Risico management van het Carbon Capture and Storage programma

Interdisciplinaire inzichten geïllustreerd aan de hand van project Barendrecht

Onderzoeksverslag Thema 3

Lenka de Graaf (5649870)

Pieter Pronk (5810515)

Abstract:
De Nederlandse overheid wil in de toekomst grote hoeveelheden CO2 ondergronds opslaan omdat men gelooft dat dit nodig is om het broeikaseffect te doen afnemen. Het totale plan beslaat de afvang, compressie, transport en ondergrondse injectie van CO2 en wordt CCS (Carbon Capture and Storage) genoemd.
TNO is een van de belangrijkste kennisgevers van de overheid. Zij zijn van mening dat de techniek klaar is voor CCS en daarmee voorstander van een demonstratieproject in Nederland. Er bestaan echter ook tegenstanders die anders beweren. In deze scriptie zal het CCS onderzoek van TNO vergeleken worden met externe bronnen van tegenstanders middels de hoofdvraag: Waar liggen de knelpunten van het risicomanagement van CCS? Hierbij wordt gezocht naar voornamelijk interdisciplinaire inzichten. Wij concluderen dat er in het TNO onderzoek kleine ruimte is voor verbetering. Er zijn relatief weinig problemen in het onderzoeksgedeelte. In de besluitvorming is meer ruimte voor discussie.

Tutor: Lucy Kerstens

Vakdocent: Lucas Reijnders

Datum: 28 januari 2010

Aantal woorden: 4702

Inhoud

Inleiding pagina 3

1. Theoretisch kader pagina 5

1.1 Waar moet een opslaglocatie geologisch gezien aan voldoen?

1.2 Welke mogelijkheden zijn er voor CCS in Nederland?

1.3 Voorwaarden demonstratieproject?

1.4 Waarom Barendrecht?

2. Natuurwetenschappelijk risico-onderzoek pagina 11

2.1 Computer modellering ondergronds

2.2 De aard van ondergronds modelleren

2.3 Closed-loop

2.4 Gevolgen van een lek

2.5 Resultaten

3. Maatschappelijke weerklank pagina 18

3.1 Risicoperceptie implementeren in risicoanalyse

3.2 Communicatie, publieke acceptatie

Conclusie pagina 21

Literatuurlijst pagina 22

Inleiding

Deze tijd gaat er bijzonder veel aandacht uit naar klimaatverandering, volgens menig wetenschapper en politicus een gevolg van de menselijke CO2 uitstoot. Om deze uitstoot te verminderen moeten er minder fossiele brandstoffen gebruikt worden. Daarnaast moeten er schone hernieuwbare energiebronnen ontwikkeld worden. Maar zolang dit nog niet zover is, bestaat er nog een optie: CO2 opslag, of Carbon Capture and Storage (CCS). Hierbij wordt het geproduceerde CO2 afgevangen, gecomprimeerd, getransporteerd en vervolgens in de diepe ondergrond opgeslagen. Zolang de voorraad strekt, want voor CCS is wel fossiele brandstof, en ondergrondse opslagruimte nodig. CCS wordt door de huidige Nederlandse regering als een voorlopig goede oplossing gezien die tijd geeft om echt duurzame alternatieven voor fossiele brandstoffen te ontwikkelen.

Echter om verantwoord een CCS project te starten moet men met een degelijk interdisciplinair plan op tafel komen. Die plannen bestaan. De Nederlandse overheid heeft zelfs zoveel vertrouwen in de bestaande wetenschappelijke informatie dat men vrij baan heeft gegeven aan het project Barendrecht. Daar wil men vanaf 2011 starten met het injecteren van 800.000 ton CO2. Dit “demonstratieproject” moet laten zien dat CCS een goede oplossing is zoals men heeft voorspeld. Vervolgens is het aan de maatschappij om het project te ontvangen.

Deze scriptie behandelt de risico’s die gepaard gaan met een CCS project. Wij definiëren risico als het product van kans en gevolg (R=P*E). Menig CCS risico onderzoek concludeert met de ruimte van een onzekerheidsmarge over het risico. Doel voor de toekomst is deze marge te verkleinen ofwel nauwkeuriger te voorspellen. Er is dus ruimte voor verbetering maar waar? Technische CCS artikelen laten zelden een duidelijk beeld zien van de onderzoeksgebreken. Er is daardoor zelden sprake van, voor een buitenstaander zichtbare, zelfreflectie.

Huidige CCS plannen zijn vaak het product van een interdisciplinaire groep wetenschappers met de beschikking over computermodellen. Dergelijke diepgaande technieken kan een bachelor student Bèta-Gamma niet omver werpen. Wat wij wel kunnen doen is de, in veel gevallen interdisciplinaire, gebreken onderstrepen en de

significantie hiervan afwegen. Daarom staan in deze scriptie uitspraken niet op zichzelf, maar zijn direct gerelateerd aan gebruikte artikelen.

De scriptie is al volgt opgebouwd: eerst wordt er een theoretisch kader gegeven. Hierin komen de voorwaarden en mogelijkheden voor CCS in Nederland aan bod en wordt de keuze voor Barendrecht – Barendrecht-Ziedewij verantwoord. Hierop volgt een kritische beschouwing van het exacte CCS risico-onderzoek, hierin worden de gebruikte modellen getoetst op interdisciplinariteit en volledigheid. Tot slot wordt er ingegaan op de maatschappelijke kant van CCS, hierbij komen besluitvormingproblemen aan de orde. In de conclusie worden de resultaten kort samengevat en wordt er antwoord gegeven op de hoofdvraag: *Waar liggen de (interdisciplinaire) knelpunten van het risicomanagement van CCS in Nederland?*

1. Theoretisch kader

Dit theoretisch kader schetst een beeld van de voorwaarden en mogelijkheden voor CCS in Nederland. Het dient om een beter en breder begrip te krijgen van de afwegingen die gemaakt zijn en hebben geleid tot de keuze voor Barendrecht – Barendrecht-Ziedewij als locatie voor het demonstratieproject.

1.1 Waar moet een opslaglocatie geologisch gezien aan voldoen?

Een geschikte plaats voor het opslaan van CO2 in de diepe ondergrond is een combinatie van een poreuze gesteentelaag die dient als reservoir (vaak een zandsteen) en een overliggende niet-permeabele laag (meestal een zoutlaag of kleisteen). Het geïnjecteerde gas verzamelt zich in de poriën en kleine breuken tussen de korrels van het reservoirgesteente. Het is dus niet zo dat er een grote bel gas onder de grond ontstaat, het gas zit gevangen in het gesteente. De poriën van het niet permeabele gesteente zijn zo klein dat het gas hier niet doorheen kan migreren. Omdat er na de injectie een onderdruk heerst in het reservoir zal het gas de neiging hebben om naar boven te migreren en dus te ontsnappen. Om dit tegen te gaan is de ondoorlatende laag essentieel (Holloway, 2007).

