een aanbesteding voor een concessie heeft als mogelijk voordeel dat het net tegen (beperkt) lagere kosten kan worden gerealiseerd, maar vermindert de mogelijkheden om tijdens de looptijd van een concessie in te spelen op veranderende omstandigheden (bijstuurmogelijkheden). Als publieke belangen niet goed omschreven of afgebakend kunnen worden (in economische termen: niet-contracteerbaar), kan een grotere betrokkenheid bij de totstandkoming van een product of dienst gewenst zijn. Als de overheid een zodanig strategisch belang hecht aan CCS, kan extra zeggenschap, met een meer flexibel karakter, gewenst zijn. Dit kan tevens het voordeel hebben dat het transportnet relatief snel gerealiseerd kan worden (ten opzichte van model 1).

In alle modellen neigt het transportnetwerk naar een natuurlijk monopolie, als er eenmaal een leiding ligt is het namelijk niet effectief om een concurrerende leiding aan te leggen (er is wel concurrentie van andere modaliteiten, zoals vervoer per schip, maar die is naar verwachting beperkt tot segmenten). Daarom is het wenselijk om transportnetbeheerders in aanvulling op de Mededingingswet en CCS-Richtlijn te reguleren, zodat toegang tot het transportnet tegen redelijke voorwaarden is geborgd.

### Opslag

Ook bij opslag worden drie modellen onderscheiden. In het eerste model realiseren marktpartijen de CO<sub>2</sub>-opslag. In het derde model krijgt een overheidsdeelneming de taak om een CO<sub>2</sub>-opslag te realiseren, de overheidsdeelneming zal marktpartijen als onderaannemers inzetten. In de tussenvariant, model 2, nemen marktpartijen deel in een joint venture met de overheidsdeelneming, waardoor zij ook een deel van de risico's op zich nemen.



Tabel S.2 Modellen marktordening opslag

	1. Markt	2. Publiek/privaat	3. Taak overheidsdeelneming
Aansturing/initiatief	Markt	Publiek	Publiek
Uitvoering	Markt	Publiek/markt	Publiek (met uitvoering door private onderaannemers)
Risico's gedragen door overheid	Nee	Deels	Ja

Marktpartijen geven aan dat de gevraagde financiële zekerstellingen een belemmering kunnen vormen om opslag te realiseren. Als het niet mogelijk is om risico's in de markt te verzekeren dan kan dat een reden zijn voor overheidsingrijpen, bijvoorbeeld via model 2 of 3. Daarbij kan in de uitvoering gekozen worden tussen een publieke uitvoering of uitvoering door marktpartijen met een publieke verzekering of garantie.

Net als bij transport komen investeringen in opslaginfrastructuur alleen tot stand als er voldoende zekerheid is over volumes die aangeleverd zullen worden. Een overheidsdeelneming zal eerder dan een marktpartij rekening houden met de publieke belangen die de overheid wenst te borgen. Met de publieke betrokkenheid in model 2 en 3 is er een lager risico dat opslag een *bottleneck* vormt waardoor de CCS-keten niet tijdig tot stand komt.

Daarnaast moeten, voordat een (bijna) leeg gasveld voor CO<sub>2</sub>-afvang geschikt wordt gemaakt, afspraken gemaakt worden met alle partijen die betrokken zijn bij de gaswinning, met inachtneming van latere ontmanteling, 'mothballing' (het conserveren en beschikbaar houden van putten, platforms en mogelijk pijpleidingen na het stoppen van de gaswinning) en mogelijk productieverlies. Als een overheidsdeelneming CO<sub>2</sub>-opslagen (mede) gaat ontwikkelen zou ervoor gekozen kunnen worden om EBN daar op enige wijze bij te betrekken omdat EBN als staatsdeelneming al betrokken is bij alle gaswinningsprojecten op de Noordzee. EBN heeft daardoor een goed overzicht van alle velden die in aanmerking komen voor CO<sub>2</sub>-opslag (informatievoorsprong) en bovendien als aandeelhouder een stem in de besluitvorming van de joint ventures voor de gaswinning.

Een nadeel van model 3 is dat financiële risico's voor een groot deel voor rekening van de overheid zijn (de risico's kunnen deels ook verrekend worden in het opslagtariaf). In model 2 wordt een joint venture met marktpartijen aangegaan waarin zij een deel van het risico dragen en daar ook een rendementsvergoeding voor ontvangen. Uit onze interviews en de internationale literatuur blijkt dat de risico's en gevraagde financiële zekerheden in de opslagvergunning voor marktpartijen een belemmering vormen. Tenzij er grote rendementen in het vooruitzicht worden gesteld (leidend tot hogere maatschappelijke kosten) is het de vraag of er operators te vinden zijn die deze risico's willen dragen.

### Aandachtspunten voor de integrale keten

In principe kunnen de verschillende modellen voor onderdelen van de keten op alle mogelijke manieren met elkaar gecombineerd worden. Als de overheid een rol heeft in één onderdeel van de keten, kan dat de investeringszekerheid voor bedrijven in andere onderdelen van de keten versterken. Als bij afvang wordt gekozen voor een model met subsidies is er een risico dat er onvoldoende prikkels zijn om opslag en transport tegen de laagst mogelijke kosten in te kopen,

omdat de kosten voor transport en opslag door middel van de subsidie worden gecompenseerd. Een transport- en opslagmodel met een sturende rol voor een overheidsdeelname zou in die combinatie kunnen voorkomen dat (te) hoge kosten voor opslag en transport op de overheid worden afgewenteld. In elk model is het wenselijk om door middel van regulering en toezicht toegang tot het transportnet en opslagvelden tegen redelijke voorwaarden te borgen.

Tussen transport en opslag is afstemming nodig om ervoor te zorgen dat het net daar wordt aangelegd waar opslaglocaties zich bevinden en dat kwaliteit, volume en druk goed op elkaar zijn afgestemd. Dit kan een argument zijn om transport en opslag samen te voegen in één entiteit. Daardoor verloopt de onderlinge afstemming soepeler en hoeven CO<sub>2</sub>-afvangslechts zaken te doen met één partij. Een theoretisch nadeel van het samenvoegen van transport en opslag is dat het de concurrentie op de markt voor opslag kan beperken als de toegang van alternatieve opslagvelden tot de infrastructuur van het gecombineerde transport en opslagbedrijf wordt ontzegd. Die toegang kan echter ook worden geborgd door regulering en toezicht. Zeker in de opstartfase is het bovendien niet realistisch om te verwachten dat er effectieve concurrentie tussen potentiële opslagvelden ontstaat, omdat er dan maar één of enkele velden nodig zijn. Om deze redenen is er naar onze mening geen aanleiding om het eigendom van opslag en transport strikt gescheiden te laten, maar is er ook geen reden om voor te schrijven dat transport en opslag door één entiteit moet worden aangeboden.

#### Verdienmodellen en toekomstbestendigheid

Naar onze mening heeft het de voorkeur dat alle kosten van CO<sub>2</sub>-afvang inclusief transport en opslag terechtkomen bij de uitstoter. Op deze wijze kan nu en in de toekomst een afweging worden gemaakt tussen de kosten van CCS en alternatieve maatregelen om CO<sub>2</sub>-emissies te beperken. Door het transportnetwerk flexibel vorm te geven (met borging van mogelijkheid voor *third party access* tegen redelijke voorwaarden), kan de infrastructuur in de toekomst ook gebruikt worden voor het hergebruik van CO<sub>2</sub> in de industrie (*Carbon Capture and Utilisation*, CCU) en kunnen mogelijke andere CO<sub>2</sub>-bronnen waar het in de komende jaren nog niet rendabel is CO<sub>2</sub> af te vangen, ook gemakkelijker aansluiten (bijvoorbeeld afvalverbrandingsinstallaties).

#### Rol van de overheid

In elk model heeft de overheid een rol van wet- en regelgever en toezichthouder. In het rapport noemen we enkele voorbeelden van regels die mogelijk aangepast moeten worden, met name op het gebied van transport (ETS-Richtlijn) en opslag (CCS-Richtlijn). Omdat er nog weinig ervaring is met de regels die gelden voor CCS, is het denkbaar dat aanvullende wijzigingen in wet- en regelgeving nodig zijn om de juiste condities voor CCS te creëren.

De analyse wijst uit dat indien er zekerheid over uitroolsnelheid gewenst is voordelen bestaan bij het toewijzen van een taak aan een overheidsdeelname. Dat betekent dat de overheid ook als aandeelhouder betrokken is in de CCS-keten. Ook voor overheidsdeelnames geldt in de regel dat zij alleen investeren bij een gezonde business case. Dat betekent dat er ook in een model met betrokkenheid van publieke aandeelhouders mogelijk aanvullende garanties nodig zijn vanuit de overheid ten aanzien van volloop en volumerisico's en de risico's die gepaard gaan met CO<sub>2</sub>-opslag. Omdat transport kapitaalintensiever is dan opslag zullen die garanties waarschijnlijk eerder noodzakelijk zijn bij transport dan bij opslag.

Als het wegnemen van coördinatieproblemen de belangrijkste aanleiding vormt voor betrokkenheid van overheidsdeelnames, dan zou er in de toekomst voor gekozen kunnen worden om de

desbetreffende activiteiten van staatsdeelnemingen te vervreemden. Ook kan een overheidsdeelneming reeds in de startfase zoveel mogelijk marktpartijen betrekken.

## Conclusie

Uit dit rapport blijkt dat het belangrijkste marktfalen op dit moment ligt aan de kant van de afvang van CO<sub>2</sub>. Het geven van een (financiële) prikkel voor de afvang van CO<sub>2</sub> is cruciaal om de business case voor CCS te verbeteren en gestelde doel aan CO<sub>2</sub>-reductie te kunnen bereiken.

Daarnaast is aanvullend beleid nodig om het overige marktfalen weg te nemen. In dit rapport zijn modellen vergeleken voor transport en opslag waarbij een overheidsdeelneming het initiatief neemt met modellen waarin de ontwikkeling van de 'markt' aan marktpartijen wordt overgelaten. Voordelen van de laatste modellen zijn dat er gebruik wordt gemaakt van marktprikkels en dat financiële risico's voor een kleiner deel bij de overheid liggen. De meer 'publieke' modellen lijken echter de beste garantie te bieden voor tijdige realisatie van de CCS-keten, aangezien deze het coördinatieprobleem in de markt het meest effectief wegnemen.

Merk op dat ook in een model waarbij het initiatief ligt bij overheidsdeelnemingen marktprikkels geïntroduceerd kunnen worden door het contracteren van marktpartijen bij de uitvoering of door het aangaan van een joint venture waarbij risico's en rendementen gedeeld worden. Andersom kan de overheid in de situatie waarbij transport en opvang wordt overgelaten aan marktpartijen publieke belangen borgen door het afgeven van financiële garanties en door regulering en toezicht.

## Summary in English

The Netherlands, as a signatory party to the Paris Agreement, supports the goal to limit global warming to 1.5°C or maximum 2°C as compared to pre-industrial levels (from 1850-1990). As a result, the Netherlands needs to reduce emissions of Greenhouse Gases (GHGs) significantly: minimally with 49% by 2030 and 80-95% by 2050 according to IPCC predictions.

The capture and storage of carbon-dioxide (CO<sub>2</sub>), or also known as *Carbon Capture & Storage* (CCS), constitutes one of the technologies through which industry can reduce their CO<sub>2</sub> emissions in a timely and cost-efficient manner. CCS constitutes a significant role in most of the projections that the Dutch Environmental Assessment Agency (PBL) developed, which detail the possible transition paths for the Dutch economy to reach the above-mentioned Paris goals. The coalition agreement formed by the current cabinet (Rutte-III) also assigns a significant role for CCS in the emission targets that it has set for 2030.

Up until now, there have been no commercially operational CCS projects in the Netherlands. CO<sub>2</sub> is successfully captured and injected in the earth's crust elsewhere in the world (mainly in the United States and Norway), but then mostly for use in the oil industry to increase the output of oil extraction from more difficult to reach places (*enhanced oil recovery*). Those international experiences and the experiences from small-scale pilot and demonstration projects in the Netherlands and Europe show that multiple barriers to successful (commercial) implementation of CCS projects exist.

The Ministry of Economic Affairs & Climate (EZK) has requested Ecorys and Trinomics to investigate under which conditions the industry is willing to invest in the capture, transport and storage of CO<sub>2</sub> in the Netherlands. The main research question for this study is: *What are the possible options for the market design and additional instruments that will lead to a timely and cost-efficient (from the perspective of society) realisation of CCS in the Netherlands?*

### Role of CCS in reaching climate targets

The Dutch industry sector emitted approximately 43 Mton CO<sub>2</sub> in 2016. According to VEMW (2017), approximately 7 Mton of these 43 Mton are process emissions that result from processing (raw) materials that contain carbon (and escape as a result). The remaining 36 Mton of emissions are from burning (fossil) fuels to create heat and to power vehicles and machines. Not all of these 'industrial' emissions can realistically be captured. In case it is technically possible to capture the CO<sub>2</sub>, then the costs of doing so depend on the purity of exhaust gases (the content of the CO<sub>2</sub> in exhaust gases) and the physical distribution of the emissions on the production site. The costs for capturing CO<sub>2</sub> at a hydrogen production plant are for example approximately €20-€40 per ton CO<sub>2</sub>, but they can increase up to €120 for cogeneration.

The PBL (2018) estimates that it would technically be feasible to capture a maximum of 24-26 Mton CO<sub>2</sub> per year by 2030. That would lead to approximately 20 Mton emission reductions, because capturing and storing CO<sub>2</sub> requires energy (and therefore also creates emissions). In order to reach this technical potential, coordination and timely investments by industry in various places in the Netherlands are required. Since it is easier (and cheaper) to capture CO<sub>2</sub> in some industries than in

others, CCS will be an interesting emission reduction measure for some, whereas for others alternative measures could be cheaper. The PBL, therefore, expects that on the aggregate, industry will avoid somewhere between 7.2 and 11.8 Mton of CO<sub>2</sub>-emissions per year around 2030. It is expected that most of these emissions will be captured at those sites where CO<sub>2</sub> is emitted as process emission (notably ammonia and hydrogen production), in the steel industry and possibly elsewhere in industry.

In a recent study, Energie Beheer Nederland (EBN) and Gasunie (the Dutch gas infrastructure company) showed what relevant options exist to arrange the transport and storage of CO<sub>2</sub> with this potential market size. In the scenario that they developed for a potential market size of 14Mt/year, the largest emitters in the Netherlands would be connected via a pipeline network in the Rijnmond-Zeeland-IJmuiden regions and which would also be connected to the existing OCAP network. The storage of the CO<sub>2</sub> would take place in depleted gas fields below the North Sea. These characteristics have been taken as possible reference point for the analysis of options for designing the potential 7.2-11.8 CCS market in the Netherlands by 2030. In the elaboration of these market design options, the implications of the possible evolution of the market from 2030 towards 2050 and the foreseen role of CCS as 'bridge' technology to more sustainable solutions (avoiding the use of fossil fuels altogether) in this period, has also been taken into account.

### Market failures in the CCS chain: Which problems have to be solved?

At this stage, the main reason preventing the commercial development of CCS is the absence of a commercial business case: the financial returns for capturing and CO<sub>2</sub> do not outweigh the costs. There is a market for CO<sub>2</sub>, albeit small, when it is captured as in a pure, high quality manner (without many impurities) for use in the beverages industry and in greenhouses for the enhanced growth of plants. There are, however, only a few production processes for which capturing in this high-quality form is cost-efficient. In those instances, however, CO<sub>2</sub> is not stored and is therefore not CCS. When the captured CO<sub>2</sub> is stored, the only financial return is the avoided purchase of ETS emission rights at the relevant market price. Since the societal benefits of avoiding CO<sub>2</sub> emissions are larger than its current cost, CO<sub>2</sub> is an under-priced externality.

However, even if capturing CO<sub>2</sub> would be economically attractive, there are additional reasons why CCS projects would likely not develop market-driven. In particular, the necessary coordination between the various parties in the CCS chain is significant and challenging as parties are dependent on each other. The successful operation of a CCS project requires careful coordination regarding volumes as well as the timing and place of investments. The emitter would avail of a reliable and affordable transport option and would like to be assured that 'his' CO<sub>2</sub> is stored adequately. Though potential transport and storage operators, in turn, would like to have the certainty of supply of CO<sub>2</sub> for a period of time in order to recoup their investments. In the storage segment of the chain, the CCS-Directive (2009/31/EC) (in the Netherlands transposed into the *Mijnbouwwet*) gives rise to a number of obligations that need to be met by applicants for a storage license, including the monitoring of the reservoir and providing financial securities for the event that CO<sub>2</sub> might escape from the reservoir as well as other contingencies. These obligations constitute a significant share of the total costs of storage of CO<sub>2</sub>, next to the technical costs for the storage operation itself. Uncertainty about the height of these costs constitutes another barrier to realising CO<sub>2</sub> storage operations purely through market forces. The exact height of the costs are namely a result of negotiations with the government about the interpretation of the Directive's requirements.

Finally, parties participating in CCS are dependent on uncertainty with respect to future policy in this area.

## Market design options for segments of the CCS chain

In order to realise a large-scale CCS market in the Netherlands, the above mentioned market failures will have to be (at least to a large extent) resolved. This study formulates a number of options that, each to their own extent, offer solutions to these market failures. In the following section, first the possible options per segment of the CCS chain are discussed followed by a discussion on the models for the organisation of the entire CCS chain. The different models are mainly judged qualitatively with respect to their potential speed of implementation, their impacts on domestic and international competitiveness, financing and cost efficiency, as well as the flexibility of the models to accommodate potential future developments in the market.

### Capture

Currently, capturing CO<sub>2</sub> in large quantities is not profitable and is only done on a small scale by hydrogen producers who sell it for use in the beverages industry and to greenhouses. This use of CO<sub>2</sub> generates income, but the demand for it is limited and it does not result in avoiding emissions. Industry is only willing to invest in capturing and storing CO<sub>2</sub> on a large scale when there is a business case for it. It is, therefore, necessary to create a financial incentive for emitters to improve the business case of CCS. The size of that incentive will in turn determine the size of the CCS market in the Netherlands in the future.

The two main options for creating this incentive are putting a price on the emissions of CO<sub>2</sub> on top of the ETS price (*the stick*) and providing subsidies to bridge the financing gap (*the carrot*). These options can also be combined. Putting a price on CO<sub>2</sub> has significant advantages as companies will automatically choose between CCS and alternative emission reduction measures by themselves such that the most cost-efficient option is chosen by all emitters. A disadvantage is that it affects the international competitive position of Dutch firms and some parts of industry can only abate emissions against high costs. Subsidies do not have a detrimental effect on international competitiveness and can provide - if designed properly – certainty surrounding the return on their investment. The risk of subsidies is that the government might compensate too much and that innovation may lag behind. Increasing the costs of CCS to society, also affects competitiveness between firms and could lead to state aid risks. Thus, developing a potential subsidy instrument requires a careful approach.

### Transport

Next to capture, the transport and storage of CO<sub>2</sub> also need to be arranged in order for the CCS chain to be functional. For both transport and storage, we studied several options for market designs that govern which parties can be active in these segments of the market and under which circumstances. The transport of CO<sub>2</sub> can be organised in three possible ways (see Table S.1). The models differ with respect to the responsibility of realising and managing the network. In the first option, market players are entirely responsible for developing and operating it. In the third option, the government assigns this task exclusively to a government-owned enterprise. A second (hybrid) option consists of a combination of the two, in which the government tenders a concession for the right to build and operate the network.

**Table S.3 Models market design for transport**

	1. Market	2. Concession	3. Task assigned to government-owned enterprise
Initiative	Market	Government	Government
Execution	Market	Market	Government
Risks born by the government	No	Possible	Yes

The advantage of model 1 is that the market mechanism is optimally used and the government does not take on any risks. However, investments in transport infrastructure will only arise when there is sufficient certainty about the volumes of supply. Thus, in this model, it is not expected that the coordination problem between emitters and transport and storage operators will be resolved timely, as also emitters want to make sure there is an appropriate transport option available to them before investing in capture installations. It is unlikely that commercial transport operators will willingly factor in future potential growth in the CCS market in the design of the network (as it adds further uncertainty) even though it could be desirable from the point of view of future cost-efficiency in a larger transport network. Lastly, since CCS is viewed as ‘bridge technology’ to more sustainable emission reduction solutions in the future, market parties may be uncertain about the future regulatory framework, creating further uncertainties about (the speed of) the roll out of a commercial transport network.

In model 2 and 3, the government (indirectly) takes on those development risks by assigning the task of developing and operating a transport network to a government-owned enterprise or via a concession. The latter model could have the potential additional advantage that the network might be realised at lower cost, but there is less flexibility to make adjustments to the characteristics of the network and to adapt it to potential changing future circumstances. If public needs cannot easily be described or scoped out in writing (in economic terms: *not contractible*), it could be desirable to create a larger public involvement in the realisation of a product or service. Furthermore, if the government attaches a strategic importance to the development of CCS then additional public involvement with a more flexible nature, could be desirable. This could have the additional advantage that the realisation of the network could be relatively high (as compared to leaving it to the market).

There is a risk that the resulting transport network will show strong characteristics of a natural monopoly regardless of the model chosen because from the moment a network exists, it is not worthwhile to develop a similar network that will compete for the same CO<sub>2</sub> sources. However, there might be competition from other transport modalities for certain emitters, such as by ship, but the availability of profitable alternatives depends strongly on local conditions. Consequently, it is desirable to regulate transport operators, in addition to the requirements from the CCS-Directive, so that third party access to the developed transport network is guaranteed under reasonable conditions.

### Storage

Also in the storage segment, we distinguish between three potential market design models. In the first model, commercial parties realise CO<sub>2</sub> storage. In the third model, the storage task is assigned

to a government-owned enterprise, which will contract commercial subcontractors to execute the operation (there is no government-owned enterprise capable of running storage operations by themselves). In the hybrid model (model 2), commercial parties and a government-owned enterprise will be co-responsible for the realisation and operation of storage through a joint venture. In this way commercial parties will assume a part of the risks related to the storage operations.

**Table S.4 Models market design for storage**

	1. Market	2. Public/Private	3. Task assigned to government-owned enterprise
Initiative	Market	Government	Government
Execution	Market	Government/Market	Government (with commercial subcontractors)
Risks born by the government	No	Partially	Yes

Commercial parties indicate that the financial securities required for the storage license can form a barrier to the realisation of commercial storage operations. In case it is not possible to obtain insurance for these risks at reasonable costs, then that could provide a rationale for government intervention, for example via Model 2 or 3. In these models, the execution of storage projects can be carried out by either the government (using subcontractors) or by commercial parties with a government guarantee or insurance. Private investments in storage operations will only be made when there is enough certainty about future volumes of supplied CO<sub>2</sub> for storage in order to recoup the investments. A government-owned enterprise is more likely to take public benefits into account (the ultimate aim of the government). Through the public participation in Models 2 and 3, it can be expected that the realisation of storage infrastructure constitutes less of a barrier to the timely realisation of CCS.

Next to the design of the framework governing the market, coordination is needed between all parties that are related to current gas exploration activities in a nearly depleted reservoir about *mothballing* the existing facilities (keeping them available instead of decommissioning them) and potential production losses. In case a government-owned enterprise will (co) develop CO<sub>2</sub> storage operations, it could be decided to involve EBN in some way in that process as EBN (as a government-owned enterprise) is already involved in nearly all gas exploration activities on the North Sea. As a result, EBN has a good overview of all reservoirs and facilities that might become available for CO<sub>2</sub> storage operations (information advantage). Moreover, as a shareholder of the current entities involved in gas exploration projects, they have voting rights with respect to the mothballing and other strategic decisions that need to be taken by the current gas exploration entities.

A disadvantage of model 3 is that the financial risks will largely be assumed by the government (even though they can partially include these in the charge-out rates for storage services they will provide). In model 2, the commercial party(-ies) participating in the joint venture will assume a part of the risks and will (need to) receive a compensation for that as a result. As mentioned, the perceived risks and required financial securities in relation to obtaining a storage license acts as a barrier to developing storage facilities on a commercial basis. Unless those operations will yield significant (future) returns (which would then inevitably lead to higher costs to society), it is questionable whether there are commercial parties that are willing to invest into storage operations.



## Organisation of the complete CCS chain

In principle, the various market design models can be combined with one another in every possible combination. In the case the government has a role in one part of the CCS chain, it would increase the certainty surrounding commercial investments in other parts of the CCS chain. In case the subsidy model is chosen to stimulate the capture of CO<sub>2</sub>, then there might be a risk that there are insufficient incentives to contract transport and storage services for the least possible costs as the costs for transport and storage are compensated through the subsidy. A transport and storage model with an initiating role for a government-owned enterprise could in this situation prevent that higher than needed costs for transport and storage are leveraged onto the government (through the subsidy). In all possible models for transport and storage, it is desirable to guarantee access to transport and storage networks at reasonable conditions.

Coordination is needed between transport and storage operators in order to make sure that the network will be developed in locations where (cheap) storage facilities are available and that quality, volume and pressure requirements are in sync across the transport and storage network. This could be an argument to combine transport and storage of CO<sub>2</sub> into one entity. The coordination across the different segments in the chain would then be easier and emitters could coordinate with one party (instead of two). A theoretical disadvantage of merging transport and storage is that it could potentially reduce competition in the storage market in case alternative storage locations would be denied access to the infrastructure of the (monopoly) transport and storage entity. This access could, however, also be guaranteed by regulation and surveillance. Moreover, it would not be realistic to expect significant competition between potential storage locations in the first development phase of the CCS market, since only one or two locations would be needed in the beginning. Based on these arguments, it is in our opinion not a requirement to strictly separate the ownership of storage and transport entities, but there is also no reason to prescribe that transport and storage should be offered by one entity.

### Revenue models and sustainability of the market design models

It would be preferable that the integral costs of the CCS chain are charged to the emitter. In this way, the polluter will at all points in time, now and in the future, assess the trade-off between costs of CCS and alternative measures to reduce CO<sub>2</sub> emissions. By designing the transport network in a flexible manner (with a guarantee to third party access at reasonable conditions), it can then in the future also be used to connect commercial parties that (re)use CO<sub>2</sub> (Carbon Capture and Utilisation). In this way, other potential emitters for which capturing CO<sub>2</sub> is not profitable currently also have the possibility to connect to the transport and storage infrastructure in case the costs of capturing CO<sub>2</sub> will decline (such as for waste incineration plants).

### Role of the government

In every possible market design model, the government has the role of legislator and regulator. In the main report, we list a number of rules and regulations that potentially require adjustment for an optimal functioning of the CCS market, especially in the field of transport (ETS Directive) and storage (CCS Directive). Since there is not that much experience yet with the actual application of rules and regulation in the field of CCS, it is very well possible that additional adjustments in the relevant legislation are needed in the future in order to create the right (investment) conditions for CCS.

The analysis conducted in this study shows that in case certainty about the speed of implementation of the CCS network is desired, there are advantages to assigning a task in the transport and/or storage segment to a government-owned enterprise. That would mean that the government also participates as a shareholder in the CCS chain. However, for public entities it also generally holds that they only invest when the business case is positive. That implies that in the market model with public participation there may be a need for additional guarantees from the government to cover the risks regarding supply and volumes for the transport and storage operators. Since transport is more capital-intensive than storage, it is likely that such public guarantees are more important to transport operators than storage operators.

In the case that removing the coordination problems in the CCS chain would constitute the main reason for the involvement of a government-owned enterprise, then it could later be decided to alienate the public participation from those business activities. The government-owned enterprise could also already decide to involve commercial parties as much as possible in the early development phase(s) of those activities.

## Conclusion

This study shows that the most important market failures in the CCS chain currently originate from the capture segment of the chain. It is, therefore, crucial to provide a (financial) incentive to improve the business case for CCS and reach the CO<sub>2</sub> reduction target set for CCS.

Moreover, additional policy action is needed to address the remaining market failures. This study compares market models for the transport and storage of CO<sub>2</sub> where a government-owned enterprise takes the initiative with models where the development of the CCS network is left to commercial parties. The advantage of the latter models is that the power of commercial decision making (market functioning) is used optimally and that the commercial risks are for a smaller part with the government. The more 'public' models are, however, more likely to offer a higher speed to implementation of the CCS chain as they address the coordination problem in the chain most effectively.

It should be also noted that in a model in which the initiative is with (a) government-owned enterprise(s), additional commercial incentives/market functioning can be introduced by contracting commercial parties for the implementation of certain parts of the CCS chain or by setting up joint ventures with commercial parties in which benefits and risks are shared. Conversely, in the situation commercial parties will develop the transport and storage of CO<sub>2</sub>, the government can ensure that public interests are met by providing financial guarantees and market regulation.

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding van het onderzoek

In 2015 heeft de internationale gemeenschap de klimaatdoelen geconcretiseerd middels het tekenen van het Parijs-akkoord. Hierdoor hebben 175 landen zich gecommitteerd aan het limiteren van de globale temperatuurstijging tot 2°C ten opzichte van het pre-industriële niveau en om zich in te spannen om de temperatuurstijging onder de 1,5 °C te houden.

Voor de tijdige en kostenefficiënte verduurzaming in met name de industrie is *Carbon Capture and Storage* (CCS) een technologie die in ieder geval tijdens de transitie, maar mogelijk ook daarna, een rol zou kunnen spelen in het reduceren van emissies. In het Regeerakkoord 2017-2021 is een indicatieve reductie van 20 Megaton CO<sub>2</sub> in 2030 door middel van CCS opgenomen.

Op dit moment zijn er wereldwijd geen voorbeelden waarbij CCS op zo'n grote schaal wordt toegepast, hoewel er internationaal wel degelijk voorbeelden zijn van operationele CCS-projecten. In het verleden zijn in Nederland wel initiatieven geweest om CO<sub>2</sub> af te vangen en op te slaan, maar om diverse redenen zijn de projecten nooit tot uitvoering gekomen. Dit roept de vraag op onder welke voorwaarden bedrijven bereid zijn om te investeren in CCS.

## 1.2 Doelstelling en onderzoeksvragen

Een van de doelen van het onderzoek is om inzicht te krijgen in factoren die een tijdige en maatschappelijk kostenefficiënte realisatie van CCS momenteel belemmeren. Daarnaast is het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) op zoek naar inzicht in beleidsopties die belemmeringen kunnen wegnemen.

Deze studie geeft antwoord op de volgende hoofdvraag: Wat zijn de mogelijke opties voor marktordening en aanvullend instrumentarium die leiden tot een tijdige en maatschappelijk kostenefficiënte realisatie van CCS?

Door het Ministerie van EZK zijn de volgende subvragen gesteld:

- *In welke mate en onder welke randvoorwaarden zijn de verschillende partijen die een rol kunnen spelen in CCS bereid om in de afdang, transport- en opslaginfrastructuur te investeren?*
- *Wat voor verschillende marktmodellen en aanvullend instrumentarium/ beleid van de overheid zouden de randvoorwaarden kunnen creëren om te zorgen voor een grootschalige uitrol van CCS?*

Het ministerie van EZK geeft aan dat uitgangspunt bij het marktordeningsvraagstuk is dat zoveel mogelijk gebruik gemaakt dient te worden van marktprikkels, ingericht op basis van het principe 'de vervuiler betaalt'.

## 1.3 Gevolgde aanpak en inkadering

### 1.3.1 Gevolgde aanpak

Dit onderzoek is in maart 2018 gestart en is in juni 2018 afgerond. In het kader van het onderzoek zijn interviews uitgevoerd met actoren in de industrie, academici en andere belanghebbenden.

Daarnaast is er een literatuurstudie uitgevoerd. Bijlage A bevat een lijst van geïnterviewde belanghebbenden. In de tekst zijn voetnoten opgenomen met verwijzingen waar deze studie op voortbouwt. Begin juni 2018 zijn de voorlopige bevindingen van het onderzoeksteam gepresenteerd en besproken in een 'expertsessie' met diverse betrokkenen (marktpartijen, beleidsmakers, etc.). Daarna is het concepteindrapport opgesteld en, na verwerking van verschillende commentaren vanuit de opdrachtgever, ook het eindrapport.

### 1.3.2 Verdere inkadering

De doelstelling van dit onderzoek refereert naar de marktordening van de CCS-keten. Van Damme et al (2015)<sup>1</sup> definiëren marktordening als '*het geheel aan regels en wetten dat beschrijft welke bedrijven op de markt actief mogen zijn (toetredingsregulering) en onder welke voorwaarden (gedragsregulering), en ook welke keuzemogelijkheden de consumenten hebben*'. Hierbij is nog wel van belang onderscheid te maken tussen enerzijds de marktorganisatie (-modellen) en anderzijds het marktontwerp.<sup>2</sup> Marktorganisatiemodellen beschrijven in feite hoe partijen die actief zijn in de markt zichzelf organiseren. Relevante elementen hierbij zijn het eigendom van het net (publiek of privaat), de wijze waarop derden toegang kunnen krijgen tot de infrastructuur (*Third Party Access*, TPA) en de mate van verticale integratie. Indien bepaalde aspecten rondom het marktorganisatiemodel door de overheid bindend worden opgelegd, vallen deze aspecten binnen het 'marktontwerp' of 'de marktordening'.

De door het ministerie van EZK gestelde vragen beperken zich niet tot de bovengenoemde definitie van marktordening. Vooral bij afvang, maar ook in de andere onderdelen van de keten, is het namelijk de vraag onder welke condities partijen bereid zijn om te investeren zodat een 'CCS-markt' kan ontstaan. Zonder een investeringsprikkel vindt er geen CO<sub>2</sub>-afvang plaats en kan ook niet over een 'CCS-markt' worden gesproken. Het begrip 'marktordening' moet in het kader van dit rapport dus ruim opgevat worden en omvat ook de maatregelen die de overheid moet nemen om een aantrekkelijke business case voor bedrijven te creëren. Middels de ETS en de bijbehorende prijs voor CO<sub>2</sub> is er een bestaande marktordening. Echter de verwachting is dat die prijsprikkel richting 2030 niet voldoende zal zijn om CCS in Nederland tijdig te realiseren.

Het marktordeningsvraagstuk heeft met name betrekking op de fase waarin de eerste projecten gerealiseerd zijn en stapsgewijs meerdere bronnen en mogelijk ook opslaglocaties worden aangesloten. Er wordt echter ook aandacht besteed aan de vraag hoe overgegaan kan worden van een demonstratiefase met één of enkele projecten, naar een meer grootschalige uitrol van CCS.

Het onderzoek heeft geen betrekking op alle voor- en nadelen van CCS. In de interviews die wij in het kader van de studie hebben gevoerd, is door diverse belanghebbenden benadrukt dat als voor CCS gekozen wordt, draagvlak van belang is. Wij erkennen dat de mate van draagvlak een relevante overweging kan zijn bij het maken van keuzes ten aanzien van het marktordeningsmodel. In de beoordeling van de verschillende opties is echter geen expliciete aandacht besteed aan de mate waarin er draagvlak voor is, hoewel in de beoordelingscriteria wel elementen zijn opgenomen die medebepalend zijn voor het draagvlak, zoals de mate waarin de optie voldoet aan het principe dat de vervuiler betaalt en de mate waarin de optie bedrijven zekerheid biedt dat zij investeringen kunnen terugverdienen. Een van de redenen hiervoor is dat een gedegen analyse van de mate van draagvlak een separaat onderzoek zou vereisen dat echter buiten de onderzoeksopdracht valt.

<sup>1</sup> Van Damme, E., Jansen, M., & Schinkel, M. P. (2015). Marktordening. In S. Philippen, & G. Werner (Eds.), *Canon van de Economie* (pp. 485-503). Rotterdam: ESB; zie: [https://pure.uvt.nl/portal/files/20153378/ESB\\_2016\\_canon Marktordening.pdf](https://pure.uvt.nl/portal/files/20153378/ESB_2016_canon Marktordening.pdf).

