



## ROTTERDAM.CLIMATE.INITIATIVE

*Een beter klimaat voor mens, milieu en economie. Dat is de uitdaging voor initiatiefnemers Havenbedrijf Rotterdam NV, gemeente Rotterdam, Deltalings en DCMR Milieudienst Rijnmond. Het Rotterdam Climate Initiative biedt een platform waar overheid, organisaties, bedrijven en inwoners samenwerken aan halvering van CO<sub>2</sub>-uitstoot en versterking van de economie in de Rotterdamse regio. **Improving the climate** for the benefit of people, the environment, and the economy. That is the goal and the mission of the collective initiators, Port of Rotterdam, the Rotterdam municipality, Deltalings and DCMR Environmental Protection Agency. The Rotterdam Climate Initiative offers a platform for government, organizations, companies and citizens to work together on a fifty per cent reduction of CO<sub>2</sub> emissions while at the same time promoting the economy in the Rotterdam region.*

# CO<sub>2</sub>-afvang, -transport en -opslag in Rijnmond

Rapportage 2008



# Rotterdam Climate Initiative

## CO<sub>2</sub>-afvang, -transport en opslag in Rijnmond, Rapportage 2008

Verantwoordelijk MT-lid: Maarten de Hoog (DCMR Milieudienst Rijnmond)

CCS-team: Hans Knippels (DCMR Milieudienst Rijnmond)  
Barend van Engelenburg (DCMR Milieudienst Rijnmond)  
Maurice Hanegraaf (SPPS Consultants, i.o.v. DCMR Milieudienst Rijnmond)  
Ankie Janssen (Havenbedrijf Rotterdam)  
Nicole van Klaveren-Pleumeeke (DCMR Milieudienst Rijnmond)  
Stijn Santen (CO<sub>2</sub>-Net, i.o.v. DCMR Milieudienst Rijnmond)

DCMR Milieudienst Rijnmond  
Postbus 843  
3100 AV Schiedam  
Telefoon: 010-2468000  
Fax: 010-2468283



## Voorwoord

Sinds een jaar werken Gemeente Rotterdam, Havenbedrijf Rotterdam, ondernemersorganisatie Deltalings en DCMR Milieudienst Rijnmond in het Rotterdam Climate Initiative samen aan het realiseren van 50% CO<sub>2</sub> reductie in 2025 ten opzichte van 1990. Het grootste deel van deze reductie moet komen van het afvangen en ondergronds opslaan van CO<sub>2</sub>, internationaal aangeduid als CCS (Carbon Capture and Storage). In dit jaar is duidelijk geworden dat Rotterdam unieke mogelijkheden biedt voor het toepassen van CCS. Nationaal en internationaal bestaat er veel belangstelling voor de mogelijkheden van CCS in Rotterdam. Dat is goed, omdat het klimaatprobleem een wereldwijd probleem is en ook alleen internationaal kan worden opgelost. Reductie van CO<sub>2</sub> is alleen op mondiaal niveau zinvol en daarom is toepassing van CCS in Rotterdam pas zinvol als dit onderdeel uitmaakt van een wereldwijde aanpak van het klimaatprobleem. Rotterdam kan en wil daarbij de internationale ontwikkelingsplaats zijn van CCS. Als hier CCS grootschalig kan worden gedemonstreerd is toepassing elders mogelijk. Met name voor grote bronnen in de energieopwekking en basisindustrie kan CCS tot drastische reductie van CO<sub>2</sub> leiden. CCS is een robuust instrument waarmee met grote zekerheid 15 – 55 % van de wereldwijd benodigde CO<sub>2</sub>-reductie tot 2100 kan worden gerealiseerd (IPCC, special report on CCS). Tijdige ontwikkeling van CCS in Rotterdam is daarom van groot belang voor het wereldwijde klimaatbeleid.

Een mondiale aanpak is ook noodzakelijk om de concurrentiepositie van de betrokken bedrijven in Rotterdam niet in gevaar te brengen. Hoewel de kosten voor CCS in Rotterdam relatief laag zijn, leidt toepassing van CCS tot een substantiële verhoging van de kosten voor bedrijven. Zeker voor bedrijven die kosten niet kunnen doorberekenen aan hun klanten of mondiaal moeten concurreren. Voor dergelijke bedrijven is het daarom nodig dat het Europese klimaatbeleid wordt verbreed naar een wereldwijd klimaatbeleid.