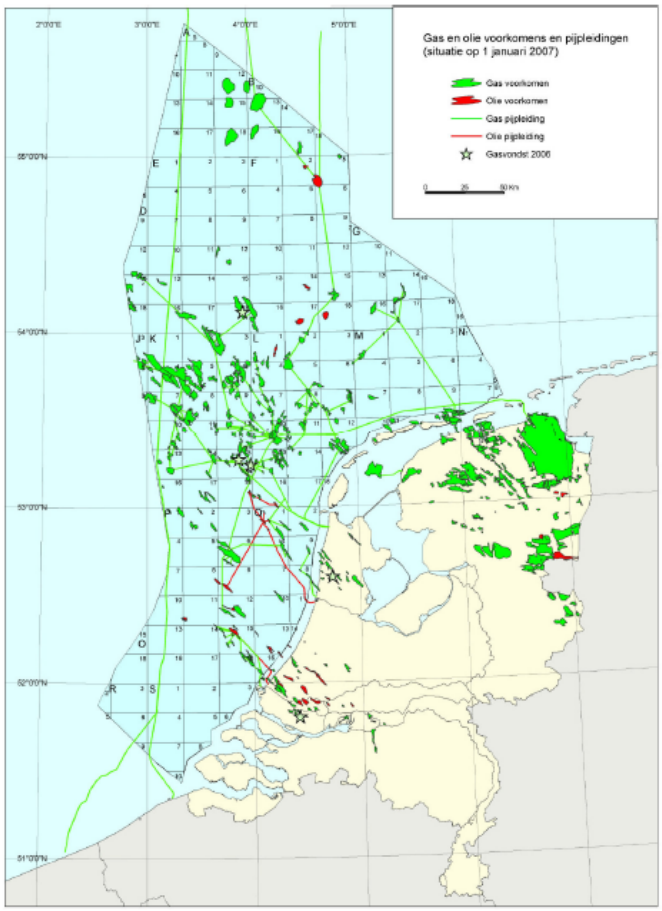
Andere eisen waar een potentiële locatie aan moet voldoen zijn:

- De aanwezigheid van insluitende structuren om migratie van CO2 binnen het reservoir te beperken en om contact met omliggende formaties te voorkomen
- Een diepte van groter dan 800 meter waar een geschikte druk en temperatuur heerst zodat het gas in de gecomprimeerde fase blijft en de opslagcapaciteit maximaal is
- De afwezigheid van drinkwater geschikt voor menselijke consumptie en activiteiten. Wanneer CO2 in contact komt met water zal het hierin oplossen en het zwakke zuur koolzuur vormen, dit zou het water ongeschikt voor consumptie maken (CO2 GeoNet, 2009).

1.2 Welke mogelijkheden zijn er voor CCS in Nederland?

Wereldwijd bestaan er verschillende opties voor CCS; in lege gasvelden, lege olievelden, aquifers (watervoerende ondergrondse lagen) en onmijnbare steenkoollagen. In Nederland bestaan de mogelijkheden voor CCS in olievelden, gasvelden en aquifers op zowel land (onshore) als zee (offshore) (Ramirez et al., 2009). Opslag in onmijnbare steenkoollagen is nog in de testfase en wordt momenteel doorontwikkeld in Polen en China. Deze mogelijkheid is nog niet rendabel en zal dan ook verder buiten beschouwing gelaten worden (Pagnier, 2009).

Van deze opties biedt de opslag in gasvelden in Nederland het beste perspectief. Deze velden bieden de grootste capaciteit (zie figuur 1), hebben hun afdichtende laag bewezen doordat het van nature gasreservoirs zijn en er is veel data bekend over de diepe ondergrond dankzij het gaswinningverleden (Pagnier, 2009).



Figuur 1: Overzicht ligging Nederlandse gas en olievelden (gasvelden zijn groen, olievelden zijn rood) (MER deelrapport 3, 2008).

1.3 Voorwaarden demonstratieproject?

De Nederlandse overheid wil graag haar vooraanstaande positie op het gebied van CCS technologie ten opzichte van de wereldmarkt verbeteren en behouden. Daarom is ze op zoek gegaan naar een geschikte locatie voor een demonstratieproject in Nederland. Een dergelijk project is, in tegenstelling tot wat veel mensen denken, geen experiment om de techniek te testen maar een project bedoeld om CCS naar een subcommerciële schaal te brengen, maatschappelijke vragen te beantwoorden en ervaring op te doen op het gebied van regelgeving. Een experiment op bestuurlijk niveau (Pagnier, 2009).

Niet elke locatie die geschikt is voor CCS is ook geschikt om te dienen als locatie voor dit demonstratieproject. De locatie voor het demonstratieproject moet voldoen aan de volgende aanvullende voorwaarden:

- **De opslag moet veilig plaatsvinden**
  Het reservoir moet voldoen aan de voorwaarden uit paragraaf 1.1.
  Er moeten voldoende, niet afgesloten, gasputten aanwezig zijn zodat deze na injectie optimaal afgesloten kunnen worden.
  De putten moeten goed bereikbaar zijn
- **Het project dient kosteneffectief uitgevoerd te worden**
  Er moet zo puur mogelijk CO2 gebruikt worden omdat het scheiden van gassen kostbaar is
  De CO2 bron dichtbij de injectielocatie liggen vanwege transportkosten
  De locatie is niet meer rendabel voor gasproductie
  De bron moet vallen onder emissierechtensysteem
- **Er moet worden voldaan aan de uitgangspunten van de overheidstender** (een afwegingsprocedure van de overheid voor het verdelen van subsidies)
  Er moet een leereffect aan de locatie verbonden zijn
  Er moet tijdig gestart worden met de injectie
  Er moet een minimum capaciteit van 2 Mton zijn, het reservoir moet in 10 jaar gevuld kunnen worden
  (MER deelrapport 3, 2008)

1.4 Waarom Barendrecht?

De overheid heeft de locatie Barendrecht – Barendrecht-Ziedewij uitgekozen als locatie voor een demonstratieproject. Deze locatie bestaat uit twee gasvelden; een klein en een groot veld met een capaciteit van respectievelijk 0.8 en 9.5 miljoen ton. De plannen zijn om in 2011 met de injectie in het kleine veld (Barendrecht) te beginnen, dit gaat drie jaar duren. Vanaf 2015 zal er gestart worden met injectie in het grote veld (Barendrecht-Ziedewij), de planning is dat dit 25 jaar gaat duren (Shell).

