

CE

**Oplossingen voor
milieu, economie
en technologie**

Oude Delft 180

2611 HH Delft

tel: 015 2 150 150

fax: 015 2 150 151

e-mail: ce@ce.nl

website: www.ce.nl

Besloten Vennootschap

KvK 27251086

CO₂-opslag interessant voor klimaatbeleid, maar moet er ook subsidiegeld naar toe?

Rapport

Delft, oktober 2005

Opgesteld door: S.M. (Sander) de Bruyn
R.C.N. (Ron) Wit



Colofon

Bibliotheekgegevens rapport:

S.M. (Sander) de Bruyn, R.C.N. (Ron) Wit

CO₂-opslag interessant voor klimaatbeleid, maar moet er ook subsidiegeld naar toe?

Delft, CE, oktober 2005

Kool dioxide / Opslag / Subsidies / Maatschappelijke factoren / Economische factoren

Publicatienummer: 05.7954.34

Alle CE-publicaties zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Opdrachtgever Vereniging Milieudefensie.

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider R.C.N. Wit.

© copyright, CE, Delft

CE

Oplossingen voor milieu, economie en technologie

CE is een onafhankelijk onderzoeks- en adviesbureau, gespecialiseerd in het ontwikkelen van structurele en innovatieve oplossingen van milieuvraagstukken. Kenmerken van CE-oplossingen zijn: beleidsmatig haalbaar, technisch onderbouwd, economisch verstandig maar ook maatschappelijk rechtvaardig.

CE-Transform

Visies voor duurzame verandering

CE-Transform, een business unit van CE, adviseert en begeleidt bedrijven en overheden bij veranderingen gericht op duurzame ontwikkeling.

De meest actuele informatie van CE is te vinden op de website: www.ce.nl

Dit rapport is gedrukt op 100% kringlooppapier.

Inhoud

| | |
|---|----|
| Samenvatting | 1 |
| 1 Inleiding | 5 |
| 2 Subsidies als instrument in het klimaatbeleid | 7 |
| 2.1 Inleiding | 7 |
| 2.2 Zijn subsidies een effectief instrument in het klimaatbeleid? | 7 |
| 2.3 De alternatieve route: afschaffen van klimaatschadelijke subsidies | 9 |
| 3 Subsidies voor CO ₂ -opslag? | 11 |
| 3.1 CO ₂ -opslag als extra oplossingsrichting in het Nederlandse klimaatbeleid | 11 |
| 3.2 Stand der techniek en effectiviteit van CO ₂ -opslag | 12 |
| 3.3 Kosteneffectiviteit CO ₂ -opslag | 14 |
| 3.4 Neveneffecten CO ₂ -opslag | 16 |
| 3.5 De rol van CO ₂ -opslag in het klimaatbeleid | 18 |
| 3.6 Moet de overheid CO ₂ -opslag subsidiëren en zo ja hoe? | 21 |
| Literatuur | 25 |

Samenvatting

In Nederland worden veel subsidies verleend met als doel het verminderen van de uitstoot van broeikasgassen, zoals subsidies voor duurzame energie en energiebesparing. Op dit moment bestaat de indruk dat CO₂-opslag uit fossiele brandstoffen een mogelijke concurrent wordt van duurzame energie en energiebesparing in de subsidieverlening. Daarom heeft Milieudefensie aan CE gevraagd om te onderzoeken of het vanuit maatschappelijk oogpunt wenselijk is om CO₂-opslag te subsidiëren.

Het rapport geeft op basis van een literatuurscan tevens een indicatie van de hoogte van subsidies die het gebruik van fossiele brandstoffen stimuleren en daarmee kunnen worden opgevat als klimaatschadelijke subsidies.