<sup>2</sup> Zie ook: Ecorys, 'Evaluatie Warmtewet en toekomstig marktontwerp warmte', p. 101.

Het spreekt voor zich dat de gekozen marktordening te allen tijde de veilige afvang, transport en opslag moet garanderen.

## 1.4 Opbouw van dit rapport

Hoofdstuk 2 vat een aantal mogelijke scenario's voor de uitrol van CCS samen, op basis van reeds bestaande literatuur. Vervolgens beschrijft hoofdstuk 3 de kenmerken die de 'markt' in de verschillende onderdelen van de CCS-keten naar verwachting zal hebben. Het hoofdstuk sluit af met een analyse van mogelijk marktfalen dat zich in de keten kan voordoen.

De analyse van het marktfalen biedt inzicht in de belemmeringen die er nu zijn, en die zich in de toekomst kunnen voordoen, waardoor CCS niet van de grond komt. Hoofdstuk 4 introduceert verschillende modellen waarmee het marktfalen mogelijk kan worden weggenomen en een 'CCS-markt' ontwikkeld kan worden. De modellen voor afvang, transport en opslag worden in het hoofdstuk ook beoordeeld aan de hand van beoordelingscriteria. Het hoofdstuk sluit af met wat de analyse betekent voor de wijze waarop de integrale keten vormgegeven kan worden en de rollen die de overheid daarin heeft.

## 2 De rol van CCS in het behalen van de Nederlandse klimaatdoelstellingen

In Nederland wordt de mogelijkheid om CO<sub>2</sub> af te vangen bij stationaire emissiebronnen en op te slaan (Carbon Capture and Storage – CCS) al lange tijd verkend via onderzoeksprogramma's en concrete demonstratieprojecten.<sup>3</sup> Sinds het ondertekenen van het Parijs-akkoord<sup>4</sup> en de daaropvolgende plannen van de Rutte-III regering, is echter de ambitie van Nederland om de uitstoot van broeikasgassen te verminderen nog sterker toegenomen en geconcretiseerd. Volgens het Regeerakkoord<sup>5</sup> is een belangrijke rol weggelegd voor de bijdrage van CCS aan het behalen van de Parijs-klimaatdoelstellingen. Ook recente studies (o.a. door PBL, maar ook vanuit de industrie<sup>6</sup>) hebben uitgewezen dat CCS een belangrijke rol kan spelen in de behalen van de klimaatdoelstellingen richting 2030 en 2050, niet alleen via de potentie om emissies te voorkomen, maar ook omdat CCS een grote potentie voor het behalen van negatieve emissies heeft.<sup>7</sup> In dit hoofdstuk gaan we in op de scenariostudies die voor Nederland zijn gedaan om te bepalen hoe de klimaatdoelstellingen behaald kunnen worden en analyseren we de technische en realistische potentie van CCS in Nederland tot het behalen van deze doelstellingen in meer detail. Deze analyse vormt daarmee het kader waarin de huidige elementen van een 'CCS-markt' en de opties voor mogelijke marktmodellen een toekomstige functionerende CCS-markt nader bekeken worden. We gaan in dit hoofdstuk met name in op:

1. **De rol van CCS als CO<sub>2</sub>-reductietechniek** in studies die voor Nederland uitwerken hoe de Parijsdoelstellingen (het niet overschrijden van de 1,5°C-norm of de 2°C-norm) gehaald zouden kunnen worden. Dit is een *top-down* perspectief op het vraagstuk, aangezien het uitgaat van hoeveel CO<sub>2</sub>-reductie er nodig is om de doelstellingen te behalen en welke maatregelen een rol kunnen spelen in deze reductiedoelstellingen;
2. **Het technisch en economisch potentieel van het ontwikkelen van een CCS-keten** in Nederland. Dit is een *bottom-up* perspectief, aangezien het aangeeft wat technisch mogelijk zou kunnen zijn via CCS in Nederland en wat die potentie zou kosten. Dit kan als haalbaarheidscheck dienen met de *top-down* klimaatscenario's uit Sectie 2.1;
3. **Het meest voor de hand liggende scenario voor de uitrol van CCS in Nederland** richting 2030 op basis van de afgegeven indicatie in het Regeerakkoord (2017) en de ambitie die is neergelegd bij de industrietafel in het Klimaatakkoord (22 Mton per 2030<sup>8</sup>) en de nieuwste inzichten uit de meest recente afgeronde studies.<sup>9</sup>

Dit 'referentiescenario' dient ook als uitgangspunt voor het ontwikkelen van de marktorderings-opties in hoofdstuk 4.

<sup>3</sup> Onder andere vanuit verschillende onderzoeksprojecten (CATO), maar ook met een proefproject in veld K12 en twee ver voorbereide demonstratieprojecten in Barendrecht en de Maasvlakte (ROAD).

<sup>4</sup> Het akkoord om de stijging van de gemiddelde temperatuur op de wereld "well below 2°C" boven pre-industriële waarden te houden en in te zetten op een temperatuurstijging van 1,5°C boven pre-industriële waarden. Zie: [https://unfccc.int/sites/default/files/english\\_paris\\_agreement.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf).

<sup>5</sup> VVD, CDA, D66 en Christenunie (2017) Vertrouwen in de toekomst – Regeerakkoord 2017-2021.

<sup>6</sup> Zoals: [https://www.vnci.nl/Content/Files/file/Downloads/VNCI\\_Routekaart-2050.pdf](https://www.vnci.nl/Content/Files/file/Downloads/VNCI_Routekaart-2050.pdf) en [https://www.vemw.nl/-/media/VEMW/Downloads/Public/Duurzaam/Rapport%20Decisions%20on%20the%20industrial%20energy%20transition\\_130417.ashx](https://www.vemw.nl/-/media/VEMW/Downloads/Public/Duurzaam/Rapport%20Decisions%20on%20the%20industrial%20energy%20transition_130417.ashx).

<sup>7</sup> Bijvoorbeeld dankzij het produceren van energie (BECCS) uit biologische bronnen in combinatie met CCS of het onttrekken van CO<sub>2</sub>.

<sup>8</sup> Kamerbrief over Kabinetsinzet voor het Klimaatakkoord, 23 februari 2018, beschikbaar op:

<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2018/02/23/kamerbrief-over-inzet-kabinet-voor-klimaatakkoord>.

<sup>9</sup> Onder andere: Planbureau voor de Leefomgeving (2018) Kosten en energie- en klimaattransitie in 2030 – update 2018.

## 2.1 Top-down: Klimaatdoelstellingen en de rol van CCS in Nederland

In 2014 publiceerde het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), het orgaan van de Verenigde Naties dat onderzoek doet naar klimaatsverandering, het vijfde assessmentrapport over de opwarming van de aarde.<sup>10</sup> Volgens de berekeningen van het IPCC zal de temperatuur op aarde aan het eind van deze eeuw met 3,2 tot 5,4°C toenemen ten opzichte van de pre-industriële tijd (1850-1900) als er geen maatregelen worden getroffen om de uitstoot van broeikasgassen drastisch te verminderen. In dezelfde studie raamt het IPCC de hoeveelheid CO<sub>2</sub> die er maximaal nog kan worden uitgestoten om de temperatuurstijging op aarde te beperken tot 1,5 °C of 2°C. Dit worden de zogeheten koolstofbudgetten genoemd. Om de opwarming van de aarde te beperken tot 2°C dient de uitstoot van CO<sub>2</sub> onder de 600-1250 Gton te blijven in de periode 2015-2100. Om de temperatuurstijging te beperken tot 1,5°C is het koolstofbudget aanzienlijk lager: 250 tot 450 Gton. Met de huidige globale emissieniveaus zullen de koolstofbudgetten binnen 5 tot 10 jaar (1,5°C-norm) en 21 jaar (2°C-norm) worden overschreden.<sup>11</sup>

In navolging op dit belangrijke rapport is in 2015 in Parijs het Klimaatverdrag gepresenteerd, waarin deelnemende landen zich committeren de opwarming van de aarde tot maximum 2°C te beperken (per 2100) en te streven naar een opwarming van maximaal 1,5°C ten opzichte van de pre-industriële tijd. Volgens de analyse van ruim 1.200 scenario's (ongeveer 300 referentiescenario's en 900 scenario's met mogelijke pakketten van maatregelen) moet de uitstoot in de wereld rond 2030 weer op het niveau van 2010 zijn en daarna met ongeveer 3-5% per jaar dalen.<sup>12</sup> Inmiddels hebben bijna alle landen ter wereld, waaronder Nederland, het Parijsakkoord geratificeerd.<sup>13</sup> PBL heeft verschillende studies gepubliceerd over de gevolgen van het Parijsakkoord voor Nederland.<sup>14</sup> Om onder de 2°C-norm te blijven, moet de uitstoot van broeikasgassen drastisch omlaag. In de meeste van 900 scenario's die dit doel bereiken, moet er in 2050 40-70% minder CO<sub>2</sub> worden uitgestoten dan nu en in 2100 bijna nul of negatieve emissies. Nederland moet de emissies van CO<sub>2</sub> met 43 tot 49% reduceren per 2030 (ten opzichte van het niveau van 1990) en met 80 tot 95% per 2050 om deze 1,5°C-norm niet te overschrijden. Om de 1,5°C-norm te halen, dient de CO<sub>2</sub> uitstoot per 2050 zelfs met 100% te zijn gereduceerd.<sup>15</sup>

Mede op basis van deze inzichten heeft het kabinet Rutte-III de Nederlandse klimaatdoelstellingen geconcretiseerd en vastgelegd in het regeerakkoord: een reductie van CO<sub>2</sub>-emissies van 49% per 2030.<sup>16</sup> Er zijn verschillende opties om een afname van 49% in de uitstoot van CO<sub>2</sub> in 2030 te bereiken. Deze opties bestaan uit integrale maatregelenpakketten, zoals het verduurzamen van de energievoorziening, het verhogen van de energie-efficiëntie en het verminderen van de CO<sub>2</sub>-uitstoot in de transportsector en in de industriële sector.<sup>17</sup> In verscheidene studies zijn hiervoor opties uitgewerkt. Zo heeft PBL bijvoorbeeld 22 varianten van invullingen van het energiesysteem bekeken die in Nederland leiden tot een emissiereductie van 80% in 2050<sup>18</sup>. Deze varianten komen uit het PBL E-design model (2016) waarin rekening wordt gehouden met de technische mogelijkheden (tot 2050) van verschillende technologieën.

<sup>10</sup> Intergovernmental Panel on Climate Change (2014) Climate change 2014 – synthesis report.

<sup>11</sup> Planbureau voor de Leefomgeving (2017a) The implications of the Paris Climate Agreement for the Dutch climate policy objectives.

<sup>12</sup> PBL (2017a) The implications of the Paris Climate Agreement for the Dutch climate policy objectives

<sup>13</sup> Het actuele overzicht van de landen die het Parijsakkoord hebben geratificeerd is hier beschikbaar:

<https://unfccc.int/process/the-paris-agreement/status-of-ratification> .

<sup>14</sup> Zie onder andere: PBL (2017a) The implications of the Paris Climate Agreement for the Dutch climate policy objectives, PBL (2017b) Verkenning van klimaatdoelen - Van lange termijnbeelden naar korte termijn actie, PBL & SCN (2017) Nationale kosten energietransitie 2030 en PBL (2016) Vormgeving van de energietransitie, ECN, OBL, CBS & RVO (2016) Nationale energieverkenning 2016.

<sup>15</sup> Planbureau voor de Leefomgeving (2017a) The implications of the Paris Climate Agreement for the Dutch climate policy objectives.

<sup>16</sup> VVD, CDA, D66 en Christenunie (2017) Vertrouwen in de toekomst – Regeerakkoord 2017-2021.

<sup>17</sup> PBL (2017a) The implications of the Paris Climate Agreement for the Dutch climate policy objectives.

<sup>18</sup> PBL (2016) Vormgeving van de energietransitie.

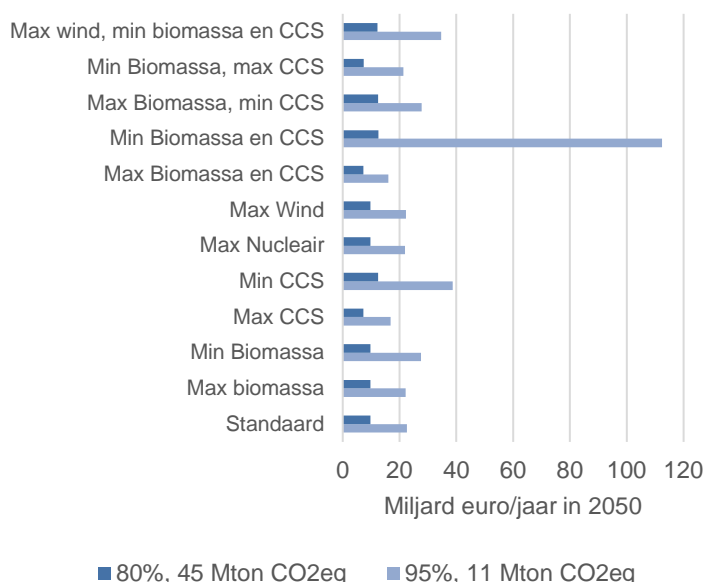
Uit deze analyse blijkt dat in 20 van de 22 scenario's CCS zal moeten worden toegepast en dat wanneer dit niet het geval is, de finale energievraag aanzienlijk meer moeten worden teruggebracht dan in de scenario's met CCS.

Over het algemeen geeft PBL ook aan dat om 49% reductiedoel te behalen, grootschalige toepassing van allerlei koolstofarme mogelijkheden ingezet dient te worden. Zelfs dan lijkt een overschrijding van de doelstelling bijna onvermijdelijk. De meerderheid van de scenario's voor de transitie naar 2050 die voortkomen uit de IPCC berekeningen om de 2°C-norm halen, houden rekening met grootschalige inbreng van CCS. Voor de periode na 2050 zullen volgens de meeste 1,5 en 2 graden scenario's de emissies naar nul toe moeten. Aangezien er altijd wel bronnen van CO<sub>2</sub>- zullen blijven bestaan is het creëren van negatieve emissies een haast onvermijdelijke noodzakelijkheid in het behalen van de Parijs doelstellingen. Negatieve emissies kunnen op verschillende manieren bereikt worden. De voornaamste methoden zijn op dit moment het aanplanten van bebossing, het direct onttrekken van CO<sub>2</sub>- uit de atmosfeer (*direct air capture*) of energie produceren uit organische energiebronnen (die voor hun groei CO<sub>2</sub>- uit de lucht onttrekken) in combinatie met CCS (BECCS). De eerste twee technologieën zijn echter erg kostbaar (benodigde land/materiaal & energiekosten) en dus kan CCS ook via BECCS in de periode na 2050 een erg belangrijke rol spelen in het behalen van de klimaatdoelstellingen.

### 2.1.1 Kosten van de transitie

Zoals hierboven aangegeven zijn er veel verschillende manieren om de Parijsdoelstellingen te behalen, ook voor Nederland. Een belangrijke factor waarin de scenario's van elkaar verschillen is hun kostenefficiëntie. PBL heeft de totale maatschappelijke kosten van verschillende scenario's voor Nederland berekend. Figuur 2.2 geeft de kostenramingen van een aantal scenario's voor het behalen van een CO<sub>2</sub>-reductie van 80 en 95% in 2050 (t.o.v. 1990) van het PBL (2017) weer. In alle scenario's wordt gebruik gemaakt van wind op land, wind op zee, biomassa én CCS. Uit de figuur blijkt dat de kostenefficiëntie van verschillende scenario's sterk uiteen loopt.

**Figuur 2.1 Kostenefficiëntie om reductie van 80 en 95% CO<sub>2</sub>-uitstoot te bereiken**



Bron: PBL (2017b) Verkenning van klimaatdoelen - Van lange termijnbeelden naar korte termijn actie

In het scenario waarin minimaal wordt ingezet op CCS (Min CCS) worden de kosten geraamd op €12,5 miljard om een CO<sub>2</sub>-reductie van 80% te bewerkstelligen per 2050 en €39 miljard voor een reductie van 95%. In het scenario waarin maximaal wordt ingezet op CCS ('Max CCS', inclusief bij



de energiebedrijven) zijn de kosten aanzienlijk lager: €7,5 miljard (80% reductie) en €17,5 miljard (95% reductie). CCS lijkt dus een kostenefficiënte maatregel per vermeden ton CO<sub>2</sub>.

Ook andere studies stellen dat CCS een kostenefficiënte brugtechnologie is om de klimaatdoelstellingen te behalen.<sup>19</sup> PBL (2017) stelt bijvoorbeeld dat het uitsluiten van CCS de kosten om de onder de 2°C-norm te blijven enorm zal verhogen, doordat het energiegebruik drastisch moet worden verminderd en doordat 80% van de energievoorziening uit hernieuwbare bronnen zal moeten komen (waar dit met grootschalige inzet van CCS 40% is). Bovendien stellen ze dat het nagenoeg onmogelijk is om de 1,5°C-norm te halen zonder toepassing van CCS.<sup>20 21</sup>

In april 2018 zijn de meest recente berekeningen van PBL gepresenteerd.<sup>22</sup> Hieruit blijkt dat de hoeveelheid CO<sub>2</sub>-reductie die moet worden bewerkstelligd om aan de 49% emissiereductie te voldoen geen 56 Mton, maar 45 Mton bedraagt. Deze afname van 11 Mton wordt onder andere gedreven door de gunstigere kostenontwikkeling van een aantal opties voor zon- en windenergie. De kostenontwikkelingen in emissiereductietechnologieën zijn een belangrijke factor die de projecties van broeikasgasuitstoot in het *do-nothing* (basisscenario) beïnvloeden, aangezien bij sterk dalende kosten verwacht kan worden dat zonder interventie ook meer in dergelijke technologieën geïnvesteerd zal worden. In het rapport worden daarnaast drie pakketten van extra maatregelen uitgewerkt, die middels overheidsinterventie tot het behalen van de klimaatdoelstellingen moeten leiden:

- 1. Laagste kosten naar 2030:** De reductie van 49% in 2030 wordt bereikt tegen de laagst mogelijke kosten.  
*Voor de industrie bevat dit pakket CCS bij procesemissies, bij de staalindustrie, bij raffinaderijen en enkele algemene industriële emissies. Daarnaast bevat het ook recycling, procesefficiencyverbeteringen en biomassaketels maatregelen.*
- 2. Transitie extra reductie naar 2050:** een pakket dat expliciet voorbereid op 95% reductie in 2050 en dus ook maatregelen bevat die voor 2030 ingezet worden waardoor de reductie per 2030 meer dan 49% bedraagt.
  - 1. Voor de industrie bevat dit pakket in aanvulling op pakket 1 extra elektrificatie van productieprocessen.*
- 3. Transitie naar 2050 met 49% reductie per 2030 :** een pakket dat aanstuurt op 95% emissiereductie per 2050, maar ten opzichte van pakket 2 aanstuurt een reductie van 49% in 2030. Enkele kort termijn maatregelen die in pakket 2 worden genomen zijn hier weggelaten (met name efficiency verbeteringen van bepaalde processen).
  - 2. Voor de industrie zijn hier de biomassaketels en de CCS bij algemene industriële emissies weggelaten ten opzichte van pakket 2.*

Voor elk pakket is een scenario met en zonder emissies uit landgebruik, landgebruiksverandering en bosbouw (LULUCF). Figuur 2.2 laat de emissiereducties van verschillende opties zien. Op basis van de kosteneffectiviteit per vermeden ton CO<sub>2</sub> speelt CCS in alle drie de pakketten (2018) een significante rol. De emissiereductie die CCS dient te bereiken varieert tussen de 7,2 en 11,8 Mton per jaar en zal dus voor minimaal 13% van de totale reductie in 2030 moeten zorgen.

<sup>19</sup> Zie bijvoorbeeld (i) CE Delft (2014) CCS bitter noodzaak bij stringent klimaatbeleid – de economische impact van Carbon Capture Storage, (ii) Gasunie en EBN (2018) Transport en opslag van CO<sub>2</sub> in Nederland, (iii) Intergovernmental Panel on Climate Change (2014) Fifth assessment report, (iv) Planbureau voor de Leefomgeving (2017a) The implications of the Paris Climate Agreement for the Dutch climate policy objectives, (v) Planbureau voor de Leefomgeving (2017b) Verkenning van klimaatdoelen - Van lange termijnbeelden naar korte termijn actie, (vi) International Energy Agency (2017) Energy Technology Perspectives.

<sup>20</sup> PBL (2017a) The implications of the Paris climate agreement for the Dutch climate policy objectives.

<sup>21</sup> Hier wordt uitgegaan van CCS bij elektriciteitsproductie, welke in deze studie niet wordt meegenomen.

<sup>22</sup> PBL (2018) Kosten energie- en klimaattransitie in 2030 – update 2018.

**Figuur 2.2 Emissiereductie per optie in verschillende pakketten**

	Laagste kosten		Transitie			
		+ LULUCF	Extra reductie		Zelfde emissies	
			+ LULUCF	+ LULUCF	+ LULUCF	+ LULUCF
Besparing, hernieuwbare warmte en elektrificatie	9,2	9,2	9,5	9,5	8,4	8,4
Hernieuwbare elektriciteit	22,8	22,8	22,8	22,8	22,8	22,8
Biomassa incl. biobrandstoffen	2,0	2,0	3,7	3,7	1,7	1,7
CCS	11,8	11,7	11,8	11,8	7,2	7,2
Overig elektriciteit	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5
OBKG landbouw	1,9	1,9	1,9	1,9	0,0	0,0
LULUCF en overig	0,0	3,9	0,0	3,8	0,0	3,8
Totaal	58,1	61,9	60,1	63,9	50,7	54,5
Effect in buitenland	13,1	13,1	6,3	6,3	5,6	5,6
Effect NL grondgebied	45,0	48,8	53,8	57,6	45,0	48,8

Bron: PBL (2018) Kosten energie -en klimaattransitie in 2030 – update 2018

## 2.2 Bottom-up: Het technisch en economisch potentieel van CCS

CCS als ketenoplossing vormt dus in vrijwel alle studies een belangrijk deel van een kostenefficiënte oplossing voor het behalen van de Nederlandse klimaatdoelstellingen. De schaal van de daadwerkelijke uitrol van CCS in Nederland hangt echter van meerdere belangrijke factoren af die de potentie van CCS<sup>23</sup> in Nederland beïnvloeden. De CCS-keten bestaat uit drie verschillende onderdelen: het afvangen van CO<sub>2</sub>, het transporteren van CO<sub>2</sub> en het opslaan van CO<sub>2</sub>. In de volgende secties gaan we in op het potentieel van elke van deze ketenonderdelen. Elk deel van de keten heeft een technisch maximaal haalbaar potentieel. Deze wordt voornamelijk bepaald door fysieke grenzen: de hoeveelheid aanwezige CO<sub>2</sub>-emissies bij stationaire bronnen voor afvang, de capaciteit van pijpleidingen voor het transport van CO<sub>2</sub> en de hoeveelheid beschikbare lege reservoirs in de aardbodem voor opslag van CO<sub>2</sub>. Daarnaast geldt dat met name de kosten voor het afvangen van CO<sub>2</sub> toenemen naarmate er meer CO<sub>2</sub> moet worden afgevangen en dus het realiseren van het volledig technische potentieel kostbaar zou zijn. In deze sectie wordt daarom het technisch potentieel per ketenonderdeel tegenover de kosten en andere praktische overwegingen gezet om het technisch potentieel in te kaderen. Ook speelt tijd een belangrijke beperkende rol: om het volledig technische potentieel af te vangen CO<sub>2</sub> op te slaan, is veel coördinatie nodig tussen afvang, transport en opslag. In het kader van het behalen van de klimaatdoelstellingen is deze tijd beperkt.

In de volgende secties wordt daarom per ketenonderdeel beschreven wat het technisch potentieel is en welke gevolgen de beperkende factoren *tijd* en *geld* hebben op het scenario voor uitrol van CCS in Nederland. In sectie 2.3 wordt het meest voor de hand liggende scenario voor uitrol van CCS in Nederland op basis van de indicaties in het Regeerakkoord, het Klimaatakkoord en de informatie uit deze sectie samengevat. In hoofdstuk 3 worden de verdere details van de economische kenmerken in elk van de ketenonderdelen besproken.

### 2.2.1 Afvang

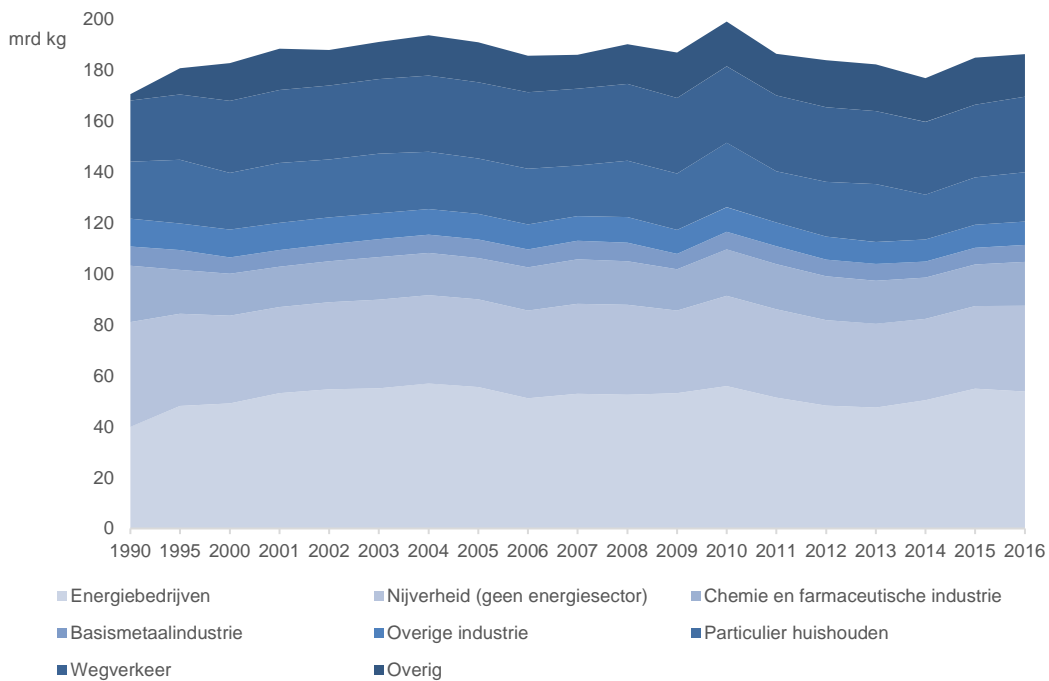
#### Technisch potentieel

De uitstoot van CO<sub>2</sub> in Nederland bedroeg 186 Mton (=miljard kilogram) in 2016 (85% van totale uitstoot van CO<sub>2</sub>-equivalenten in dat jaar). CO<sub>2</sub> afvangen en transporteren is in principe technisch

<sup>23</sup> Deze factoren bepalen daardoor ook voor een groot deel de mogelijke toekomstige marktdynamiek en hebben dus ook belangrijke gevolgen voor het ontwerp van de marktordeningsopties.

mogelijk bij stationaire puntbronnen. Figuur 2.3 laat zien dat de totale CO<sub>2</sub>-uitstoot van industriële (67Mton, 36%) en energiebedrijven (54Mton, 29%) de grootste bijdragers zijn aan totale uitstoot van CO<sub>2</sub> in Nederland. Aangezien CCS geen onderdeel vormt van het pakket van overwogen maatregelen in het Klimaatakkoord voor de energiebedrijven, wordt het afvangpotentieel voor CCS in Nederland bepaald door industriële bronnen. Van de 67 Mton aan emissies vanuit industriële bronnen, worden ongeveer 22 Mton van deze emissies gegenereerd bij energiebedrijven door de vraag naar elektriciteit van industrie.

**Figuur 2.3** Uitstoot van koolstofdioxide in Nederland 1990-2016

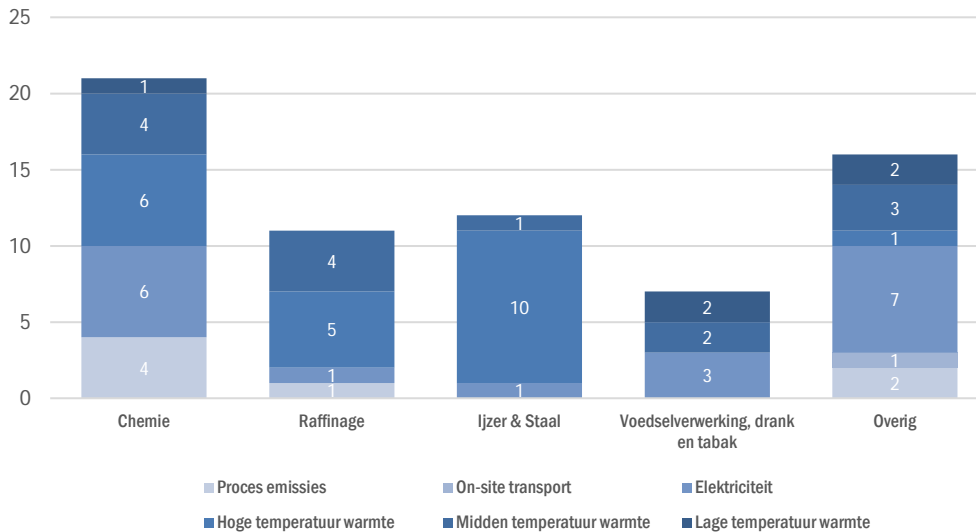


Bron: CBS

Volgens VEMW (2017) zijn ongeveer 7 Mton van de resterende 43Mton<sup>24</sup> (16%) CO<sub>2</sub>-emissies **procesemissies** die ontstaan bij het splitsen van voornamelijk aardgas en water voor ammoniak en waterstofproductie in de chemische sector. De overige 36 Mton zijn voornamelijk energie-gerelateerde emissies die ontstaan bij het ontwikkelen van lage, middelhoge en hoge temperatuurwarmte, transport en het aandrijven van machines. Figuur 2.4 laat zien uit welk proces verschillende industriële sectoren binnen Nederland CO<sub>2</sub>-emissies genereren. De figuur laat duidelijk zien dat de emissiereductieopgave in de staalsector voornamelijk bij het verduurzamen van hoge temperatuurwarmte-ontwikkeling ligt in vergelijking met de andere sectoren, die CO<sub>2</sub> uitstoten voor ook veel meer andere doeleinden.

<sup>24</sup> VEMW heeft dezelfde bron voor emissies in Nederland gebruikt als wij in deze studie doen (CBS), maar door het verschil in timing van raadplegen van de data (2017 versus midden 2018) is de update van emissies die recent heeft plaatsgevonden niet meegenomen door VEMW. Hierdoor komen wij op basis van de recente cijfers op 45Mton emissies vanuit industriële, niet elektriciteit bronnen (67Mton – 22Mton) en VEMW op 43 Mton. Dit verschil heeft geen gevolgen voor het argument in de tekst.

**Figuur 2.4 Bronnen van industriële CO<sub>2</sub> emissies, Mt/jaar, 2014**



Bron: VEMW (2017), 'Decisions on the industrial energy transition', april 2017

Het is ook belangrijk op te merken dat voor het afvangen, transporteren en opslaan van CO<sub>2</sub> energie nodig is (voornamelijk voor de compressie van CO<sub>2</sub> naar hogere druk voor transport en opslag). Bij dit proces komt afhankelijk van de energiebron weer CO<sub>2</sub> vrij en dus moet er meer dan 1 ton CO<sub>2</sub> worden afgevangen om tot 1 ton CO<sub>2</sub> reductie ten opzichte van 1990 waarden te komen. Uiteraard hangt de hoeveelheid extra CO<sub>2</sub>-uitstoot af van de energiebron en de hoeveelheid energie benodigd om CO<sub>2</sub> af te vangen. PBL gaat uit van circa 20% extra energie-inzet ten behoeve van het bedrijven van de gehele CCS-operatie in hun scenario's voor kosteneffectiviteit van verschillende maatregelen. Volgens het IPCC bedraagt de extra energie-inzet voor CCS bij energiecentrales tussen de 11-44%.<sup>25</sup>

### Kosten

De omvang van de potentie die CCS in Nederland heeft in de bijdrage tot de klimaatdoelstellingen, wordt in belangrijke mate ook bepaald door de kosten van CCS. Indien er namelijk bij bepaalde kosten goedkopere manieren zijn om emissie te reduceren, zal dit ten koste gaan van het potentieel van CCS. Deze studie heeft geen primair onderzoek gedaan naar de kosten van CCS. We baseren ons derhalve in deze sectie op bestaande informatie uit literatuur. Wel is uit de interviews gebleken dat de bestaande schattingen uit de literatuur zorgvuldig en voorzichtig geïnterpreteerd moeten worden. Er zijn nog maar weinig projecten op commerciële schaal uitgevoerd, de kosten variëren sterk op basis van lokale condities en omvatten vaak enkel kosten voor het realiseren en opereren van fysieke infrastructuur, exclusief financieringskosten, kosten met betrekking tot het regelen van vergunningen en andere belangrijke elementen van CCS-projecten.

De totale kosten voor het afvangen van CO<sub>2</sub> per vermeden ton CO<sub>2</sub> worden onder andere bepaald door:

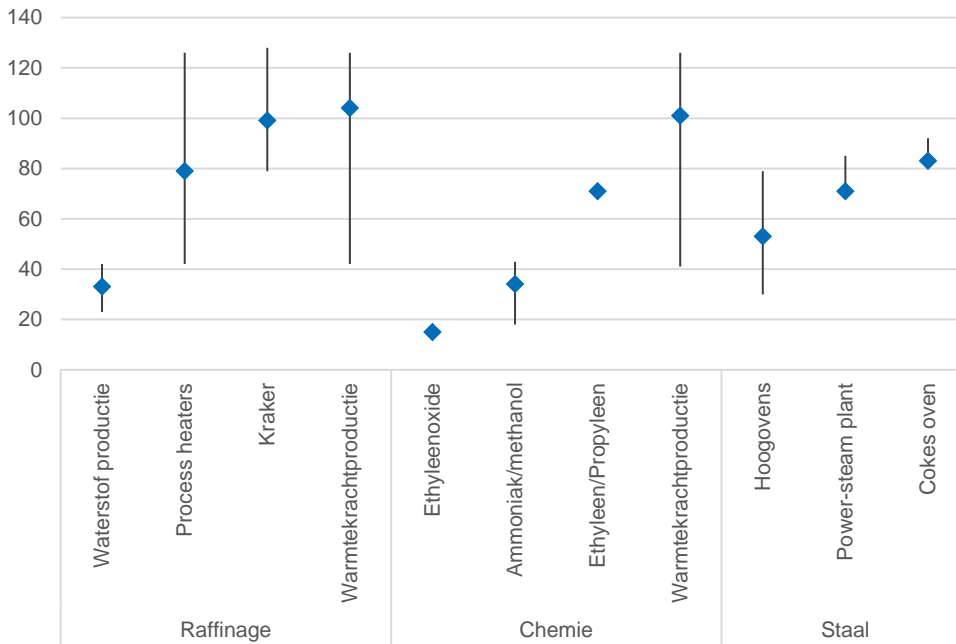
- De zuiverheid van de CO<sub>2</sub>-fractie in de uitstoot van rookgassen;
- De concentratie van de CO<sub>2</sub>-uitstoot op het fabrieksterrein (komt de CO<sub>2</sub> uit één pijp of meerdere?);
- Energiekosten (voor compressie).