Aan de hand van bovengenoemde voorwaarden (paragraaf 1.3) zijn geschikte locaties voor CCS gescreend, de resultaten hiervan zijn te zien in tabel 1 en worden onder de tabel toegelicht.

Tabel 1: scores van potentiële opslaglocaties (MER deelrapport 3, 2008)

	Offshore		Noord-Nederland	West-Nederland	
Criteria	Bron onshore	Her-injecteren	Algemeen	De Lier	Barendrecht Barendrecht-Ziedewij
Geschiktheid reservoir	+	+	+	+	+
Geen afgesloten putten	+	+	+	-	+
Putten toegankelijk	0	+	+	- -	+
Beschikbare pure bron	+	-	-	+	+
Nieuwe pijpleiding	- -	+	- - -	0	-
Leeggeproduceerd veld	+	-	+	+ +	+
Emissierechten	+	-	+	+	+
Leereffecten	-	-	+	+	++
Tijdig starten	+	-	+	++	++
Volume in reservoir	+	-	+	+	+

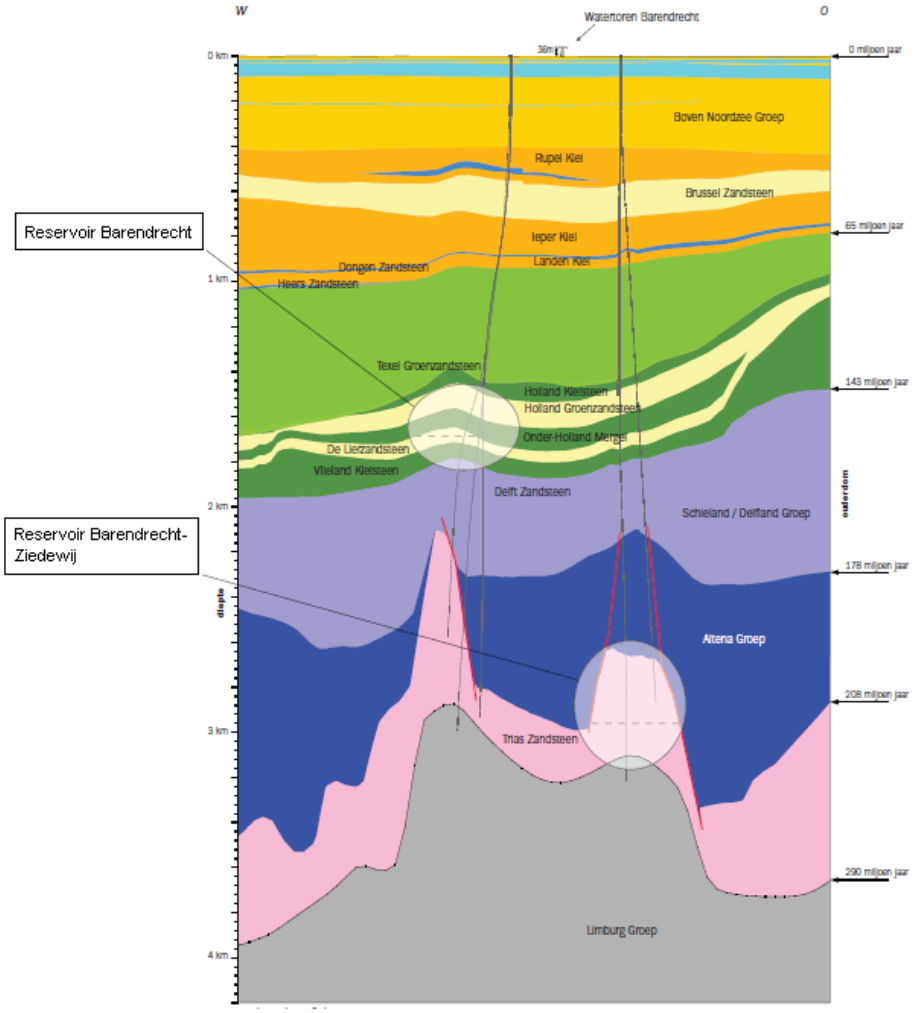
Geschiktheid reservoir

Het kleine reservoir onder Barendrecht maakt onderdeel uit van de Lier formatie. Het reservoir bestaat uit de Lier Zandsteen Laagpakket en ligt op circa 1700 meter diepte. Het pakket is 60 meter dik en wordt afgesloten door een kleisteen formatie uit de Rijnland

groep. Dit pakket is circa 90 meter dik en maakt onderdeel uit van het Onder-Holland Mergel Laagpakket (MER deelrapport 3, 2008).

Het reservoir van het veld Barendrecht-Ziedwij bestaat uit zandsteen die onderdeel uitmaakt van de Hoofd-Bontzandsteen Subgroep. Het reservoir ligt op 2700 meter diepte en is gevormd in het Trias als fluviatiele afzetting in een semi aride klimaat. De overliggende afsluitende laag is kleisteen van de Keuper afgewisseld met Muschelkalk formaties. Hier overheen ligt nog een kleisteen die onderdeel is van de Altena groep. Een overzicht van de geologie van beide velden is te zien in figuur 2.

Beide locaties voldoen aan de algemene geologische criteria voor CCS genoemd in paragraaf 1.1 en zijn daarmee geschikt bevonden voor de opslag van CO2 (MER deelrapport 3, 2008).



Figuur 2: Overzicht geologie reservoirs Barendrecht en Barendrecht Ziedewij (Pagnier, TNO Geo Energy)

Veiligheid

De beide velden bij Barendrecht beschikken over voldoende, niet afgesloten, goed bereikbare putten voor injectie en monitoring. Dit maakt dat men Barendrecht verkiest boven de aanvankelijk geschikt geachte locatie ‘de Lier’, hier zijn de 40 injectieputten reeds afgesloten en tot een paar meter onder het maaiveld verwijderd. Het land is al teruggegeven aan de eigenaren en zelfs bebouwd, hierdoor is deze locatie niet meer geschikt voor het demonstratieproject (MER deelrapport 3, 2008).