Conclusies

1 CO₂-opslag voor energiecentrales is op korte termijn technisch haalbaar

CO₂-opslag is een interessante techniek vanwege het enorme potentieel aan CO₂-reductie. De afzonderlijke technieken (scheiden, compressie, transport en opslag) zijn volwassen en al op commerciële schaal toegepast in verschillende sectoren, echter nog niet in samenhang met elkaar. Echter op dit moment vindt er nergens ter wereld scheiding plaats van CO₂ uit rookgassen bij energiecentrales. Volgens (IPCC, 2005) komt dat vooral doordat economische afwegingen scheiding in de weg staan en niet zozeer door technische beperkingen. De verwachting is dat post-combustie systemen thans op grote schaal al relatief gemakkelijk kunnen worden gebouwd.

2 CO₂-opslag van 3-4 Mton CO₂ industriële reststromen is economisch rendabel bij huidige CO₂-handelsprijs indien garanties worden gegeven voor periode na 2012

CO₂-opslag is op dit moment al relatief eenvoudig en tegen lage kosten te realiseren bij een beperkt aantal industriële reststromen waarbij CO₂-afvang niet hoeft plaats te vinden doordat de CO₂ nu al in geconcentreerde vorm vrijkomt. Het betreft hier de kunstmestfabricage en waterstoffabricage. In Nederland gaat het hierbij om ongeveer 3-4 Mton CO₂ per jaar. Mits vallend onder het emissiehandelssysteem, zal CO₂-opslag bij deze geconcentreerde bronnen van CO₂ rendabel kunnen worden aangezien de huidige emissiehandelsprijs toepassing ervan rendabel maakt. Een vereiste daarvoor is wel dat de overheid zo snel mogelijk duidelijkheid schept over stringente emissieplafonds na 2012 omdat de huidige periode tot 2013 tekort is om dergelijke investeringen terug te verdienen.

3 CO₂-opslag voor energiecentrales nog niet rendabel

CO₂-opslag bij centrales biedt een veel groter potentieel aan reductiemogelijkheden. De reductiekosten van CO₂-opslag bij elektriciteitscentrales kunnen nog niet precies worden vastgesteld door een gebrek aan praktische toepassingen. Op basis van studies worden de kosten van CO₂-opslag bij nieuwe kolencentrales geschat op ongeveer € 30 tot 50 per ton CO₂. Voor bestaande centrales liggen

deze kosten beduidend hoger. Dit betekent dat de huidige emissiehandelprijs deze techniek (nog) niet economisch rendabel maakt.

4 Overheid stelt randvoorwaarden en de markt kiest de techniek

Marktconforme instrumenten zoals een verhandelbare CO₂-rechten met plafonds, bieden het meest optimale beleid voor het halen van de klimaatdoelstellingen op korte en lange termijn. Deze aanpak leidt tot internalisering van externe klimaatkosten hetgeen aansluit bij het algemeen aanvaarde principe 'de vervuiler betaalt'. Subsidies zijn niet in overeenstemming met dit principe.

Bij CO₂-emissiehandel wordt, via de prijs, aan de markt overgelaten welke CO₂-reducerende technieken het meest kosteneffectief zijn, waardoor het gestelde doel tegen de laagste kosten wordt behaald. Het is wel belangrijk dat de overheid de marktprijs voor CO₂ garandeert voor de lange termijn, zodat investeringszekerheid wordt geboden aan bedrijven. De huidige Kyoto-doelstellingen tot 2013 en de daarmee samenhangende periode van vijf jaar is veelal onvoldoende voor het geven van investeringszekerheid voor investeringen in CO₂-opslag. Indien de overheid stringenter klimaatbeleid invoert voor de periode na 2013, wordt zekerheid geboden en gaat de CO₂-handelsprijs verder omhoog. CO₂-opslag wordt dan vanzelf rendabel.