Dit rapport geeft een grondige analyse van de mogelijkheden van CCS inclusief kosten en inkomsten. Met dit rapport kunnen betrokken partijen concrete stappen zetten om CCS ook daadwerkelijk toe te passen. Het in dit rapport beschreven ontwikkelpad heeft de steun van de Board van het Rotterdam Climate Initiative. Dit is een noodzakelijke maar niet voldoende voorwaarde voor het slagen van CCS. In deze fase is het van groot belang dat bedrijven hun aangekondigde voornemens voor grootschalige demonstratieprojecten nu omzetten in concrete projecten. Voorwaarde is ook dat de Rijksoverheid op korte termijn toezegt te willen bijdragen aan de noodzakelijke investeringen in de infrastructuur en de ontwikkeling van grootschalige demonstratieprojecten.

Rotterdam biedt unieke kansen voor de ontwikkeling van CCS. Vertraging in de besluitvorming binnen bedrijven en binnen de overheid mag er niet toe leiden dat deze kansen niet of te laat worden benut.

Ruud Lubbers



# Samenvatting

## Inleiding

In 2007 is het Rotterdam Climate initiative (RCI) gestart. Het RCI is een samenwerkingsverband van Gemeente Rotterdam, Havenbedrijf Rotterdam, Industrie organisatie Deltalinqs en DCMR Milieudienst Rijnmond dat zich richt op het realiseren van 50% CO<sub>2</sub>-reductie in Rotterdam in 2025 ten opzichte van 1990. Het merendeel van deze reductie zal moeten worden bereikt bij de grote bedrijven in het Rotterdamse havengebied. Daartoe zullen maximale inspanningen moeten worden geleverd op het gebied van energie-efficiency en duurzame energie. Het grootste deel van deze reductie (2/3 van het totaal, of wel 20 Mton/jaar) moet bereikt worden met afvang en opslag van CO<sub>2</sub>, in het Engels aangeduid als Carbon Capture and Storage (CCS).

In juni 2007 is een eerste rapport over CCS gepubliceerd, onder verantwoordelijkheid van de DCMR Milieudienst Rijnmond. De conclusie van dit rapport was dat CCS in Rotterdam mogelijk is tegen relatief lage kosten vergeleken met andere locaties. In het afgelopen jaar zijn de uitgangspunten en conclusies van het rapport uit 2007 besproken met experts en stakeholders uit de industrie, onderzoeksinstituten en financiers in binnen- en buitenland. Dit nieuwe rapport geeft de huidige inzichten van het RCI op het gebied van CCS weer en schetst het ontwikkelpad naar grootschalige toepassing van CCS.

## Hoofdconclusie

De hoofdconclusie van dit rapport is dat Rotterdam kan beginnen met het afvangen, transporteren en ondergronds opslaan van 5 Mton CO<sub>2</sub> per jaar. Indien op korte termijn een start gemaakt kan worden, is dit in 2015 haalbaar. In 2025 kan CCS de uitstoot van 20 Mton CO<sub>2</sub> per jaar voorkomen. Hiermee kan Rotterdam voor eenderde bijdragen aan de milieudoelstellingen van het kabinet. Bedrijven in het Rijnmondgebied zijn bereid om mee te doen en willen investeren. Deze koplopers willen duidelijkheid voor de lange termijn. Het Rotterdam Climate Initiative vraagt het kabinet daarom met klem om snelheid te maken en te zorgen voor passende regelgeving, voldoende (financiële) middelen en een effectieve organisatie. Als dat niet gebeurt, komt CCS in Rotterdam te laat van de grond, zet dat een rem op economische groei in het Rotterdamse havengebied en komen de klimaatambities van het kabinet in het gedrang.

## Afvang

Met betrekking tot de kosten voor de afvang van CO<sub>2</sub> uit niet-geconcentreerde bronnen is in het rapport van 2007 uitgegaan van het onderzoek door KEMA dat in opdracht van EnergieNed is uitgevoerd. Inmiddels is op basis van eigen (literatuur)onderzoek, informatie van technologieleveranciers, betrokken bedrijven en werkbezoeken in binnen- en buitenland een beeld gevormd van de mogelijke technologie en kosten dat specifiek op de situatie in de regio Rijnmond is toegesneden.

Voor het Rijnmondgebied geldt dat een grote hoeveelheid 'pure CO<sub>2</sub>' voor afvang beschikbaar is. Dit betreft met name CO<sub>2</sub> van installaties voor de productie van waterstof en bio-brandstoffabrieken. Voor deze installaties is CO<sub>2</sub> afvang relatief goedkoop en bedraagt zo'n 15 euro per ton, inclusief drogen en compressie. De verwachte hoeveelheid beschikbare pure CO<sub>2</sub> groeit van 1 Mton in 2008 naar 2,9 Mton in 2015. Het merendeel van de 20 Mton CO<sub>2</sub> per jaar waarvoor afvang wordt nagestreefd, zal met 'post-combustion' technologie worden afgevangen.