Kosteneffectief

De centrales in Pernis (waar bijna zuiver CO2 wordt geproduceerd) bevinden zich op 17 kilometer afstand van de injectie locatie, hiervoor moet een nieuwe pijpleiding aangelegd worden. In Noord Nederland wordt geen puur CO2 geproduceerd dus om hier CO2 te injecteren is veel transport nodig, dit is kostbaarder dan de nieuwe pijpleiding die in Barendrecht aangelegd moet worden. Hierdoor verkiest men Barendrecht boven Noord Nederland (MER deelrapport 3, 2008).

Overheidstender

Nederland heeft nog geen ervaring op het gebied van onshore injectie van CO2, vanwege het leereffect dat de overheidstender als voorwaarde stelt moet het demonstratieproject onshore plaatsvinden. Nederland is al bij de CCS projecten K12-B en Sleipner (TNO) betrokken en heeft op dit gebied dus al redelijk wat ervaring. Nadelen van offshore injectie zijn bovendien dat er lange en dus dure pijpleidingen nodig zijn, en dat de emissierechten waarschijnlijk niet verkocht kunnen worden. Deze redenen maken dat een offshore project niet geschikt voor het demonstratieproject (MER deelrapport 3, 2008).

Conclusie

Uit bovenstaande volgt dat de combinatie Barendrecht – Barendrecht-Ziedewij geschikt is voor CO2 injectie. Door de overheid wordt deze locatie als meest geschikt voor een demonstratieproject gezien.

2. Natuurwetenschappelijk Risico-onderzoek

TNO (Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek) is een van de belangrijkste onafhankelijke CCS kennisgevers van de Nederlandse overheid. Hun taak in deze is enkel en alleen kennis vergaren en informeren. Zowel op natuurwetenschappelijke als maatschappelijk gebied. Deze informatie vormt het fundament van de overheidsbesluitvorming.

TNO houdt rekening met de volgende drie nadelige gevolgen van CO2 injectie: seismische activiteit, CO2 lekkage en poriewater verplaatsing.

Met seismische activiteit wordt elke vorm van geologische verplaatsing bedoeld. Deze verplaatsing kan zorgen voor bodem- verhoging, beving en scheuren. Scheuren en putten zijn de oorzaak van lekkage. Ten slotte kan CO2 poriewater, het water dat diep ondergronds in sediment zit opgeslagen, wegpersen zodat het peil hiervan stijgt (TNO). Dit is in Nederland echter zelden het geval en zal niet Behandeld worden. De risico's kunnen betrekkelijk goed geschat worden. De onzekerheden die nog bestaan worden in dit hoofdstuk behandeld.

2.1 Computer modellering ondergronds

Voorspellingen van het CCS proces worden gemaakt doormiddel van computersimulaties omdat deze grote hoeveelheden aan data kunnen verwerken. De drie hierboven genoemde risico's moeten zo inzichtelijk worden gemaakt. Het onderzoeken van deze risico's is een aardwetenschappelijke taak. Van oudsher zijn natuur- en scheikunde geïmplementeerde disciplines binnen de discipline aardwetenschappen (Repko). Desondanks berusten CCS computer programma's op natuurkundige factoren zoals druk en capillaire werking. Over het algemeen blijken dergelijke programma's redelijk goed te voorspellen ondanks dat scheikundige factoren van invloed niet in deze modellen voorkomen. Mogelijk kan het toevoegen van deze factoren zoals verzuring de onzekerheidsmarge van dergelijke modellen verkleinen.

Verzuring van ondergrond

Wanneer CO2 in contact komt met water zal het oplossen volgens:

$$CO2\ (g) + H2O\ (l) \rightarrow H2CO3\ (aq)$$

Als reactieproduct ontstaat het zwakke zuur H2CO3 (koolzuur) dat zijn waterstofionen ook nog zal afstaan zodat er $2H^{+} + CO^{2-}3$ in de oplossing komt. Door de losse H^{+} ionen wordt de oplossing zuurder, en kan reageren met de mineralen van de gesteentes en de pijpleidingen en installaties aantasten (MER deelrapport 1, 2008).

De kans dat het aantasten van mineralen voor problemen zorgt is in het geval van Barendrecht erg klein. In het reservoir heersen zeer droge omstandigheden, er zal slechts een heel klein deel van het CO2 oplossen dat een dun gedeelte van de overliggende laag zal aantasten. Bovendien is onderzocht dat het zuur de afsluitende laag minder permeabel maakt door mineraalherschikking en dus positief bijdraagt aan de afsluiting van het reservoir. Dit effect is echter zo klein dat het nauwelijks effect heeft op de totale afsluitende laag (Pagnier, 2009).

Ondanks dat closed-loop programma's slechts rekening houden met natuurkundige factoren voorspellen zij wel nauwkeurig. Dit komt omdat de bijdrage van verzuring, een scheikundige factor, doorgaans klein is. De beperkte integratie van scheikunde in een aardwetenschappelijk vraagstuk is hierom een bewuste keuze geweest. Dit verandert uiteraard zodra men te maken krijgt met een ondergrond waarbij verzuring wel optreed. Zolang die gebieden zich niet voordoen is scheikundige implementatie niet vereist.

2.2 De aard van ondergronds modelleren

Een niet te voorkomen gebrek aan ondergronds onderzoek is onzekerheid. Modellen die de bodem beschrijven berusten op thermofysische eigenschappen. Thermofysica is de tak van natuurkunde waarin men macrotoestanden beschrijft. Voorspellen van macrotoestanden levert, altijd "slechts" een kans op (Schroeder). Deze kans kan groot of klein zijn maar blijft een kans. Dit is anders bij klassieke mechanica. In klassieke mechanica komt geen kans voor, alleen zekerheid. Constructeurs van gebouwen hebben

