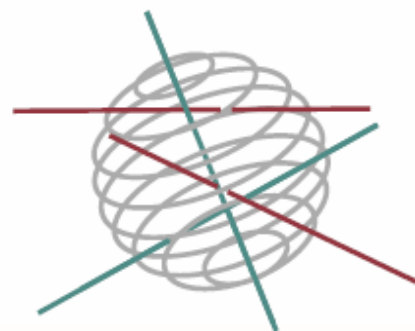


SSD

SCIENCE FOR A SUSTAINABLE DEVELOPMENT



**BELEIDSONDERSTEUNEND SYSTEEM VOOR
HET AFVANGEN EN OPSLAAN
VAN KOOLSTOFDIOXIDE**

“PSS-CCS”

K. PIESSENS, B. LAENEN, W. NIJS, P. MATHIEU, J.M. BAELE, C. HENDRIKS,
E. BERTRAND, J. BIERKENS, R. BRANDSMA, M. BROOTHAERS, E. DE VISSER, R. DREESEN,
S. HILDENBRAND, D. LAGROU, V. VANDEGINSTE, K. WELKENHUYSEN.



ENERGY



TRANSPORT AND MOBILITY



AGRO-FOOD



HEALTH AND ENVIRONMENT



CLIMATE



BIODIVERSITY

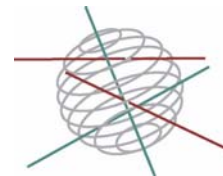


ATMOSPHERE AND TERRESTRIAL AND MARINE ECOSYSTEMS



TRANSVERSAL ACTIONS





Climat



EINDVERSLAG FASE 1
SAMENVATTING

**BELEIDSONDERSTEUNEND SYSTEEM VOOR
HET AFVANGEN EN OPSLAAN
VAN KOOLSTOFDIOXIDE**

“PSS-CCS”

SD/CP/04A



Promotoren

Kris Piessens

Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen (KBIN)
Geological Survey of Belgium

Ben Laenen

Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (VITO)

Philippe Mathieu

Université de Liège

Jean-Marc Baele

Faculté Polytechnique de Mons

Auteurs

Kris Piessens, Veerle Vandeginste, Kris Welkenhuysen (RBINS)
Ben Laenen, Roland Dreesen, Johan Bierkens, Matsen Broothaers
Sandra Hildenbrand, David Lagrou, Wouter Nijs (VITO)
Philippe Mathieu, Emmanuelle Bertrand (ULg)
Jean-Marc Baele (FPM)
Chris Hendriks, Erika de Visser, Ruut Brandsma (ECOFYS)

September 2008





Rue de la Science 8
Wetenschapstraat 8
B-1000 Brussels
Belgium
Tel: +32 (0)2 238 34 11 – Fax: +32 (0)2 230 59 12
<http://www.belspo.be>

Contact person:
Mrs Sophie Verheyden : +32 (0)2 238 36 12

Neither the Belgian Science Policy nor any person acting on behalf of the Belgian Science Policy is responsible for the use which might be made of the following information. The authors are responsible for the content.

No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without indicating the reference:

Kris Piessens, Ben Laenen, Wouter Nijs, Philippe Mathieu, Jean-Marc Baele, Chris Hendriks, Emmanuelle Bertrand, Johan Bierkens, Ruut Brandsma, Matsen Broothaers, Erika de Visser, Roland Dreesen, Sandra Hildenbrand, David Lagrou, Veerle Vandeginste, Kris Welkenhuysen.
Beleidsondersteunend Systeem voor het Afvangen en Opslaan van Koolstofdioxide "PSS-CCS".
Eindverslag Fase 1 Samenvatting. Brussel : Wetenschapsbeleid 2009 – 5 p. –
Onderzoeksprogramma « Wetenschap voor een Duurzame Ontwikkeling »

Het centrale doel van het Beleidsondersteunend Systeem voor de Afvang en Opslag van CO₂ (Policy Support System for Carbon Capture and Storage, PSS-CCS) project is om een toepassing te ontwikkelen die projecties kan maken over de implementatie van koolstof afvang en opslag (Carbon Capture and Storage, CCS) in een Belgische context. Samen met de simulator zijn er verschillende gegevensbanken nodig met betrekking tot de drie hoofdelementen in de CCS keten: afvang, transport en opslag.

CO₂-concentraties in de atmosfeer stijgen door antropogene activiteiten, en het lijkt nodig om deze concentraties te reguleren om nadelige klimaateffecten te vermijden. Eén van de mogelijkheden is koolstof afvang en opslag, het hoofdonderwerp van deze publicatie.