Afhankelijk van de type emissies (proces-emissies, of energie-gerelateerde emissies en welke type energie-gerelateerde emissies) kunnen de kosten voor afvang binnen industriële sectoren dus sterk

<sup>25</sup> IPCC, 2005, IPCC Special Report: Carbon Capture and Storage Technical Summary, p. 27.

verschillen. Figuur 2.5 illustreert dit. En laat ook zien dat de onzekerheidsmarges groot zijn. Het wordt duidelijk dat de goedkoopste afvangmogelijkheden bij procesemissies (ammoniak-/methanolproductie, waterstofproductie en ethyleenoxide productie) en hoogovens liggen. Het afvangen van zuiver proces CO<sub>2</sub> bij de productie van etheenoxide is het goedkoopst, maar het totale volume van deze procesemissie in Nederland is geschat op 0,2Mt (van de 43Mton totaal aan uitstoot van CO<sub>2</sub> door industrie). Vandaar dat de potentie voor CO<sub>2</sub> afvang bij procesemissies vaak samen wordt genomen (maximaal technisch potentieel 7 Mton). Deze afvangkosten zijn in lijn met de schattingen van afvangkosten zoals weergegeven in de Routekaart CCS en binnen de geschatte kosten van vermeden CO<sub>2</sub>-kosten CCS (voor de hele keten, inclusief transport en opslag) zoals recentelijk gepubliceerd door PBL.<sup>26</sup>

**Figuur 2.5 Kosten voor afvangen CO<sub>2</sub> per industriële activiteit**



Bron: EBN en Gasunie (2017), op basis van data uit CATO/Ecofys, CCUS-T2013-WP07-D05, CCS Position Paper 2015

### Mogelijke afvang vanaf 2030

De beschikbare hoeveelheid CO<sub>2</sub> bij industriële bronnen in Nederland is zoals weergegeven in Figuur 2.4 ongeveer 40-45 Mton. De kosten voor het afvangen van deze emissies verschillen echter sterk en nemen toe als steeds moeilijker te vangen CO<sub>2</sub> ook moet worden afgevangen. Hierdoor ontstaat een rangorde vanuit het perspectief van kostenefficiëntie:

1. Industriële procesemissies laag (NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub> en etheenoxide C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O);
2. Industriële emissies staalindustrie;
3. Overige industrie (o.a. chemie) en raffinaderijen (exclusief H<sub>2</sub>).

PBL (2018) schat dat het potentieel aan vermeden CO<sub>2</sub>-emissies (inclusief de emissies voor benodigde energie-inzet) vanaf 2030 voor ammoniak en waterstofproductie 1,5 Mton is (ongeveer 1,8Mton afgevangen CO<sub>2</sub>), terwijl het technisch potentieel op basis van Figuur 2.6 ongeveer 5 Mton (4+1) is. PBL (2018) schat het potentieel van afvang van emissies in de staalindustrie op 5,5 Mton, en bij de derde groep op ongeveer 16,5 Mton vanaf 2030. Voor de gehele industrie (inclusief afvalverbrandingsinstallaties) schat PBL de technisch mogelijke reductie van CO<sub>2</sub> vanaf 2030 op 26,5 Mton (zie Tabel 2.1). 2.1 laat ook de geschatte *totale kosten* van de CCS-keten zien per afvangbron. Aangezien de kosten voor afvang van CO<sub>2</sub> het grootste aandeel vormen in de kosten van de gehele keten (zie secties 2.2.2 en 2.2.3 voor meer informatie), volgt de rangorde van

<sup>26</sup> PBL (2018) Kosten energie en klimaattransitie in 2030 – update 2018.

kostenefficiëntie voor de gehele keten grotendeels die van enkel afvang (zoals in Figuur 2.4 weergegeven). Zoals aangegeven in sectie 2.1 verwacht PBL dat er vanaf 2030 voor minimaal 7,2 Mton tot maximaal 11,8 Mton per jaar CO<sub>2</sub> wordt afgevangen en opgeslagen, afhankelijk van de klimaatstrategie die Nederland zal kiezen in de komende jaren (zie Figuur 2.3). Op basis hiervan kan worden verwacht dat er met name CO<sub>2</sub> zal worden afgevangen bij ammoniak en waterstofproductie (1,5Mton), bij de staalindustrie (5,5Mton) en op specifieke plekken in de chemie en raffinage. De belangrijkste puntbronnen van deze emissies bevinden zich voornamelijk in Zeeland, Rijnmond, IJmuiden en Chemelot (Limburg).

**Tabel 2.1 Potentie van CCS voor CO<sub>2</sub> reductie vanaf 2030 (Mt/jaar)**

Optie	Potentieel (megaton)	Kosten <sup>1</sup> (miljoen €)	Effectiviteit (€/ton)
Industriële procesemissies laag (NH <sub>3</sub> -, H <sub>2</sub> -, C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O-productie)	1,5	55	10-50
Staalindustrie	5,5	290	40-60
Raffinaderij (excl. H <sub>2</sub> )	6,0	520	60-100
Industriële emissies algemeen	10,5	1.085	70-120
Afvalverwerkingsinstallaties	3,0	335	85-135
Totaal	26,5	2.285	

<sup>1</sup> Kosten zijn inclusief transport en opslag en inclusief het financiële voordeel van het verkopen (c.q. niet hoeven kopen) van emissierechten

Bron: Planbureau voor de Leefomgeving (2018) Kosten energie en klimaattransitie in 2030 – update 2018

## 2.2.2 Transport

### Technisch potentieel

Direct na de afvang dient de afgevangen CO<sub>2</sub> te worden opgewaardeerd indien nodig, om aan de kwaliteitseisen van de afnemer (in het geval van CCU) of voor opslag (volgens de CCS Richtlijn) te voldoen. Ook moet het worden gecompriëerd om te kunnen worden vervoerd. Het transport van de CO<sub>2</sub> kan vervolgens via pijpleidingen, per schip, per trein of per vrachtwagen plaatsvinden. Alle opties zijn technisch haalbaar en worden op internationale schaal al toegepast (vervoer via pijpleiding en vrachtwagens onder andere binnen het OCAP-netwerk). Afhankelijk van het type transport is transport van CO<sub>2</sub> in de gasfase (bij 20 bar in korte pijpleidingen) of in de vloeibare fase (bij 100-120 bar, in lange pijpleidingen en voor vervoer per schip, vrachtwagen of trein) vereist. De hoeveelheid compressie hangt dus af van het gekozen type transport. Er zijn twee fasen van transport relevant: onshore transport in het geval van opslag op land of richting de kust voor offshore opslag, en offshore transport richting de lege gasvelden.

Het technisch potentieel van de gehele CCS-keten wordt niet fysiek belemmerd door de benodigde infrastructuur voor CO<sub>2</sub>-transport. Bij toenemende vraag naar CO<sub>2</sub>-transport kan de transportcapaciteit per schip, boot of trein meegroeien. In het geval van een pijpleidingennetwerk, bepaalt de diameter van de pijp de maximale capaciteit van doorstroom.

### Kosten

De kosten van het transport van CO<sub>2</sub> zijn met name afhankelijk van de transportmodus (schip, trein, vrachtwagen of pijpleiding) en de samenhangende compressiekosten, de verwachte volumes te transporteren CO<sub>2</sub> en de af te leggen afstanden. Tot op heden zijn enkel de kosten voor vervoer per schip en pijpleiding redelijk in kaart gebracht. Tabel 2.2 geeft een overzicht van de bekende kosten weer. Uiteraard zijn dit grove inschattingen en variëren de daadwerkelijke kosten per project en locatie sterk.

**Tabel 2.2** Inschatting kosten CO<sub>2</sub> transport (€/ton)

Kosten per ton	2.5 Mton/jaar			20Mton/jaar		
	180 km	500 km	1500 km	180 km	500 km	1500 km
Schip (zie opmerking)	€ 13,5	€ 14,8	€ 19,8	€ 11,1	€ 12,2	€ 16,1
Pijpleiding onshore	€ 5	n.b.	n.b.	€ 1,5	€ 3,7	n.b.
Pijpleiding offshore	€ 9,3	€ 20,4	€ 51,7	€ 3,4	€ 6	€ 16,3

Bron: ZEP, The Costs of CO<sub>2</sub> Transport

Opmerking: De transport kosten per schip zijn inclusief de kosten van het vloeibaar maken van het gas.

Daarnaast bestaat er, net zoals bij afvang, nog veel onzekerheid over de exacte hoogte van de kosten voor het aanleggen van een transportnetwerk, omdat exacte locaties en specificaties nog niet duidelijk zijn. In EBN en Gasunie (2017) zijn kostenramingen voor verschillende scenario's afgegeven. Zoals eerder aangegeven zijn ook hier *enkel de technische kosten* voor het gebruik en aanleggen van pijpleidingen, zowel onshore als offshore, geraamd (niet de totale kosten die b.v. ook financieringskosten moeten bevatten). Wij schatten dat deze extra kosten maximaal 20% van de totale technische kosten zijn. Deze geschatte *technische* eenheidskosten voor het aanleggen (per ton CO<sub>2</sub>) verschillen niet veel tussen de scenario's met jaarlijkse afvang van 14, 20 of 30 Mton per jaar en bedragen voor Nederland (uitgaande van opslag op zee):

- Voor compressie (aan de kust): ongeveer €3 per ton;
- Voor onshore transport: ongeveer €0,5 tot €1 per ton;
- Voor offshore transport: ongeveer €1,5 per ton.

### Mogelijk transport vanaf 2030

Het is waarschijnlijk dat gezien de grote technische potentie van opslag op zee en het snel beschikbaar komen van (lege) gasvelden op zee, dat CO<sub>2</sub> vanaf 2030 in lege gasvelden op de Noordzee opgeslagen wordt (zie volgende sectie). CO<sub>2</sub> wordt mogelijk afgevangen op diverse plaatsen in Nederland, maar in het referentiescenario (sectie 2.3) is de meest waarschijnlijke optie dat er compressiestations bij IJmuiden en in het Rijnmondgebied komen (bij volumes van 7,2-11,8 Mton). Vanwege de afstand van de kust naar de eerste lege gasvelden nemen EBN en Gasunie (2017) aan dat dit offshore transport in vloeibare fase plaatsvindt. Het is het meest efficiënt om deze compressie centraal plaats te laten vinden, gezien de significante investeringskosten.<sup>27</sup> EBN en Gasunie (2017) geven ook aan dat bij de offshore transport geen gebruik worden gemaakt van bestaande van olie- en gaspijpleidingen omdat deze de komende jaren grotendeels nog voor de gaswinning uit de overige nog productieve velden worden gebruikt.

Voor onshore transport gaan EBN en Gasunie (2017) ook uit van een netwerk van pijpleidingen<sup>28</sup>. Andere bronnen vinden ook dat voor grootschalige CCS-ketens transport middels een netwerk van pijpleidingen in veel gevallen het meest kosteneffectief is.<sup>29</sup> In het *low-case* scenario van EBN-Gasunie (dat overeenkomt met de referentiecasse hierboven ontwikkeld voor afvang tot maximum 11,8 Mton per jaar vanaf 2030), wordt uitgegaan van een pijpleidingnetwerk in de Rijnmondregio, de IJmondregio en de Zeelandregio, welke samen een netwerk zouden moeten vormen met de bestaande OCAP-pijpleiding. Hierdoor worden de mogelijke doeleinden voor het afvangen CO<sub>2</sub> vergroot en kunnen mogelijke uitstoters binnen een grotere regio op het netwerk aansluiten. De CO<sub>2</sub> binnen dit netwerk kan in de gasfase (bij 20 bar) worden vervoerd (net zoals in het OCAP-netwerk nu gebeurt). Binnen deze regio bevinden zich ook grote emissiepuntbronnen die deel uitmaken van het afval referentiescenario. Een regio die buiten het pijpleidingtracé zou vallen is

<sup>27</sup> EBN en Gasunie, (2017), Transport en opslag van CO<sub>2</sub> in Nederland.

<sup>28</sup> In het kader van deze studie beperken wij ons tot de Nederlandse bronnen. Het is echter heel wel denkbaar dat ook de haven van Antwerpen en het Ruhrgebied in de toekomst aangesloten kunnen worden.

<sup>29</sup> Global CCS Institute (2015) Transporting CO<sub>2</sub>: <https://hub.globalccsinstitute.com/sites/default/files/publications/191083/fact-sheet-transporting-co2.pdf> en Global CCS Institute C2 Land transport of CO<sub>2</sub>: <https://hub.globalccsinstitute.com/publications/strategic-analysis-global-status-carbon-capture-storage-report-1/c2-land-transport-co2>.

Chemelot. Hier zou vervoer van CO<sub>2</sub> per schip naar het compressiestation in de Rijnmond-regio een mogelijke optie zijn.

### 2.2.3 Opslag

#### Technisch potentieel

De laatste schakel in de CCS-keten is de opslag. CO<sub>2</sub> kan worden opgeslagen in cavernes in zoutkoepels en in poreuze aardlagen, zowel op land (onshore) als op zee (offshore). Van alle opslaglocaties die in Nederland op dit moment in kaart zijn gebracht, hebben poreuze aardlagen verreweg de grootste opslagcapaciteit (totaal onshore en offshore 3.638 Mton CO<sub>2</sub>).<sup>30</sup> Binnen dit type opslagmedium zijn er drie opties te onderscheiden:

- reservoirs in gasvelden;
- reservoirs in olievelden;
- zoutwater voerende aquifers.

Vanwege de omstandigheden in Nederland ligt opslag in de reservoirs in gasvelden het meest in de rede. De technische opslagcapaciteit wordt geschat op het totale volume aan aardgas dat uit deze gasvelden is onttrokken. Gezien de grote hoeveelheid puntbronnen van CO<sub>2</sub> in de kustgebieden van Nederland en de beschikbaarheid van lege gasvelden voor de kust is het waarschijnlijk dat opslag op zee het meest voor de hand ligt.

EBN en Gasunie (2017) schatten de realistische *offshore* opslagcapaciteit in Nederland op 1.678 Mton (75% van de theoretische capaciteit), waarbij ze verwachten dat tot 2060 enkel offshore gasvelden en één enkele aquifer zullen worden gebruikt.<sup>31</sup> Dit betekent dat er in Nederland voldoende offshore opslagcapaciteit is om meer dan 30 Mton CO<sub>2</sub> per jaar op te slaan tot 2060.<sup>32</sup>

CO<sub>2</sub> kan niet direct vanuit de pijpleidingen de opslagmedia (reservoirs) bereiken; hiervoor zijn opslaginstallaties en injectieputten nodig. De CO<sub>2</sub> wordt via opslaginstallaties door injectieputten naar de opslaglocaties gepompt. In veel gevallen is het mogelijk om bestaande gasproductieplatforms en faciliteiten te hergebruiken voor CO<sub>2</sub>-opslag.

Uitgaande van de huidige situatie op de gasmarkt zal er in 2020 al 400 Mton aan realistische opslagcapaciteit beschikbaar zijn.<sup>33</sup> De opslagcapaciteit zal dus ook niet de belemmerende factor zijn binnen de CCS-keten. Sterker nog, naar verwachting zal een groot aantal reservoirs beschikbaar komen voordat er überhaupt voldoende aanbod van afgevangen CO<sub>2</sub> is. In deze jaren van *slaapstand* tussen het einde van de gaswinningperiode en het begin van het gebruik voor CCS, zullen de faciliteiten onderhouden moeten worden ('mottenballen'). Dit is een cruciale periode binnen de opslagschakel. Beschikbare gasvelden en hun bijbehorende faciliteiten (platforms en putten) kunnen niet voor een lange tijd ongebruikt blijven. Naast de kosten voor onderhoud en de bedrijfsrisico's voor het beschikbaar houden van faciliteiten zullen de offshore mijnbouwbedrijven na verloop van tijd aan hun opruimverplichting moeten voldoen. Wanneer dit gebeurt zullen de faciliteiten komen te vervallen. EBN en Gasunie (2017) nemen aan dat de reservoirs en de faciliteiten maximaal tien jaar ongebruikt kunnen blijven.<sup>34</sup>

<sup>30</sup> EBN en Gasunie, (2017), Transport en opslag van CO<sub>2</sub> in Nederland.

<sup>31</sup> In hun onderzoek houden Gasunie en EBN geen rekening met het gebruik van de reservoirs voor andere doeleinden in bepalingen voor het realistisch potentieel; alle reservoirs die voldoen aan de eisen worden meegenomen in de totale realistische opslagcapaciteit. Daarnaast nemen ze aan dat ieder reservoir tot maximaal 90% gevuld kan worden vanwege de kosteneffectiviteit en lekkagerisico's.

<sup>32</sup> EBN en Gasunie, (2017), Transport en opslag van CO<sub>2</sub> in Nederland.

<sup>33</sup> Dit is op basis van de aanname dat de reservoirs een jaar na de economische levensduur van de gasvelden beschikbaar zullen komen.

<sup>34</sup> EBN en Gasunie, (2017), Transport en opslag van CO<sub>2</sub> in Nederland.



## Kosten

De kosten voor opslag van CO<sub>2</sub> zijn onder te verdelen in twee categorieën:

1. Kosten gerelateerd aan het aanvragen van een opslagvergunning;
2. Kosten voor het aanleggen en opereren van injectie-infrastructuur (*technische kosten*);

### Kosten gerelateerd aan het aanvragen van een opslagvergunning

Vanuit de CCS-Richtlijn (overgenomen in de Mijnbouwwet), worden er strenge eisen aan een potentiële opslag vergunninghouder. Deze moet bij aanvraag van de vergunning aan kunnen tonen technisch en financieel in staat te kunnen zijn om het opslagproject succesvol te kunnen doen. Er moet om die reden een financiële bereidstelling worden gesteld voor mogelijke calamiteiten: bij lekkage moet er extra intensief gemonitord worden en emissierechten voor de uitstoot van CO<sub>2</sub> gekocht worden. Daarnaast moet de vergunningaanvrager aantonen in staat te zijn voor de reguliere monitoring van het reservoir te zorgen. De exacte hoogte van deze kosten met betrekking tot monitoring en de bereidstelling is onzeker, omdat ze afhangen van onderhandeling met de vergunningverlener. Deze onderhandelingen zijn tot nu toe slechts eenmaal uitgevoerd (voor het ROAD project<sup>35</sup>). Hieruit blijkt dat geschat werd dat:

- De kosten van reguliere monitoring ongeveer €1,3m per jaar tijdens operatie en ontmanteling bedragen (na ontmanteling €100k per jaar);
- De *mogelijke* kosten voor intensieve monitoring bij calamiteiten €10m per jaar;
- De *mogelijke* kosten voor ontmanteling van de put op elk mogelijk moment €15,5m (ontmanteling van het platform zijn niet meegenomen in de vergunningsaanvraag van ROAD);
- De *mogelijke* kosten voor het aankopen van ETS-rechten bij lekkage: €8m in het ergste geval (gebaseerd op 3 maanden lekkage uit reservoir op maximale snelheid (63 kg/s), resulterende in 0,5Mton totale lekkage voordat het gat gedicht wordt, ETS prijs van €16);
- De financiële bijdrage voor het monitoren van het reservoir voor 30 jaar door de overheid na overdracht (20 jaar na ontmanteling) á €2m totaal (voor monitoren veld voor 30 jaar).

In totaal bedroeg de financiële zekerheid die gesteld moest worden ongeveer €55m per jaar tijdens operatie en €45m per jaar voor de 20 jaar na operatie. Aannemende dat een bankgarantie ongeveer 1% van het garantiebedrag kost, resulteert dit in directe kosten van €550k per jaar voor 20 jaar (=€11m). Inclusief de financiële bijdragen voor overheidsmonitoring en de kosten voor reguliere monitoring bedroegen de directe cash-out kosten voor het ROAD project derhalve €12m (reguliere monitoring) + €11m bereidstelling + €2m overheidsmonitoring = €25m voor een vergunning van 8Mton (€0,32 per ton CO<sub>2</sub>). Van de niet-technische kosten zijn de kosten voor monitoring in het ROAD project dus het hoogst ingeschat, maar de intensiteit van de monitoring is onderwerp van onderhandeling tijdens de vergunningaanvraag, dus deze kosten kunnen afhankelijk van het project nog hoger of lager uitvallen. Uit interviews blijkt dat de monitoringseisen vanuit de CCS-Directive erg streng zijn en veelal gebaseerd op opslag in aquifers (in Noorwegen) en dus zouden deze kosten in de toekomst nog lager uit kunnen vallen als de ETS-Richtlijn versoepeld wordt op dit punt. Ook is te verwachten dat de kosten voor monitoring nog zullen dalen zodra er een grotere markt voor CCS ontstaat in Europa.

De kosten voor het mogelijk moeten kopen van emissierechten door eventuele lekkage werd in interviews met marktpartijen als grote barrière gezien voor het ontwikkelen van een opslagproject. Doordat er emissie rechten gekocht moeten worden als er lekkage optreedt wil geen enkele partij verantwoordelijkheid over de opgeslagen CO<sub>2</sub> nemen (zie meer hoofdstuk 3). Dit risico moet los worden gezien van de bereidstelling die moet worden gesteld bij aanvraag van de vergunning, omdat die bereidstelling onderhandeld kan worden. In het geval van ROAD is de bereidstelling op maximaal 0.5Mton tegen een prijs van €16 per ton CO<sub>2</sub> berekend. Uiteraard kan er bij toekomstige

<sup>35</sup> Road CCS, Case study of the ROAD storage permit, June 2013.

aanvragen uitkomen dat er met een hogere prijs gerekend moet worden, maar blijft onzeker totdat er onderhandeld wordt.

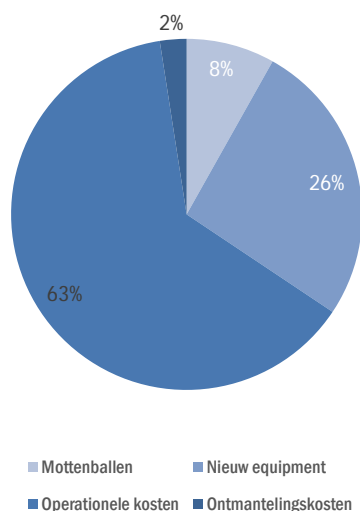
### Kosten gerelateerd aan infrastructuur (technische kosten)

De technische kosten voor het opslaan van CO<sub>2</sub> in de reservoirs van gasvelden met betrekking tot de benodigde fysieke infrastructuur zijn onder te verdelen in vier categorieën:

1. Investeringskosten in nieuwe apparatuur en installaties;
2. Operationele kosten tijdens het gebruik van de reservoirs voor CO<sub>2</sub>-opslag;
3. Operationele kosten in de periode tussen de gaswinning en de CO<sub>2</sub>-opslag; en
4. Ontmantelingskosten na afronden van de opslagoperatie. Dit omvat de kosten voor het afsluiten van het reservoir en de ontmanteling van de putten en platform. Het is een verplichting vanuit de CCS-Richtlijn om volgens bepaalde richtlijnen de opslag operaties te ontmantelen. Deze plicht bestaat ook voor de bestaande gaswinning operaties, dus in het geval bestaande putten/platformen worden gebruikt kan deze ontmanteling later (goedkoper) plaatsvinden.

EBN en Gasunie (2017) schatten dat deze technische kosten totaal ongeveer €3,4 per opgeslagen ton CO<sub>2</sub> bij 14Mton opslag per jaar tot €6,5 per ton CO<sub>2</sub> in het geval van 20Mton opslag per jaar zijn. Hierbij is niet gekeken naar opstartkosten, overhead, risico-opslag en winstmarges waardoor de kosten in werkelijkheid, zeker in het begin, wel hoger zullen liggen. Bij 20Mton per jaar zijn de kosten hoger omdat er in dat geval meer nieuwe putten en platformen nodig zijn, aangezien er bij die volumes te weinig beschikbare (economisch lege) velden vrijkomen. De kosten gerelateerd aan de vergunning in relatie tot de technische kosten voor injectie en opslag bedragen bij 14Mton dus ongeveer 10%. Hoewel over het algemeen de hoogste kosten in de eerste twee groepen liggen, kunnen ook de operationele kosten in de tussenperiode aanzienlijk zijn (zie Figuur 2.6). Aangezien de kostenschatting in de figuur uitgaat van het scenario van 14Mt p/j vanaf 2030 waarin acht bestaande putten/platformen worden gebruikt, en de ontmantelingskosten voor die bestaande platformen niet meegenomen zijn, zijn de kosten voor ontmanteling hier klein (2% van totaal voor het ontmantelen van 1/9 putten). Het gebruik van bestaande of nieuw te bouwen platforms en putten zal grote invloed hebben op de investeringskosten. Immers, wanneer veel van de huidige installaties kunnen worden gebruikt, zullen de kosten lager zijn dan wanneer er veel moet worden geïnvesteerd in nieuwe platforms en putten. Per reservoir zal moeten worden bepaald of de aanwezige apparatuur en installaties langdurig bruikbaar zijn, of dat er in nieuwe apparatuur moet worden geïnvesteerd.

Figuur 2.6 Verdeling van technische kosten voor het opslaan van CO<sub>2</sub> (bij 14Mt/jaar vanaf 2030)



Bron: EBN en Gasunie (2017), Transport en opslag van CO<sub>2</sub> in Nederland

### Mogelijke opslag vanaf 2030

Op basis van de geschatte mogelijke volumes aan afvang (7,2 - 11,8 Mton), de compressielocaties in de Rijnmond- en IJmondregio en de voorziene planning van het vrijkomen van gasvelden (wanneer ze leeg zijn), heeft EBN en Gasunie (2017) een inschatting gemaakt van de offshore locaties die goed gebruikt kunnen worden om de afgevangen CO<sub>2</sub> in op te slaan vanaf 2030 voor tenminste tot en met 2060.<sup>36</sup> De voorziene locaties bestaan grotendeels (acht stuks) uit reservoirs met bestaande platformen en putten die kunnen worden hergebruikt. Bij maximale realisatie van CO<sub>2</sub>-volumes (tussen 11,8 en 14 Mton per jaar) zal er nog één extra nieuwbouwlocatie nodig zijn. De locaties van de opslaglocaties en het offshore transportnetwerk is weergegeven in figuur 2.7.

**Figuur 2.7** Het transportnetwerk en de opslaglocaties in het referentiescenario



Bron: EBN en Gasunie (2017), Transport en opslag van CO<sub>2</sub> in Nederland  
Hergebruikte locaties en langeafstandsleidingen zijn in het rood aangegeven, en de nieuwbouwlocatie en kortefafstandsleidingen in het blauw.

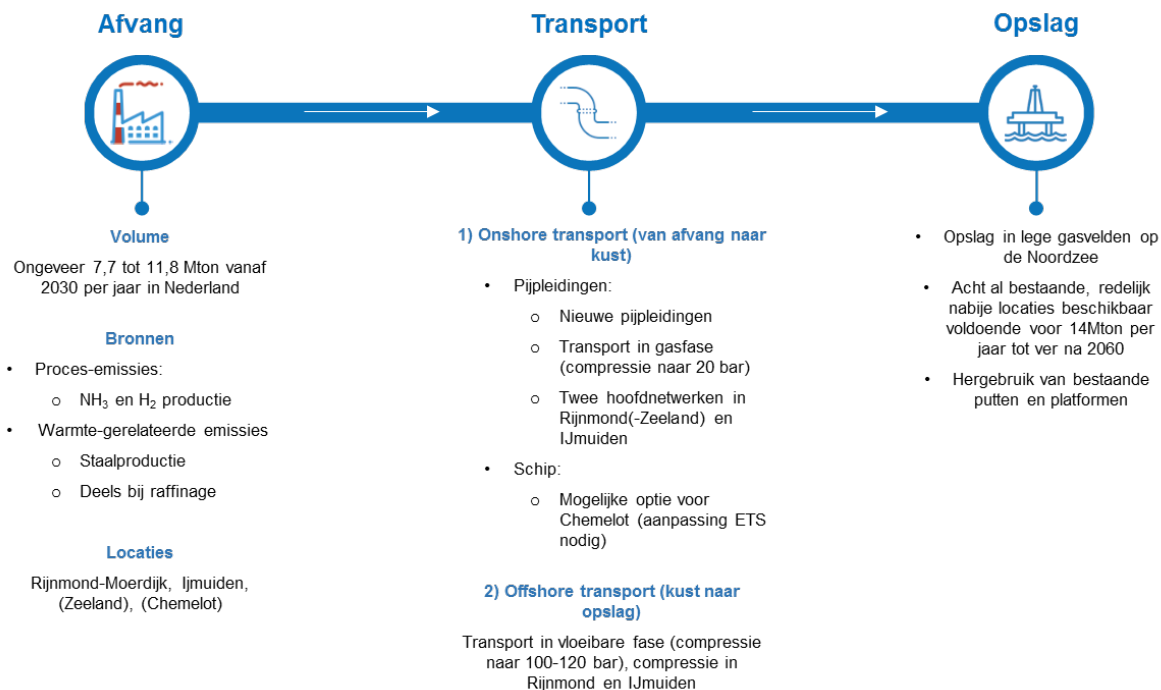
## 2.3 Referentiescenario uitrol CCS vanaf 2030

De industrie in Nederland stootte in 2016 ongeveer 43Mton CO<sub>2</sub> uit (emissies bij elektriciteitscentrales gecreëerd door hun energiebehoefte niet meegenomen). PBL (2018) schat dat hiervan maximaal circa 24-26 Mton per jaar mogelijk technisch af te vangen is vanaf 2030, dat zou leiden tot ongeveer 20Mton emissiereductie (aangezien er voor CCS energie nodig is, dat vooralsnog ook CO<sub>2</sub>-uitstoot oplevert). Voor het bereiken van het volledige technisch potentieel is echter veel coördinatie en tijdige investeringen nodig op veel plekken in Nederland. Daarnaast verschillen de kosten voor het afvangen van de CO<sub>2</sub> bij industriële bronnen sterk. Voor bedrijven met hoge kosten voor afvang wordt het mogelijk al spoedig rendabel andere opties door te voeren. PBL verwacht derhalve dat vanaf 2030 door CCS voor ongeveer 7,2 tot 11,8 Mton per jaar CO<sub>2</sub>-emissies vermeden worden (~8-14 Mton afvang per jaar). Met een dergelijke mogelijke omvang van de 'CCS-markt' in Nederland, heeft EBN en Gasunie (2017) bepaald dat een netwerk van onshore pijpleidingen in de Rijnmond-Zeeland-IJmuidenregio en twee hoofd offshore leidingen het meest kostenefficiënt zouden zijn. Het opslaan van CO<sub>2</sub> vindt in dit scenario plaats op de Noordzee, in lege gasvelden met hergebruik van bestaande putten en platformen. Het is goed mogelijk dat de eerste megatonnen aan CO<sub>2</sub> opslag al voor 2030 gerealiseerd worden (feitelijk wanneer de infrastructuur voor transport en opslag gerealiseerd is) aangezien bij enkele emitters al afvanginstallaties geïnstalleerd zijn en dat de overige capaciteit langzaam toegevoegd wordt afhankelijk van wanneer grote onderhoudsronden bij de industrie gepland zijn.

<sup>36</sup> En waarschijnlijk zelfs nog langer aangezien het referentiescenario uitgaat van minder CO<sub>2</sub> volumens dan het low-case scenario van EBN en Gasunie, waar de 2060 indicatie op gebaseerd is.

De totale technische kosten voor transporteren en opslaan van CO<sub>2</sub> liggen in het referentiescenario rond de €9 per opgeslagen/vervoerde ton CO<sub>2</sub>. De totale kosten van de *gehele* CCS-keten worden voornamelijk bepaald door de kosten van het afvangen van de CO<sub>2</sub>, aangezien deze kunnen variëren van €15 tot ongeveer €80 per ton vermeden CO<sub>2</sub> in een CCS van 7,2 tot 11,8 Mton per jaar vanaf 2030. In totaal zouden de kosten van een 7,2-11,8 Mton CCS markt in Nederland vanaf 2030 tussen de €24-€90 per ton CO<sub>2</sub> liggen. Figuur 2.8 vat dit meest waarschijnlijke CCS-scenario voor Nederland samen.

**Figuur 2.8 Referentiescenario uitrol CCS 2030**



## 3 Kenmerken en marktfalen CCS-keten

In dit hoofdstuk presenteren we per CCS-ketenonderdeel de meest relevante kenmerken die een toekomstige CCS-markt in Nederland beïnvloeden. Aangezien het doel van de opdracht is de opties te verkennen voor het vormen van een CCS-markt in Nederland met zoveel als mogelijk initiatief van bedrijven, gaan we voornamelijk in op de kenmerken die de business case van CCS sterk positief of negatief beïnvloeden. Daarnaast wordt op basis van deze kenmerken het belangrijkste marktfalen geïdentificeerd. De mogelijke opties voor de marktordening moeten namelijk zowel een business case voor CCS creëren, alsmede het belangrijkste marktfalen wegnemen.

### 3.1 Introductie marktfalen: rationale voor interventie

Het doel van dit onderzoek is te bepalen welke opties er zijn voor het ordenen en structureren van een toekomstige CCS-markt in Nederland. Er bestaat op dit moment, om verschillende redenen, echter nog geen CCS 'markt': Er is geen enkel commercieel project actief in Nederland dat CO<sub>2</sub> afvangt en opslaat, wat erop kan wijzen dat de CCS-markt 'faalt'. Wel bestaat er een beperkte markt voor *het gebruik van* hoogwaardig CO<sub>2</sub> als product dat wordt afgevangen in de industrie en wordt gebruikt bijvoorbeeld in de glastuinbouw en frisdrankindustrie.

Vanuit de economische theorie bestaan er verschillende hoofdvormen van redenen waarom markten kunnen falen. Normaal gesproken betekent dit dat een markt niet optimaal functioneert, niet leidt tot voldoende concurrentie en dus niet leidt tot een optimale prijs in de markt. Enkele hoofdvormen van marktfalen die voor deze inefficiënte uitkomst kunnen zorgen zijn:

1. De aanwezigheid van publieke goederen (dat zou kunnen leiden tot free-rider gedrag);
2. Het bestaan van asymmetrische informatie tussen vragers en aanbieders dat leidt tot onvolledige informatie in de markt;
3. Het bestaan van externe niet-beprijste effecten (externaliteiten);
4. De afwezigheid van voldoende concurrentie door misbruik van marktmacht (monopolie);
5. Andere vormen zoals coördinatieproblemen en de noodzaak voor 'paternalisme' (bescherming – denk aan veiligheidsrisico's). Coördinatieproblemen kunnen beletten dat een project wordt ontwikkeld of doeltreffend wordt vormgegeven als gevolg van uiteenlopende belangen van en prikkels voor investeerders (belangenversnippering), de uitbestedingskosten, de onzekerheid over het resultaat van samenwerking en netwerkeffecten, bijvoorbeeld ononderbroken levering van het te verhandelen product. Coördinatieproblemen kunnen verder worden versterkt door informatieproblemen, met name in verband met asymmetrische informatie. Ook kunnen coördinatieproblemen voortvloeien uit het feit dat een bepaalde kritische massa moet worden bereikt voordat het zakelijk aantrekkelijk is om een project op te starten, hetgeen een bijzonder relevant aspect kan zijn bij (grensoverschrijdende) infrastructuurprojecten, zoals CCS.<sup>37</sup> Coördinatieproblemen kunnen ook samenhangen met het *hold-up probleem* waarbij onderlinge afhankelijkheid ervoor zorgt dat investeringen niet tot stand komen omdat vooraf niet in voldoende mate contractueel kan worden vastgelegd hoe kosten en baten in de keten worden verdeeld. We zullen hier in de volgende secties verder op in gaan.

<sup>37</sup> Deze definitie van het coördinatieprobleem is afkomstig uit de 'Richtsnoeren staatssteun ten behoeve van milieubescherming en energie 2014-2020' van de Europese Commissie ((2014/C 200/01).