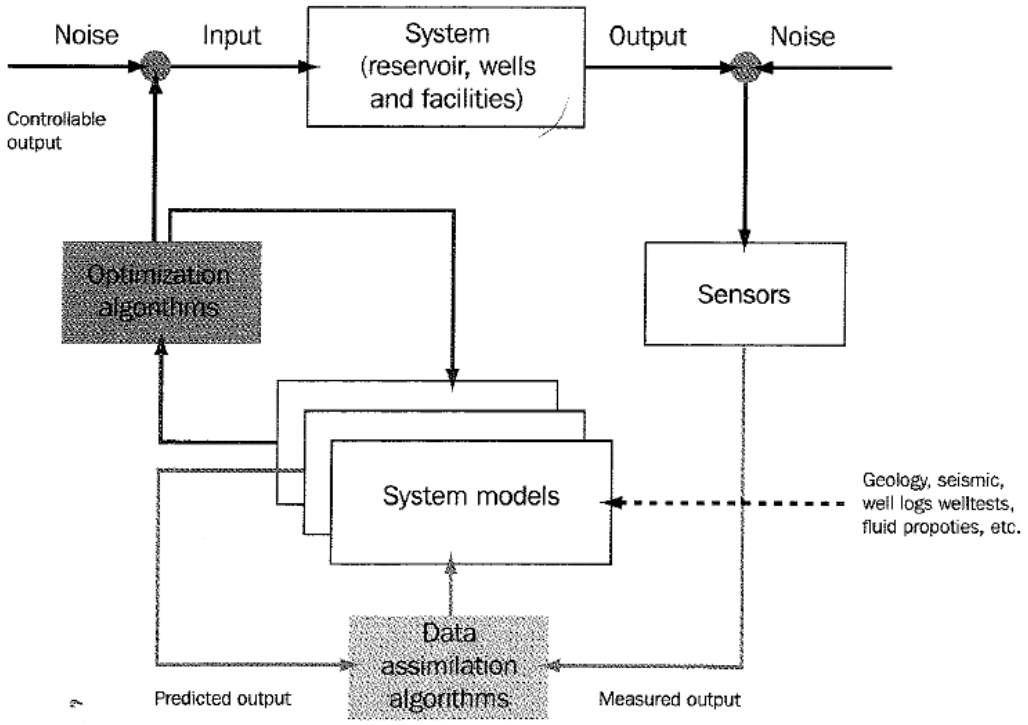
bijvoorbeeld te maken met klassiek mechanica van een huis. Zij kunnen met veel grotere zekerheid zeggen of dat blijft staan. Dit verschil van aard van wetenschappen zorgt ervoor dat beide op een andere manier door de maatschappij worden ontvangen. Dus als na bodemonderzoek een positief statisch beeld wordt gegeven dan schemert hier, door de statistische aard van bodemonderzoek, onzekerheid in door. Hoe groot de kans op een positief verloop ook is (Saraf, 2007).

2.3 Closed-loop

De meest succesvolle soort programma's voor het modelleren van de ondergrond zijn de closed-loop programma's als EnKF (Ensemble Kalman Filter)(TNO). Deze blijken behoorlijk goed dit ondergrondse proces te beschrijven.

Closed-loop programma's zijn programma's waarbij dataverwerking zoveel mogelijk geautomatiseerd is zodat veel data verwerkt kan worden. Hierdoor kunnen metingen, berekeningen en reflectie frequent elkaar opvolgen. Tijdens de reflectiefase worden de metingen en de berekende voorspellingen met elkaar vergeleken. Het verschil tussen beide wordt gebruikt om de algoritmes van het rekenprogramma te optimaliseren. Zo herziet het programma zichzelf als de voorspellingen niet kloppen.

Een programma kan zich niet als geheel aanpassen maar kan wel bestaande factoren zwaarder of minder zwaar laten wegen. Dit zorgt ervoor dat verschillende startwaarden



Figuur 3. closed loop (Jansen, 2009)

Onzekerheid van Closed-loop tijdsduur

Ondanks dit positieve verhaal moeten de volgende onderdelen in het systeem nog worden verbeterd. Ten eerste is het niet bekend hoe snel een programma de juiste voorspelling kan maken (Jansen). Deze snelheid is van belang voor de partij die op dat moment verantwoordelijk is voor het CCS project. Die partij moet gedurende een test periode juist kunnen voorspellen hoe het ondergrondse zich zal gedragen. Zolang men dat niet kan is het beheer van het gasveld voor eigen rekening, en kan men het veld niet afstaan aan de overheid. Anderzijds wil de overheid er van op aan kunnen dat zij een veilige situatie in handen hebben. De onzekerheid van deze termijn vormt de crux van het huidige demonstratieproject te Barendrecht (Pagnier).

De voorspellingssnelheid een direct gevolg van het herhalende closed-loop proces. Het is niet bekend hoeveel een programma zichzelf moet herzien en dus hoeveel tijd tussen de metingen moet zitten om waardevolle voorspellingen te doen. Hierdoor zijn de grootste risico's niet zozeer de veiligheid maar wel de tijdsduur van het beheer en zondoende ook de kosten hiervan. Dus het gebrek van de closed-loop programma's komt

op rekening van de overheid of de beherende partij. De veiligheid van omwonenden wordt hier niet direct door benadeeld.

2.4 Gevolgen van een lek

Saraf (2007) toont een verschil tussen risicoperceptie in de exacte wetenschappen en die in de psychologie. Waar de eerste voornamelijk gericht is op getalsmatige risico's (gevolg en kans), is de subjectieve risicoperceptie voornamelijk gericht op de schaal van de gevolgen. Dus ondanks dat de kans op een gaslek klein bleek in het geval van Barendrecht (TNO) is het van belang te weten wat de gevolgen van een lek zijn.

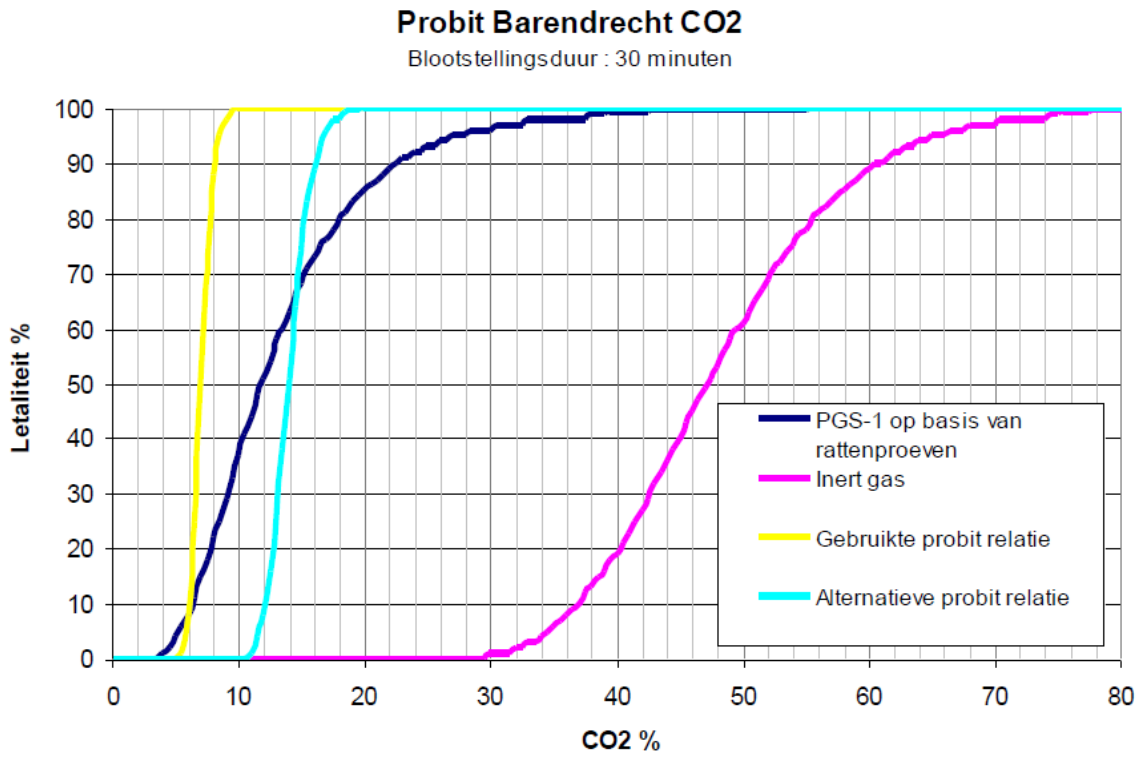
Gebreken van computer modellering bovengronds