De ontwikkeling van 'post combustion'-technologie bevindt zich momenteel in de demonstratiefase. De meest toegepaste technologie is op dit moment gebaseerd op het gebruik van amines. Nadeel van deze technologie is de grote hoeveelheid energie die nodig is. Mede hierdoor liggen de afvangkosten van deze technologie op 40 euro per ton bij

grootschalige toepassing. Voor de demonstratieprojecten is gewerkt met twee keer zo hoge afvangkosten.

Kostenverlaging is mogelijk door toepassing van meer specifieke amines, een onderzoeksveld waar TNO zich op richt of het gebruik van andere 'solvents'. Veelbelovend is de zogeheten ammonia-technologie, die een veel lager energieverbruik kent dan de op amine gebaseerde technologie. De bedrijven Alstom en Powerspan ontwikkelen deze technologie. Bij grootschalige toepassing van de ammonia technologie dalen de afvangkosten tot 13 euro per ton. Technologie-instituten en leveranciers verwachten dat de afvangkosten op middellange termijn (2015 – 2020) zullen dalen tot 10 euro per ton afgevangen CO<sub>2</sub>.

In 2007 werd restwarmtebenutting verondersteld bij alle CO<sub>2</sub>-bronnen. Het RCI heeft nader onderzocht welke kostenbesparing wordt bereikt door het toepassen van beschikbare restwarmte in het Rijnmondgebied. De huidige detailanalyse voor het Botlekgebied laat zien dat zowel voldoende ruimte als warmte van de juiste kwaliteit op korte afstand van de CO<sub>2</sub>-bronnen beschikbaar is voor de afvanginstallaties van in totaal van 3,3 miljoen ton CO<sub>2</sub> per jaar. Deze analyse moet nog voor het totale industriegebied worden uitgevoerd. Restwarmtebenutting bij de kolencentrales op de Maasvlakte is niet mogelijk, gezien de grote afstand tot potentiële warmtebronnen.

### **Transport**

Het Havenbedrijf Rotterdam heeft in samenwerking met een aantal partijen een eerste business case voor CCS uitgewerkt. Deze business case geeft een gedetailleerd beeld van de noodzakelijke investeringen in de transportinfrastructuur op basis van hoge druk pijpleidingen en de daarmee samenhangende kosten. De business case gaat uit van afvang van 1 tot 5 Mton CO<sub>2</sub> per jaar. Deze CO<sub>2</sub> is afkomstig van voornamelijk pure CO<sub>2</sub>-bronnen en de demonstratieprojecten voor afvang. De business case bouwt voort op het bestaande OCAP-netwerk of een alternatief hiervoor. De investeringen voor het basisscenario van 1 Mton opslag per jaar bedragen ongeveer 50 miljoen euro en voor het maximum scenario van 5 Mton per jaar is dat 270 miljoen euro (investeringen prijspeil 2008). De transportkosten bedragen 20 euro per ton voor het maximumscenario en 22 euro per ton voor het basisscenario, hetgeen hoog is. De transportvergoeding is berekend zonder rijksbijdrage. Voorgesteld wordt dat betrokken markt- en overheidspartijen op korte termijn met elkaar nader onderzoeken of een zekere garantstelling voor een minimale CO<sub>2</sub>-prijs door de overheid, of een bijdrage in de investering, gecombineerd met door de bedrijven te hanteren lagere rendement-eis dan de gebruikte 15% voor de investeringen in de infrastructuur, tot een haalbaar plan leidt.

Bij een maximale doorvoer van 18 Mton per jaar dalen de transportvergoedingen tot 7,5 – 10 euro per ton per jaar. Een nieuwe mogelijkheid voor transport is vervoer van CO<sub>2</sub> per schip. Met name over grotere afstanden is deze optie reëel. Commerciële partijen hebben aangegeven hiervoor belangstelling te hebben, met name voor transport over grotere afstand ten behoeve van de inzet van CO<sub>2</sub> voor 'enhanced oil recovery' (EOR) in bijvoorbeeld Noorwegen. De kosten van transport kunnen verder worden verlaagd door CO<sub>2</sub> uit andere industriegebieden in binnen- en buitenland te transporteren via het 'Rotterdamse' netwerk. De ontwikkeling van Rotterdam als CO<sub>2</sub>-hub voor Noordwest-Europa is vanuit deze optiek gezien interessant voor aanbieders van CO<sub>2</sub> uit deze regio vanwege de verlaging van kosten voor transport.