Ook is het belangrijk op te merken dat enkel het bestaan van marktfalen niet direct interventie van de overheid rechtvaardigt. Het moet in essentie gaan om complexe problemen die niet 'eenvoudig' op te lossen zijn, bijvoorbeeld via privaatrechtelijke afspraken tussen consumenten en/of marktpartijen. Daarnaast moet een eventuele interventie ook in balans zijn met het te dienen doel en/of publieke belang (subsidiariteit).<sup>38</sup>

In het geval van de (toekomstige) CCS-markt geldt dat het begrip marktfalen breed wordt geïnterpreteerd: als zijnde alle factoren die ervoor zorgen dat er op dit moment geen functionerende CCS-markt is. De volgende secties in dit hoofdstuk gaan verder in op de kenmerken van de huidige CCS-markt en identificeert deze factoren. Daarnaast wordt er in detail per ketenonderdeel bekeken welke vormen van marktfalen relevant zijn in de drie 'submarkten'. *Er wordt in dit hoofdstuk enkel gekeken naar typen marktfalen die er op dit moment voor zorgen dat er geen functionerende CCS-markt in Nederland is. Na een mogelijke interventie op basis van de gepresenteerde mogelijkheden in hoofdstuk 4 kunnen er andere en/of nieuwe vormen van marktfalen ontstaan. Dit effect van de marktordeningsopties op het mogelijk ontstaan van marktfalen wordt in dat hoofdstuk apart meegenomen.*

In het algemeen geldt voor CCS wat betreft de hoofdvormen van marktfalen:

**1. Aanwezigheid publieke goederen: Niet relevant.**

Publieke goederen kenmerken zich door het feit dat het gaat om (i) goederen waarbij anderen niet uitgesloten kunnen worden van het gebruik, alsmede dat (ii) de consumptie van het goed door de ene persoon niet ten koste gaat van de consumptie van een ander. Omdat niemand van gebruik kan worden uitgesloten, is het mogelijk om van het product te 'genieten' zonder er voor te betalen of aan de productie bij te dragen (free-rider gedrag).

*In het geval van CCS geldt het product CO<sub>2</sub> per definitie iets is dat partijen niet willen hebben in plaats van gratis toegang tot willen verkrijgen. Er kunnen dus ook geen free-rider effecten optreden. Daarnaast geldt dat toegang tot afgevangen CO<sub>2</sub> goed afgesloten kan worden in een toekomstig transportnetwerk.*

**2. Bestaan van asymmetrische informatie: In huidige markt niet relevant, na toekomstige interventie mogelijk wel relevant.**

In een ideale markt heerst volledige transparantie en kan een afnemer zich volledig en juist informeren voordat hij een besluit neemt over afname. In de praktijk is een markt vaak verre van transparant, is informatie lastig te vinden en hebben afnemers moeite om een goed besluit te nemen. Hierdoor kunnen verschillende problemen ontstaan, waardoor een markt niet juist kan functioneren. *In het geval van CCS geldt weer dat vanwege het 'afval' karakter van het product dat los van eisen en standaarden omtrent de veiligheid van CO<sub>2</sub> een afnemer weinig eisen zal stellen en weinig bescherming behoeft om juiste beslissingen te nemen. Bij een mogelijke interventie, om een business case voor CCS te ondersteunen, kan informatieasymmetrie tussen de overheid en industriële partijen die zouden gaan afvangen, transporteren of opslaan over de kosten wel een rol gaan spelen. Ook zou in de toekomst als afgevangen CO<sub>2</sub> meer worden gebruikt als grondstof (CCU), informatieasymmetrie wat betreft de kwaliteit van CO<sub>2</sub> een grotere rol kunnen spelen.*

**3. Niet-beprijste effecten (externaliteiten): Zeer relevant.**

Externaliteiten zijn positieve of negatieve effecten voor anderen dan de partijen die betrokken zijn bij productie en consumptie van een bepaald goed die niet (of niet voldoende) als dusdanig worden gewaardeerd in de prijs van dat goed. Omdat deze effecten belangrijk zijn voor de maatschappij (en een waarde hebben), faalt de markt in dit geval, omdat deze effecten worden genegeerd. *In het geval van CCS geldt dat CO<sub>2</sub> negatieve gevolgen heeft voor de samenleving, dankzij de bijdrage aan klimaatverandering.*

---

<sup>38</sup> C. Teulings c.s., De calculus van het publieke belang, juni 2003, p. 24, 27-30.

Deze gevolgen kosten de samenleving meer dan de huidige prijs van CO<sub>2</sub> in Europa (vanuit het ETS). Dit effect wordt nader besproken in de volgende secties.

#### 4. Risico op misbruik van marktmacht: In huidige markt niet relevant, na toekomstige interventie mogelijk wel relevant.

Onvoldoende concurrentie in een bepaalde markt kan leiden tot suboptimale prijzen, hoge winstmarges en onvoldoende prikkels voor producenten om te innoveren, waardoor er welvaartsverliezen ontstaan voor de maatschappij. *In het geval van CCS geldt deze marktfaal op dit moment niet, omdat er nog geen functionerende markt is. In de toekomst bestaat dit gevaar wel, afhankelijk van de uitkomst van het marktorderingsvraagstuk.*

In de volgende secties wordt per ketenonderdeel besproken welke economische kenmerken die de huidige CCS-keten vormgeven, bijdragen aan het ontbreken van een CCS-markt in Nederland en welke type marktfaalen oorzaak zijn hiervan.

## 3.2 Afvang

### 3.2.1 Kenmerken

De afvang van CO<sub>2</sub> vindt bij stationaire puntbronnen plaats, welke idealiter (voor de business case van CCS) in de EU ETS zitten. In Nederland maken ongeveer 450 bedrijven deel uit van de EU ETS<sup>39</sup>. De volume van CO<sub>2</sub> emissies is echter sterk geconcentreerd bij een aantal bedrijven: De top-40 grootste uitstoters binnen het ETS in Nederland zijn samen goed voor ongeveer 85% van de totale uitstoot van Nederlandse bedrijven binnen het ETS<sup>40</sup>. In de top-20 staan veel energiecentrales die geen onderdeel vormen van de scope van dit onderzoek. De tien grootste tien industriële uitstoters nemen 30 Mt/j voor hun rekening (EBN en Gasunie, 2017). Deze zitten verspreid over het land en omvatten verschillende industriële activiteiten. Tabel 3.1 geeft de karakteristieken van de top-10 uitstoters weer.

**Kenmerk 1:** Geconcentreerde toekomstige afvangmarkt: Beperkt aantal locaties met veel CO<sub>2</sub> uitstoot

Tabel 3.1 Top-10 bronnen van CO<sub>2</sub> emissies in de industrie (2016) en indicatie kosten afvang

#	Bedrijf	Industrie	Locatie	CO <sub>2</sub> uitstoot (Mt/j)	Afvangkosten* (€/t)
1	Tata Steel	Staal	IJmuiden	6,21 (zie box 3-1)	[30-92]
2	Chemelot (oa OCI Nitrogen)	Meerdere (o.a. NH <sub>3</sub> )	Geleen	4,79	[18-128]
3	Shell raffinaderij	Raffinage	Rijnmond	4,25	[23-128]
4	Yara Sluiskil	NH <sub>3</sub>	Zeeland	3,73	[18-43]
5	Dow Benelux	Raffinage	Zeeland	2,74	[23-128]
6	Shell Moerdijk	Chemie	Rijnmond	2,55	[15-126]
7	BP Raffinaderij	Raffinage	Rijnmond	2,29	[42-128]
8	Esso Raffinaderij	Raffinage	Rijnmond	2,10	[42-128]
9	Zeeland Refinery	Raffinage	Zeeland	1,55	[42-128]
10	Gunvor Petroleum Rotterdam	Raffinage	Rijnmond	0,42	[42-128]
	<b>Totaal</b>			<b>30,63</b>	

Bron: EBN en Gasunie (2017) en ZEP(2011)

\* = Afvangkosten omvatten enkel de technische kosten voor het installeren en opereren van afvanginstallaties en zijn grove schattingen op basis van de industriële activiteit (overgenomen uit ZEP (2011)).

<sup>39</sup> <https://www.emissieautoriteit.nl/onderwerpen/deelnemers-ets>.

<sup>40</sup> EBN en Gasunie, (2017), Transport en opslag van CO<sub>2</sub> in Nederland.

### Tekstbox 3.1: CO<sub>2</sub> uitstoot bij Tata Steel & Hlsarna<sup>41</sup>

Tata Steel in IJmuiden heeft in Nederland de enige staalfabriek. Het produceren van staal creëert veel emissies, omdat kolen en ijzererts op hoge temperatuur (in hoogovens) verwerkt moeten worden tot staal. Tata Steel in Nederland produceert op hun fabrieksterrein daarmee 6,21 Mt CO<sub>2</sub> in 2016, zoals weergegeven in Tabel 3.1. Daarnaast, echter, creëert het productieproces het restproduct CO (koolstofmonoxide), dat op dit moment vervoerd wordt naar de nabijgelegen Nuon energiecentrale, waar het gebruikt wordt voor energieopwekking. Het verbranden van deze stroom CO levert bij de Nuon centrale een extra 6Mt CO<sub>2</sub> uitstoot op, die dus indirect aan het staalproductieproces toegewezen moet worden. Tata is echter op dit moment ook in de laatste testfase van Hlsarna: een nieuwe manier van staal produceren waarbij kolen en erts niet 'voorgewerkt' hoeven te worden en daarmee 20% CO<sub>2</sub> emissies bespaard kunnen worden. Dit Hlsarna proces resulteert echter niet meer in de stroom koolstofmonoxide, dus, theoretisch, zonder CCS zou met het Hlsarna proces de totale emissies van Tata Steel zelf op 6,21Mt + 6Mt = 12,21Mt – 20% = 9,8Mt worden. Echter wordt het Hlsarna proces niet uitgevoerd zonder CCS, want het Hlsarna proces leidt tot een zuivere CO<sub>2</sub> stroom die goed afgevangen zou kunnen worden, waardoor totale CO<sub>2</sub> emissies met 80% gereduceerd zouden kunnen worden. Deze emissiereductie zou niet één keer gerealiseerd worden, want mocht de testfase succesvol zijn, wordt Hlsarna gefaseerd geïmplementeerd.

De tabel geeft aan dat al met een gering aantal partijen een marktgrootte van 8-14Mt CO<sub>2</sub> afvang per jaar kan worden bereikt, maar dat de kosten voor het afvangen sterk verschillen tussen deze spelers. De grootste puntbronnen zullen dus niet automatisch als eerste gaan

afvangen. Vanuit het perspectief van de kosten van het afvangen van de CO<sub>2</sub>, kan de business case voor CCS om deze reden het snelst positief worden in verschillende regio's van het land en niet zozeer binnen een bepaalde regio. Hiertegenover staat dat de kosten van transport het laagst kunnen worden als zoveel mogelijk bronnen op een zo klein mogelijk netwerk worden aangesloten (zie marktfalen sectie 3.2). Ook vergt de bouw van een afvanginstallatie bij productiefaciliteiten die dat nog niet hebben een lange termijn planning van ongeveer 6 tot 8 jaar. Daar waar afvanginstallaties binnen grote industriële complexen (zoals bij raffinaderijen) moet worden geïnstalleerd, moet dit idealiter ook gelijktijdig plaatsvinden met de planning van groot onderhoud, zodat de productie niet onnodig lang stil ligt (hoge *opportunity* kosten). Dit maakt de planning van uitrol van CO<sub>2</sub> afvang binnen een bepaald industrieel cluster (e.g. Rijnmond, Chemelot, Zeeland) complexer.

**Kenmerk 2:** Kosten voor afvangen van CO<sub>2</sub> verschillen sterk tussen de grootste uitstoters en dus verschilt de business case voor CCS tussen deze partijen sterk.

Daarnaast is een belangrijke eigenschap van een mogelijke CCS-markt dat de enige financiële prikkel voor het opzetten van een business case gevormd wordt door de EU ETS prijs voor het kopen van CO<sub>2</sub>-emissierechten.

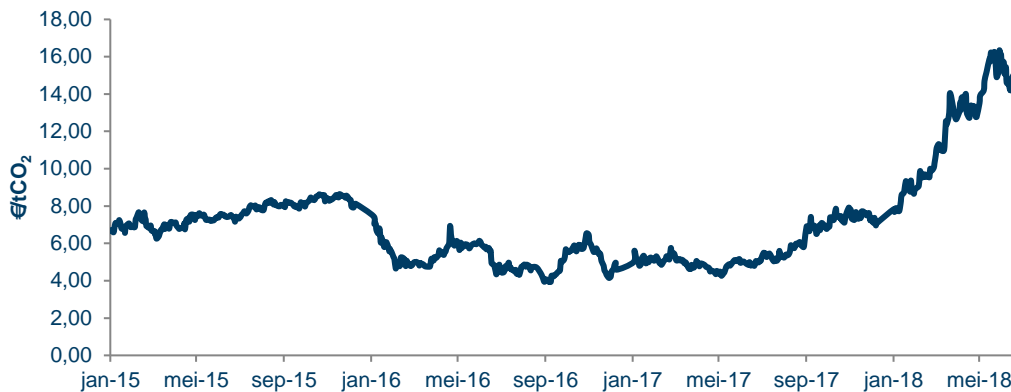
Er is geen vraag naar de opslag van CO<sub>2</sub>, want opgeslagen CO<sub>2</sub> levert geen geld op (in tegendeel). Het aanbod van CO<sub>2</sub> door middel van afvang wordt financieel enkel gedreven door de mogelijkheid geen emissierechten te hoeven kopen. De prijs van emissierechten geldt dus als enige prikkel voor het opzetten van de CCS-keten (zie meer in box 3.2). Op dit moment is deze prijs ongeveer €15 per ton (zie figuur 3.1). Ondanks een sterke stijging in de afgelopen maanden, is deze prijs nog altijd onvoldoende om de totale kosten van een CCS-netwerk in Nederland te compenseren (vanaf minimaal €24 per ton, zie vorige sectie). Door deze 'te lage' ETS prijs is er een gat in de business case van CCS. Het ligt niet in de lijn der verwachting dat Nederland de ETS in Europa zodanig (snel) krijgt aangepast dat er een generieke CO<sub>2</sub> prijs zal ontstaan die wél hoog genoeg is om CCS te realiseren voor 2030.

**Kenmerk 3:** EU ETS prijs vormt de enige financiële prikkel voor opzetten CSC business case en is nu te laag t.o.v. geschatte kosten CCS keten.

<sup>41</sup> Gebaseerd op interview met Tata Steel en <https://www.tatasteel.nl/nl/innovatie/Hlsarna/Duurzaam-in-alle-opzichten>.



Figuur 3.1 Prijs EU ETS emissierechten (€/t)



Bron: European Energy Exchange (EEX)

Het feit dat CO<sub>2</sub>-beprijzing de enige financiële prikkel voor de CCS business case vormt, resulteert ook snel in zorgen over de impact van het opzetten van een CCS business case voor het internationale level playing field van de uitstotende bedrijven. Elke private investering boven de EU ETS-prijs levert een concurrentienadeel op voor het investerende bedrijf ten opzichte van haar concurrenten in de EU. Dit nadeel is zelfs groter ten opzichte van bedrijven buiten de EU ETS. Dit levert een onrendabele top op voor deze investeringen.

#### Tekstbox 3.2: Relatie CCS en ETS<sup>42</sup>

De ETS Richtlijn (2003/87/EC) reguleert de uitstoot van CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O en PFCs door middel van een *cap and trade* systeem, waarmee een plafond wordt gesteld aan de hoeveelheid uitstoot van deze broeikasgassen en waarbinnen dit plafond gehandeld kan worden om rechten tot het uitstoten van deze gassen kan worden verkregen. Een groot deel van de EU's energiecentrales en industrie valt onder de ETS (zo'n 11,000 bedrijven in totaal). Om klimaatverandering tegen te gaan, wordt het plafond van beschikbare emissierechten geleidelijk afgebouwd, zodat door de schaarste van emissierechten het steeds duurder wordt om CO<sub>2</sub> uit te stoten en bedrijven geprikkeld worden naar alternatieven te zoeken. Immers als ze minder (of geen) CO<sub>2</sub> uitstoten hoeven ze ook geen rechten aan te schaffen. Voor een bedrijf dat binnen het ETS valt en nu emissierechten moet kopen kan dus kosten besparen (de dan geldende prijs van emissierechten) op het kopen van emissierechten als hij CO<sub>2</sub> gaat afvangen en opslaan. Het kan ook zijn dat bedrijven binnen een sector vallen, waarvoor bepaald is dat deze het risico lopen tot *carbon leakage*: bedrijven die door internationale concurrentie uit landen met minder stringente emissieregeling niet de kosten van de ETS door kunnen rekenen aan hun klanten. In dit geval krijgt elk bedrijf gratis rechten voor hun eigen emissies ter hoogte van de emissie-intensiteit van de top-10% meest efficiënte installaties in hun sector. Ook als een bedrijf emissierechten gratis verkrijgt, geldt dat de rechten eenzelfde prikkel vormen voor het ontwikkelen van een CCS business case: de gratis verkregen rechten kunnen immers verkocht worden voor de dan geldende prijs op de markt waarvoor, in het geval geen gratis rechten verkregen zijn, ook rechten gekocht zouden moeten worden.

#### 3.2.2 Marktfalen

Uit bovengenoemde kenmerken voor het afvangsegment volgen de volgende vormen van marktfalen die een ontwikkeling van de CCS-keten in Nederland in de weg staan:

- CO<sub>2</sub> is een deels onbeprijde externaliteit: De maatschappelijke kosten van de uitstoot van CO<sub>2</sub> zijn groter dan wat er nu voor betaald wordt: de ETS-prijs in de EU en vaak zelfs in niet-EU landen. Doordat het uitstoten van CO<sub>2</sub> een dergelijke lage prijs heeft, worden de maatschappelijke kosten en baten niet correct meegenomen in het berekenen van de commerciële business case van CCS.

<sup>42</sup> Factsheet EU Emission Trading System EU ETS, beschikbaar op: [https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/factsheet\\_ets\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/factsheet_ets_en.pdf).

- Er is een **coördinatieprobleem** dat ontstaat door de schaalvoordelen in het transport- en opslagsegment, dat grote afhankelijkheid van partijen binnen de CCS-keten creëert. Voor partijen die afvangen ontstaat er pas een business case voor CCS als het transport en de opslag van CO<sub>2</sub> tegen een redelijke prijs geregeld en gegarandeerd is. De kosten voor het zelf verzorgen van transport en opslag zijn namelijk te hoog om individueel een CCS-keten op te zetten (er zitten schaalvoordelen in het opzetten van een groot transport- en opslagnetwerk dat met meerdere partijen gedeeld wordt, zie volgende sectie). Maar voor transport- en opslagoperators is het lastig om zonder garanties en afspraken met uitstoters voor te investeren in de benodigde infrastructuur. Indien dergelijke garanties ontbreken, zal hij mogelijk kunnen voorinvesteren in het netwerk, maar deze onzekerheid wel doorrekenen in de prijs van transport (die dan dus hoger zal zijn). Voor de meest kosteneffectieve ketenoplossing wil een afvanger dus een garantie van een transport- en opslagoperator, terwijl die laatsten weer garanties verwachten van de afvanger (kip-ei probleem). In het geval geen van beiden initiatief nemen, zal een optimaal netwerk vanuit kostenperspectief moeilijk tot stand te brengen zijn.

### 3.3 Transport

#### 3.3.1 Kenmerken

Het transport van CO<sub>2</sub> wordt gedreven door de vraag van uitstoters om hun CO<sub>2</sub> naar de kust te vervoeren, te comprimeren en naar opslaglocaties op zee te vervoeren. Voor het offshore gedeelte zijn er theoretisch twee opties mogelijk (pijpleiding of per schip). Het onshore transport van CO<sub>2</sub> kan theoretisch ook per trein of per vrachtwagen. De meest voor de hand liggende partijen

die in theorie zouden kunnen fungeren als transport-operator in een toekomstige markt zijn Gasunie, de drie grote regionale netbeheerders van gasnetten (Enexis Groep, Alliander en Stedin Groep), OCAP (Linde) en buitenlandse partijen die ervaring hebben met het vervoeren van CO<sub>2</sub>. Ook kan gedacht worden aan bedrijven die betrokken zijn bij de offshore gasleidingen.<sup>43</sup> Er is echter op dit moment nauwelijks grootschalige transportinfrastructuur voor CO<sub>2</sub> aanwezig in Nederland en dus is er weinig ervaring met het daadwerkelijk inzetten van de diensten van deze aanbieders en de daarbij geldende condities.

Het pijpleidingnetwerk van OCAP in West Nederland is het belangrijkste reeds bestaande en operationele netwerk voor transport van CO<sub>2</sub> op land. Daarnaast transporteren enkele waterstofproducenten vloeibaar, hoogwaardig CO<sub>2</sub> middels vrachtwagens naar bijvoorbeeld frisdrankfabrikanten. Het OCAP-pijpleidingnetwerk biedt de mogelijkheid om de reeds bestaande CO<sub>2</sub>-transportinfrastructuur ook voor CCS in te zetten. Offshore is geen CO<sub>2</sub>-transportinfrastructuur aanwezig. In theorie zouden bestaande olie- en gaspijpleidingen hergebruikt kunnen worden, maar gezien de nog lange uitfasering van gasproductie op de Noordzee komt deze infrastructuur niet tijdig vrij.

**Kenmerk 4:** Er is slechts één significant bestaand transportnetwerk voor het vervoer van CO<sub>2</sub> (OCAP) onshore. Offshore is nog geen infrastructuur aanwezig (huidige gaspijpleidingen nog tijd in gebruik). Er zal een nieuw netwerk aangelegd moeten worden.

<sup>43</sup> Zover ons bekend heeft op dit moment alleen Gasunie interesse getoond in het aanleggen en beheren van een CO<sub>2</sub>-transportnetwerk ten behoeve van CCS.

In het vorige hoofdstuk is gepresenteerd dat voor grotere volumes CO<sub>2</sub>-transport, de kosten per ton CO<sub>2</sub> het laagst zijn bij gebruik van (nieuwe) pijpleidingen (zowel onshore als offshore). Het merendeel van de totale kosten voor een pijpleidingnetwerk bestaat uit de compressiestations aan de kust waar de CO<sub>2</sub> verder op druk wordt gebracht. Het aanvankelijk installeren van deze stations en het aanleggen van de pijpleidingen zorgen voor hoge initiële kapitaalkosten. Het vergroten van de capaciteit van het netwerk (middels grotere diameter pijpleidingen en grotere capaciteit van compressiestations, zogenaamde *overdimensionering*) zorgt enkel voor marginaal meer kosten (EBN en Gasunie, 2017). Derhalve wordt het transportnetwerk gekenmerkt door hoge *economies of scale*. De totale kosten van transport van CO<sub>2</sub> zouden dus het laagst worden bij zo groot mogelijke volumes. Dus zou het voor de gehele CCS business case goed zijn als alle afgevangen CO<sub>2</sub> per pijpleiding vervoerd zou kunnen worden naar een beperkt aantal compressiestations.

**Kenmerk 5:** Er bestaan grote schaalvoordelen voor het transportnetwerk: Er zijn hoge initiële investeringskosten onafhankelijk van de grootte van pijpleidingen; Grotere leidingen kosten marginaal meer en dus kan een kostenefficiënt netwerk het beste worden bereikt met meerdere gebruikers (overdimensionering).

De transportnetwerkoperator heeft echter geen baat bij het vergroten van het netwerk (*overdimensionering*) als dat maar marginaal extra volume CO<sub>2</sub> oplevert. Zijn business case wordt namelijk het meest optimaal als de infrastructuur zo volledig mogelijk benut wordt, en de kans hierop is kleiner bij een groter wordend netwerk (het risico op het niet 'vollopen' van de capaciteit wordt groter). De ideale uitkomst (vanuit kostenperspectief) van het aansluiten van de goedkoopste afvanglocaties op de goedkoopste transportoptie is dus niet waarschijnlijk omdat de goedkoopste afvanglocaties verspreid over het land liggen. Over het algemeen geldt echter dat gezien de geringe afstanden in Nederland en de hoge concentratie van grote uitstoters in bepaalde regio's (met name Rijnmond en IJmond) er wel goede mogelijkheden bestaan om op regionaal niveau voor een voldoende groot volume CO<sub>2</sub> te zorgen binnen relatief kleine afstanden, zoals ook naar voren komt in de scenario's van EBN en Gasunie (2017). Als het coördinatieprobleem tussen afvangers en het transportnetwerk verholpen kan worden, lijkt het vollooprisicoprobleem in Nederland dus ook relatief klein. Wel bestaat het gevaar dat de markt niet voor het meest toekomstbestendige transportsysteem zal kiezen. De prikkel om een zo hoog mogelijke benutting van de capaciteit van pijpleidingen na te streven, zorgt voor het investeren in capaciteit die in de toekomst te laag zou kunnen zijn, aangezien de huidige uitstoters niet voor extra capaciteit voor mogelijke toekomstige gebruikers willen betalen (die dan ook een lagere prijs betalen omdat het netwerk dan groter is).

De transportoperator heeft dus enige indicatie over de verwachte doorstroom van CO<sub>2</sub> volumes nodig voor het berekenen van een geschikte capaciteit van het netwerk (het vollooprisico zo klein mogelijk te maken). Hoe minder zekerheid hij hierover heeft, hoe groter het vollooprisico en hoe hogere prijs hij zal vragen voor het transport. Dit geldt vooral voor de aanleg van een pijpleidingennetwerk waar de voorfinanciering hoog is (hoger dan bij b.v. transport per schip). Indien hij geen of weinig zekerheden heeft, zal hij de onzekerheid doorrekenen in de prijs van transport en zal dit de business case voor CCS verslechteren. Voor een kostenefficiënte transportoplossing is het doorrekenen van de totale kosten voor het realiseren van de CCS-keten per afvanglocatie dus van belang. Voor sommige locaties zou dit namelijk betekenen dat aansluiten op een regionaal pijpleidingnetwerk kosteneffectief is, terwijl voor andere locaties (bv. Limburg) vervoer per schip mogelijk kosteneffectiever is.

Als laatste is belangrijk te noemen dat volgens de CCS Richtlijn artikel 21 lidstaten er voor moeten zorgen dat transport netwerken voor het vervoer van CO<sub>2</sub> toegankelijk moeten zijn voor alle potentiële gebruikers van dit netwerk en dat dus de doelstellingen van redelijk en niet discriminerend toegang moeten worden toegepast. Volgens de Richtlijn mogen transport operators echter wel toegang weigeren als dat niet past bij de capaciteit van het netwerk, maar deze

operators worden dan wel verwacht om investeringen toe doen in het uitbreiden van het netwerk als het bewezen kan worden dat deze uitbreiding terugverdiend kan worden. Hoofdstuk 4 zal verder ingaan op de opties voor marktordening en hoe deze de open toegang van het netwerk intrinsiek zullen meenemen, maar op basis van dit artikel kan verwacht worden dat in alle gevallen een open transportnetwerk gerealiseerd zal worden.

### 3.3.2 Marktfalen

Uit de hierboven beschreven kenmerken volgt dat voornamelijk twee type coördinatieproblemen de uitrol van de CCS-transportketen bemoeilijken:

- Het coördinatieprobleem dat ontstaat door de ketenafhankelijkheden van het transportsegment met het afvang- en opslagsegment en de grote schaalvoordelen die bestaan in het transportnetwerk. De beste business case voor een transportnetwerk (de laagste kosten) ontstaan alleen bij grote zekerheid over de te verwachten volumes CO<sub>2</sub> voor een bepaalde periode, zodat op basis van die inschattingen een geschikte capaciteit en bijbehorende prijs voor transport kan worden berekend. Een transportnetwerkbeheerder zal dus alleen een definitief investeringsbesluit nemen als er redelijke zekerheden zijn, maar een uitstoter neemt op zijn beurt pas een definitief investeringsbesluit voor de afvanginstallatie indien er een garantie is voor het verzorgen van het transport van CO<sub>2</sub>. Dezelfde wederzijdse afhankelijkheid geldt tussen de opslagoperator, die ook een zekerheid van volumes wil, en de uitstoter en transportoperator. Zonder initiatiefnemer kan dit probleem moeilijk overwonnen worden.
- Het coördinatieprobleem dat ontstaat vanuit de onzekerheid over de te verwachten volumes op de lange termijn, onder andere gedreven door de onzekerheid over toekomstig beleid op CO<sub>2</sub>-reductie in Nederland. Vanuit een maatschappelijk perspectief kan het voordelig zijn om aanvankelijk een grotere capaciteit netwerk aan te leggen, zodat mogelijke extra CO<sub>2</sub>-bronnen in de toekomst ook relatief goedkoop aangesloten kunnen worden. De kosten voor deze extra capaciteit kunnen echter moeilijk doorberekend worden in de huidige prijzen, want dan zouden *early-movers* meer betalen dan op korte termijn noodzakelijk. Wel is zo dat aangezien in Nederland het potentieel aantal grote CO<sub>2</sub> bronnen nog relatief beperkt is en geclusterd in een aantal gebieden verwachten we dat dit coördinatieprobleem in omvang beperkter is dan het eerst (hierboven) benoemde coördinatieprobleem.

## 3.4 Opslag

### 3.4.1 Kenmerken

Zoals in het vorige hoofdstuk uitgelegd, kan CO<sub>2</sub> ondergronds in lege gasvelden worden opgeslagen, zowel onshore als offshore. Het opslaan van CO<sub>2</sub> onshore wordt echter niet in deze studie meegenomen. De 'markt' voor opslagreservoirs op de Nederlandse Noordzee wordt wederom gekenmerkt door het beperkt

aantal partijen dat betrokken is bij de gaswinning uit ondergrondse velden. Er zijn op dit moment ongeveer 10-12 bedrijven direct betrokken bij de gaswinningoperaties op de Noordzee. Deze bedrijven voeren de gaswinning uit en hebben de vergunning om dat te doen. Het verkrijgen van een (opslag- of gaswinning-) vergunning vereist aantoonbare specialistische geologische en technische expertise. Het eigendom van de gasvelden daarentegen is in veel gevallen met meerdere partijen gedeeld en de besluitvormingsstructuur is daardoor vaak complex, zeker als gasproductie aan het afnemen is<sup>44</sup>. EBN heeft in alle gevallen een financiële deelneming van 40-50%, het resterende belang kan over meerdere partijen verdeeld zijn.

**Kenmerk 6:** Er is een beperkt aantal operators betrokken bij gaswinning en eventueel CO<sub>2</sub> injectie. Eigendomsstructuren van reservoirs zijn meer complex, en EBN is altijd voor 40-50% aandeelhouder.

<sup>44</sup> Op dat moment zijn vaak meerdere kleinere bedrijven of private eigenaren betrokken.

Zoals in hoofdstuk 2 gepresenteerd, is het technisch potentieel van de opslag in gasvelden op de Noordzee groot (de lege reservoirs bieden veel opslagruimte), maar deze capaciteit komt pas in de loop der jaren geleidelijk vrij, als de gaswinning in meer en meer velden stopt. EBN heeft berekend dat vanaf nu tot 2025

waarschijnlijk al ongeveer 900Mt aan opslagcapaciteit vrij zal komen (meer dan de helft van het totale technische potentieel). Het grootste deel van de resterende 700Mt komt waarschijnlijk tussen 2025 en 2030 vrij. Er zal dus waarschijnlijk tijdig meer dan voldoende opslagcapaciteit vrijkomen.

**Kenmerk 7:** Het aanbod van opslagvelden op de Noordzee is technisch groot, maar wordt nog enige tijd beperkt door gaswinning. Een beperkt aantal velden komt op korte termijn in aanmerking voor CO<sub>2</sub>-opslag.

Bij de meeste velden die door EBN en Gasunie in het voorbeeldscenario voor de 14Mton/jaar markt meegenomen zijn, is bestaande infrastructuur aanwezig (putten en platformen). Deze zouden hergebruikt kunnen worden voor de injectieoperatie. Het hergebruik van deze infrastructuur is goedkoper dan het bouwen van nieuwe infrastructuur voor injectie. EBN en Gasunie (2017) schat het kostenverschil tussen nieuwbouw en hergebruik €2/t CO<sub>2</sub> in het voordeel van hergebruik (in een markt van 20Mt/jaar vanaf 2030<sup>45</sup>). Operators op de Noordzee hebben echter een verplichting om de infrastructuur te ontmantelen zodra de gasproductie is gestopt. Om de infrastructuur later te hergebruiken voor CO<sub>2</sub>-injectie moet tijdig een beslissing genomen worden om te 'mottenballen', zodat de infrastructuur niet opgeruimd wordt, maar in stand wordt gehouden tot CO<sub>2</sub>-injectie gaat starten. De kosten voor het mottenballen zijn gering ten opzichte van de injectiekosten. Daarnaast hebben operators belang bij het uitstellen van de ontmanteling, aangezien dit voor hen een significante kostenpost is<sup>46</sup>. De injectiekosten hangen voornamelijk af van de grootte van het veld, de afstand tot de kust en de geologische eigenschappen. Er is dus een zekere 'marktmacht' bij eigenaren en operators van velden die snel vrijkomen, die groot zijn en dichtbij de kust liggen, omdat deze ook weten dat de totale kosten van de CCS-keten het laagst zijn als eerst één of enkele goedkope velden gekozen worden voor opslag en niet op meerdere (ook duurdere plekken) tegelijk wordt opgeslagen. Bij de onderhandelingen voor het kiezen van opslaglocaties zal dus moeten worden afgewogen of eventuele hogere marges bij de 'goedkope locaties' opwegen tegen de prijzen van minder voor de hand liggende minder gunstige locaties.

### Invloed bestaande wet- en regelgeving

Meer dan in het afvang- en transportsegment, wordt het opslagsegment beïnvloedt door bestaande wet- en regelgeving. De belangrijkste regels voor het opslaan van CO<sub>2</sub> komen voort uit de Richtlijn 2009/31/EG over de geologische opslag van koolstofdioxide, in Nederland overgenomen in de Mijnbouwwet. In de Richtlijn wordt een aantal belangrijke verplichtingen gesteld aan de vergunningaanvragen, die sterke financiële implicaties heeft. De belangrijkste verplichtingen zijn:

1. Het monitoren en rapporteren van de CO<sub>2</sub> bewegingen in het reservoir (Richtlijn art. 13 & 14);
2. Het stellen van financiële zekerheid welke aantoont dat de operator in staat is de opslag operaties te ontplooiën voor de voorziene tijd van de vergunning en in staat is corrigerende maatregelen te nemen bij calamiteiten (Art. 16), en alle overige verplichtingen uit de Richtlijn kan vervullen (ook de andere genoemde punten hier);

**Kenmerk 8:** De CCS Richtlijn (overgenomen in de Mijnbouwwet) leidt tot belangrijke verplichtingen voor een toekomstig vergunninghouder. Deze verplichtingen leiden tot hoge kosten die worden doorgerekend aan de uitstoter, die deze kosten mee zal moeten nemen in de afweging voor kiezen voor CCS en andere reductieopties.

<sup>45</sup> Bij een kleinere CO<sub>2</sub> markt, zoals in het referentiescenario, is dit kostenverschil groter omdat de investeringen voor de nieuwe infrastructuur met een kleiner volume terugverdiend moeten worden.

<sup>46</sup> Recentelijk is er een platform opgericht door onder andere EBN en NOGEPa die de coördinatie van de ontmanteling voor verschillende operators overziet (<https://nextstep.nl/?lang=nl>).

3. Voorwaarden voor het afsluiten en plan voor de periode na afsluiting, inclusief het overdragen van de verantwoordelijkheid aan de overheid en de benodigde financiële compensatie voor de overheid die bij de overdracht hoort (art. 17 & 18 & 19).