CO2 is een betrekkelijk onschuldig gas maar kan in grote hoeveelheden wel schadelijk tot dodelijk zijn voor mens en dier. In zo'n geval ontstaat er een reactie die vergelijkbaar is met verstikking. Wanneer verstikking voorkomt is afhankelijk van het CO2 percentage in de lucht. Dit hangt af van de hoeveelheid ontsnapte CO2 en de verspreiding van het gas. Huidige verspreidingsmodellen zijn bijzonder gedetailleerd maar gaan slechts uit van het simpelste model; een vlakke ondergrond. Obstakels als dijken en woningen zoals in Barendrecht worden niet gesimuleerd. Bekend is dat een hoogteverschil van 10 meter ondanks sterke wind kan leiden tot bewaring van het CO2 (Chow, 2008). Een model waarbij geen objecten in rekening worden gebracht onderschat dus zeer waarschijnlijk de situatie als in Barendrecht.

Onvolledige Probitrelatie

Mocht CO2 uit de ondergrond ontsnappen dan is het belangrijk te weten wat de gevolgen voor mens en dier hiervan zijn. Hiervoor is de relatie tussen percentages CO2 in de lucht en de letaliteit hiervan, ofwel probit relatie, nodig. De probit relatie is een gladde curve die beschreven wordt door een logaritmische functie Pr = a + b*ln(t*C^n). C is de concentratie, t de tijdsduur van blootstelling en a,b en n constante toxische eigenschappen van het gas (TEBODIN). Tegenwoordig bestaat er een bescheiden hoeveelheid kennis over deze letaliteit waardoor een probit relatie niet volledig is. De toxische

eigenschappen staan voor CO2 dus nog niet vast. Gevaarlijk wordt het als een relatie de letaliteit onderschat. Dit is opgelost door een zeer pessimistische curve waarbij vanaf een percentage van %5 volledig letaliteit geschat wordt. In werkelijkheid bestaat er een overgang in letaliteit tussen 5% en 10% maar aangezien deze overgang niet duidelijk is neemt stelt men voorlopig zo de grens. De huidige probit relatie is dus pessimistischer dan wat in werkelijkheid af zou spelen. De werkelijke letaliteit neemt hierdoor dus af.



Figuur 4. Probitrelaties volgens Tebodin B.V. (Tebodin, 2008)

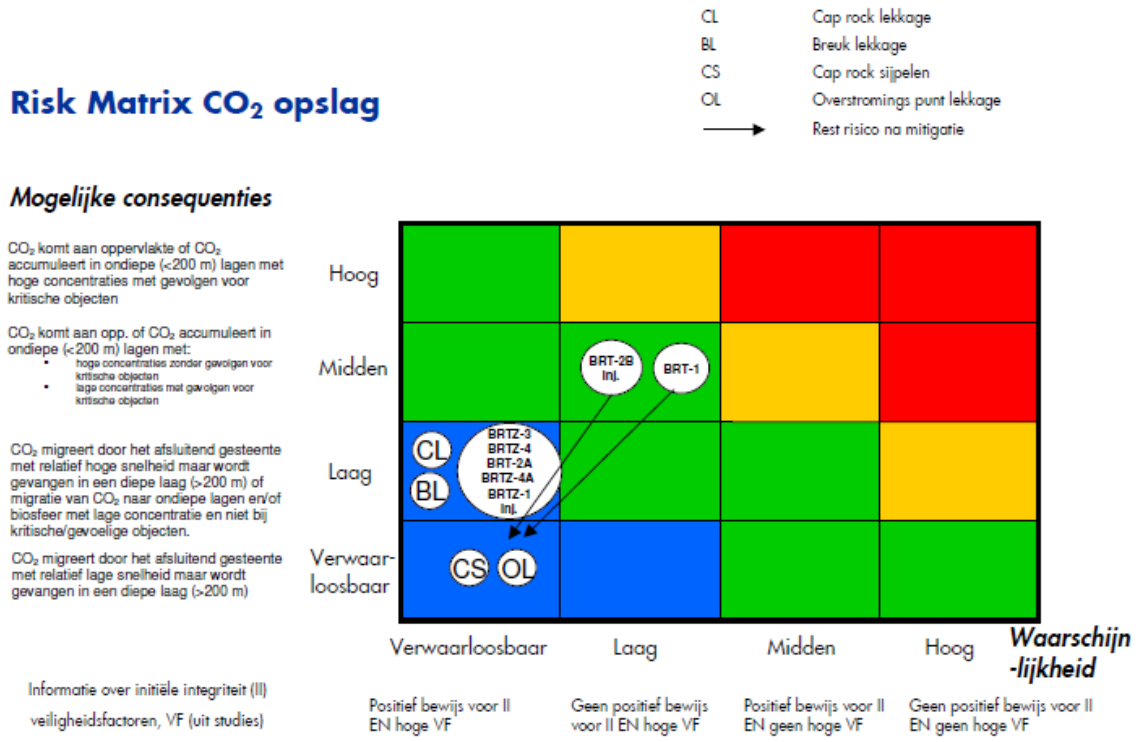
Overschatten en onderschatten

Chow et al. Lieten zien dat zien dat een reliëf van 10m hoog, ongeveer de hoogte van vinex bebouwing, het gas langer vasthoudt. Hoge concentraties blijven hierdoor langer geconcentreerd. De tijdelijke probitrelatie verbindt een betrekkelijk lage CO2 concentratie aan een hoge letaliteit. Daarmee overschat deze relatie hoogstwaarschijnlijk de letaliteit. Dus de computersimulatie onderschat en de probitrelatie overschat het risico van een gaslek. De combinatie van deze zorgt ervoor dat de huidige effecten van een gaslek zowel over als onderschat kunnen worden. Daarnaast bestaat de mogelijkheid dat

beide effecten elkaar afwegen. Een exacte uitspraak kan echter pas gemaakt worden door een computermodel met de juiste waarden.