De afvang verwijst naar de afscheiding van CO₂ naar een geconcentreerde vorm. Dit kan toegepast worden op grote industriële bronnen, en over het algemeen worden er drie afvangtechnieken onderscheiden. In het *post-combustion* systeem wordt CO₂ afgevangen van het rookgas dat wordt geproduceerd door de verbranding van primaire brandstof aan lucht. In het *pre-combustion* systeem wordt er een mengeling van *koolstofmonoxide* en waterstof gevormd door de reactie van de primaire brandstof met stoom en lucht of zuurstof in een eerste reactor. Het koolstofmonoxide reageert dan met stoom in een tweede reactor waardoor er CO₂ en meer waterstof wordt gevormd. Deze mengeling wordt dan afgescheiden. In het *oxy-fuel combustion* systeem wordt primaire brandstof verbrand met zuurstof in plaats van lucht, waardoor er rookgas wordt gevormd dat vooral bestaat uit waterdamp en CO₂.

Na de CO₂-afvang wordt de CO₂ gecompriemd en getransporteerd. Dit transport gebeurt meestal door pijpleidingen. De CO₂-druk mag niet onder 7.5 MPa komen gedurende het volledige transport om te vermijden dat er twee fasen gevormd worden, en om de dichtheid van het CO₂ voldoende hoog te houden.

Er zijn drie types van geologische opslag geschikt: uitgeputte olie- en gasvelden, diepe saliene aquifers, en steenkoollagen en (steenkool)mijnen. Om CO₂ als vloeistof of superkritische fase te stockeren wordt deze meestal in formaties dieper dan 800 m opgeslagen. Omdat CO₂ een lagere dichtheid heeft dan water is er een afdekkende laag nodig boven het CO₂-reservoir. Capillaire krachten, oplossing in formatiewater en mineraalprecipitatie zorgen voor additionele vastlegging van CO₂. In steenkoolsequenties speelt adsorptie een belangrijke rol.

De huidige grote CO₂-puntbronnen vormen mogelijke doelen voor CCS projecten en geven een eerste indicatie voor de relevantie van deze technologie in België. Er wordt een technisch overzicht gegeven van de belangrijkste afvangtechnologieën die in de energiesector gebruikt kunnen worden. Aan het einde van dit hoofdstuk worden deze technieken vergeleken volgens de opbrengst en de kosten.

De huidige industrie is een belangrijk startpunt. Het overzicht omvat de ammoniak-, cement-, ethyleen-, ethyleenoxide-, glas-, waterstof-, ijzer- en staal-, kalksteen-, energie-, raffinaderijen- en andere sectoren. De huidige CO₂-productie wordt gedomineerd door bronnen die meer dan 500 Mton/y uitstoten. Het zijn deze bronnen die over het algemeen het interessantst zijn voor CCS projecten. Bronnen van pure CO₂ maken slechts enkele procenten uit van de totale emissies.

Afvangtechnieken zijn relatief goed gedocumenteerd voor de energiesector. Het vergelijken van de hoofd-technologietypes geeft aan dat er duidelijke verschillen zijn in brandstofprijzen, capaciteit, kostenfactoren, enz. Desondanks zijn er tussen deze technologieën slechts kleine verschillen in de productiekost voor elektriciteit, wat de relevante economische parameter is. Daardoor is het moeilijk te voorspellen welke technologie in de toekomst de bovenhand zal krijgen. Het is eerder waarschijnlijk dat elke technologie zijn eigen toepassingsgebied zal krijgen.

Er zijn verschillende geologische opslagmogelijkheden in België. Voor het Vlaamse gewest ligt de focus op opslag in aquifers, terwijl in het Waalse gewest opslag in steenkool de meeste aandacht krijgt. In een internationale context worden de opslagmogelijkheden, capaciteiten en kosten in onze buurlanden beoordeeld.

In Vlaanderen worden vier aquifercomplexen overwogen. De carbonaten van het Boven Krijt tot Paleoceen komen op voldoende diepte voor in het noorden van het Bekken van de Kempen en in de Roerdal Slenk, en hebben een goede injectiviteit en porositeit. Er zijn ondoorlatende lagen aanwezig in de bovenliggende Cenozoïsche lagen, maar het doelgebied is klein.

De zandstenen van het Onder Trias (Bundsandstein Formatie) hebben een goede porositeit, en in de *Roer Valley Graben* zijn ze afgedekt door ondoorlatende lagen voor. Hoewel de injectiviteit lager ligt, is het toch een mogelijk doelwit voor CO₂-opslag.