Elk van bovenstaande verplichtingen heeft financiële implicaties voor de exploitant en leidt tot extra kosten voor de opslag van CO<sub>2</sub> bovenop de technische operationele kosten. Uit het interviewprogramma en de uitkomst van de onderhandelingen over de ROAD opslagvergunning is gebleken dat deze kosten zeer significant kunnen worden, afhankelijk van de manier waarop de verplichtingen worden ingevuld bij het opstellen van de vergunning (de Richtlijn biedt namelijk flexibiliteit aan lidstaten om de verplichtingen uit de Richtlijn te interpreteren). In het kort:

#### Ad 1 – (Monitoring)

Richtlijn artikel 13 stelt dat de injectiefaciliteiten en het reservoir gemonitord moeten worden. Er moet een monitoringsplan worden opgesteld bij de vergunningsaanvraag, welke moet voldoen aan de verplichtingen uit de Richtlijn en moeten worden goedgekeurd door de vergunningverlener. Er moet zowel tijdens de operatie als na het beëindigen van de operatie gemonitord worden: tenminste 20 jaar na beëindiging van de operaties door de exploitant en 30 jaar na overdracht door de overheid. De periode van 20 jaar kan ingekort worden door de vergunningverlener indien deze overtuigd is dat de CO<sub>2</sub> permanent en volledig ingesloten blijft (Art. 18, lid 1a). Volgens het ROAD project zouden deze totale monitoringskosten erg hoog zijn mede als gevolg van de keuzes gemaakt bij de vergunningverlening.

#### Ad 2 – (Financiële zekerheid)

De Richtlijn stelt in artikel 19 dat de potentiële exploitant een financiële zekerheid of voorziening aanlegt voor het bekostigen van de verplichtingen die gesteld worden in de Richtlijn. Naast de monitoring en de voorwaarden voor het afsluiten en de overdracht moet deze zekerheid ook worden aangetoond voor de capaciteit voor nemen van corrigerende maatregelen in geval van lekkages en andere onregelmatigheden. De mogelijkheid van lekkage van de CO<sub>2</sub> is hier de meest onzekere en grote kostenfactor, aangezien er volgens de ETS Richtlijn een partij verantwoordelijk is voor het aankopen van emissierechten op het moment dat er CO<sub>2</sub> uitgestoten wordt. Mocht de lekkage binnen de 50 jaar na afsluiting plaatsvinden is de exploitant financieel verantwoordelijk voor het kopen van emissierechten voor de gelekte CO<sub>2</sub>: in de eerste 20 jaar vanuit directe verantwoordelijkheid voor het veld en in de 30 jaar daarna via de financiële mechanisme dat aan de overheid moet worden gesteld (zie punt 3). Technisch gezien is het risico op lekkage van CO<sub>2</sub> volgens onze interviews niet groot omdat CO<sub>2</sub> een relatief grote dichtheid heeft en dus niet de neiging heeft om direct uit het reservoir naar boven te vloeien. Echter is het door de bewegende aardlagen en dynamiek in gesteenten altijd mogelijk dat lekkage zal plaatsvinden en is de garantie afgeven dat er geen enkel CO<sub>2</sub> zal lekken voor een lange periode (50 jaar) juridisch onmogelijk, of enkel tegen zeer hoge kosten. Daarnaast is de toekomstige ETS-prijs een onzekere factor omdat deze theoretisch geen plafond heeft. In het ergste geval ontsnapt een groot deel van de CO<sub>2</sub> waarbij de toekomstige CO<sub>2</sub>-prijs veel hoger dan dat hij op het moment van opslag is.<sup>47</sup> De kosten voor corrigerende maatregelen die dan genomen moeten worden, moeten worden bereid gesteld bij de vergunningsaanvraag en zijn dus potentieel erg hoog. Bij het verlenen van de opslagvergunning in het ROAD project is er onderhandeld dat de kosten van deze verantwoordelijkheid 3 maanden van constante lekkage (63g per seconde) tegen een ETS prijs van €16 per ton bedraagt<sup>48</sup>. Deze kosten liepen op tot ongeveer 20% van de jaarlijkse bijdrage aan kosten voor de vergunningsverplichtingen in jaar 10-30 na afsluiting van het veld. Deze

<sup>47</sup> Het zal nooit voorkomen dat *alle* opgeslagen CO<sub>2</sub> ontsnapt aangezien de CO<sub>2</sub> zich ook zal binden met het gesteente na verloop van tijd.

<sup>48</sup> Road CCS (2013), Case study of the ROAD storage permit, beschikbaar op: <http://decarboni.se/sites/default/files/publications/111356/case-study-road-storage-permit.pdf> .

opslagvergunning is echter nog niet gebruikt, de hoogte van de vereiste financiële zekerheidsstelling bij een nieuwe aanvraag is afhankelijk van de interpretatie van het ministerie van EZK bij het verlenen van de opslagvergunning.

#### Ad 3 – (Plan voor afsluiting, overdracht en financieel mechanisme)

Bij de vergunningsaanvraag moet ook een plan worden bijgevoegd over welke acties en maatregelen worden ondernomen voor afsluiting en de periode erna, welke bijvoorbeeld de noodzakelijke monitoring (zie punt 1) en ontmanteling omvatten. De verantwoordelijkheid voor monitoring en eventuele corrigerende acties blijft bij de exploitant tot de overdracht aan de overheid na tenminste 20 jaar, of eerder indien de vergunningverlener het bewijs gelooft dat de CO<sub>2</sub> permanent en volledig opgeslagen blijft. Het is dus erg lastig om van tevoren de periode van 20 jaar in te korten omdat dan moeilijk bewijs kan worden aangeleverd dat de toekomstige opgeslagen CO<sub>2</sub> ingesloten blijft, maar dat zouden operators natuurlijk wel graag willen. Daarna wordt de verantwoordelijkheid voor monitoring en eventuele benodigde corrigerende acties overgedragen aan de overheid (voor 30 jaar). De kosten voor het dragen van deze verantwoordelijkheid zijn echter ook voor de exploitant en moeten in een financieel mechanisme bereid worden gesteld. De manier waarop het mechanisme wordt vormgegeven en hoe hoog precies de vergoedingen voor monitoring en eventuele corrigerende acties zouden moeten zijn worden onderhandeld bij de vergunningsaanvraag.

Voor al deze verplichtingen uit de Richtlijn geldt dat de manier waarop deze worden ingevuld nog redelijk flexibel is en afhangt van de onderhandelingen tijdens vergunningverlening. De uitkomst is hiervan dus onzeker en dus is er veel onzekerheid bij potentiële vergunningsaanvragers over de exacte hoogte van de kosten. Voor bepaalde verplichtingen (lekkage en monitoring) kunnen deze kosten zeer significant worden. Al deze kosten moeten bij de totale kosten van de CCS-keten worden opgeteld. De opslagvergunninghouder is in principe verantwoordelijk voor de kosten hiervoor en voor de opgeslagen CO<sub>2</sub> en deze hoge kosten beïnvloeden zijn bereidwilligheid voor het aanvragen van een vergunning (ook aangezien de CO<sub>2</sub> hem geen geld op levert). Dit versterkt het coördinatieprobleem in de CCS-keten (zie volgende sectie).

#### 3.4.2 Marktfalen

Uit bovengenoemde kenmerken voor het opslagsegment volgen de volgende vormen van marktfalen die een ontwikkeling van de CCS-keten in Nederland in de weg staan:

- Net zoals bij het afvang en transportsegment geldt dat er bij opslag een coördinatieprobleem is dat een markt-gedreven investering in opslaginfrastructuur in de weg staat. Ook een opslagpartij die deze investeringsbeslissing moet nemen heeft zekerheden nodig dat partijen voor een bepaalde tijd, tegen een bepaalde prijs een zeker volume CO<sub>2</sub> willen gaan opslaan. Deze garanties zouden van de uitstoter moeten komen, maar deze is niet bereid deze garanties te geven voordat zeker is dat de opslaginfrastructuur er zal komen. Daarnaast zal de uitstoter gegeven mogelijk reguleringonzekerheid omtrent het beleid ten aanzien van CO<sub>2</sub>-reductie moeite hebben om lange termijn garanties over CO<sub>2</sub> afvang te geven<sup>49</sup>;
- Marktmacht. Om de toekomstige markt van 7-12 Mton CCS vanaf 2030 te bereiken is een spoedige uitrol en selectie van opslagvelden nodig. De eigenaren en operators van velden die groot zijn, dicht bij de kust liggen en bestaande infrastructuur gereed hebben voor CO<sub>2</sub>-opslag kunnen deze positie benutten om betere voorwaarden te onderhandelen dan in de situatie dat er minder tijdsdruk op de uitrol van CCS zou liggen.

<sup>49</sup> Onzekerheid over toekomstige productievolumes kan uitstoters ook belemmeren om garanties af te geven. De meeste industriële bedrijven zullen aanzienlijk moeten investeren om CO<sub>2</sub>-afvang mogelijk te maken. Die investeringen kunnen een signaal vormen voor de commitment van het betreffende bedrijf aan productie en afvang op de betreffende locatie.

## 4 Marktordeningsalternatieven

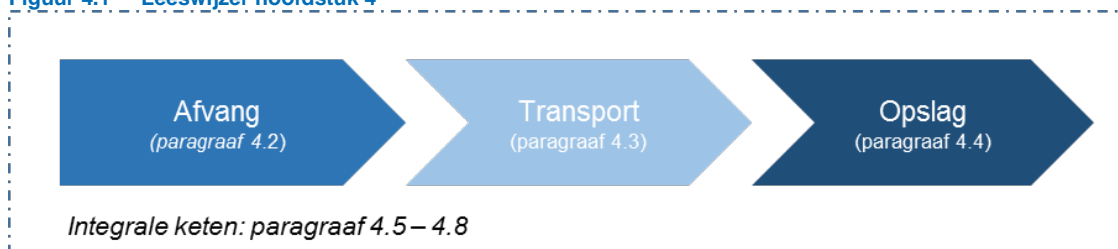
### 4.1 Inleiding

In hoofdstuk 3 wordt geconcludeerd dat er diverse oorzaken zijn waardoor CCS zonder enige vorm van overheidsinterventie niet, of niet snel genoeg, van de grond kan komen. De twee belangrijkste problemen zijn het feit dat er geen commerciële business case is voor een grootschalig CCS-netwerk in Nederland op dit moment en dat een coördinatieprobleem tussen de ketenonderdelen ervoor zorgt dat uitrol lastig is. In dit hoofdstuk worden modellen besproken die erop gericht zijn om marktfalen weg te nemen zodat CCS wel, of sneller, van de grond kan komen.

Dit hoofdstuk start met een bespreking van de opties voor afvang, transport en opslag afzonderlijk. Hiervoor is in eerste instantie gekeken naar wat geleerd kan worden uit buitenlandse ervaringen (zie bijlage B). Er zijn echter geen praktijkvoorbeelden van grootschalige CCS-infrastructuur, waardoor praktijkervaringen weinig inzicht bieden. De internationale literatuur is wel gebruikt voor inspiratie voor de in dit hoofdstuk besproken modellen.

Modellen die geschikt zijn voor de afzonderlijke onderdelen van de keten resulteren niet noodzakelijkerwijs in een optimaal model voor de gehele keten. Het tweede deel van dit hoofdstuk gaat daar verder op in.

**Figuur 4.1** Leeswijzer hoofdstuk 4



### 4.2 Afvang

#### 4.2.1 Op te lossen probleem en samenvatting beoordeling modellen

Op dit moment is het voor de industrie niet rendabel om CO<sub>2</sub> af te vangen. Het is ook niet de verwachting dat op de korte- en middellange termijn de prijzen voor emissierechten zodanig gaan stijgen dat de onrendabele top verdwijnt. De huidige ETS-prijs biedt voor de industrie dus te weinig 'prikkel' om voor 2030 al daadwerkelijk CO<sub>2</sub> af te gaan vangen om op te slaan.

In deze paragraaf worden verschillende instrumenten of 'modellen' beoordeeld waarmee uitstoters kunnen worden geprikkeld om CO<sub>2</sub> af te vangen. Deze paragraaf heeft dus vooral betrekking op de ontwikkeling van een 'CCS-markt' en niet zozeer op de marktordering. Voor de ontwikkeling van een CCS-markt zijn effectieve prikkels voor uitstoters echter een noodzakelijke voorwaarde. In dit rapport wordt ervan uitgegaan dat er maatregelen op nationaal niveau moeten worden genomen om bedrijven prikkels te bieden voor CO<sub>2</sub>-afvang. Maatregelen als aanpassing van het ETS worden dus buiten beschouwing gelaten.



Tabel 4.1 bevat de samenvatting van de beoordeling van de modellen. In de kolommen zijn vijf modellen opgenomen waarmee uitstoters geprikkeld kunnen worden om CO<sub>2</sub> af te vangen, deze worden hieronder toegelicht. De beoordelingscriteria in de rijen worden toegelicht in paragraaf 4.2.3. Paragraaf 4.2.4 bevat een toelichting op de beoordeling van de modellen aan de hand van de beoordelingscriteria.

**Tabel 4.1 Beoordeling modellen afvang**

	1. Nationale CO <sub>2</sub> -beprijzing	2. Nationale CO <sub>2</sub> -beprijzing deel industrie	3. Nationale CO <sub>2</sub> -beprijzing i.c.m. subsidie	4. Subsidie o.b.v. veilingmechani sme	5. Subsidie o.b.v. 'maatwerk'
<i>Vervuiler betaalt</i>	Ja	Ja	Ja (vervuilers betalen samen)	Nee, niet volledig	Nee, niet volledig
<i>Gebruik marktprikkels</i>	Ja	Ja	Ja (maar minder sterk dan bij CO <sub>2</sub> -beprijzing)	Ja (maar minder sterk dan bij CO <sub>2</sub> -beprijzing)	Nee
<i>Innovatieprikkels</i>	Ja	Ja	Afhankelijk van invulling	Afhankelijk van invulling	Nee
<i>Borging CCS als tijdelijke technologie</i>	Ja	Ja	Afhankelijk van invulling	Afhankelijk van invulling	Afhankelijk van invulling
<i>Risico overcompensatie</i>	Nee	Nee	Ja (kan deels gemitigeerd worden door vaststellen maximum subsidiebedrag)	Ja (kan deels gemitigeerd worden door vaststellen maximum subsidiebedrag)	Ja (kan deels gemitigeerd worden door 'open boek benadering' )
<i>Investeringszekerheid bedrijven</i>	Investering afhankelijk van verwachtingen t.a.v. CO <sub>2</sub> -prijs	Investering afhankelijk van verwachtingen t.a.v. CO <sub>2</sub> -prijs	Ja	Ja	Ja
<i>Effecten intern. concurrentiepositie</i>	Ja	Ja (voor beperkter deel industrie t.o.v. model 1)	Ja maar kleiner dan model 2	Nee	Nee

Noot: De criteria 'staatsteunrisico's', 'nationaal level playing field' en 'mogelijkheden op sturen doelen CO<sub>2</sub>-reductie' zijn niet in de tabel opgenomen omdat ze niet, of in beperkte mate, onderscheidend zijn.

#### 4.2.2 Toelichting mogelijke modellen

Om afvang van CO<sub>2</sub> te bewerkstelligen zijn verschillende modellen denkbaar, hieronder volgt een toelichting op de vijf modellen die zijn opgenomen in Tabel 4.1.

*Model 1 Nationale CO<sub>2</sub>-beprijzing:* De belangrijkste prikkel die bedrijven op dit moment hebben om CO<sub>2</sub>-emissies te reduceren is het ETS-systeem. De prijs van emissierechten is echter te laag om CO<sub>2</sub>-afvang rendabel te maken en ook na de eventuele toekenning van Europese subsidies (zie tekstbox 4.1) blijft er nog een onrendabele top. Een voor de hand liggend model om de onrendabele top weg te nemen is door in Europa een hogere ETS-prijs te realiseren. Omdat het niet in de lijn der verwachting ligt dat dit tijdig kan én omdat onze opdracht zich richt op wat Nederland zelf kan doen is deze optie niet uitgewerkt. Model 1 gaat uit van de situatie dat Nederland zelf maatregelen neemt waardoor de kosten voor CO<sub>2</sub>-uitstoot toenemen. Dit zou

kunnen door in Nederland, in aanvulling op het ETS, CO<sub>2</sub>-uitstoot te beprijsen door een nationaal emissiehandelssysteem in te stellen of door het heffen van een CO<sub>2</sub>-belasting.

*Model 2 Nationale CO<sub>2</sub>-beprijzing deel industrie:* Als Nederlandse bedrijven in aanvulling op het ETS een prijs betalen voor CO<sub>2</sub>-uitstoot levert dat een concurrentienadeel op ten opzichte van buitenlandse bedrijven.<sup>50</sup> Dit nadeel kan mogelijk beperkt worden door de groep bedrijven waarop de CO<sub>2</sub>-beprijzing van toepassing is zo klein mogelijk te maken door de CO<sub>2</sub>-beprijzing alleen van toepassing te laten zijn bij die bedrijven waar CCS een reële optie is.

*Model 3 Nationale CO<sub>2</sub>-beprijzing i.c.m. subsidie:* Dit is een combinatie van verschillende modellen die onderstaand wordt toegelicht.

*Model 4 Subsidie o.b.v. veilingmechanisme:* De onrendabele top van investeringen in CO<sub>2</sub>-afvang zou ook weggenomen kunnen worden door het geven van subsidie. Subsidies worden bijvoorbeeld ook toegepast om de onrendabele top van duurzame energieproductie weg te nemen. In de SDE+ wordt het niveau van de subsidie vastgesteld door middel van een veiling. Dit geeft bedrijven de prikkel om duurzame energieproductie tegen zo laag mogelijke kosten te realiseren. Een dergelijk model zou ook toegepast kunnen worden voor CO<sub>2</sub>-afvang.

*Model 5 Subsidie o.b.v. 'maatwerk':* Een voorwaarde voor de succesvolle toepassing van een veilingmodel is dat er voldoende bedrijven zijn die meedingen naar de subsidie, als dat niet zo is, kunnen bedrijven hun marktmacht gebruiken om een hoger subsidiebedrag te krijgen. In hoofdstuk 3 is geconstateerd dat een beperkt aantal bedrijven verantwoordelijk is voor een groot deel van de emissies. Daarnaast zijn er grote verschillen in het kostenniveau waarvoor afvang gerealiseerd kan worden. Dat maakt dat het risico dat er te weinig bedrijven zijn die meedingen (via de veiling) naar de subsidie niet denkbeeldig is. Om die reden nemen we Model 5 mee waarbij een subsidie wordt vastgesteld op basis van een analyse van de hoogte van de onrendabele top van een specifiek bedrijf.

Het is ook denkbaar om CO<sub>2</sub>-beprijzing (*Model 1* en *Model 2*) te combineren met subsidies voor bedrijven die CO<sub>2</sub>-afvang toepassen (*Model 4* en *Model 5*). Door de modellen te combineren kunnen mogelijk de nadelen van CO<sub>2</sub>-beprijzing of het verstrekken van subsidies beperkt worden (*Model 3*).

Dit levert de volgende modellen op die in de volgende paragraaf beoordeeld zullen worden:

1. Nationale CO<sub>2</sub>-beprijzing in aanvulling op het ETS;
2. CO<sub>2</sub>-prijs in aanvulling op ETS voor specifiek deel industrie;
3. CO<sub>2</sub>-beprijzing in combinatie met subsidie voor bedrijven voor kosten van CCS;
4. Subsidie CO<sub>2</sub>-reductie industrie op basis van een veilingmechanisme;
5. Subsidie op basis van maatwerk waarbij voor elk afzonderlijk bedrijf op basis van een analyse van de onrendabele top het niveau van de subsidie wordt vastgesteld.

De bovenstaande lijst van mogelijke modellen is niet volledig, voor elk model zijn er subvarianten denkbaar. Zo zou een nationaal emissiehandelssysteem net als het ETS aangevuld kunnen worden met maatregelen om *carbon leakage* te voorkomen. Bij subsidieverstrekking zijn er verschillende varianten denkbaar in de wijze waarop de subsidie wordt vormgegeven (belastingaftrek, subsidie per ton afgevangen CO<sub>2</sub>, *contract for differences* (subsidiemechanisme in het Verenigd Koninkrijk

<sup>50</sup> Op de langere termijn zou de toepassing van CCS ook een concurrentievoordeel kunnen bieden voor de Nederlandse industrie. Dit voordeel doet zich voor in alle modellen, om die reden is het mogelijke concurrentievoordeel niet meegenomen in de beoordeling.

met veel overeenkomsten met de SDE+), subsidie voor investering (CAPEX) en operationele kosten (OPEX), financiering tegen aantrekkelijke voorwaarden).

Naast varianten op de genoemde modellen kan ook gedacht worden aan geheel andere modellen. In een onderzoek door het Brits parlement is voorgesteld om leveranciers van fossiele brandstoffen (partijen die dit uit de grond halen) te verplichten om CO<sub>2</sub>-opslagcertificaten te kopen.<sup>51</sup> Dit geeft de industrie een prikkel om CO<sub>2</sub> af te vangen en op te slaan, omdat op die manier opslagcertificaten verkocht kunnen worden. De kern van dit voorstel is om CCS 'aan de bron' te financieren. Eén van de ideeën die in het kader van dit onderzoek is geopperd, is om bedrijven een voordeel te geven op accijnzen die over het eindproduct geheven worden. Over benzine afkomstig uit een emissieloze raffinaderij zou daardoor bijvoorbeeld minder accijnzen geheven worden, wat een voordeel oplevert ten opzichte van concurrenten die geen CO<sub>2</sub> afvangen. Beide modellen zijn complex in de uitvoering en ze hebben niet alleen impact op de markten waarop afvangers actief zijn maar ook daarbuiten. Om deze reden zijn deze modellen buiten beschouwing gelaten.

In theorie is het ook mogelijk om bedrijven te verplichten om CO<sub>2</sub> af te vangen of te reduceren. Die optie is niet verder uitgewerkt omdat het naar verwachting juridisch niet mogelijk om in aanvulling op Europese regelgeving op nationaal niveau een dergelijke maatregel te nemen. Op Europees niveau lijkt deze optie echter wel degelijk een mogelijke aanvulling op de 'Richtlijn Industriële Emissies'. Een verplichting kent echter nadelen, er wordt namelijk geen gebruik gemaakt van marktprikkels, daardoor vindt er mogelijk geen optimale afweging plaats tussen CO<sub>2</sub>-afvang door de industrie en andere maatregelen om CO<sub>2</sub>-uitstoot te reduceren. Een verplichting heeft net als CO<sub>2</sub>-beprijzing ook gevolgen voor de internationale concurrentiepositie van bedrijven.

#### **Tekstbox 4.1: Europese co-financiering CCS-projecten**

De Europese Unie heeft een aantal fondsen die gebruikt kunnen worden om de onrendabele top te dekken. Deze fondsen gaan echter uit van cofinanciering, waardoor ook na eventuele toekenning van Europese subsidies een onrendabele top overblijft.

#### **CCS EU financieringsbronnen**

EU-fondsen vormen een mogelijk middel om een deel van de onrendabele top te financieren. De Connecting Europe Faciliteit (CEF) kan mogelijk gebruikt worden voor het financieren van infrastructuur. Het Innovation Fund is breder en kan mogelijk ook ingezet worden voor afvang en opslag. In aanvulling op deze fondsen kan bij de Europese Investeringsbank een aanvraag worden ingediend voor financiering van CCS-projecten met vreemd vermogen, dat kan een aantrekkelijke vorm van financiering zijn ten opzichte van alternatieven door een lagere rente.

#### **Projects of Common Interest (PCI's)**

Projecten van gemeenschappelijk belang (PCI's) zijn cruciale infrastructuurprojecten, met name grensoverschrijdende projecten, die de energiesystemen van EU-landen met elkaar verbinden. Ze zijn bedoeld om de EU te helpen bij het verwezenlijken van haar energiebeleid en klimaatdoelstellingen: betaalbare, veilige en duurzame energie voor alle burgers, en het op lange termijn koolstofvrij maken van de economie in overeenstemming met de Overeenkomst van Parijs. Om de twee jaar stelt de Europese Commissie een nieuwe lijst van PCI's op.

Om een PCI te worden, moet een project aanzienlijke gevolgen hebben voor de energiemarkten en marktintegratie in ten minste twee EU-landen, de concurrentie op de energiemarkten stimuleren en de EU-energiezekerheid bevorderen door bronnen te diversifiëren en bijdragen aan de klimaat- en energiedoelstellingen van de EU door integratie van hernieuwbare energiebronnen. Het selectieproces geeft de voorkeur aan projecten in prioritaire corridors, zoals aangegeven in de TEN-E-strategie. In de

<sup>51</sup> Parliamentary Advisory Group on CCS (2016), Lowest cost decarbonisation for the UK: the critical role for CCS.

Verordening 347/2013 die de Richtlijnen voor Trans-Europese energie-infrastructuur (TEN-E-verordening) bevat, wordt CO<sub>2</sub>-transportinfrastructuur als één van de energie-infrastructuurcategorieën genoemd (naast elektriciteit, gas en olie) die in aanmerking komen om projecten van gemeenschappelijk belang te worden.

PCI's profiteren van een aantal voordelen:

- a) gestroomlijnde vergunningsprocedures (een bindende gunningslimiet van drie en een half jaar);
- b) verbeterde, snellere en beter gestroomlijnde milieubeoordeling;
- c) een enkele nationale bevoegde autoriteit (one-stop-shop) die alle procedures voor vergunningverlening coördineert;
- d) een procedure die de toewijzing van investerings- (bouw) kosten tussen de lidstaten die van het PCI profiteren mogelijk maakt;
- e) onder specifieke voorwaarden, de mogelijkheid om financiële steun te ontvangen in het kader van Connecting Europe Faciliteit (CEF) in de vorm van subsidies en innovatieve financiële instrumenten.

Hoewel de PCI-status een voorwaarde is voor subsidies in het kader van de Connecting Europe Facility (CEF), vormt het geen garantie voor de toekenning van een CEF-subsidie.

#### **NER300/ Innovation Fund**

NER 300 is één van de grootste financieringsprogramma's in de wereld voor innovatieve demonstratieprojecten voor koolstofarme energie. NER 300 wordt gefinancierd uit de verkoop van 300 miljoen emissierechten uit de New Entrants Reserve (NER) in de derde fase (2013-2020) van het EU-emissiehandelssysteem. De inkomsten uit de verkoop zijn inmiddels toegewezen, anders dan bij de oprichting verwacht heeft het fonds geen volledig uitgevoerde CCS-projecten opgeleverd.

Het voorstel van de Commissie voor de herziening van het EU emissiehandelssysteem na 2020 stelt een innovatiefonds voor ter ondersteuning van innovatieve technologieën voor koolstof-afvang en -opslag, duurzame energie en energie-intensieve industrie. Het fonds zal gefinancierd worden uit de veiling van 400 miljoen emissierechten (de omvang van het fonds is daardoor afhankelijk van de ETS-prijs) en voortbouwen op de ervaring van NER 300 maar met meer middelen en een breder bereik. Op dit moment loopt er nog een consultatie van de Europese Commissie over de invulling van het fonds. De ETS-richtlijn geeft echter op hoofdlijnen weer waar projecten aan moeten voldoen. Zo komen projecten maximaal in aanmerking voor vergoeding van 60% van de kosten, aanvullende financiering is dus noodzakelijk. Daarnaast moeten projecten nog niet op commerciële schaal beschikbaar zijn, ze moeten echter wel zover ontwikkeld zijn dat ze op 'pre-commercial scale' gedemonstreerd kunnen worden.

#### **4.2.3 Toelichting beoordelingscriteria modellen**

Tabel 4.2 bevat de criteria die in Tabel 4.1 zijn gebruikt om de modellen voor afvang te beoordelen. Deze criteria zijn deels gebaseerd op de criteria die het Ministerie van EZK als opdrachtgever voor dit rapport heeft meegegeven. Daarnaast is belanghebbenden gevraagd wat volgens hen relevante criteria zijn.

**Tabel 4.2 Beoordelingscriteria modellen afvang**

Criterion	Toelichting
Vervuiler betaalt en de opruimer wordt beloond	Het model zou CO <sub>2</sub> -uitstoters moeten stimuleren om CO <sub>2</sub> -uitstoot te reduceren, daarom heeft het de voorkeur om het bedrijf dat uitstoot te laten betalen. Bedrijven die CO <sub>2</sub> afvangen zouden beloond moeten worden ten opzichte van bedrijven die dat niet doen.

criterium	Toelichting
Gebruik marktprikkels	Waar mogelijk aan bedrijven de keuze laten hoe emissies te reduceren en om wel of niet CO <sub>2</sub> af te vangen.
Innovatieprikkels	Het model zou bedrijven moeten stimuleren om technologie om CO <sub>2</sub> af te vangen te verbeteren, efficiency te verhogen en/of CO <sub>2</sub> -emissies te reduceren.
Borging CCS als tijdelijke technologie	De toepassing van CCS moet bedrijven niet in de weg staan om, als er betere alternatieven zijn waarmee emissies gereduceerd kunnen worden, over te stappen op een van die alternatieven. Er moet dus geen 'lock in' gecreëerd worden.
Risico's overcompensatie	Waar mogelijk moet voorkomen worden dat bedrijven een hogere vergoeding voor CO <sub>2</sub> -afvang ontvangen dan de hoogte van de efficiënte kosten.
Investeringszekerheid bedrijven	Voor bedrijven is het van belang dat zij voldoende zekerheid hebben dat investeringen kunnen worden terugverdiend, dat vraagt onder andere om reguleringszekerheid.
Effecten internationale concurrentiepositie	Het moet zoveel mogelijk voorkomen worden dat Nederlandse bedrijven door toepassing van CCS een concurrentienadeel hebben ten opzichte van buitenlandse concurrenten.
Nationaal <i>level playing field</i>	Waar mogelijk moet voorkomen worden dat bedrijven die in staat worden gesteld CO <sub>2</sub> af te vangen een voordeel hebben ten opzichte van andere bedrijven
Staatsteunrisico's	Elk model moet voldoen aan de Europese staatsteunregels
Mogelijkheden sturen op doelen CO <sub>2</sub> -reductie	Dit criterium heeft betrekking op de invloed die de overheid heeft om CO <sub>2</sub> -reductiedoelen te behalen en waar nodig tussentijds bij te sturen.

Noot: de grijs gearceerde rijen zijn niet in Tabel 4.1 opgenomen omdat deze in de beoordeling (op hoofdlijnen) onvoldoende onderscheidend zijn tussen de modellen. Dat komt ook doordat de beoordeling uiteindelijk afhangt van de precieze invulling van de modellen.

#### 4.2.4 Toelichting beoordeling

##### Impact op prikkels en lock-in

Model 1 en Model 2 (en in mindere mate Model 3) hebben als groot voordeel dat ze bedrijven zelf een afweging laten maken tussen het kopen van emissierechten, het reduceren van CO<sub>2</sub>-uitstoot en het afvangen van CO<sub>2</sub>. Dit zorgt er ook voor dat bedrijven de prikkel hebben om te innoveren om de kosten van CO<sub>2</sub>-afvang te verlagen of om alternatieven voor CO<sub>2</sub>-uitstoot te vinden. Als er in de toekomst betere alternatieven zijn voor CCS waar CO<sub>2</sub> kostenefficiënter mee gereduceerd kan worden, zullen bedrijven de prikkel hebben om gebruik te maken van deze alternatieven. Daarmee is geborgd dat CCS uitgefaseerd wordt als het niet meer nodig is, passend bij het karakter van een brugtechnologie. Model 1 en 2 scoren ten opzichte van Model 3 en 4 dus goed op de criteria 'vervuiler betaalt', 'gebruik marktprikkels', 'innovatieprikkels' en 'borging CCS als tijdelijke technologie'.

##### Risico overcompensatie

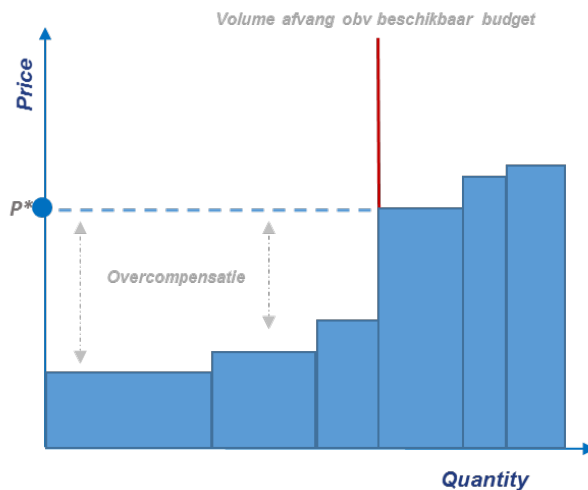
In model 1 en model 2 is er geen enkele geldstroom van de overheid naar de industrie als vergoeding voor CO<sub>2</sub>-afvang. Dat betekent ook dat er in theorie geen risico hoeft te zijn op overcompensatie en deze modellen het beste scoren op het criterium 'risico overcompensatie'.

Overcompensatie zou wel kunnen ontstaan als besloten wordt om een deel van de emissierechten gratis aan bedrijven toe te kennen om *carbon leakage* te voorkomen.

Bij het verstrekken van subsidies is het voorkomen van overcompensatie een belangrijk aandachtspunt. In het vorige hoofdstuk werd geconstateerd dat er sprake is van informatieasymmetrie, de precieze kosten die de industrie moet maken om CO<sub>2</sub> af te vangen zijn namelijk onbekend. Als er veel 'aanbieders' van CO<sub>2</sub> zouden zijn met een homogeen kostenniveau, zou een aanbesteding of veiling georganiseerd kunnen worden om binnen het beschikbare budget zoveel mogelijk CO<sub>2</sub> af te vangen, zoals ook binnen de SDE+ wordt gedaan om tegen de laagste kosten zoveel mogelijk duurzaam geproduceerde energie te realiseren (Model 4).<sup>52</sup> Als er een beperkt aantal bedrijven is dat in aanmerking komt voor CO<sub>2</sub>-afvang of als een aantal bedrijven tegen veel lagere kosten CO<sub>2</sub>-afvang kan realiseren ontstaat het risico dat de vergoeding die een bedrijf ontvangt aanzienlijk hoger is dan de kosten.

In Figuur 4.2 is dit geïllustreerd aan de hand van een denkbeeldige 'merit order' voor het aanbod van CO<sub>2</sub>. Drie bedrijven hebben relatief lage kosten voor CO<sub>2</sub>-afvang maar de kosten van bedrijf 4 zijn bepalend voor het niveau van het subsidiebedrag. Dat betekent dat CO<sub>2</sub>-afvang voor de drie eerste bedrijven met lagere kosten voor afvang resulteert in overcompensatie. In de Nederlandse situatie kunnen wij ervan uitgaan dat alle grote bedrijven goed op de hoogte zijn van de afvang en transportkosten van andere bedrijven. Dat maakt dit een aanzienlijk risico. Binnen model 4 zijn wel maatregelen mogelijk om dit risico te beperken. Net als de in SDE+-regeling zou er in de veiling met een maximum basisbedrag (technologiespecifiek plafond voor bijvoorbeeld het subsidiebedrag per ton afgevangen CO<sub>2</sub>) kunnen worden gewerkt waar bedrijven wel onder, maar niet boven kunnen bieden. De hoogte van het plafond kan vastgesteld worden door een onafhankelijk expert. Ook met een dergelijke benadering blijft er echter een risico op overcompensatie bestaan.

**Figuur 4.2** Illustratieve merit-order CO<sub>2</sub>-afvang en risico overcompensatie



Het risico op overcompensatie ontstaat doordat er een beperkt aanbod is van bedrijven dat mee wil dingen naar een subsidie. Dat aanbod zou vergroot kunnen worden door in de veiling ook andere CO<sub>2</sub>-reductiemaatregelen mee te nemen.