2.5 Resultaten

In dit hoofdstuk zijn gebreken van het natuurwetenschappelijke onderzoek behandeld. In het blokdiagram hieronder (figuur 3) zijn de grootste gevaren gekoppeld zijn aan een waarschijnlijkheid. Ondanks bovengenoemde gebreken wordt de kans op een goed project verloop zeer groot geacht.



Figuur 5: ingevuld schema adhv detailonderzoeken (MER)

Te zien is dat de Bèta risico's laag tot verwaarloosbaar worden geschat. Hiermee wordt door TNO geclaimd dat de opslag veilig genoeg is (Pagnier, 2009). Het natuurwetenschappelijke risico is echter een onderdeel van het gehele risico management.

3. Maatschappelijke weerklank

Tot nu toe is deze scriptie voornamelijk ingegaan op de natuurwetenschappelijke kant van CCS. Er is echter zowel in het onderzoek naar de risico's als in de uitvoering van CCS een groot raakvlak met de maatschappijwetenschappen. Dit maakt de uitvoering van een project als Barendrecht tot een complexe bezigheid waar een interdisciplinaire aanpak van groot belang is (Wildenborg, 2009). Om dit te illustreren volgen twee voorbeelden / theorieën. Dit hoofdstuk fungeert om aan te stippen dat de toekomst van grootschalige CCS ook voor een groot deel in handen van de maatschappijwetenschappen ligt.

3.1 Risicoperceptie implementeren in risicoanalyse

Omdat risico over het algemeen in risicoanalyses gedefinieerd wordt als kans x gevolg ligt de nadruk van een risicoanalyse vooral bij natuurwetenschappelijke risico's. Ook in de risicoanalyse uit het MER deelrapport 3 is dit het geval, deze omvat vooral zaken die leiden tot CO2 lekkage. Aan maatschappelijke factoren wordt een regel gewijd aan enige hinder die de directe omgeving kan ondervinden in de injectiefase, dit heeft echter geen gevolg (MER deelrapport 3, 2008).

Hoewel de natuurwetenschappelijke benadering de gangbare is, zijn er ook wetenschappers van mening dat bepaalde maatschappelijke factoren een rol zouden moeten spelen in een risicoanalyse. Zo stelt Ropeik dat risicoperceptie, hoewel vaak gebaseerd op instinctieve reacties en niet overeenkomend met de feiten, wel degelijk reële effecten produceert zoals angst en woede. Hij stelt voor deze gevoelens kwantificeerbaar te maken en op te nemen in de kosten-batenanalyse die vooraf gaat aan de risicoanalyse. Zo geeft een risicoanalyse niet alleen het natuurwetenschappelijke risico op een ongeval, maar laat zij ook zien in hoeverre de maatschappij achter de implementatie van een nieuwe techniek staat (Ropeik, 2004).

Een dergelijke aanpak zou het begrip risicoanalyse verbreden. Maar of dit zou werken bij een project als Barendrecht behoeft verder onderzoek.

3.2 Communicatie, publieke acceptatie

Om nieuwe technologieën te introduceren bij het grote publiek is goede communicatie van groot belang. De bevolking is vaak een belangrijke actor die veelal indirect met de nieuwe technologieën te maken krijgt en recht heeft op informatie betreffende de techniek en eventuele risico's en gevolgen. Publieke acceptatie van nieuwe technologieën zoals CCS vergemakkelijkt de besluitvorming rondom, en uitvoering van projecten en wordt als wenselijk beschouwd (Wildenborg, 2009).

In het geval van Barendrecht wordt het beantwoorden van maatschappelijke vragen als een van de hoofddoelen van het project gezien. Hierin is communicatie een groot onderdeel dat heel complex in elkaar zit. Er is een groot wantrouwen in de overheid en in grote bedrijven waar te nemen, en heeft de voorlichting vaak te maken met een informatieparadox; een goed dichtgetimmerd verhaal over CCS brengen wordt 'te gelikt' gevonden, maar een genuanceerd verhaal leidt tot wantrouwen en tot de houding 'laat ze het eerst maar eens goed uitzoeken' (van Buuren, 2009). Ook de toegang tot en verspreiding van informatie via internet maakt de voorlichting tot een lastige taak, meningen worden gebaseerd op informatie waarvan de juistheid niet bevestigd is, of op informatie die selectief gelezen wordt. Dit creëert een paranoia effect dat moeilijk te ontkrachten is. Een andere factor die een rol speelt is de verdeeldheid die heerst onder deskundigen, wanneer een deskundige een artikel publiceert dat strookt met de heersende publieke opinie wordt deze als knuffeldeskundige gezien en is zijn woord waarheid. Dit wordt in Barendrecht geïllustreerd door het onderzoek wat de geoloog Peter van der Gaag deed in opdracht van de Universiteit Utrecht naar de CO2 opslag onder Barendrecht (RTV Rijnmond, 2009). Hoewel zijn artikel nog in conceptfase is en daarmee ver van publicatie, worden zijn uitspraken met betrekking tot de grootschaligheid en locatiekeuze van het project warm onthaald en algemeen geaccepteerd. Dit in tegenstelling tot de (overigens wel gepubliceerde en toegankelijke) MER rapporten waarin de locatiekeuze door TNO uitgebreid wordt toegelicht.