De zandstenen van het Boven Carboon (Neeroeteren Formatie) hebben een goede porositeit en permeabiliteit, maar de afdichting is onvolledig of onbekend.

De carbonaten van het Onder Carboon, gekend als de Dinantiaan carbonaten, worden reeds gebruikt voor de opslag van aardgas. De afdichting is gegarandeerd, maar de capaciteit van de individuele geologische structuren is relatief klein.

In het Waalse gewest werden de steenkoolafzettingen van Henegouwen tot Namen, en enkele plaatsen bij Huy en Luik geselecteerd als veelbelovend voor de opslag van CO₂. Bij de beoordeling van de opslagmogelijkheid werd er rekening gehouden met de hele steenkoolsequentie (steenkool, silt, zandsteen). Deze nieuwe aanpak leidt tot een sterke vergroting van de potentiële opslagcapaciteit.

De Dinantiaan aquifer is het best gekende doelwit voor CO₂ opslag. Vooral het diepste en meest horizontale deel wordt geïdentificeerd. Dit deel strekt zich uit tot Frankrijk en wordt beschouwd als veelbelovend voor CO₂-opslag.

België is een relatief klein land. Er zijn bovendien geen olie- of gasvelden aanwezig die, eens uitgeput, meestal als eerste mogelijkheid voor CO₂-opslag worden beschouwd. Daarom wordt er ook rekening gehouden met het opslagpotentieel in de buurlanden, meer bepaald met Nederland, Duitsland, Frankrijk en het Noordzeegebied. Hieruit blijkt dat de kosten voor het exporteren van CO₂ tussen 4 en 6 €/ton zouden liggen, behalve voor het Noordzeegebied (tussen 8 en 11 €/ton).

Transport van CO₂ via pijpleiding is een belangrijke schakel in de keten van CCS. De technische vereisten van de pijpleidingen en de CO₂-zuiverheid zijn hierin belangrijke parameters. Er wordt ook een procedure voor het schatten van geschikte diameters voor pijpleidingen voorgesteld, en worden de verschillende kostenaspecten voor de bouw en het gebruik van de pijpleidingen bekeken.

Er wordt een verbeterde formule voor de berekening van de pijpleidingdiameter voorgesteld, waarmee in het bijzonder rekening gehouden wordt met de effecten van hoogteverschillen, locale verliezen en frictieverliezen. Er wordt gebruik gemaakt van de Manning coëfficiënten om iteratieve berekeningen te vermijden.

Er bestaan ook veiligheidsrisico's die te maken hebben met CO₂-lekken van het geologisch reservoir naar de oppervlakte. Deze risico's zijn zeer laag, maar het is noodzakelijk deze toch te onderzoeken. Over het algemeen is er een gedetailleerde studie nodig om de opbouw en de risico's van een reservoir te kennen. Er is een samenvatting van een *case-study* van de Verloren-Kamp structuur in het rapport opgenomen.

Het Markal-Times model is een softwarepakket waarmee de gebruiker een complex energiesysteem als een systeem van lineaire vergelijkingen kan voorstellen, en werd gebruikt om een model te bouwen dat de elektriciteitssector in België beschrijft. Dit model is gebruikt als referentiescenario, en is uitgebreid met data over afvangtechnieken, en op een meer rudimentaire manier ook transport en opslag.

Uit deze simulaties blijkt dat CCS significant kan bijdragen tot een decarbonisatie van de elektriciteitssector, tot 50%, wanneer de CO₂-prijs meer dan 25 €/ton bedraagt.

De PSS-CCS simulator kan stochastische projecties kan maken, en *routing*kosten en opslagaspecten in detail uitwerken. Deze mogelijkheden werden ook gedemonstreerd.

PSS is een *bottom-up* simulator die ontworpen is om ad-hoc projecties te maken over de implementatie van CCS. Met PSS is het mogelijk om gedetailleerde kostenschattingen te maken voor CO₂-transport door het bepalen van de meest economische routes. Er wordt eveneens gebruik gemaakt van onzekerheidsvoorspellingen voor de beschikbaarheid van CO₂-reservoirs. Over het algemeen gaat er specifiek aandacht naar onzekerheid op scenarioniveau.

Twee scenario's, gebaseerd op het centrale Markalscenario, zijn gebruikt om de toepassing en flexibiliteit van PSS te demonstreren. Deze demonstraties bevestigen grotendeels de Markal resultaten, maar belichten ook de gevaren van technologische valkuilen en het belang van open toegang tot transport en stockage-infrastructuur. De effecten hiervan zijn significant, en kunnen in belangrijke mate de geanticiperde milieuvoordelen van CCS teniet doen.