Een te groot (verwacht) verschil tussen de kosten van afvang (inclusief een redelijk rendement) en de vergoeding die volgt uit een veiling kan een reden zijn om te kiezen voor Model 5, waarbij op basis van de specifieke kosten voor afvang van een bedrijf het subsidiebedrag wordt vastgesteld. Het vaststellen van de onrendabele top kan in de praktijk echter lastig zijn. Er is namelijk sprake

<sup>52</sup> Naast laagste kosten zouden ook andere criteria bij subsidieverstrekking kunnen worden gebruikt, bijvoorbeeld dat het de voorkeur heeft om te starten met CO<sub>2</sub>-afvang bij bedrijven waarvoor geen of weinig alternatieve mogelijkheden zijn om CO<sub>2</sub>-emissies te beperken.

van informatieasymmetrie tussen de overheid en het bedrijf dat CO<sub>2</sub> wil gaan afvangen, terwijl het ook voor het bedrijf lastig kan zijn om een goede inschatting te maken van de kosten. Daar komt bij dat om CO<sub>2</sub>-afvang mogelijk te maken soms ingrijpende veranderingen in (relatief unieke<sup>53</sup>) productieprocessen nodig zijn. Een voorbeeld daarvan is het Hlsarna-proces van Tata Steel. Met dat proces is het beter mogelijk om CO<sub>2</sub> tegen relatief lage kosten af te vangen. Er zijn echter ook andere voordelen van de technologie waarvan het de vraag is hoe deze in het kader van de vaststelling van een subsidiebedrag gewaardeerd moeten worden. Bij het vaststellen van een subsidiebedrag voor CCS zal daarom een keuze gemaakt moeten worden over de allocatie van de kosten van aanpassingen in de processen naar CO<sub>2</sub>-afvang en andere effecten van de invoering van de aanpassingen in het productieproces.

#### Investeringszekerheid bedrijven

Een subsidiebeschikking geeft bedrijven een hoge mate van zekerheid dat zij gedurende de looptijd van de beschikking een vergoeding ontvangen voor CO<sub>2</sub>-afvang, model 3,4 en 5 scoren dus goed op het criterium 'investeringszekerheid bedrijven'. Dat beperkt de risico's voor bedrijven, waardoor zij eerder een investeringsbeslissing kunnen nemen. Bij CO<sub>2</sub>-beprijzing is de investeringszekerheid afhankelijk van de gekozen invulling. Bij een emissiehandelssysteem is er een risico dat onzekerheid over de prijsvorming ten koste gaat van investeringsprikkels. Bij een CO<sub>2</sub>-belasting is er weliswaar duidelijkheid over de toekomstige kosten van CO<sub>2</sub>-uitstoot, maar is er reguleringonzekerheid. Toekomstige regeringen kunnen er immers voor kiezen om het niveau van de belasting aan te passen of de belasting te schrappen.

#### Effecten internationale concurrentiepositie

Een nadeel van beprijzing van CO<sub>2</sub> is dat, zolang buitenlandse concurrenten van bedrijven die in Nederland actief zijn niet te maken krijgen met hogere kosten voor CO<sub>2</sub>-uitstoot, het de Nederlandse industrie een concurrentienadeel oplevert. Als gevolg daarvan kunnen bedrijven besluiten om een vestiging in Nederland te sluiten. Hierdoor neemt de uitstoot van CO<sub>2</sub> in Nederland af, het is echter aannemelijk dat een waterbedeffect ontstaat waarbij de uitstoot in het buitenland toeneemt. De effecten op de internationale concurrentiepositie zijn het grootst in het scenario waarbij de gehele industrie te maken krijgt met nationale CO<sub>2</sub>-beprijzing, al hangt dit vanzelfsprekend af van de hoogte van de CO<sub>2</sub>-prijzen die tot stand komen. Model 1 scoort dus het slechtst op het criterium 'Effecten internationale concurrentiepositie'. In model 2 beperken de effecten zich tot een gedeelte van de industrie, waardoor de negatieve effecten zich beperken. In model 3 zijn de effecten nog beperkter dan model 2, doordat inkomsten uit CO<sub>2</sub>-beprijzing worden gebruikt om de kosten voor CO<sub>2</sub>-afvang te dekken. Een subsidie voor de onrendabele top (Model 4 en Model 5) kent, hoewel enigszins afhankelijk van de uitvoering, in principe geen nadelen voor de internationale concurrentiepositie.<sup>54</sup>

#### Nationaal level playing field

In de beoordeling van de modellen zijn niet alleen de internationale concurrentieverhoudingen van belang, maar ook de nationale. De mogelijkheden om CO<sub>2</sub> af te vangen kunnen verschillen tussen bedrijven, zelfs als bedrijven vergelijkbare producten produceren. Zo zal een bedrijf dat een locatie heeft dicht bij de kust en offshore gasvelden tegen lagere kosten CO<sub>2</sub> kunnen laten transporteren en opslaan dan een onderneming in het binnenland (ervan uitgaande dat de werkelijke kosten van transport worden doorberekend aan de uitstoter). Om een nationaal *level playing field* te borgen, kan het daarom wenselijk zijn om maatregelen te nemen waarmee de kosten nationaal gelijkgetrokken worden. Er kan echter ook beargumenteerd worden dat zolang de compensatie de kosten (inclusief een redelijk rendement) niet overstijgt, de onderneming die CCS toepast daar

<sup>53</sup> Dat wil zeggen: in Nederland niet veelvoorkomend.

<sup>54</sup> Een verkeerd ontwerp een subsidiemechanisme zou er zelfs toe kunnen leiden dat Nederland aantrekkelijk wordt voor bedrijven die veel CO<sub>2</sub> produceren dat tegen lage kosten is af te vangen.

geen voordeel van heeft. Om die reden hebben wij alle modellen dezelfde beoordeling gegeven op het criterium 'Nationaal level playing field'. Hoe dan ook is er een risico dat concurrenten van een onderneming die subsidie ontvangt voor het afvangen van CO<sub>2</sub> een subsidiebeschikking juridisch zullen aanvechten. Een ander risico is dat als onverhoopt toch sprake is van overcompensatie er concurrentie voor- of nadelen kunnen ontstaan die tot juridische procedures kunnen leiden.

#### Staatssteunrisico's

Ten aanzien van staatssteunrisico's geldt dat in alle varianten een nadere analyse naar staatssteunaspecten nodig is. Bij een subsidie is dat evident, ook bij CO<sub>2</sub>-beprijzing kan de Europese Commissie de maatregel in theorie echter als illegale staatssteun bestempelen. Dat is vooral het geval als er een handelssysteem wordt gehanteerd waarbij aan ondernemingen rechten worden toegekend die door het handelssysteem een waarde vertegenwoordigen. In de 'Richtsnoeren staatssteun ten behoeve van milieubescherming en energie 2014-2020' van de Europese Commissie (2014/C 200/01) staat expliciet dat staatssteun voor CCS toegestane staatssteun kan zijn. De steun moet dan wel beperkt zijn tot bijkomende kosten voor afvang, transport en opslag van het uitgestoten CO<sub>2</sub>. Alle inkomsten met inbegrip van kostenbesparingen doordat minder emissierechten nodig zijn, en financiering vanuit (Europese) subsidies moeten daarbij in aanmerking worden genomen. Het lijkt dan ook onvermijdelijk dat in elk subsidiemodel de daadwerkelijk gerealiseerde hoogte van de ETS CO<sub>2</sub>-prijzen ingecalculeerd moet zijn. Ten aanzien van model 4 en 5 is het aannemelijk dat als er mogelijkheden zijn om de subsidie in concurrentie toe te wijzen dit vanuit 'staatsteun-oogpunt' de voorkeur zal hebben. Als dat niet mogelijk of wenselijk is, zal goedkeuring moeten worden verkregen voor een 'subsidie op basis van maatwerk', daarvoor zal onder andere aangetoond moeten worden dat geen sprake is van overcompensatie.

#### Mogelijkheden sturen op doelen CO<sub>2</sub>-reductie

Het laatste beoordelingscriterium is de mate waarin het instrument door de overheid gebruikt kan worden om te borgen dat CO<sub>2</sub>-doelstellingen behaald worden. Bij CO<sub>2</sub>-beprijzing kan de overheid dat doen door de CO<sub>2</sub>-prijs te beïnvloeden, door een CO<sub>2</sub>-belasting aan te passen of het emissieplafond in een handelssysteem te verlagen of een CO<sub>2</sub> bodemprijs te introduceren. In een model met een vorm van subsidies kan de overheid de CO<sub>2</sub>-uitstoot beïnvloeden door het subsidieniveau aan te passen. Hoewel dat in de praktijk niet altijd even goed mogelijk is, bijvoorbeeld omdat er geen ruimte is op de begroting, kan ook in dit model de overheid wel degelijk sturen op CO<sub>2</sub>-reductie. Om deze reden is dit criterium (de mate waarin CO<sub>2</sub>-doelen bereikt worden) naar onze mening niet onderscheidend.

## 4.3 Transport

### 4.3.1 *Op te lossen probleem en samenvatting beoordeling modellen*<sup>55</sup>

Er is pas een prikkel om in CO<sub>2</sub>-transportinfrastructuur te investeren op het moment dat het voor de industrie rendabel is om CO<sub>2</sub> af te vangen. Daarnaast is het noodzakelijk dat op het moment dat CO<sub>2</sub> getransporteerd kan worden, het ook mogelijk is om CO<sub>2</sub> op te slaan. Dus zowel de aanvang van het transport (waar vandaan), het aangeleverde volume (hoeveel) en de opslaglocatie (waar naar toe) zijn onzekerheden voor een potentiële transporteur.

Als CO<sub>2</sub>-afvang eenmaal van de grond gekomen is, kan er een risico op misbruik van marktmacht ontstaan aan de transportzijde, waardoor een te hoge vergoeding betaald moet worden voor het

<sup>55</sup> Uitgangspunt in deze paragraaf is dat er één model is voor de hele transportketen (inclusief compressie) vanaf het punt waarop de uitstoter invoedt. In de praktijk is het denkbaar dat verschillende modellen worden gehanteerd voor de verschillende onderdelen van het transportnetwerk (onshore voor compressie naar hoge druk, onshore na compressie, offshore).



transport, of dat bedrijven de toegang tot de infrastructuur wordt ontzegd.

Energietransportnetwerken neigen als gevolg van schaalvoordelen namelijk naar een natuurlijk monopolie. Als er eenmaal een netwerk ligt, is het voor een andere partij vaak niet rendabel om te investeren in een alternatief.<sup>56</sup>

In de CCS-richtlijn (Artikel 21) staat dat lidstaten maatregelen moeten nemen om toegang tot het netwerk te borgen. Er is echter niet uitgewerkt hoe 'third party access' precies vorm dient te krijgen. De richtlijn noemt verschillende gronden op basis waarvan toegang kan worden geweigerd, waaronder een gebrek aan capaciteit. De eisen gaan minder verder dan bij elektriciteits- en gasnetten, waar netbeheerders in principe capaciteit dienen te creëren bij een verzoek tot toegang en waarvoor *ex ante* is vastgelegd onder welke voorwaarden toegang kan worden verkregen en de procedure die daarvoor gevolgd dient te worden.<sup>57</sup>

Voor een uitstoter zal het dus niet altijd mogelijk zijn om toegang te krijgen tot een netwerk van een marktpartij, die zal dat alleen doen als daar een goede financiële business case voor is. CO<sub>2</sub>-netwerken vertonen daarmee parallellen met warmtenetten. In de Warmtewet is een procedure opgenomen waar eigenaren van warmtenetten aan moeten voldoen bij een verzoek tot toegang door een warmtebron. In de praktijk is het echter alleen mogelijk om toegang krijgen als daar ruimte voor is, in dat geval is het vaak ook in het belang van de eigenaar van het warmtenet.

Tabel 4.3 bevat de samenvatting van de beoordeling van de modellen. In de kolommen zijn drie mogelijke modellen voor de marktordening van transport opgenomen, deze worden toegelicht in paragraaf 4.3.2. De beoordelingscriteria in de rijen worden toegelicht in paragraaf 4.3.3. Paragraaf 4.3.4 bevat een toelichting op de beoordeling van de modellen aan de hand van de beoordelingscriteria.

---

<sup>56</sup> Concurrentie van andere modaliteiten, met name transport van CO<sub>2</sub> per schip, kan mogelijk wel voor enige concurrentiedruk zorgen.

<sup>57</sup> Als de ACM of Europese Commissie misbruik van marktmacht door een eigenaar van een CCS-netwerk vaststelt zouden op basis van de mededingsregels verplichtingen ten aanzien van *third party access* kunnen worden opgelegd. Het komt echter niet vaak voor dat door mededingingsautoriteiten misbruik van marktmacht wordt vastgesteld.

Tabel 4.3 Beoordeling modellen transport

	1. Markt	2. Concessie-model	3. Taak overheidsdeelname
<i>Gebruik marktprikkels</i>	Ja (alleen een voordeel als partij die transport inkoop de prikkel heeft om dat kostenefficiënt te doen)	Ja (alleen een voordeel als partij die transport inkoop de prikkel heeft om dat kostenefficiënt te doen)	Nee (maar marktprikkels kunnen worden benut bij aanbesteding van onderdelen)
<i>Financiële risico's overheid</i>	Geen	Afhankelijk van afspraken	Volledig (risico dat uitstoters geen CO <sub>2</sub> leveren aan het netwerk)
<i>Coördinatie mogelijkheden overige delen keten</i>	Risico voor afvangers en opslagpartij dat transport niet op de juiste tijd op de juiste plek beschikbaar is.	Voor afvangers en opslagpartij hoge mate van zekerheid dat transport geen <i>bottleneck</i> vormt	Voor afvangers en opslagpartij hoge mate van zekerheid dat transport geen <i>bottleneck</i> vormt
<i>Sturingsmogelijkheden overheid</i>	Alleen door het geven van prikkels en wens om bij te sturen kan leiden tot extra kosten	In de ontwerpfase aanzienlijke sturingsmogelijkheden, maar minder bijstuurmogelijkheden nadat de concessie is verleend.	Aanzienlijk, de overheid heeft invloed als subsidieverstrekker en als aandeelhouder
<i>Snelheid realiseren CCS-keten</i>	Risico op vertraging omdat marktpartijen zekerheid willen hebben over realisatie afvang en opslag.	Risico op vertraging door tijd die nodig is voor het uitgeven van de concessie.	Overheidsdeelname kan in principe gelijk starten met aanleg
<i>Laagste kosten</i>	Sterke prikkels kosten efficiëntie.	Mogelijk concurrentie om het verwerven van een concessie, maar verschil tussen de modellen klein als aanleg wordt uitbesteed.	Gebrek aan prikkels voor kostenefficiëntie kan deels ondervangen worden door systeem van regulering (vergelijkbaar met de regulering van het gastransportnet)

Noot: De criteria 'mededingingsrisico's' en 'veiligheid' zijn niet in de tabel opgenomen omdat ze niet, of in beperkte mate, onderscheidend zijn.

#### 4.3.2 Toelichting mogelijke modellen

Voor het marktordeningsmodel voor transport zijn relevante vragen wie het netbeheer mag doen en hoe wordt geborgd dat derden tegen redelijke voorwaarden toegang tot de infrastructuur krijgen. Daarnaast is van belang aan wie het initiatief voor de aanleg van het net wordt overgelaten. Zelfs als marktpartijen het transportnet aanleggen, zou de overheid namelijk het initiatief kunnen nemen en kunnen vaststellen waar het net komt te liggen en onder welke voorwaarden het net aangelegd kan worden. Tot slot is ook relevant hoe met vollooperisico's en overige volumerisico's wordt omgegaan.

Wanneer onderstaand wordt verwezen naar een publiek bedrijf, een publieke deelneming of een overheidsdeelname doelen wij op een onderneming waarvan de meerderheid van de aandelen in handen is van de Rijksoverheid of lagere overheden, netbeheerders van elektriciteit- en gasnetten (Gasunie, TenneT, Stedin, Alliander, Enexis) zijn daar voorbeelden van evenals het Havenbedrijf Rotterdam. Het aandeelhouderschap van de overheid is erop gericht om publieke belangen die met

het bedrijf gemoeid zijn te borgen en is een aanvullend instrument bovenop wet- en regelgeving. Aandeelhouderschap door de overheid kan in bepaalde gevallen extra bescherming opleveren.<sup>58</sup>

Wanneer onderstaand wordt verwezen naar marktpartijen doelen wij op bedrijven die niet vanuit het oogpunt van publieke belangen investeren, maar hoofdzakelijk omdat de business case financieel aantrekkelijk is. Ook voor overheidsdeelnemingen (waaronder staatsdeelnemingen) geldt in de regel dat zij alleen investeren bij een gezonde business case. Daarnaast kunnen staatsdeelnemingen tot op zekere hoogte ook activiteiten oppakken zonder dat zij een expliciete opdracht hebben gekregen om dat vanuit het oogpunt van publieke belangen te doen. Over het algemeen geldt dat daarvoor expliciet de goedkeuring van de aandeelhouder voor nodig is, die zal toetsen of het past binnen de strategie van de onderneming en het niet haaks staat op publieke belangen.

#### **Tekstbox 4.2 Lessen uit andere sectoren – energie-infrastructuur**

Elektriciteitsnetten en gasnetten worden beheerd door regionale en landelijke netbeheerders. Deze netbeheerders dienen volledig in handen te zijn van publieke aandeelhouders (er geldt alleen een uitzondering voor kruisparticipaties bij de landelijke netbeheerders). Het is netbeheerders niet toegestaan om elektriciteit of gas te produceren, te leveren of te verhandelen. Tarieven van netbeheerders zijn gereguleerd, de Autoriteit Consument en Markt (ACM) stelt jaarlijks maximumtarieven vast. Daarnaast is er regulering ten aanzien van de voorwaarden waaronder toegang verleend moet worden tot de netten.

Niet alle energie-infrastructuur is in handen van bedrijven met publieke aandeelhouders. Voor industriegebruikers is het mogelijk om een uitzondering te krijgen en een 'privaat elektriciteitsnet of gasnet' te beheren. Gaspijpleidingen op zee vallen ook niet onder de publieke taak van Gasunie. Er zijn ook private netbeheerders voor transportinfrastructuur voor andere gassen zoals waterstof (Air Liquide) en ook CO<sub>2</sub> (OCAP, Linde).

Warmtenetten zijn deels in handen van private marktpartijen en deels van lokale overheden. Anders dan bij elektriciteit en gas zijn eigenaren van warmtenetten vaak ook warmteleverancier en in sommige gevallen ook warmteproducent, er is dus niet gekozen voor eigendomssplitsing. Tarieven voor levering van warmte aan kleinverbruikers zijn gereguleerd, de ACM stelt voor warmte maximumtarieven vast op basis van het Niet Meer Dan Anders (NMDA)-principe. Anders dan bij elektriciteit- en gasnetten is er geen sprake van onbeperkte *third party access*. In de Warmtewet zijn wel bepalingen opgenomen ten aanzien van het proces over toegang dat gevolgd dient te worden bij een verzoek tot toegang door een warmteproducent. Deze regels lijken enigszins op het proces dat in de CCS-richtlijn is opgenomen over toegang tot CO<sub>2</sub>-infrastructuur.

#### **Initiatief en aansturing**

Bij transportinfrastructuur speelt allereerst de vraag wie het initiatief neemt voor de ontwikkeling. Als er een sterke prikkel is voor afvang van CO<sub>2</sub> is het denkbaar dat marktpartijen daartoe het initiatief nemen. Als dat niet zo is dan kan het nodig zijn dat de overheid (of een overheidsdeelneming) het initiatief neemt.

#### **Uitvoering netbeheer**

In het model waarbij een marktpartij het initiatief neemt voor de aanleg van transportinfrastructuur, ligt het ook voor de hand dat een marktpartij het net aanlegt en beheert (Model 1). Bij publieke aansturing zijn er verschillende mogelijkheden. De overheid zou ervoor kunnen kiezen om aanleg en beheer zelf te doen, zoals bij het spoornet en het ophalen van afval in sommige gemeenten. Bij energie-infrastructuur is ervoor gekozen om de aanleg en beheer meer op afstand van de overheid

<sup>58</sup> Jaarverslag Beheer Staatsdeelnemingen 2016 en Nota Deelnemingenbeleid Rijksoverheid 2013  
<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/beleidsnota-s/2013/10/18/nota-deelnemingenbeleid-rijksoverheid-2013>

te plaatsen, elektriciteitsnetten en gasnetten zijn in handen van bedrijven waarvan de aandelen volledig in handen zijn van overheden. Als de overheid besluit om het initiatief voor de aanleg naar zich toe te trekken, ligt het daarom voor de hand om dat te doen binnen een van de overheidsdeelnemingen (Model 3). Voorbeelden van overheidsdeelnemingen die daarin een rol kunnen spelen zijn regionale netwerkbedrijven, het landelijke gasnetwerkbedrijf Gasunie en havenbedrijven.<sup>59</sup>

Als de overheid een sturende rol heeft bij de aanleg van het transportnet, zou ook voor publiek-private samenwerking gekozen kunnen worden door een concessie uit te geven. Het bedrijf dat het meest gunstig scoort in de aanbesteding van de concessie krijgt het exclusief recht om een transportnetwerk aan te leggen tegen in de concessieovereenkomst vastgelegde voorwaarden (Model 2). Daarbij wordt het economisch risico dat gedane investeringen en gemaakte kosten niet volledig terugverdiend worden aan de concessiehouder overgedragen.

#### Allocatie volloop en volumerisico's

In de business case voor een investering in transportinfrastructuur zijn volloop- en volumerisico's van groot belang.

In Model 1 wordt verondersteld dat deze risico's volledig voor rekening van marktpartijen zijn. Het bedrijf dat de infrastructuur realiseert, zal een deel van dit risico mitigeren door garanties te vragen van bedrijven die gebruiken willen maken van het netwerk.

In Model 3 zijn de risico's volledig voor rekening van de overheid. Ook de overheid of een overheidsdeelneming kan echter besluiten om dit risico te mitigeren door bedrijven die gebruik maken van de infrastructuur te vragen om garanties. Een overheidsdeelneming zal een afweging maken tussen de resterende risico's en het financiële rendement van de investering. Als de risico's te groot zijn ten opzichte van het rendement, kan het noodzakelijk zijn dat de overheid een deel van het risico overneemt en garanties verstrekt aan de overheidsdeelneming.

Dit levert de volgende modellen op die in de volgende paragraaf beoordeeld zullen worden, zie Tabel 4.4. Merk op dat overheidsdeelnemingen ook in model 1 op 2 als marktpartij een rol kunnen spelen, bij toepassing van model 2 zou een overheidsdeelneming bijvoorbeeld één van de inschrijvende partijen kunnen zijn.

**Tabel 4.4 Modellen marktordening transport**

	1. Markt	2. Concessie-model	3. Taak overheidsdeelneming
Aansturing/initiatief	Markt	Publiek	Publiek
Uitvoering	Markt	Markt	Publiek
Garanties overheid	Nee	Mogelijk	Mogelijk

<sup>59</sup> De Gaswet en Elektriciteitswet 1998 stellen beperkingen aan de taken die een netwerkbedrijf mag verrichten, het is ze echter toegestaan om CO<sub>2</sub>-infrastructuur aan te leggen en te beheren. Dat dient dan te gebeuren in een entiteit buiten de netbeheerder (de entiteit waarbinnen het netbeheer van de gasnetten is ondergebracht). Omdat er geen sprake lijkt te zijn van synergie met het gasnet lijkt het geen voordelen te hebben om het aanleg en beheer van CO<sub>2</sub>-infrastructuur een (al of niet exclusieve) taak te laten zijn van de netbeheerder.

### 4.3.3 Toelichting beoordelingscriteria modellen

In Tabel 4.5 zijn de beoordelingscriteria opgenomen om de modellen voor de marktordening rondom transport te wegen. Deze lijst met criteria is tot stand gekomen door te starten met de criteria die zijn gebruikt voor afvang. Een aantal daarvan is niet relevant, omdat ze samenhangen met de effecten op de markten waarop de industrie producten aanbiedt.

Voor transport is 'risico's mededinging' als criterium toegevoegd. Voor veel infrastructuur geldt dat de overheid moet ingrijpen in de markt om toegang door derden tegen redelijke voorwaarden te borgen. Uit de interviews die wij in het kader van het project hebben afgenomen bleek ook dat dit een relevant criterium is voor belanghebbenden.

Tabel 4.5 Mogelijke beoordelingscriteria modellen

Criterium	Toelichting
Gebruik marktprikkels	Marktprikkels en concurrentie kunnen, afhankelijk van de situatie, ervoor zorgen dat de kosten zo laag mogelijk blijven.
Financiële risico's overheid	Voor de overheid heeft het de voorkeur dat risico's waar dat mogelijk is bij marktpartijen worden gelegd.
Coördinatiemogelijkheden overige delen CCS-keten	Het realiseren van de CCS-keten vraagt afstemming tussen de verschillende delen van de keten.
Sturingsmogelijkheden overheid	Dit criterium heeft betrekking op de mate waarin de overheid kan zeker stellen dat transportinfrastructuur tijdig en daar gerealiseerd wordt waar dat wenselijk/noodzakelijk is.
Snelheid realiseren CCS-keten	De tijd die beschikbaar is om de doelen voor 2030 te halen is beperkt (realiseren van CCS-keten vraagt hoe dan ook meerdere jaren). Daarom is het van belang dat de tijd die nodig is voor het realiseren van CCS zo kort mogelijk is.
Kosten	Bij dit criterium zijn niet alleen de kosten van aanleg en onderhoud van het transportnet van belang maar ook kosten die marktpartijen of de overheid in de voorbereiding maken.
Mededingingsrisico's	Het gekozen model zou risico's op misbruik van marktmacht zoveel mogelijk moeten voorkomen.
Veiligheid	Veiligheid van de CCS-keten dient te zijn geborgd.

Noot: de grijs gearceerde rijen zijn niet in Tabel 4.3 opgenomen omdat deze in de beoordeling (op hoofdlijnen) onvoldoende onderscheidend zijn tussen de modellen. Dat komt ook doordat de beoordeling uiteindelijk afhangt van de precieze invulling van de modellen.

### 4.3.4 Toelichting beoordeling

#### Gebruik marktprikkels

In model 1 en model 2 kan gebruik worden gemaakt van 'marktprikkels'. Dit kan er mogelijk in resulteren dat het net tegen lagere kosten gerealiseerd kan worden dan in het model waar het beheer van het net wordt toegewezen aan een publieke deelneming. Het is echter ook mogelijk om bij een overheidsdeelneming door regulering efficiëntieprikkels te introduceren. Dat wordt ook gedaan bij gasnetbeheerders bij de tariefregulering door de Autoriteit Consument en Markt, al zijn die prikkels wel van een andere orde, onder andere omdat er geen netten zijn waarmee de kostenefficiëntie vergeleken kan worden. In model 1 is de mate waarin er voordelen zijn van marktprikkels wel afhankelijk van het model dat ervoor zorgt dat er prikkels zijn voor afvang. In een model waarin de prijs van CO<sub>2</sub>-rechten de prikkel vormt om CO<sub>2</sub> af te vangen hebben uitstoters de

prikkel om transport tegen zo laag mogelijke kosten te realiseren. Dat geldt ook voor een model waarin subsidies in concurrentie worden toegewezen. Als er onvoldoende concurrentiedruk is, of als subsidies op basis van de werkelijke kosten worden doorberekend kunnen er voor uitstoters prikkels ontbreken om transportcapaciteit tegen de laagst mogelijke kosten in te kopen.

#### Financiële risico's overheid

In model 1 liggen alle risico's bij marktpartijen, het model scoort daarom goed op het criterium 'financiële risico's overheid'. Ten opzichte van andere investeringen in infrastructuur zijn die risico's aanzienlijk. Het is onwaarschijnlijk dat een investeringsbeslissing zal worden genomen voordat contracten zijn getekend met partijen die capaciteit willen afnemen.<sup>60</sup> Daarvoor is het noodzakelijk dat afgang en opslag ook van de grond zijn gekomen. In model 3 liggen de risico's van de ontwikkeling van het net bij de overheid. De overheid maakt in dit model dus een keuze ten aanzien van de dimensionering van het net. Daarbij kan er bijvoorbeeld voor worden gekozen om het net zo in te richten dat er voldoende capaciteit is om in de toekomst andere bedrijven, mogelijk uit een andere regio, aan te sluiten. Ook de overheid of de overheidsdeelneming kan een deel van het volumerisico mitigeren, door contracten over afname van capaciteit af te sluiten voordat tot een investeringsbeslissing wordt overgegaan, maar het is de vraag of dit lukt voordat het investeringsbesluit genomen moet worden. In model 2 kan ervoor worden gekozen om een deel van de risico's bij de concessiehouder te beleggen, die daar wel een vergoeding voor zal vragen.

#### Coördinatiemogelijkheden overige delen CCS-keten

In model 1 is er een risico dat partijen op elkaar wachten, daarom scoort dit model het slechtst op het criterium 'coördinatiemogelijkheden overige delen CCS-keten'. In model 2 en 3 wordt door de overheid of overheidsdeelnemingen sturing gegeven, wat het risico op coördinatiefalen beperkt. In model 1 zullen marktpartijen ook minder snel rekening houden met mogelijke toekomstige groei van de vraag naar transportcapaciteit, in model 2 en model 3 kan daar al bij de start rekening mee worden gehouden.

#### Sturingsmogelijkheden van de overheid

In model 1 kan de overheid alleen door wet- en regelgeving publieke belangen borgen. In model 2 en 3 heeft de overheid als uitgever van de concessie of aandeelhouder van het publieke netwerkbedrijf relatief veel invloed op het ontwerp en de locatie van het transportnet, bij deze modellen zijn de 'sturingsmogelijkheden van de overheid' dus relatief groot. Publiek eigendom kan wenselijk zijn als publieke belangen niet goed "contracteerbaar" zijn. Dit houdt in dat de gewenste prestaties van tevoren niet goed vast te stellen zijn en achteraf niet goed vastgesteld kunnen worden. Door de activiteiten uit te voeren in publiek eigendom is het niet noodzakelijk om in contracten publieke belangen te borgen.

Een nadeel van een concessie (model 2) ten opzichte van publiek eigendom (model 3) is dat al voor de aanbesteding vastgelegd moet worden hoe het transportnetwerk eruit dient te zien en aan welke eisen het transport dient te voldoen. Alle belangrijke elementen van het transportnetwerk en het beheer daarvan moeten dan gespecificeerd worden. Dit geeft ten opzichte van het model met een publieke netbeheerder minder flexibiliteit om onder invloed van nieuwe ontwikkelingen bij te sturen. In een concessie kunnen echter wel afspraken worden opgenomen over hoe met bekende onzekerheden wordt omgegaan. Daarnaast is van belang dat van tevoren goed wordt nagedacht over de vraag wat de gevolgen zijn van het einde van de looptijd van een concessie – met name de vraag wat dan gebeurt met de infrastructuur.

<sup>60</sup> Als bedrijven zelf investeringen doen om afgang mogelijk te maken vormt dat een garantie dat bedrijven in de toekomst CO<sub>2</sub> aan het net blijven leveren en transportcapaciteit afnemen. Als dat niet het geval is zal het transportbedrijf voor in ieder geval een deel van de aansluitkosten een garantie vragen.

Ten opzichte van andere markten lijkt op dit moment de ontwikkeling van de te transporteren CO<sub>2</sub>-volumes redelijk goed te voorspellen, die zijn namelijk vooral afhankelijk van de instrumenten die worden ingezet om CO<sub>2</sub>-afvang te stimuleren. Aanpassingen van keuzes ten aanzien van opslaglocaties vragen om aanpassingen van het net, maar daarover kunnen in het contract afspraken worden gemaakt. De verschillen tussen model 2 en model 3 zijn daardoor, als het net eenmaal gerealiseerd is, waarschijnlijk beperkt, tenzij zich ontwikkelingen voordoen waar vooraf geen rekening mee is gehouden in een concessieovereenkomst.

### Snelheid realiseren CCS-keten

Bij het ontwikkelen van het transportnetwerk is er bij model 2 naar verwachting een risico dat het net later gerealiseerd kan worden ten opzichte van model 3. Dit model scoort daarom slechter op het criterium 'snelheid realiseren CCS-keten'. Het aanbesteden van een concessie kost namelijk tijd, hoewel daar tegenover staat dat de lead tijd voor afvang het langst is. Ook juridische procedures na gunning kunnen voor vertraging zorgen. Bovendien is er een risico dat er onvoldoende partijen zijn die interesse hebben in de aanleg van het transportnetwerk.<sup>61</sup> Om het risico van te weinig aanbieders in de aanbesteding te beperken, zou vooraf een marktonderzoek uitgevoerd kunnen worden. Engel et al. (2010) signaleren dat publiek-private samenwerking in de regel een langere 'lead time' heeft dan publieke voorziening, maar constateren op basis van data uit het Verenigd Koninkrijk dat er een grotere kans is dat het project op tijd afgerond kan worden. Bij model 1 is de snelheid van de realisatie van de CCS-keten afhankelijk van de snelheid waarmee er prikkels voor afvang van CO<sub>2</sub> komen en de realisatie van CO<sub>2</sub>-opslagvelden. Er is daardoor een risico op een tragere realisatie dan bij model 3.

Doordat er in model 1 en model 2 meer gebruik wordt gemaakt van marktprikkels, is het aannemelijk dat het transportnet tegen lagere kosten gerealiseerd kan worden dan in model 3. Deze modellen scoren dus beter op het criterium 'laagste kosten'. Als door toezicht efficiëntieprikkels worden gegeven aan het publieke netwerkbedrijf, zijn de verschillen echter niet noodzakelijkerwijs groot. Een publiek netwerkbedrijf kan door het aanbesteden van de aanleg van het net namelijk ook gebruikmaken van de kostenefficiëntie van marktpartijen, waarmee de meeste (zo niet alle) efficiëntievoordelen gerealiseerd kunnen worden.

Bij een concessie moet daarnaast ook rekening worden gehouden met de kosten om de concessie aan te besteden. Uit een recente studie (Ecorys, 2015) over de lasten van aanbestedingen blijkt dat deze in Nederland gemiddeld 2,5% van het aanbestedingsvolume bedragen.<sup>62</sup> Daarvan komt gemiddeld twee derde terecht bij de partijen die aan de aanbesteding meedoen en één derde bij de overheid die de aanbesteding uitzet. Uit een bekende studie van de Wereldbank uit 1996 blijkt dat de kosten van een aanbesteding relatief hoog zijn in een onvolwassen beleidsomgeving waar de kaders nog niet helder zijn. Voor CO<sub>2</sub>-transport is het ook aannemelijk dat de kosten relatief hoger zijn, omdat onder andere geïnvesteerd zal moeten worden in kennis om een goed bestek op te kunnen stellen.<sup>63</sup> Door Engel et al. (2010) wordt op basis van een aantal referenties aangegeven dat de transactiekosten kunnen oplopen tot 10% van de totale kosten van een project. Zij merken daarbij wel op dat er bij aanbesteding (ten opzichte van publieke uitvoering) ex ante meer aandacht wordt besteed aan de details van het contract, waardoor de kosten na het sluiten van het contract lager kunnen zijn.<sup>64</sup>

<sup>61</sup> Op dit moment zijn er geen marktpartijen die interesse in aanleg van het transportnet hebben getoond. Dat kan echter veranderen als de overheid duidelijkheid geeft over het beleid ten aanzien van de CCS-keten.

<sup>62</sup> Ecorys (2015), Lastenontwikkeling van de Aanbestedingswet.

<sup>63</sup> Klein et al (1996), Transaction costs in private infrastructure projects: are they too high?, Wereldbank.