De sfeer van het CCS debat laat typisch de verdeeldheid van meningen zien. Op de site van de milieubetrokken onderzoeksorganisatie Bellona worden verschillende mythes over CCS opgenoemd. Omdat de meningen over CCS verdeeld zijn doen er ook meerdere verhalen de ronde waarin niets wordt gelogen maar waarin impliciet de visie

van de auteur wordt verdedigd. Greenpeace impliceerde dat door CO2 injectie een scheur ontstond waarlangs olie lekte uit de Utsira formatie (Greenpeace). Deze formatie is echter zeer groot en omvat een olieveld en een Gasopslag die honderden kilometers van elkaar verwijderd zijn. Er is hierdoor geen geologische interactie tussen beide (Pagnier, 2009). Door een menselijke fout is tijdens de oliewinning wel olie ontsnapt naar het aardoppervlak. Bellona is een pro-CCS orgaan en merkte terecht op dat in dit geval CCS niet voor olielek zorgt. Er werd alleen niet gesproken over een lek maar slechts over de scheur waardoor er een onschuldig beeld ontstond (Bellona). Deze eenzijdige informatie maakt het debat onoverzichtelijk voor buitenstanders. Als deze informatie omwonenden bereikt heeft dit vervolgens effect op hun risicoperceptie (Saraf, 2007).

Bovenstaande voorbeelden laten zien hoe een grote rol communicatie speelt bij een natuurwetenschappelijk project als CC, maar voor een antwoord op de vraag hoe risicocommunicatie moet verlopen, en of er in het geval van Barendrecht fouten zijn gemaakt gaat deze scriptie niet diep genoeg. Wat echter wel naar boven komt is dat een dergelijk project als Barendrecht niet alleen met natuurwetenschappelijke factoren te maken heeft, de vertaalslag naar de maatschappij is minstens even belangrijk. Dit is typisch een interdisciplinair vraagstuk dat nog veel onderzoek nodig heeft.

Conclusie

In dit onderzoek is gezocht naar (interdisciplinaire) problemen of tekortkomingen in het risicomanagement van Nederland op het gebied van CCS in het algemeen, en naar het project Barendrecht in het bijzonder.

Op basis van natuurwetenschappelijk onderzoek in opdracht van de overheid heeft TNO de combinatie Barendrecht – Barendrecht-Ziedewij als meest geschikte locatie aangewezen voor het geplande CCS demonstratieproject in Nederland. De criteria hiervoor waren: een geschikte geologische opbouw, veiligheid, kosteneffectiviteit en voldoen aan de overheidstender.

In de ondergrondse modellering wordt gewerkt met een beperkte interdisciplinaire integratie, chemische factoren worden niet meegenomen. In het geval van Barendrecht heeft dit geen effect vanwege de droge omstandigheden van de ondergrond, maar voor een andere locatie kan dit wel degelijk verschil maken. De gevolgen van een eventueel gaslek zij nog onzeker, dit komt mede doordat de nog onvolledige probitrelatie te pessimistisch is, en de letaliteit daarmee overschat. De huidige gasverspreidingsmodellen onderschatten de letaliteit juist door geen rekening te houden met het reliëf. Wat de netto som hiervan is, is niet duidelijk.

Aan CCS is een groot maatschappelijk deel verbonden, in Barendrecht is dit extra merkbaar omdat de opslag onder een woonwijk plaats gaat vinden. Om de techniek te introduceren bij het grote publiek zijn maatschappelijke factoren als communicatie en publieke acceptatie van groot belang. In de toekomst zal er nog veel onderzoek naar deze kant van CCS plaats moeten vinden om de techniek succesvol op grote schaal te exploiteren, hierbij kunnen interdisciplinaire inzichten van pas komen.

Er kan geconcludeerd worden dat er in het risicomanagement een kleine ruimte is voor verbeteringen door middel van het integreren van interdisciplinaire inzichten. Dit heeft echter een minimaal effect. In het risico-onderzoek is minder ruimte voor verbeteringen dan in de risicobesluitvorming. De gevonden verbeteringen of kanttekeningen maken het risicomanagement weliswaar breder en volledigere, de significantie hiervan valt te betwijfelen.

Literatuurlijst

Bellona: www.bellona.org/ccs/Artikler/storage_safety/#5

Buuren, J. van, (2009). “Er kunnen wel honderdduizend doden vallen…” CO2 opslag in Barendrecht. Vrije Universiteit, Amsterdam.

Chow, F.K., (2008). Modeling the effects of topography and wind on atmospheric dispersion of CO2 surface leakage at geologic carbon sequestration sites. Energy Procedia, GHGT9 conference, November 16-20, 2008, Washington DC., LBNL-1420E.

CO2 GeoNet (2009). Wat betekent ondergronds CO2-opslag nu eigenlijk?

Greenpeace: www.greenpeace.nl

Haskoning B.V., (2008). MER Ondergrondse Opslag van CO2 in Barendrecht. Deelrapport 1, Samenvattend hoofdrapport

Haskoning B.V., (2008). MER Ondergrondse Opslag van CO2 in Barendrecht. Deelrapport 3, Ondergrondse opslag

Holloway, S., (2007). Carbon Dioxide Capture and Geological Storage. *Philosophical Transactions of Royal Society A, 365,* 1095-1107.

Neele, F. TNO(2009). Geo energy.

Pagnier, H., (2009). Persoonlijke communicatie, TNO Utrecht op 2 december 2009.

Ramirez, A., Hagedoorn, S., Kramers, L., Wildenborg, T., & Hendriks, C., (2009). Screening CO2 storage options in the Netherlands. *Energy Procedia 1,* 2801-2808.

Ropeik, D., (2004). The consequences of fear. *EMBO reports, 5,* 56-60.

RTV Rijnmond, 20 november 2009. Verkregen op 26 januari 2010 vanaf: www.youtube.com/watch?v=rzxmNfHsrBU

Saraf, S. (2007). Risk within reason. Hydrocarbon processing. 86, 5, pp. 13.

Schwarz, T.S. (2009). Dispersion by wind of CO2 leaking from underground storage: comparison of analystical solution with simulation

Schroeder, D.V. (1999). An Introduction to thermal physics. Addison-Wesley

Shell. De diepte in. Shell CO2 storage BV, Den Haag.

Slovic P., Finucane M.L., Peters E., & MacGregor D.G. (2004). Risk as Analysis and Risk as Feelings: Some Thoughts about Affect, Reason, Risk, and Rationality. *Risk Analysis*, *24*, pp. 311-322.

Tebodin B.V. (2008) Veiligheidsanalyse Ondergrondse Opslag van CO2 in Barendrecht. Den Haag, the Netherlands.

TNO. K12-B, CO2 storage and enhanced gas recovery. Verkregen op 20-01-2001 vanaf: www.k12-b.nl

TNO. (2009). Geo Energy. Utrecht, The Netherlands.

TNO (2009). CCS. Utrecht, The Netherlands.

Wildenborg, T., (2009). Persoonlijke communicatie, TNO Utrecht op 11 december 2009.