5 Geen exploitatiesubsidies voor CO₂-opslag

Er zijn geen goede redenen om CO₂-opslag bij energiecentrales aanvullend (op emissiehandel) te subsidiëren via exploitatiesubsidies zoals bijvoorbeeld via de MEP. Er zijn immers geen belangrijke nevendoelen, zoals bij duurzame energie, die exploitatiesubsidies bovenop de emissiehandelprijs rechtvaardigen. De volgende nadelen van CO₂-opslag spelen daarbij een rol:

- CO₂-opslag is duurder dan energiebesparing en resulteert niet in een transitie naar een duurzame energievoorziening. Wil men besparen op de kosten van het klimaatbeleid, dan zet men beter de middelen in op energiebesparing.
- Subsidies voor CO₂-opslag vergroten de vraag naar fossiele energie. Energiecentrales met CO₂-opslag hebben 10-35% meer energie nodig en vergroten daarmee de importafhankelijkheid van fossiele brandstoffen van Nederland.
- CO₂-opslag leidt tot extra emissies van luchtverontreinigende stoffen zoals NO_x, terwijl maatregelen zoals de inzet van energiebesparing en duurzame energie juist tot synergievoordelen leiden in relatie tot luchtverontreiniging. Dit synergievoordeel wordt niet gewaardeerd in de CO₂-handelsprijs, maar deze baten (of uitgespaarde kosten) zouden wel moeten worden meegewogen bij beleidsvorming.
- Naast de kans op verhoogde emissies van NO_x bestaan er neveneffecten op de afvalstromen en emissies van koolwaterstoffen, mogelijk zelfs met fluorverbindingen. Deze neveneffecten zijn op dit moment onvoldoende in kaart gebracht.
- CO₂-opslag kan leiden tot een 'Lock-in' in de bestaande energieinfrastructuur waardoor een transitie naar een duurzame energievoorziening mogelijk moeilijker valt te realiseren.



6 Onder het Europese emissiehandel systeem leiden exploitatiesubsidies van CO₂-opslag tot verdringing van andere maatregelen om CO₂ te reduceren

Exploitatiesubsidies voor CO₂-opslag bij energiecentrales leiden niet tot CO₂-reductie. Immers, in het huidige Europese systeem van verhandelbare rechten wordt de totale uitstoot bepaald door het CO₂-plafond. Subsidiëring van CO₂-opslag leidt dan tot verdringing van andere marginale maatregelen die net iets duurder zijn. Dit betekent bijvoorbeeld dat energiebesparingsmaatregelen die net rendabel zijn, worden verdrongen door CO₂-opslag.

7 Verplichting CO₂-afvang en opslag voor nieuwe elektriciteitscentrales

Ondanks de grote aandacht voor de inzet van duurzame energie en energiebesparing, zal het nodig zijn om nieuwe gasgestookte of kolengestookte elektriciteitscentrales te bouwen om aan de energievraag te voldoen. In het milieubeleid (IPPC) is de inzet van 'Best Available Technologies (BAT)' bij nieuwbouw van installaties een gangbare eis. Tegen deze achtergrond is het aan te bevelen dat de Rijksoverheid en lokale overheden bij de vergunningverlening CO₂-afvang en opslag verplicht stellen bij de bouw van nieuwe centrales. De vereiste CO₂-afvang en -opslag zou voor alle CO₂-uitstoot kunnen gelden of tenminste tot het niveau van de schoonste gasgestookte centrale moeten plaatsvinden. Dit zou betekenen dat nieuwe kolencentrales dan tenminste de helft van hun CO₂-uitstoot moeten afvangen en opslaan om aan BAT te voldoen.

8 Baten van subsidiering van CO₂-opslag voor de Nederlandse economie zijn niet onderbouwd

Een argument voor subsidiering van CO₂-opslag uit fossiele energiedragers is dat het de huidige aardgasinfrastructuur en expertise zou benutten en daarmee de Nederlandse economie stimuleert. Onder meer door de exportmogelijkheden van de techniek van CO₂-opvang die dan zouden ontstaan. De baten van subsidiering van CO₂-opslag voor de Nederlandse economie zijn echter niet onderzocht en vergt nadere onderbouwing.