<sup>64</sup> Engel, Eduardo M. R. A.; Fischer, Ronald D.; Galetovic, Alexander (2010) : The economics of infrastructure finance: Public-private partnerships versus public provision, EIB Papers, ISSN 0257-7755, European Investment Bank (EIB), Luxembourg, Vol. 15, Iss. 1, pp. 40-69

Bij een aanbesteding van een concessie is de vraag in hoeverre bieders aan de start van zo'n proces over alle benodigde informatie kunnen beschikken om een concurrerend bod neer te leggen. Onzekerheden in deze fase zullen naar verwachting ervoor zorgen dat partijen een extra risico-opslag moeten opnemen, om te compenseren voor mogelijke risico's. Bij aanwijzing van een publieke partij die de infrastructuur moet aanleggen speelt dit niet, omdat dan de werkelijke kosten in rekening gebracht kunnen worden. Ook een publieke partij gaat op een gegeven moment over tot aanbesteding maar deze aanbesteding vindt later in het proces plaats waardoor risico-opslagen lager zijn.

Infrastructuurbedrijven met stabiele, gereguleerde inkomsten, zijn relatief goedkoop uit op de kapitaalmarkt. Het maakt daarbij niet uit of het gaat om een privaat bedrijf of een overheidsbedrijf.<sup>65</sup> Voor het maken van een investeringsbeslissing zijn echter niet de gemiddelde financieringskosten van het bedrijf dat de investering doet van belang, maar de risico's van het project waar het om gaat. Deze risico's zijn, afgezien van mogelijke reguleringsrisico's, vrijwel gelijk voor de verschillende modellen. Eventuele verschillen in financieringskosten vormen dus geen reden om voor een bepaald model te kiezen.

Samenvattend is zonder gedetailleerde analyse niet vast te stellen of model 2 of model 3 resulteert in lagere kosten. Het is aannemelijk dat als marktpartijen het initiatief nemen voor de aanleg (model 1) dat kan resulteren in lagere kosten.

#### Mededingingsrisico's

In alle drie modellen zijn er na realisatie van het transportnet potentiële mededingingsrisico's. Het is aannemelijk dat die risico's groter en anders van aard zijn bij een volledig privaat transportnet. Deze risico's kunnen echter beheerst worden door wet- en regelgeving in combinatie met toezicht, waardoor toegang tot het net tegen redelijke voorwaarden is gegarandeerd. Het criterium 'risico's mededinging' is daardoor niet onderscheidend.

#### Veiligheid

In de beoordeling van de modellen zijn veiligheidsaspecten niet meegenomen. Veiligheid moet door wet- en regelgeving volledig worden geborgd, dat is een basisuitgangspunt voor elk model. Dan nog kan veiligheid een argument zijn (publieke perceptie) voor publiek eigendom (model 3). Veiligheidsaspecten kunnen echter ook worden meegenomen in de gunning van een concessie (model 2). Ook bij aanleg door een marktpartij kan de overheid door wet- en regelgeving in combinatie met toezicht het publieke belang van veiligheid borgen.

Tot nu toe hebben de risico's die samenhangen met CO<sub>2</sub>-transport nog geen aanleiding gegeven om CO<sub>2</sub>-netwerken in overheidshanden onder te brengen. Als een CCS-keten ontstaat kunnen de risico's echter anders van aard zijn, bijvoorbeeld doordat een hogere druk wordt gebruikt en er een groter risico is op 'vervuiling' van de CO<sub>2</sub>-stromen. Mede omdat nog niet bekend is welke marktpartijen de aanleg van een transportnetwerk op zich zouden nemen, is er naar onze mening onvoldoende basis om te stellen dat de veiligheid in één van de modellen niet zou zijn geborgd. Dit criterium is daardoor niet onderscheidend.

---

<sup>65</sup> Er kan een beperkt verschil in financieringskosten ontstaan tussen een overheidsbedrijf en een privaat bedrijf op het moment dat kapitaalverschaffers ervan uitgaan dat de overheid (impliciet) garant staat voor een bedrijf (een zogenaamde impliciete overheidsgarantie). Deze laten wij in dit rapport verder buiten beschouwing.



## 4.4 Opslag

### 4.4.1 Op te lossen probleem en samenvatting beoordeling modellen

Er is pas een prikkel om in CO<sub>2</sub>-opslag te investeren op het moment dat het voor de industrie rendabel is om CO<sub>2</sub> af te vangen. Daarnaast is het noodzakelijk dat op het moment dat CO<sub>2</sub> opgeslagen kan worden, het ook mogelijk is om CO<sub>2</sub> te transporteren.

Dit kan coördinatieproblemen opleveren, waardoor investeringen in CO<sub>2</sub>-opslag niet van de grond komen. Deze problemen worden versterkt doordat potentiële opslaglocaties voor CO<sub>2</sub> nu nog worden gebruikt voor gaswinning. Voordat een veld gebruikt kan worden voor CO<sub>2</sub>-opslag moeten met de huidige vergunninghouders afspraken gemaakt worden hoe omgegaan wordt met de mogelijke vroegtijdige beëindiging van de gaswinning, verplichtingen voorkomend uit de gaswinning en de bestaande infrastructuur (platforms, putten, pijpleidingen). Daarvoor volstaan afspraken met een enkele partij niet, omdat in de regel meerdere aandeelhouders een stem hebben in de besluitvorming binnen joint ventures en eigendomsverhoudingen van de infrastructuur af kunnen wijken van die van de vergunninghouder. Daarnaast is medewerking van de bevoegde autoriteiten en toezichthouder nodig. Dit geldt ook voor een aanvraag van een vergunning voor CO<sub>2</sub>-opslag.

In eerdere CCS-projecten is gebleken dat de risico's die voortkomen uit de opslag van CO<sub>2</sub> en financiële zekerheden die op basis van de CCS-richtlijn en Mijnbouwwet gevraagd kunnen worden een belemmering kunnen vormen voor investeringen in CO<sub>2</sub>-opslag. Het gekozen model voor de marktordening zal daarom aandacht moeten hebben voor de vraag waar risico's belegd worden.

Het aantal potentiële opslaglocaties is beperkt. 'Marktmacht' van (potentiële) CO<sub>2</sub>-opslagvergunninghouders kan deels gemitigeerd worden doordat in sommige gevallen alternatieve locaties in aanmerking genomen kunnen worden voor opslag.

Tabel 4.6 bevat de samenvatting van de beoordeling van de modellen. In de kolommen zijn drie mogelijke modellen voor de marktordening van opslag opgenomen. Deze worden toegelicht in paragraaf 4.4.2. De beoordelingscriteria in de rijen worden toegelicht in paragraaf 4.4.3. Paragraaf 4.4.4 bevat een toelichting op de beoordeling van de modellen.

Tabel 4.6 Beoordeling modellen opslag

	1. Markt	2. Publiek/privaat	3. Taak overheidsdeelneming
<i>Gebruik marktprikkels</i>	Ja (alleen een voordeel als partij die opslag inkoopt de prikkel heeft om dat kostenefficiënt te doen)	Deels (alleen een voordeel als partij die opslag inkoopt de prikkel heeft om dat kostenefficiënt te doen)	Nee (indien overheidsdeelneming 'alles' doet) of deels (als activiteiten worden uitbesteed)
<i>Financiële risico's overheid</i>	Geen (maar hangt ervan af of overheidsgaranties kostenefficiënt)	Deels, afhankelijk van invulling afspraken. Het is aannemelijk dat in dit model de overheid (en niet de joint venture) een deel van de risico's op zich moet nemen	Volledig (zoals risico dat uitstoters geen CO <sub>2</sub> leveren aan de opslag, risico's samenhangend met CO <sub>2</sub> -opslag). Maar hangt af van invulling.

	1. Markt	2. Publiek/privaat	3. Taak overheidsdeelneming
<i>Coördinatiemogelijkheden overige delen CCS-keten</i>	Risico dat overige delen van de keten niet tijdig gereed zijn.	Voor afvangers en opslagpartij hogere mate van zekerheid dat opslag geen <i>bottleneck</i> vormt	Voor afvangers en opslagpartij hogere mate van zekerheid dat opslag geen <i>bottleneck</i> vormt
<i>Sturingsmogelijkheden overheid</i>	Alleen door geven van prikkels.	Er zullen afspraken gemaakt moeten worden met aandeelhouders in de joint venture.	Bij velden die nog in gebruik zijn moeten afspraken worden gemaakt met operators.
<i>Snelheid realiseren CCS-keten</i>	Marktpartij zal wachten op voldoende mate van zekerheid realisatie afdang en transport.  Complexer voor een marktpartij om tot afspraken te komen over beëindigen gaswinning.	Een overheidsdeelneming kan in theorie al starten met ontwikkeling opslagproject voordat er zekerheid is over afdang/transport, maar zal in de praktijk de keten op orde willen hebben alvorens te investeren en duidelijkheid willen hebben over hoe de risico's belegd zijn.  Een overheidsdeelneming is naar verwachting sneller in staat om met alle relevante partijen afspraken te maken.	

Noot: De criteria 'mededingingsrisico's', 'laagste kosten' en 'veiligheid' zijn niet in de tabel opgenomen omdat ze niet, of in beperkte mate, onderscheidend zijn tussen de modellen..

#### 4.4.2 Toelichting mogelijke modellen

Net als bij transport wordt in de samenstelling van mogelijke modellen onderscheid gemaakt tussen de volgende rollen:

- initiatiefnemer en aansturing van het proces om CO<sub>2</sub>-opslagprojecten te ontwikkelen;
- uitvoering, daarbinnen kan onderscheid gemaakt worden tussen de partij die verantwoordelijk is voor de uitvoering als vergunninghouder en de partij die de feitelijke uitvoering doet;
- partij die de risico's die gepaard gaan met ontwikkeling en beheer van CO<sub>2</sub>-opslag draagt.

#### Aansturing

Net als bij transportinfrastructuur speelt de vraag wie het initiatief neemt voor de ontwikkeling. Als er een sterke prikkel is voor afdang van CO<sub>2</sub>, is het denkbaar dat marktpartijen daartoe het initiatief nemen. Als dat niet zo is, kan het nodig zijn dat de overheid (of een overheidsdeelneming) het initiatief neemt om CCS te kunnen realiseren.

#### Uitvoering

In de offshore gaswinning zijn marktpartijen vergunninghouder, met een rol voor EBN als financieel deelnemer. In het model waarbij marktpartijen het initiatief nemen voor het ontwikkelen van een CO<sub>2</sub>-opslagproject, zou het voor de hand liggen dat een marktpartij ook de uitvoering op zich neemt (Model 1).

Bij publieke aansturing zou het in theorie denkbaar zijn dat een overheidsdeelneming ook de uitvoering op zich neemt. Op dit moment is er echter geen overheidsdeelneming die daar ervaring mee heeft. Voor de aanvraag van een CO<sub>2</sub>-opslagvergunning zal de vergunninghouder moeten aantonen dat er voldoende kennis en ervaring in huis is om dat veilig te doen. Alleen al om die

reden zal een overheidsdeelneming naar verwachting gebruik willen maken van de expertise van commerciële operators. In model 2 zetten een overheidsdeelneming en commerciële operators een joint venture op die CO<sub>2</sub>-opslag aanbiedt, waardoor kennis en ervaring beschikbaar zijn. Dit model heeft parallellen met de 'publiek-private samenwerking' in de gaswinning.

In model 3 is een overheidsdeelneming vergunninghouder en 100% aandeelhouder van de CO<sub>2</sub>-opslag. Ook in dit model zal naar verwachting gebruik worden gemaakt van de expertise van commerciële operators die als contractor ingezet kunnen worden. De exploitatie wordt dan aanbesteed, waarbij per veld een contractor wordt aangesteld.

### Allocatie risico's

Op dit moment zijn er geen garantieregelingen voor een commerciële ontwikkelaar van CO<sub>2</sub>-opslag. Dit betekent dat alle volumerisico's en risico's die samenhangen met CO<sub>2</sub>-opslag, waaronder het weglekrisico, voor rekening zijn van de vergunninghouder. Een commerciële ontwikkelaar zal een vergoeding vragen om deze risico's te dragen en voor de financiële zekerheden die in het kader van de opslagvergunning afgegeven moeten worden. In theorie is het denkbaar dat een deel van de risico's doorgeschoven wordt naar de partij die CO<sub>2</sub> afvangt. Deze partij is echter niet in staat om het risico te beheersen. Het betreft hier een typisch risico met lage kans maar hoge kosten wat voor het bedrijfsleven lastig is om te beprijzen en/of te dragen.

Als een overheidsdeelneming ontwikkelaar en eigenaar van de CO<sub>2</sub>-opslag is, dan ligt uiteindelijk een groot deel van de risico's bij de Nederlandse staat, net zoals dat nu al het geval is bij de opslag van nucleair afval (zie tekstbox 4.3.).

#### Tekstbox 4.3. Lessen uit andere sectoren – opslag nucleair afval

Bij het opslaan van CO<sub>2</sub> wordt regelmatig de parallel gemaakt met afval, omdat ervoor betaald moet worden om ervan af te komen. De meeste afvalstromen worden in Nederland verbrand, vergist of gerecycled. Voor een beperkt deel van de afvalstromen is dat niet mogelijk, dat afval belandt op stortplaatsen. Stortplaatsen worden beheerd door afvalbedrijven waarvan een deel in overheidshanden is, andere afvalbedrijven zijn volledig privaat. In de Wet milieubeheer zijn nazorgbepalingen opgenomen die eigenaren van stortplaatsen verplichten om nazorgkosten aan de provincie af te dragen. Na sluiting zijn provincies namelijk verantwoordelijk voor het beheer van de stortplaats.

De meest kostbare afvalstroom om te verwerken is nucleair afval. Er is nog steeds geen goede oplossing gevonden om dat afval te verwerken. Bedrijven en instellingen met nucleair afval zijn verplicht om het afval op te laten halen door Covra N.V. (Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval, een overheidsdeelneming). Covra doet dit tegen een vergoeding die is gebaseerd op de verwachte kosten voor het bewaren en het verwerken van het afval.

Het voorgaande levert de volgende modellen op die in de volgende paragraaf beoordeeld zullen worden, zie Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Modellen marktordening opslag

	1. Markt	2. Publiek/privaat	3. Taak overheidsdeelneming
Aansturing/initiatief	Markt	Publiek	Publiek
Uitvoering	Markt	Publiek/markt	Publiek (met private contractors)
Garanties overheid	Geen	Deels	Volledig

#### 4.4.3 Toelichting beoordelingscriteria modellen

Tabel 4.8 bevat de beoordelingscriteria die gehanteerd worden om de modellen voor opslag te beoordelen, dit zijn dezelfde criteria als die gebruikt voor transport.

**Tabel 4.8** Mogelijke beoordelingscriteria modellen

criterium	Toelichting
Gebruik marktprikkels	Marktprikkels en concurrentie kunnen, afhankelijk van de situatie, ervoor zorgen dat de kosten zo laag mogelijk blijven.
Financiële risico's overheid	Voor de overheid heeft het de voorkeur dat risico's waar dat mogelijk is bij marktpartijen worden gelegd.
Coördinatiemogelijkheden overige delen CCS-keten	Het realiseren van de CCS-keten vraagt afstemming tussen de verschillende delen van de keten.
Sturingsmogelijkheden overheid	Dit criterium heeft betrekking op de mate waarin de overheid kan zeker stellen dat de CO <sub>2</sub> -opslag tijdig en daar gerealiseerd wordt waar dat wenselijk/noodzakelijk is.
Snelheid realiseren CCS-keten	De tijd die beschikbaar is om de doelen voor 2030 te halen is beperkt (realiseren van CCS-keten vraagt hoe dan ook meerdere jaren). Daarom is het van belang dat de tijd die nodig is voor het realiseren van CCS zo kort mogelijk is.
Kosten	Bij dit criterium zijn niet alleen de kosten van aanleg en onderhoud van de CO <sub>2</sub> -opslag van belang maar ook kosten die marktpartijen of de overheid in de voorbereiding maken.
Mededingingsrisico's	Het gekozen model zou risico's op misbruik van marktmacht zoveel mogelijk moeten voorkomen.
Veiligheid	Veiligheid van de CCS-keten dient te zijn geborgd.

Noot: de grijs gearceerde rijen zijn niet in Tabel 4.6 opgenomen omdat deze in de beoordeling (op hoofdlijnen) onvoldoende onderscheidend zijn tussen de modellen. Dat komt ook doordat de beoordeling uiteindelijk afhangt van de precieze invulling van de modellen.

#### 4.4.4 Toelichting beoordeling

##### Gebruik marktprikkels

Voor opslag geldt net als voor transport dat er nu nog geen vraag is omdat er geen effectieve prikkels zijn voor CO<sub>2</sub>-uitstoters. Een gevolg daarvan is dat op dit moment niet altijd met zekerheid vastgesteld kan worden in hoeverre er sprake is van marktfalen op de markt voor CO<sub>2</sub>-opslag.

In model 1 zijn marktpartijen zelf aan zet en lopen zij ook financiële risico's. Dit model scoort dus het beste op het criterium 'gebruik marktprikkels'. In model 3, als sprake zou zijn van een staatsdeelneming die 'alles' doet dan wordt geen gebruik gemaakt van marktprikkels. Model 2 zit tussen model 1 en model 3 in. De mate waarin marktprikkels een rol spelen hangt in beide modellen echter af van de invulling. Zo zal een staatsdeelneming in model 3 in de praktijk naar verwachting een operator inhuren om de operatie te doen. Waar nodig zullen ook bouwbedrijven gecontracteerd worden voor specifieke werkzaamheden. Het verschil tussen model 2 en model 3 zal in de praktijk daarom minder groot zijn.

Uit de interviews die wij in het kader van dit onderzoek hebben gehouden is gebleken dat het de verwachting is dat opslag van CO<sub>2</sub> financieel niet aantrekkelijk is voor marktpartijen in de gaswinning. Dit komt omdat de verwachte marges relatief laag zijn. Daarnaast komt dit door de

financiële risico's die samenhangen met CO<sub>2</sub>-opslag in combinatie met gevraagde financiële zekerstellingen. Ook internationale literatuur over CCS (zie bijlage B) duidt hierop. Hoewel het niet is uit te sluiten dat er een geïnteresseerde marktpartij kan worden gevonden, zeker als de vergoeding voor CO<sub>2</sub>-opslag relatief hoog is, is er dus een risico dat er geen marktpartijen zijn die het initiatief nemen voor de ontwikkeling van CO<sub>2</sub>-opslag. De overheid kan de condities voor marktpartijen wel aantrekkelijker maken, door de wijze waarop invulling wordt gegeven aan de opslagvergunning en de daarin gevraagde financiële zekerheden. In aanvulling daarop zouden ook garanties kunnen worden geboden.

#### Financiële risico's overheid

In model 3 draagt de overheid een relatief groot deel van de financiële risico's (door marktpartijen als *contractor* in te zetten kan mogelijk een iets andere risicoverdeling afgesproken worden). Model 2 scoort in theorie iets beter als een deel van de verantwoordelijkheden en risico's bij een marktpartij kunnen worden gelegd. Marktpartijen zullen hier echter een marktconforme vergoeding voor vragen, waarbij risico's die door marktpartijen te beheersen zijn relatief eenvoudiger en goedkoper overgedragen kunnen worden. Voor sommige risico's kan het goedkoper zijn als de overheid deze risico's zelf draagt. Beide modellen scoren minder ten opzichte van model 1 op het criterium 'financiële risico's overheid'. Een nuance daarbij is dat het in model 1 goed is voor te stellen dat de overheid bepaalde garanties biedt waardoor er toch financiële risico's voor de overheid zijn. We concluderen dan ook dat de exacte invulling van de verschillende modellen evenals de vergoeding die marktpartijen vragen voor het dragen van risico's zal bepalen bij welke partij risico's belegd zullen worden. Hierdoor kan het verschil tussen de drie modellen in de praktijk kleiner zijn dan uit onze initiële beoordeling blijkt voor de modellen in hun zuivere vorm.

#### Coördinatiemogelijkheden overige delen CCS-keten

Investeringsvragen in opslag vragen een voldoende mate van zekerheid over het af te vangen volume CO<sub>2</sub> en de realisatie van het transportnetwerk. Net als bij transport is het aannemelijk dat het risico op coördinatieproblemen in de keten het grootst is in model 1. Model 2 en 3 scoren daarom beter op het criterium 'coördinatiemogelijkheden overige delen CCS-keten'. Een overheidsdeelneming kan besluiten om vanuit het oogpunt van publieke belangen eerder tot een investering over te gaan, ook als er nog geen volledige zekerheid is over de realisatie van overige delen van de CCS-keten. We merken op dat dit niet vanzelfsprekend is aangezien overheidsdeelnemingen geacht worden bedrijfsmatig te opereren en een redelijk rendement te genereren, maar wel denkbaar onder nader te bepalen voorwaarden. Ook een overheidsdeelneming zal ernaar streven dat de hele keten op orde is alvorens te gaan investeren om de risico's te beperken. Dit verkleint het verschil met model 1.

Voor een marktpartij kan reguleringonzekerheid (ten aanzien van prikkels voor CO<sub>2</sub>-afvang, regels ten aanzien van monitoring) de investeringsbeslissing negatief beïnvloeden. De overheid heeft die onzekerheid deels zelf in de hand (maar de invloed op Europese regelgeving is beperkt) en kan daardoor risico's voor het in operatie nemen van het opslagveld mogelijk beter managen dan marktpartijen dat kunnen doen.

#### Sturingsmogelijkheden voor de overheid

De 'sturingsmogelijkheden voor de overheid' lijken op het eerste gezicht het grootst in model 3. Omdat voordat een veld gebruikt kan worden de gaswinning beëindigd moet worden en een vergunning moet worden verkregen voor CO<sub>2</sub>-opslag, heeft de overheid in alle modellen echter mogelijkheden om ontwikkelingen te beïnvloeden. In model 2 en model 3 neemt de overheid of een overheidsdeelneming het initiatief om een CO<sub>2</sub>-opslag te realiseren. In beide modellen is er echter een afhankelijkheid van de operators die in het betreffende veld nu een gaswinningsvergunning hebben en die (mede)-eigenaar zijn van de infrastructuur. Welke sturingsmogelijkheden in de

praktijk bestaan hangt mede af van de concrete afspraken die binnen een joint venture zijn gemaakt. Als er bijvoorbeeld sprake is van joint control bepalen partijen gezamenlijk wat er gebeurt.

### Snelheid uitrol CCS-keten

Met model 2 en model 3 is het aannemelijker dat CO<sub>2</sub>-opslag kostenefficiënt en tijdig van de grond kan komen waardoor ze relatief goed scoren op het criterium 'snelheid uitrol CCS-keten'. Redenen waarom de uitrol door marktpartijen waarschijnlijk langzamer zal verlopen zijn:

- Voor een marktpartij zal er al in een vroeg stadium duidelijkheid moeten zijn over de wijze waarop met financiële zekerheden en monitoringsverplichtingen wordt omgegaan. Als een overheidsdeelneming de opdracht krijgt om CO<sub>2</sub>-opslag te realiseren, zal deze naar verwachting niet wachten tot er volledige zekerheid is over de invulling van de opslagvergunning.
- De overheid en EBN zijn al betrokken bij de gaswinning. EBN heeft stemrecht in besluiten die door *joint ventures* voor de gaswinning worden gemaakt, EBN kan besluiten veto-en. De coördinatieproblemen zijn naar verwachting voor de overheid kleiner dan voor een volledig private opslag.
- De realisatie van een CCS-keten vergt afstemming tussen afvang, transport en opslag. Voor de operator van het opslagveld is van belang dat transportinfrastructuur er tijdig ligt en dat afvang en aanlevering van CO<sub>2</sub> zo spoedig mogelijk start nadat de opslag daar klaar voor is. Een marktpartij zal een grote mate van zekerheid willen hebben en afspraken contractueel willen vastleggen.

### Laagste kosten

Voor het criterium 'laagste kosten' is vooral van belang bij welke partij risico's worden gelegd en welke partij het beste in staat is om deze risico's te dragen. De kosten voor het gereedmaken van het veld voor CO<sub>2</sub>-opslag en het beheer en onderhoud (inclusief monitoring) zijn naar verwachting min of meer vergelijkbaar voor marktpartijen en een overheidsdeelneming<sup>66</sup>, in beide modellen zullen daarvoor contractors worden ingezet.

Ten aanzien van de risico's vanaf het moment dat gestart wordt met de injectie, geldt dat de risico's in principe gelijk zijn voor marktpartijen (model 1) en een overheidsdeelneming (model 3).<sup>67</sup> Een publieke deelneming heeft mogelijk een grotere schaal met meerdere opslagvelden, waardoor risico's gespreid kunnen worden. Marktpartijen kunnen dat tot op zekere hoogte echter ook doen.

Voor een overheidsdeelneming zijn de technische en financiële risico's dus naar verwachting niet wezenlijk anders dan die van een marktpartij. In de interviews die wij in het kader van deze studie hebben gehouden is aangegeven dat de risico's voor marktpartijen aanleiding kunnen zijn om af te zien van investeringen of dat zij als gevolg daarvan alleen bereid zijn om te investeren als de financiële rendementen voldoende hoog zijn om de risico's te compenseren (de kosten voor CO<sub>2</sub>-opslag zijn dan relatief hoog).

Bedrijven kunnen risico's mitigeren door een verzekering af te sluiten. Sommige risico's zijn echter niet of moeilijk te verzekeren. Dat kan het geval zijn als de kans op een gebeurtenis niet goed in te schatten is op basis van historische data, of waarbij de verwachte schade zo groot is dat die niet te overzien is.<sup>68</sup> Voorbeelden van dergelijke risico's zijn oorlogen en terreuraanslagen die in veel verzekeringen worden uitgesloten. Ook voor CO<sub>2</sub>-opslag geldt dat in theorie de verwachte schade zeer groot kan zijn. Als het niet mogelijk is om risico's te verzekeren dan kan dat een reden zijn

<sup>66</sup> Na sluiting zal de opslag uiteindelijk overgedragen worden aan de overheid. Het kan voordelen bieden als de overheid ten behoeve van de overdracht de veldspecifieke kennis al beschikbaar heeft. Die kennis kan echter ook vanuit de toezichhoudende rol verkregen worden.

<sup>67</sup> Een uitzondering vormen reguleringsrisico's, de aandeelhouder van de overheidsdeelneming heeft voor een deel zelf invloed op de wijze waarop invulling aan regulering en toezicht wordt gegeven.

<sup>68</sup> CPB (2014), 'De rol van de overheid bij waarborgfondsen in de semipublieke sector'.

voor overheidsingrijpen. Maar als er sprake is van voor marktpartijen onverzekerbare risico's dan kan een publieke verzekering of garantie een alternatief bieden voor publieke uitvoering.<sup>69</sup> Samenvattend is voor het criterium 'laagste kosten' niet duidelijk te stellen of één van de modellen beter scoort dan de andere.

#### Mededingingsrisico's

Net als bij transport is het criterium 'mededingingsrisico's' niet echt onderscheidend. In model 1 is het risico daarop groter, maar door regelgeving en toezicht kan dit risico gemitigeerd worden.

#### Veiligheid

In de beoordeling van de modellen zijn veiligheidsaspecten niet meegenomen. Als de veiligheid door wet- en regelgeving niet goed is te borgen, kan dat een argument vormen voor publiek eigendom. In het verleden is door de overheid al een vergunning afgegeven voor CO<sub>2</sub>-opslag, op dat moment werden veiligheidsaspecten dus niet gezien als aanleiding voor publiek eigendom van CO<sub>2</sub>-opslagen.

## 4.5 Integrale ketenmodellen

In het voorgaande zijn de mogelijke modellen waarop verschillende onderdelen van de keten georganiseerd kunnen worden besproken en beoordeeld. Uiteindelijk moet elk van de onderdelen van de keten gerealiseerd worden om CCS mogelijk te maken. Dit roept de vraag op hoe de verschillende modellen voor afvang, transport en opslag gecombineerd kunnen worden.

### 4.5.1 Verticale integratie binnen keten

Allereerst constateren wij dat er vanuit technisch perspectief weinig reden is om verschillende onderdelen van de keten samen te voegen. Uiteraard is er wel afstemming nodig over de specificaties waar afgevangen CO<sub>2</sub>-stromen aan moeten voldoen, maar die specificaties wijzigen niet continue waardoor ze in een overeenkomst vastgelegd kunnen worden. De grootste technische afhankelijkheid is er wellicht tussen transport en opslag om volume, druk en kwaliteit optimaal te kunnen afstemmen als ook de locatie en routekeuze. Maar ook dit kan waarschijnlijk contractueel worden ondervangen.

Vanuit een commercieel of organisatorisch perspectief zijn de afhankelijkheden tussen de verschillende onderdelen van de keten daarentegen groot, zoals in hoofdstuk 3 geconcludeerd. Het is immers niet mogelijk om CO<sub>2</sub> af te vangen als de transportinfrastructuur of de CO<sub>2</sub>-opslagfaciliteiten om wat voor reden dan ook niet beschikbaar zijn. Die wederzijdse afhankelijkheid zou een argument kunnen vormen voor verticale integratie van de keten. Vrijwel alle afvangers geven echter aan dat zij in geen enkel scenario zelf het transport en de opslag ter hand willen nemen. Olie- en gasbedrijven zijn de enige partijen die in staat moeten worden geacht om in meerdere delen van de keten actief te zijn. Om die reden zou het marktordeningsmodel de mate van verticale integratie aan marktpartijen moeten overlaten.

Als de overheid besluit dat er een publieke taak is weggelegd in een onderdeel van de keten, betekent dat nog niet dat de overheid ook in andere delen van de keten een actieve rol moet

<sup>69</sup> Bij geothermieprojecten kan bijvoorbeeld gebruik worden gemaakt van de regeling 'Risico's dekken voor aardwarmte' (RNES Aardwarmte). Dit instrument dekt het geologisch risico voor initiatiefnemers voor een deel af. Uit een evaluatie van de regeling in 2016 bleek dat de garantieregeling voor banken een absolute voorwaarde voor financiering van projecten, het geologisch risico is niet commercieel te dekken. In de evaluatie werd geconcludeerd dat het marktfalen in de commerciële verkrijgbaarheid van geologisch risicoafdekking zal naar verwachting nog geruime tijd zal blijven bestaan (Carnegie Consult, 2016, 'Evaluatie garantie aardwarmte').

spelen. Betrokkenheid en 'skin in the game' vanuit de overheid in één deel van de keten, kan de investeringszekerheid voor bedrijven in andere delen van de keten echter wel vergroten. In theorie zou de aanleg van een transportnetwerk door een marktpartij dus gecombineerd kunnen worden met een publiek CO<sub>2</sub>-opslagbedrijf en vice versa.

In de beoordeling van de modellen voor transport en opslag werd het als positief beoordeeld als gebruik kan worden gemaakt van marktprikkels. Die prikkels zijn alleen effectief als de partij die transport- en opslagdiensten inkoop ook de prikkel heeft om dat tegen de laagste kosten te doen. In een model waarin uitstoters subsidie ontvangen is dat mogelijk niet het geval omdat hogere kosten voor transport en opslag in het subsidiebedrag kunnen worden verwerkt. Marktprikkels voor transport en opslag zijn dan dus mogelijk niet effectief, waardoor een publiek/privaat of volledig publiek model mogelijk in lagere kosten resulteert.

Tussen transport en opslag is afstemming nodig om ervoor te zorgen dat het net daar wordt aangelegd waar de gewenste opslaglocaties zich bevinden. Dit kan een argument zijn om transport en opslag samen te voegen in één entiteit, omdat daardoor besluitvorming eenvoudiger wordt ('interfaces' verdwijnen) en er minder noodzaak is om gedetailleerde contracten op te stellen.<sup>70 71</sup> Een aanvullend voordeel daarvan is dat CO<sub>2</sub>-afvangers daardoor slechts zaken hoeven te doen met één partij. Als partijen samenwerken in een *joint venture* kunnen bovendien risico's gespreid worden.

Een theoretisch nadeel van het samenvoegen van transport en opslag is dat het de concurrentie op de markt voor opslag kan beperken als de toegang van alternatieve opslagvelden tot de infrastructuur van het gecombineerde transport en opslagbedrijf wordt ontzegd. Die toegang kan echter ook worden geborgd door regulering en toezicht. Zeker in de opstartfase is het bovendien niet realistisch om te verwachten dat er effectieve concurrentie tussen potentiële opslagvelden ontstaat. Daarvoor is het aantal benodigde velden te gering.

#### 4.5.2 Regionale integratie (regionale clusters)

De industrie in Nederland is geconcentreerd in een aantal regionale clusters. Binnen deze clusters wordt mede in het kader van het Klimaatakkoord nagedacht over hoe op regionaal niveau invulling kan worden gegeven aan CO<sub>2</sub>-reductiedoelen. Hierop aansluitend is ook een model denkbaar waarbij de verschillende regio's voorstellen doen voor de invulling van CCS binnen hun regio en dat de overheid waar nodig aan de regio met het economisch meest gunstige aanbod subsidies en garanties verstrekt. Een voordeel hiervan is dat een integrale afweging gemaakt kan worden tussen de kosten van de gehele CCS-keten in verschillende regio's zodat het transportnet daar gerealiseerd wordt waar dat het meest gunstig is.

Een dergelijke regionale benadering heeft als nadeel dat CO<sub>2</sub>-uitstoters buiten deze regio niet in staat worden gesteld om CO<sub>2</sub> af te vangen, zelf als zij tegen relatief lage kosten kunnen afvangen of geen alternatief hebben voor CCS. Bovendien kan er een gebrek zijn aan concurrentie tussen de bedrijven in een cluster als er maar een beperkt aantal bedrijven is met een groot volume CO<sub>2</sub>-uitstoot (hoewel de bedrijven binnen een cluster wel met andere clusters concurreren om subsidies en/of garanties).

<sup>70</sup> Er is ook een structuur denkbaar waarbij een gezamenlijke entiteit contracten afsluit met afvangers maar waarbij transport en opslag afzonderlijke entiteiten zijn die een 'toeleverancier' vormen van het bedrijf dat transport en opslag aanbiedt.

<sup>71</sup> In het kader de discussies over de eigendomssplitsing van netbeheerders van elektriciteitsnetwerken en gasnetwerken is door de CPB een inschatting gemaakt van de transactiekosten van een extra schakel in de keten. Volgens het CPB zouden door het ontstaan van een extra schakel in de keten 'beperkte extra coördinatiekosten' ontstaan (CPB, 2006, Kwantitatieve verkenning welvaartseffecten splitsing energiebedrijven).



In de ontwikkelingsfase is het goed denkbaar dat ervoor gekozen wordt om te starten met CO<sub>2</sub>-afvang bij locaties in een specifiek cluster die dicht bij elkaar liggen. Op langere termijn wegen de voordelen van een regionale benadering mogelijk niet op tegen hogere kosten die ontstaan omdat alternatieve locaties buiten het betreffende cluster (met goedkopere afvangopties) niet in aanmerking komen. Een alternatieve wijze waarop een integrale afweging gemaakt kan worden tussen de kosten van de gehele CCS-keten in verschillende regio's, is door de kosten van transport locatieafhankelijk te maken. In paragraaf 4.6 wordt daarop ingegaan.

#### 4.5.3 Mogelijke 'exit-strategie' overheid bij sterke publieke betrokkenheid

In onder andere de Routekaart CCS is gesuggereerd dat als gekozen wordt voor een model waarbij overheidsdeelnemingen transport en opslag uitvoeren er in de toekomst voor gekozen kan worden om transport en opslag te privatiseren. Als coördinatiefalen en reguleringsonzekerheid de belangrijkste belemmeringen vormen voor het tot stand komen van de CCS-keten zou dat een passende invulling van de marktordening kunnen zijn. Daarbij moet wel bedacht worden dat het vervreemden van activiteiten van overheidsdeelnemingen kosten met zich brengt.

Een alternatief voor een dergelijke 'exit-strategie' is om al in de startfase het initiatief bij overheidsdeelnemingen te leggen, maar hen op te dragen om marktpartijen zoveel als mogelijk te betrekken. Marktpartijen zullen dan naar verwachting worden ingezet voor de aanleg van de transportinfrastructuur en als *service provider* bij de realisatie en het beheer van de CO<sub>2</sub>-opslag. In aanvulling daarop zou ook het beheer van de transportinfrastructuur kunnen worden aanbesteed en zou kunnen worden onderzocht of marktpartijen mede-aandeelhouder kunnen worden van transportinfrastructuur en CO<sub>2</sub>-opslagen.