### **Opslag**

Voor opslag van CO<sub>2</sub> uit Rotterdam komen (bijna) lege gasvelden in de Noordzee het meest in aanmerking. De gewenste opslagcapaciteit voor Rotterdam is ongeveer 600 Mton. In opdracht van de Nederlandse Olie en Gas Exploitatie en Productie Associatie (NOGEP) heeft TNO verkend welke opslagcapaciteit voor CO<sub>2</sub> in het Nederlands deel van het continentaal plat beschikbaar is. TNO en NOGEP hebben aangegeven dat de door

Een significant deel van de CO<sub>2</sub> die in Rotterdam zal worden afgevangen, is afkomstig uit bronnen van biogene oorsprong. Als deze zogeheten kortcyclische CO<sub>2</sub> wordt opgeslagen, draagt zij bij aan een daadwerkelijke verwijdering van CO<sub>2</sub> uit de atmosfeer en vormt daarmee een 'sink'. Het huidige EU-ETS erkent geen reductie van het kortcyclische CO<sub>2</sub>. Het toekennen van 'opslag-emissierechten' aan deze biomassa-CO<sub>2</sub> is een essentiële stimulans voor het toepassen van deze sink en het realiseren van de CCS-doelstelling aangezien de geplande kolencentrales biomassa als aanzienlijk deel van hun 'brandstof intake' zullen gebruiken.

### **Ontwikkeling van CCS in Rotterdam**

Het perspectief voor de ontwikkeling van grootschalige afvang, transport, toepassing en opslag in Rotterdam is onverminderd groot. De relatieve kosten van CCS zijn gunstig ten opzichte van vergelijkbare industriële complexen elders in Europa. Het voortvarend ontwikkelen van CCS kan daarmee een positieve vestigingsfactor worden voor de industrie in het Rijnmondgebied. Om dit voordeel te bewerkstelligen dient de toepassing van CCS op korte termijn te worden gerealiseerd. De strategie voor het realiseren van de CCS doelstelling moet rekening houden met de onderlinge afhankelijkheden bij afvang, transport en opslag op het gebied van planning, financiering, investeringsrisico's, schaalgrootte, technologie ontwikkeling en regelgeving. Op basis hiervan is het optimale ontwikkelpad van CCS in kwalitatieve termen geanalyseerd. Deze analyse leidt tot de volgende aanbevelingen:

- grootschalige pijpleiding infrastructuur is noodzakelijk voor kosteneffectief transport naar offshore-velden;
- import van CO<sub>2</sub> uit pure CO<sub>2</sub> bronnen elders naar Rotterdam kan een belangrijke bijdrage leveren aan het op korte termijn realiseren van een kritische schaalgrootte voor transport en daarmee aan het van de grond krijgen van CCS;
- grote demoprojecten voor afvang, transport en opslag moeten simultaan worden uitgevoerd.

Bij deze realisatie kunnen de volgende stappen worden gezet:

- ontwikkeling van het basisscenario voor transport. Voorgesteld wordt dat betrokken markt- en overheidspartijen op korte termijn met elkaar nader onderzoeken of een zekere garantstelling voor een minimale CO<sub>2</sub>-prijs door de overheid, gecombineerd met de door de bedrijven gehanteerde lagere rendementseis voor de investeringen in de infrastructuur, tot een haalbaar plan kan leiden;
- het RCI kan faciliteren bij het starten van afvangprojecten bij nieuwe pure CO<sub>2</sub>-bronnen en demonstratieprojecten voor het zo snel mogelijk toegroeien naar een scenario van 5 Mton CO<sub>2</sub>-afvang op jaarbasis. Om tijdig een doorgroei naar 20 Mton afvang op jaarbasis mogelijk te maken zijn demonstratieprojecten, met name in de bestaande industrie en de nieuwe elektriciteitsopwekking, essentieel. Het Rijk wordt gevraagd bij te dragen aan dit maximum scenario, waarvoor circa 150 miljoen euro voor demonstratieprojecten noodzakelijk is;
- de investeringen in infrastructuur voor het '20 Mton'-scenario zijn pas mogelijk indien duidelijkheid wordt verschaft over verantwoordelijkheden voor transport en opslag op nationaal niveau. Via de landelijke Taskforce CCS wil het RCI hieraan bijdragen.

### **Organisatie**

Uit gesprekken met de belangrijkste belanghebbenden blijkt dat zowel van de zijde van de overheid als het bedrijfsleven duidelijk is dat het nu tijd is voor de volgende fase in de realisatie van CCS in Rotterdam. Het RCI zal starten met bovengenoemde activiteiten vanuit het bestaande platform CCS. Het huidige platform is vooral gericht op kennisuitwisseling. In de volgende fase moeten vanuit dit platform concrete stappen worden gezet om de business case voor fase 1 en de demonstratieprojecten te realiseren, onder leiding van de voorzitter van het platform.