## 4.6 Verdienmodellen transport en opslag en vaststelling tarieven

In dit hoofdstuk is tot nu toe vooral ingegaan op de vraag wie het initiatief moet nemen voor afvang, transport en opslag maar in mindere mate op de vraag wie daarvoor zou moeten betalen en hoe het verdienmodel voor de transport en opslag operator eruit ziet.

Als een model wordt gekozen waarin marktpartijen zelf verantwoordelijk zijn voor CO<sub>2</sub>-afvang en de overheid geen sturende rol neemt bij de ontwikkeling van transport en opslag hoeven door de overheid ook geen keuzes te worden gemaakt over de wijze waarop alle bedrijven in de keten een vergoeding ontvangen voor hun diensten.<sup>72</sup>

Dit verandert als de overheid garanties verleent voor transport en opslag, of als de overheid afvangers subsidieert. Er zijn dan twee keuzes mogelijk:

1. Afvangers betalen alleen voor de kosten van transport en opslag die overblijven na de bijdrage (in de vorm van garanties of subsidies) van de overheid;
2. Afvangers betalen de integrale kosten van transport en opslag.

Het voordeel van het doorrekenen van integrale kosten is dat er daardoor beter een afweging gemaakt kan worden tussen CO<sub>2</sub> afvangen en CO<sub>2</sub>-uitstoot op andere wijze reduceren. Het biedt ook de mogelijkheid om bij bedrijven die geen gebruikmaken van (delen van) het transportnetwerk minder kosten in rekening te brengen. Dat heeft als voordeel dat de kosten van bedrijven die

<sup>72</sup> Vanuit het mededingingstoezicht kan er op basis van de Mededingingswet wel een maximum worden gesteld aan het tarief dat in rekening gebracht kan worden, mits misbruik van een economische machtspositie aangetoond kan worden. De overheid kan er ook voor kiezen om ex ante regels vast te stellen ten aanzien van regulering van tarieven.

gebruikmaken van een andere modus van transport (bijvoorbeeld per schip), vergeleken kunnen worden met bedrijven die rechtstreeks zijn aangesloten zijn op het transportnet.

Het heeft dus duidelijke voordelen om de integrale of volledige kosten van transport en opslag aan afvangers door te berekenen. In de praktijk is het niet makkelijk om te bepalen wat die integrale kosten precies zijn. In de eerste plaats zal op de mogelijke garanties die de overheid stelt een waarde moeten worden geplakt en besloten moeten worden in hoeverre deze bij de afvangers in rekening worden gebracht. In de tweede plaats moet rekening gehouden worden met mogelijke volumeontwikkelingen. Het tarief dat voor bijvoorbeeld transport in rekening wordt gebracht, zou gebaseerd kunnen worden op het gemiddelde kostenniveau per ton bij de verwachte volumes als alle afvangers aangesloten zijn. Dit tarief wijkt af van de marginale kosten van het aansluiten van een afvanger. Als marginale kosten in rekening worden gebracht zijn de kosten voor de eerste afvangers echter hoog, wat een belemmering kan vormen voor het op gang komen van de markt.

Bij transport zijn de kosten voor aansluiting op het netwerk locatieafhankelijk. De aansluiting op een locatie dichtbij de kust, dichtbij gasvelden, of op zee kan tegen lagere kosten worden gerealiseerd dan een binnenlandse locatie. Als het kostenveroorzakingsprincipe gehanteerd zou worden, zouden bedrijven op binnenlandse locaties zoals Chemelot daardoor een hoger tarief betalen dan bedrijven dicht aan de kust. Een alternatief is om voor heel Nederland of delen van Nederland een 'postzegeltarief' vast te stellen waardoor alle industriële afvangers hetzelfde tarief betalen voor transport. Nadeel hiervan is dat het kan resulteren in hogere kosten. Dit nadeel moet afgewogen worden tegen de voordelen van een *level playing field* in Nederland, waarbij er geen voordelen zijn voor bedrijven die dicht bij de kust zijn gevestigd.

#### 4.7 Toekomstbestendigheid modellen

Op dit moment bevindt CCS zich nog in de ontwikkelingsfase. Ook mogelijke alternatieven voor CCS zoals CCU en maatregelen om emissies te reduceren zijn nog volop in ontwikkeling. Aan het einde van dit hoofdstuk over marktorderingsalternatieven nemen we een stap terug en gaan we na in hoeverre de verschillende modellen robuust zijn voor de volgende mogelijke toekomstige ontwikkelingen:

##### 1. *Groei van het gebruik van CCS van de opstartfase naar een realisatiefase waarin meerdere bronnen en opslaglocaties zijn aangesloten*

Voor transport en opslag veranderen de conclusies ten aanzien van de modellen niet als het volume afgevangen CO<sub>2</sub> toeneemt. Dat geldt zeker voor opslag waar sowieso in eerste instantie slechts één of enkele CO<sub>2</sub>-opslaglocaties nodig zijn. Bij transport is er bij verwachte groei van het CO<sub>2</sub>-volume meer behoefte aan het creëren van overcapaciteit in de opstartfase. Als er onzekerheid is over die groei, zal een marktpartij die voorinvesteringen zonder overheidssteun niet doen. Een publiek netwerkbedrijf zal mogelijk eerder geneigd zijn om ondanks de onzekerheid vanwege de publieke belangen tot een investering over te gaan (overdimensionering). Ook een publiek netwerkbedrijf zal echter een afweging moeten maken tussen het belang van snelle realisatie van CCS en de kosten daarvan en zal risico's zoveel mogelijk willen beperken. De aandeelhouder van het overheidsbedrijf (bijvoorbeeld het ministerie van Financiën) houdt immers de investeringen en verwachte rendementen scherp in de gaten.

## 2. Hogere CO<sub>2</sub>-prijzen in de toekomst

Op dit moment zijn de prijzen van emissierechten lager dan de kosten van CCS. In de toekomst zouden die prijzen kunnen toenemen, waardoor afvang voor (een deel van) de industrie een realistische businesscase gaan vormen.

In het model waarin in Nederland een nationaal systeem van CO<sub>2</sub>-beprijzing wordt gehanteerd, zou het enige effect zijn dat die CO<sub>2</sub>-prijs omlaag kan of geheel kan verdwijnen.

In een model waarbij de onrendabele top voor afvang met subsidies wordt gecompenseerd, kunnen de subsidies voor nieuwe projecten omlaag of zelfs verdwijnen. Voor bestaande projecten met een subsidiebeschikking heeft het alleen effect als het subsidiebedrag is gekoppeld aan de CO<sub>2</sub>-prijs. Deze koppeling moet dan ook in onze ogen goed worden geborgd.

## 3. Verbeteren van business case voor (niet CCS) maatregelen om emissies te reduceren

Alternatieven voor CCS, zoals elektrificatie of het gebruik van waterstof, zijn nu nog vaak duurder dan toepassing van CCS. In de toekomst zou dat kunnen veranderen.

In het model waarin in Nederland een nationaal systeem van CO<sub>2</sub>-beprijzing wordt gehanteerd, is het aan bedrijven zelf om een afweging te maken of zij kiezen voor CCS of alternatieven.

In een model waarbij de onrendabele top voor afvang met subsidies wordt gecompenseerd, zullen bedrijven die een subsidiebeschikking hebben, doorgaan met CO<sub>2</sub>-afvangen tot de subsidietermijn verstrijkt. Als er alternatieven voor handen zijn, ligt het niet voor de hand om opnieuw een subsidie te verstrekken.

Voor transport en opslag is er een theoretisch risico op *stranded assets* als volumes dalen als gevolg van het beschikbaar komen van alternatieven waarmee de industrie tegen lage kosten CO<sub>2</sub>-emissies kan reduceren. We noemen dit een theoretisch risico, omdat uit vrijwel alle beschikbare studies blijkt dat voor een groot deel van de industrie alternatieve maatregelen om CO<sub>2</sub> te reduceren voorlopig aanzienlijk duurder zijn.

Als de overheid zich garant heeft gesteld, resulteren *stranded assets* in financiële schade, omdat een vergoeding moet worden verstrekt aan de partij die het transportnetwerk heeft aangelegd of de opslaginstructuur heeft gerealiseerd. Dat risico kan wel beperkt worden door bijvoorbeeld biomassacentrales aan te sluiten waardoor negatieve emissies gerealiseerd kunnen worden.

## 4. Toename gebruiksmogelijkheden en verbetering business case CCU

Versillende partijen werken aan technologieën om gebruik van CO<sub>2</sub> als grondstof mogelijk te maken. Vooralsnog overtreffen de beschikbare volumes CO<sub>2</sub> de vraag maar dit zou als gevolg van technische doorbraken kunnen veranderen. Ook vanuit de glastuinbouw is er vraag naar CO<sub>2</sub>. Dankzij de omvang van de glastuinbouwsector in Nederland, wordt er al een substantiële hoeveelheid CO<sub>2</sub> die in de industrie is afgevangen gebruikt in kassen.

Dit roept de vraag op of het wenselijk is een CCS-netwerk ook te gebruiken voor dergelijke CCU-toepassingen. Dat is in de eerste plaats een technische vraag. Voor CCU-toepassingen is CO<sub>2</sub> van voldoende kwaliteit nodig die mogelijk niet aansluit bij de kwaliteit van CO<sub>2</sub> dat wordt opgeslagen. Uit de interviews hebben we begrepen dat dit in de praktijk geen belemmering hoeft te zijn.

In de tweede plaats is het de vraag of het economisch zinvol is om een koppeling te maken tussen een CCS- en CCU-netwerk. Op grond van de ETS-richtlijn moeten over CO<sub>2</sub>-emissies die worden gebruikt voor CCU emissierechten worden afgedragen. Dat is niet het geval bij CCS. Bedrijven zullen dus een afweging maken tussen de opbrengst van CCS en de opbrengst van CCU. Een aandachtspunt hierbij is dat de financiële afweging die bedrijven maken kan afwijken van de maatschappelijke kosten en baten van CCS. Het is bijvoorbeeld de vraag of in de situatie dat de prijs voor CO<sub>2</sub> voor levering aan de glastuinbouw net iets hoger ligt dan de vergoeding die een bedrijf ontvangt voor CO<sub>2</sub>-afvang, levering aan de glastuinbouw de maatschappelijk optimale uitkomst is.<sup>73</sup>

Voor sommige CCU-toepassingen, zoals het gebruik van CO<sub>2</sub> in kassen, geldt dat er een seizoenspatroon in de vraag naar CO<sub>2</sub> zit. In periodes waarin het aanbod de vraag overstijgt zou ervoor gekozen kunnen worden om CO<sub>2</sub> op te slaan. Bedrijven die niet binnen het ETS vallen hebben op dit moment geen prikkel om dat te doen waardoor ze gestimuleerd zullen moeten worden om dat wel te doen.

#### 5. *Vraag vanuit het buitenland naar transport en opslagcapaciteit*

Het is niet ondenkbaar dat er in de toekomst vanuit Belgische of Duitse bedrijven een verzoek komt om gebruik te maken van de mogelijkheden voor CCS in Nederland. Dat is vanuit een Nederlands en financieel perspectief alleen aantrekkelijk als voor die volumes tenminste de integrale kosten van transport en opslag in rekening kunnen worden gebracht.<sup>74</sup> Mogelijke interesse vanuit het buitenland voor CO<sub>2</sub>-opslag vormt dus een aanvullend argument om mogelijke financiële steun voor transport en opslag expliciet te maken, door voor transport en opslag een tarief vast te stellen waarin alle relevante kosten (inclusief kosten voor garanties) zijn opgenomen.

### 4.8 Rol van de overheid

In dit hoofdstuk zijn voor zowel transport als opslag diverse modellen langsgekomen met een nadruk op de rol van marktpartijen. Dit zou kunnen suggereren dat de rol van de overheid in die modellen beperkt is. Dat is echter niet het geval. In elk model heeft de overheid namelijk de rol van wet- en regelgever, toezichthouder en aandeelhouder. Voorbeelden van rollen die de overheid in elk denkbaar model heeft zijn:

- onderhandelen en verlenen vergunningen opslag;
- goedkeuren ontmantelingsplannen platforms;
- monitoring afgesloten CO<sub>2</sub>-veld voor 30 jaar (CCS-richtlijn/Mijnbouwwet);
- bouw en omgevingsvergunningen transportnetwerk en installaties voor CO<sub>2</sub>-afvang;
- toezicht op basis van de Mededingingswet en sectorspecifieke wetten<sup>1</sup>;
- Uitvoering ETS via de Nederlandse Emissieautoriteit.

In aanvulling daarop kan het nodig zijn om wet- en regelgeving op nationaal of Europees niveau aan te passen. Een voorbeeld daarvan is een aanpassing van de bepaling dat als CO<sub>2</sub> per schip getransporteerd wordt, geen sprake is van CCS binnen het ETS en alsnog emissierechten moeten

<sup>73</sup> In contracten met uitstoters zullen daarom afspraken gemaakt moeten worden over de mate van vrijheid die zij hebben om CO<sub>2</sub> aan te bieden voor CCU-toepassingen. Dat is ook nodig om volumerisico's voor de transport en opslag operator te beperken.

<sup>74</sup> Als er vanuit het buitenland vraag naar transport- en opslagcapaciteit is kan dat schaalvoordelen opleveren en door diversificatie volumerisico's verminderen. De mogelijkheden om een winstmarge te maken per opgevangen ton CO<sub>2</sub> zijn echter beperkt. Voor transport en opslag van CO<sub>2</sub> van buitenlandse uitstoters dient op grond van het non-discriminatiebeginsel immers hetzelfde tarief in rekening gebracht te worden als voor in Nederland gevestigde uitstoters. Om in Nederland een CCS-keten van de grond te krijgen is het juist van belang dat tarieven de efficiënte kosten niet overstijgen.

worden afgedragen.<sup>75</sup> Hoewel wij de gevolgen van het aanpassen van deze regel niet in detail bestudeerd hebben, zien wij niet in waarom transport per schip anders behandeld zou moeten worden dan transport per pijpleiding.

Afhankelijk van het gekozen model is de rol van de overheid nog groter. Voorbeelden van aanvullende rollen van de overheid, afhankelijk van het gekozen model, zijn:

- subsidieverlener aan de industrie;
- regelgeving: Nationale CO<sub>2</sub> prijs (ETS+);
- regelgeving: (exclusieve) taak toekennen voor transport en/of opslag;
- subsidies/garanties voor transport en opslag;
- uitgeven concessie transport;
- regulering/toezicht tarieven en toegang transport & opslag;
- aandeelhouder betrokken overheidsdeelnemingen.

Gegeven de rol die de overheid in alle modellen speelt, en de aanvullende rol die de overheid speelt in de modellen die uitgaan van publiek initiatief en uitvoering door overheidsdeelnemingen, vereist het realiseren van CCS-keten dus hoe dan ook veel van de overheid.

---

<sup>75</sup> In de Routekaart CCS zijn andere voorbeelden opgenomen van regelgeving die aangepast zou moeten worden.

## Bijlage A Interviews

In de volgende tabel is een overzicht opgenomen van de verschillende partijen die binnen dit onderzoek zijn geïnterviewd of die hebben deelgenomen aan de 'expertsessie' op 7 juni 2018.

Tabel A1 Overzicht gesprekspartners

Nr.	Organisatie	Naam
1	Tata Steel	De heer Jägers, de heer Pietersen
2	Shell	De heer Van der Meyden
3	Havenbedrijf Rotterdam	De heer Weterings, de heer Japin, de heer Driessen, mevrouw Schipper
4	North Sea Port	De heer Den Dekker
5	OCAP	De heer Limbeek
6	NOGEPA	De heer Peters, de heer Schreurs
7	TAQA	De heer Gittins
8	EBN	De heer Schroot, de heer Huijskes, de heer Noble
9	CATO	De heer Hopman
10	OCI Nitrogen	Mevrouw Ebbens, de heer Nusselder, de heer De Geus
11	VEMW	De heer Van der Worp
12	VNCI	Mevrouw Alma-Zeestraten
13	Warmtebedrijf Rotterdam	De heer Hamers
14	Porthos	De heer Bertels
15	ROAD	De heer Schoenmakers, de heer Tillema
16	Greenpeace	Mevrouw Oulahsen
17	CO2 Smart Grid	De heer Postma
18	EZK (vanuit rol vergunningsverlener)	De heer Rosch
19	Routekaart CCS	De heer Van Warmenhoven
20	Gasunie	De heer De Vries, de heer Vermeulen
21	Smart Delta Resources	De heer Vermaire, de heer Meijering
22	Air Products	De heer Oldenziel

## Bijlage B Lessen uit internationale ervaringen CCS

Internationaal is er sinds tientallen jaren ervaring met de toepassing van CCS. Vooral in de VS en Canada wordt CCS gebruikt ten behoeve van de oliewinning (Enhanced Oil Recovery, EOR). In Europa is Noorwegen het enige land waar CCS wordt toegepast (opslag, geen EOR). Omdat er dus al enige ervaring met CCS is zijn wij nagegaan of uit de wijze waarop CCS is georganiseerd in het buitenland lessen kunnen worden getrokken.

Samenvattend beeld uit een review van de literatuur is dat projecten in het buitenland in de regel een beperkte schaal hebben, er zijn ons geen voorbeelden bekend van grootschalige CCS-infrastructuur zoals daarover in Nederland nagedacht wordt. Door de relatief kleine schaal met in de regel maar één afvanger zijn de potentiële coördinatieproblemen bij de projecten in het buitenland kleiner dan die van een project waar meerdere industriële installaties op zijn aangesloten. Ook de context waarbinnen CCS wordt toegepast is anders aldaar. Dit maakt dat er geen pasklare voorbeelden zijn van marktordeningsmodellen die in Nederland kunnen worden toegepast. Wat wel geconcludeerd kan worden is dat als de business case op basis van opbrengsten als gevolg van EOR goed is marktpartijen in staat zijn om transport en opslag te realiseren. Partijen die CCS toepassen voor EOR hebben ook als voordeel dat ze over de benodigde expertise beschikken in alle onderdelen van de CCS-keten. Bij alle opslagprojecten in de wereld is sprake van een grote of volledige subsidie door de overheid.<sup>76</sup>

### Canada

Canada kent geen nationale CO<sub>2</sub>-belasting maar wel een klimaatbeleid op provinciaal niveau dat CCS-projecten stimuleert.<sup>77</sup> De provincie Alberta heft bijvoorbeeld een emissie-belasting op uitstoters die meer dan 100.000 ton broeikasgassen uitstoten. Naast het klimaatbeleid is Enhanced Oil Recovery (EOR), de techniek waarmee de geïnjecteerde CO<sub>2</sub> gebruikt wordt om extra olie uit de grond te winnen, een stimulans voor CCS in Canada. Alberta voert beleid om EOR te stimuleren door bijvoorbeeld 'EOR-credits' uit te delen voor het afvangen en opslaan van CO<sub>2</sub> van olie- en raffinaderijen. De provincie Brits-Colombia kent een CO<sub>2</sub>-tax van \$35 CAD per ton CO<sub>2</sub>.

Voorbeelden van grootschalige CCS-projecten in Canada zijn SaskPower's Boundary Dam in de provincie Saskatchewan en Shell's Quest-project in Alberta.<sup>78</sup> Het Boundary Dam CCS-project kostte \$1,24 miljard CAD en is deels gefinancierd door de provinciale en de federale overheid. Het bedrijf Saskpower heeft het grootste deel betaald (\$878 miljoen CAD) en voorkwam hiermee sluiting van een kolencentrale. Het bedrijf maakt ondanks dat het dankzij CCS geen CO<sub>2</sub>-belasting betaalt en opbrengsten genereert door middel van EOR verlies door de hoge operationele kosten van een destijds onvolmaakte techniek.

Bij Shell's raffinaderij Quest wordt CO<sub>2</sub> opgevangen van de bijbehorende waterstoffabriek. Ook dit project is voor een deel van de opbrengsten afhankelijk van EOR. Het project is deels gefinancierd door de provinciale en federale overheid en deels door Shell. Daarnaast profiteert het project van een zogenaamde 'two for one credit deal' voor emissiereducties. Voor elke vermeden ton CO<sub>2</sub>

<sup>76</sup> Kapetaki, Z. Scowcroft, J. (2016), Overview of Carbon Capture and Storage (CCS) demonstration project business models: Risks and Enablers on the two sides of the Atlantic, *Energy Procedia* 114 ( 2017 ) 6623 – 6630

<sup>77</sup> Kern et al. (2016) The political economy of carbon capture and storage: An analysis of two demonstration projects. *Technological forecasting and Social change*. 250-260.

<sup>78</sup> Zero Emission Organization (2014), 'Diagnosing CCS'.

ontvangt Shell daardoor het dubbele volume aan emissierechten. Dit kan jaarlijks zorgen voor een opbrengst van \$30 miljoen CAD bij een afgevangen en opgeslagen volume van 1 miljoen ton CO<sub>2</sub>.

Het meest grootschalige project in Canada is de Alberta Carbon Trunk Line. Dit project moet CO<sub>2</sub> vanuit verschillende industriële clusters transporteren naar olievelden, het totale transportnetwerk krijgt een lengte van 240 kilometer. In eerste instantie zullen een kunstmest en ammoniaproductent worden aangesloten. Uiteindelijk is het doel om 14,6 miljoen ton CO<sub>2</sub> op te slaan. Het project wordt gerealiseerd door marktpartijen maar krijgt steun vanuit de overheid. In regelgeving is opgenomen onder welke voorwaarden de lange termijnrisico's aan de overheid van Alberta worden overgedragen.<sup>79</sup> Voor elke ton opgeslagen CO<sub>2</sub> dienen opslag-operators een fee te betalen voor een *stewardship fund*.

### Noorwegen

Noorwegen kent twee operationele CCS-installaties genaamd Sleipner en Snøhvit. Equinor (Noorse staatsdeelneming, voorheen Statoil) is als meerderheidsaandeelhouder betrokken bij beide projecten. Injectie van CO<sub>2</sub> dat vrijkomt bij gaswinning in het Sleipner-veld begon in 1996. In het Snøhvit-project wordt CO<sub>2</sub> sinds 2008 van aardgas gescheiden voordat het aardgas vloeibaar wordt gemaakt. Noorwegen kent al sinds 1991 een CO<sub>2</sub>-belasting wat bijdraagt aan de business case maar de projecten zijn daardoor nog niet financieel rendabel. Equinor draagt daarom een deel van de kosten.<sup>80</sup>

Hoewel Noorwegen dus een CO<sub>2</sub>-belasting kent zijn zonder aanvullende overheidssteun nieuwe projecten nog niet rendabel. In Noorwegen wordt nagedacht over aanvullende CCS-projecten, interessant is dat hiervoor een speciale entiteit is opgericht die zich richt op het faciliteren van de deelname van de Noorse staat in CCS-projecten (Gassnova). Er wordt op dit moment nagedacht over offshore-opslag waarbij CO<sub>2</sub> per schip wordt aangeleverd. Naast Equinor zijn Shell en Total bij de projectontwikkeling betrokken. Het project is nog in ontwikkeling en contracten zijn nog niet uitgewerkt. Het is wel de verwachting dat er staatsteun voor afvang en opslag nodig is en dat de Noorse staat de risico's ketenrisico's op zich neemt.<sup>81</sup> De CO<sub>2</sub> moet aangeleverd worden door de industrie, dat is dus een verschil met de operationele projecten in Noorwegen waarbij CO<sub>2</sub> afkomstig is uit de gaswinning. In mei 2018 heeft een cementfabriek van Norcem in Brevik subsidies toegekend gekregen om FEED-studies (*Front End Engineering and Design*) uit te voeren. Norcem kreeg de voorkeur boven twee andere projecten waarvoor concept-studies zijn uitgevoerd omdat de kosten voor afvang relatief laag zijn en het bedrijf heeft aangetoond goed instaat te zijn om het project uit te voeren.<sup>82</sup> Omdat in het project de CO<sub>2</sub> per schip aangevoerd zal worden, wordt toekomstige aanlevering vanuit andere Europese landen waaronder Nederland als een reële optie gezien.<sup>83</sup> In juli 2018 heeft de Noorse overheid aangekondigd dat marktpartijen een vergunning kunnen aanvragen voor CO<sub>2</sub>-opslag. Het is de verwachting dat vergunningen in het laatste kwartaal van 2018 worden toegekend.<sup>84</sup>

Samenvattend is Noorwegen het enige land waar op dit moment gewerkt wordt aan CCS met een substantiële schaal. Er moeten echter nog diverse stappen genomen worden om het project te realiseren. Om die reden is het vanuit Nederlands perspectief zinvol om de ontwikkelingen in Noorwegen te blijven volgen.

<sup>79</sup> Heffron, R.J et al. (2018): Ownership, risk and the law for a CO<sub>2</sub> transport network for carbon capture and storage in the European Union, *Journal of Energy & Natural Resources Law*.

<sup>80</sup> US-Norway Collaboration on CCS/CCU (2017). 2-8.

<sup>81</sup> Rørvik, K. & Ringrose (Gassnova), P. (Statoil) (2018), 'How Norway is building a full-scale CCS value chain', presentatie beschikbaar op: <http://www.rite.or.jp/news/events/pdf/5-Kari-Lise-CCSWS20180123.pdf> (geraadpleegd op 9 juli 2018)

<sup>82</sup> BusinessGreen (2018) CCS 'milestone': Norway agrees backing for carbon capture, transport and storage projects.

<sup>83</sup> Om internationaal transport per schip mogelijk te maken moeten juridische belemmeringen worden weggenomen.

<sup>84</sup> Bron: Jwnenergy.com, geraadpleegd op 9 juli 2018.



Hoewel er een gebrek is aan internationale praktijkvoorbeelden is er in het buitenland wel nagedacht over de wijze waarop CCS georganiseerd kan worden. In het Verenigd Koninkrijk is een aantal jaren geleden een aanbesteding georganiseerd die uiteindelijk in 2015 mislukt is. Over de ervaringen is door de Britse variant van de Algemene Rekenkamer een rapport gepubliceerd waarbij één van de aanbevelingen was dat de overheid meer aandacht zou moeten hebben voor de verdeling van risico's, in het bijzonder ten aanzien van CO<sub>2</sub>-opslag.<sup>85</sup>

In 2016 is door het Brits parlement een advies uitgebracht over de wijze waarop CCS gerealiseerd kan worden. Een van de aanbevelingen was dat een overheidsbedrijf opgericht zou moeten worden dat verantwoordelijk zou zijn voor transport en opslag. Volgens het rapport zijn de meeste marktpartijen niet bereid om de risico's van CO<sub>2</sub>-opslag over de gehele keten heen te dragen.<sup>86</sup> Marktpartijen zouden wel ingezet kunnen worden om delen van de keten te realiseren. Voor het transport en opslagbedrijf zou een 'rate of return'-reguleringsystematiek moeten worden opgezet om te borgen dat de CCS-keten kostenefficiënt wordt gerealiseerd. Daardoor zou ook tegen lage kosten kapitaal kunnen worden aangetrokken.

Meer recent zijn diverse rapporten verschenen over mogelijke business modellen voor het Teesside CCS-project.<sup>87</sup> Ook deze rapporten wijzen op het belang van een adequate alloactie van risico's en de wenselijkheid van een rol voor de overheid bij transport en opslag. Het meest recente rapport uit het VK stamt uit 2018 en is geschreven in opdracht van het *Department of Business, Energy & Industrial Strategy*.<sup>88</sup> Volgens het rapport zijn er op dit moment de volgende belemmeringen voor de ontwikkeling van transport en opslag:

1. Gebrek aan een business case voor afvang, er zijn op dit moment geen klanten en dus is er geen verdienmodel voor transport en opslag;
2. Marktpartijen zijn niet bereid lange termijnrisico's ten aanzien van lekkage van CO<sub>2</sub> zonder beperking te dragen;
3. Er is onzekerheid over het af te vangen volume;
4. Ketenrisico's, als de CCS-keten eenmaal operationeel is zijn de opbrengsten van opslag- en transport-operators afhankelijk van bedrijven die afvangen. Omgekeerd zijn afvangers afhankelijk van de opslag- en transport-operators waardoor zij garanties willen hebben dat zij afgevangen CO<sub>2</sub> werkelijk kunnen transporteren en opslaan;
5. Het tijdstip van investeringen in transport en opslag moet worden afgestemd met de start van afvang door uitstoters;
6. Onbalans tussen de benodigde investeringen en de sterkte van de financiële balans van de operator;
7. Onzekerheid over de voorwaarden waaronder een afgesloten veld aan de autoriteiten kan worden overgedragen. Ook over de financiële zekerheid die verstrekt moet worden voor de opslagvergunning is onzekerheid;
8. Er wordt onvoldoende erkend dat het complex is om voldoende zekerheid te bieden ten aanzien van opslagcapaciteit als de CO<sub>2</sub> van meerdere grootschalige uitstoters afgevangen wordt ;
9. Het is van belang om kwaliteit/zuiverheid van CO<sub>2</sub> te definiëren en af te stemmen.

Bovenstaande belemmeringen komen grotendeels ook terug in hoofdstuk 3 van dit rapport. Het vijfde punt verwijst naar financieringsproblemen waardoor het niet mogelijk is om te investeren, zelfs als er een business case is. Uit de interviews die in het kader van het rapport zijn gehouden is

---

<sup>85</sup> National Audit Office (2017), 'Carbon capture and storage: the second competition for government support'.

<sup>86</sup> *Industry and investors expect the state to lead on CCS and there is little likelihood of any speculative investment by the private sector in the next phase of CCS development. To both maximise success and private involvement in that success in the long-term, the state must take a very significant and certainly leading role in the development of CCS in the UK (pag. 23).*

<sup>87</sup> Pöyry (2017), 'A business case for a UK industrial CCS support mechanism'.

<sup>88</sup> Pale Blue Dot Energy (2018), 'CO<sub>2</sub> transportation and storage business models'

gebleken dat het aantrekken van financiering door marktpartijen niet als een belangrijk probleem wordt ervaren. Voor specifieke bedrijven zou dat wel het geval kunnen zijn. Het negende punt dat betrekking heeft op de afstemming van de kwaliteit/zuiverheid van CO<sub>2</sub> vormt naar onze mening niet per definitie een belemmering. Er zijn namelijk genoeg voorbeelden van markten waarin marktpartijen onderling normen en standaarden bepalen. In het rapport van Pale Blue Dot Energy wordt overigens ook aangegeven dat de impact van deze belemmering waarschijnlijk klein is.

In het rapport worden een groot aantal mogelijke modellen geïdentificeerd waarvan er vier in het hoofdrapport aan de hand van een 'business model canvas' zijn uitgewerkt, dit zijn:

1. *Public entity*, een bedrijf dat 100% in handen is van de overheid neemt het initiatief voor transport en opslag.
2. *Mainly public entity*, in deze variant nemen marktpartijen een deel van de investeringen en een deel van het eigendom op zich.
3. *Private entity*, in deze variant doen marktpartijen alle investeringen. De overheid neemt wel een deel van de risico's op zich en zet een nieuwe organisatie op om sturing te geven aan de CCS-keten.
4. *Combined public private entity*, dit model is een variant op model 3 waarbij de overheid een minderheidsaandeel neemt en investeringen deels op zich neemt.

In het onderzoek wordt op basis van een eerste beoordeling geconcludeerd dat vooral in de beginfase de ontwikkeling van transport en opslag het beste gedaan kan worden met modellen waarin de overheid betrokken is. In alle modellen zou transport en opslag op 'rate of return'-basis gereguleerd moeten worden waardoor in de toekomst (in de modellen met publieke investeringen) privatisering mogelijk is.

De essentie is dat er een uitruil is tussen de risico's die de overheid accepteert en de mate waarin marktpartijen in CCS investeren. Op termijn kan de overheid echter de condities creëren waardoor de CCS-keten interessant is voor marktpartijen, daarvoor zou de overheid wel bepaalde risico's en verplichtingen op zich moeten nemen.

#### *Overige relevante literatuur*

In 2014 is door het Zero Emissions Platform (ZEP, een Europees platform dat als doel heeft om toepassing van CCS mogelijk te maken) een rapport verschenen over '*Business models for commercial CO<sub>2</sub> transport and Storage*' (2014). Dit rapport concludeerde dat in verschillende fases van de ontwikkeling van CCS andere modellen nodig zijn. De belangrijkste aanbeveling is om een 'market maker' op te richten die ervoor zorgt dat transport en opslag van de grond komt. Deze market maker, een gereguleerd bedrijf dat mogelijk maar niet noodzakelijkerwijs in de handen is van de overheid, zou verantwoordelijk zijn voor de aanleg van transportinfrastructuur in opdracht van de overheid. Daarnaast zou het bedrijf de verplichting hebben om alle aangeboden CO<sub>2</sub> af te nemen, hiermee worden alle ketenrisico's voor uitstoters weggenomen. In een meer gevorderd stadium zou overgestapt kunnen worden naar een 'liberalized market' waarin marktpartijen betrokken zijn bij de CCS-keten zonder directe betrokkenheid van de overheid. Voor demonstratieprojecten zou een 'contractor to the state' optimaal zijn met staatsteun voor projecten op een projectspecifieke basis.

# Over Ecorys

Ecorys is een toonaangevend internationaal onderzoeks- en adviesbureau dat zich richt op de belangrijkste maatschappelijke uitdagingen. Door middel van uitmuntend, op onderzoek gebaseerd advies, helpen wij publieke en private klanten bij het maken en uitvoeren van gefundeerde beslissingen die leiden tot een betere samenleving. Wij helpen opdrachtgevers met grondige analyses, inspirerende ideeën en praktische oplossingen voor complexe markt-, beleids- en managementvraagstukken.

Onze bedrijfsgeschiedenis begon in 1929, toen een aantal Nederlandse zakenlieden van wat nu beter bekend is als de Erasmus Universiteit, het Nederlands Economisch Instituut (NEI) oprichtten. Het doel van dit gerenommeerde instituut was om een brug te slaan tussen het bedrijfsleven en de wereld van economisch onderzoek. Het NEI is in 2000 uitgegroeid tot Ecorys.

Door de jaren heen heeft Ecorys zich verspreid over de wereld met kantoren in Europa, Afrika, het Midden-Oosten en Azië. Wij werven personeel met verschillende culturele achtergronden en expertises, omdat wij ervan overtuigd zijn dat mensen met uiteenlopende eigenschappen een meerwaarde kunnen bieden voor ons bedrijf en onze klanten.

Ecorys excelleert in zeven werkgebieden:

- Economic growth;
- Social policy;
- Natural resources;
- Regions & Cities;
- Transport & Infrastructure;
- Public sector reform;
- Security & Justice.

Ecorys biedt een duidelijk aanbod aan producten en diensten:

- voorbereiding en formulering van beleid;
- programmamanagement;
- communicatie;
- capaciteitsopbouw (overheden);
- monitoring en evaluatie.

Wij hechten waarde aan onze onafhankelijkheid, onze integriteit en onze partners. Ecorys geeft om het milieu en heeft een actief maatschappelijk verantwoord ondernemingsbeleid, gericht op meerwaarde voor de samenleving en de markt. Ecorys is in het bezit van een ISO14001-certificaat dat wordt ondersteund door al onze medewerkers.



Postbus 4175  
3006 AD Rotterdam  
Nederland

Watermanweg 44  
3067 GG Rotterdam  
Nederland

T 010 453 88 00  
F 010 453 07 68  
E [netherlands@ecorys.com](mailto:netherlands@ecorys.com)  
K.v.K. nr. 24316726

**W** [www.ecorys.nl](http://www.ecorys.nl)

***Sound analysis, inspiring ideas***