1 Inleiding

Subsidies zijn een veel gebruikt instrument in het milieubeleid. Subsidies verlagen de financiële drempel die bedrijven en consumenten moeten nemen om te investeren in duurdere milieuvriendelijke alternatieven. Vooral in het klimaatbeleid zijn subsidies wijdverbreid. Middels zo'n 25 regelingen (ECN, 2005) zijn sinds 1990 klimaatmaatregelen bij consumenten en bedrijven gesubsidieerd. Tussen 1999 en 2003 gaf de overheid volgens het RIVM (Milieubalans, 2004) ongeveer € 4,6 miljard uit aan subsidieregelingen en uitvoeringskosten die met die regelingen samenhangen. Dat is ruim 2/3 van de totale uitgaven aan het milieubeleid voor de overheid.

De subsidieregelingen op het klimaatgebied betreffen op dit moment vooral duurzame energie en maatregelen voor energiebesparing. Recent staat ook CO₂-opslag stevig in de belangstelling als alternatieve oplossingsrichting voor de klimaatproblematiek. Het Kabinet heeft recentelijk besloten, gekoppeld aan het besluit over de kerncentrale te Borssele, om een bedrag van € 250 mln uit de FES-middelen te gebruiken voor investeringen in duurzaamheid. Van dit bedrag is reeds het overgrote deel, namelijk € 150 miljoen gereserveerd voor 'schoon fossiel' (lees: CO₂-opslag). Hieruit kan worden afgeleid dat dit direct ten koste gaat van subsidies voor energiebesparing en duurzame energie. Deze notitie bespreekt de voor- en nadelen van CO₂-opslag als klimaatmaatregel en gaat nader in op de vraag of het wenselijk is dat CO₂-opslag ook gesubsidieerd gaat worden en op welke manier dat dan het beste kan gebeuren.

Allereerst gaan we aan de hand van algemene economische theorie over milieu-subsidies in op de vraag wanneer en onder welke condities subsidies een zinvol instrument in het milieubeleid zijn. Vervolgens beschrijven we de techniek van CO₂-opslag, analyseren de kosten, en gaan in op de vraag of CO₂-opslag gesubsidieerd zou moeten worden, en zo ja, op welke manier dat het beste kan plaatsvinden.



2 Subsidies als instrument in het klimaatbeleid

2.1 Inleiding

Milieusubsidies zijn vermogensoverdrachten van de overheid naar doelgroepen voor het leveren van milieuprestaties door die doelgroepen. In het klimaatbeleid bestaan in Nederland op dit moment ongeveer 25 subsidieregelingen (ECN, 2005) waarbij de doelgroepen exploitatie-, investerings- of technologiesubsidies kunnen aanvragen. Men kan zonder overdrijving stellen dat subsidies verreweg het belangrijkste instrument vormen in het huidige Nederlandse klimaatbeleid.

Box 1: Soorten subsidies

Exploitatiesubsidies zijn subsidies die worden gegeven gedurende een bepaalde looptijd, bijvoorbeeld 10 jaar, dat een techniek wordt ingezet. Exploitatiesubsidies worden in Nederland uitsluitend aangewend bij de subsidiering van duurzame energie, zoals bij de subsidies in het kader van de MEP (Milieukwaliteit Elektriciteitsproductie). Per geleverde kWh aan het net ontvangt de producent een vergoeding die afhankelijk is van het soort duurzame energie dat wordt ingezet. De centrale gedachte is dat de MEP-regeling de onrendabele top financiert waardoor duurzaam geproduceerde elektriciteit competitief wordt ten opzichte van elektriciteit opgewekt met fossiele brandstoffen (ECN, 2003). De MEP-subsidies worden in principe voor 10 jaar gegeven. Deze grens is vastgesteld om aan de producenten van duurzame energie investeringszekerheid te bieden.

Investeringsubsidies zijn meestal indirecte subsidies (b.v. belastingaftrek) die worden gegeven op het moment van investeren. Voorbeelden in Nederland zijn de EIA (Energie-investerings aftrek) en de VAMIL (Vervroegde Afschrijving Milieu-investeringen) regelingen. Belastingaftrek of versnelde afschrijving voor milieuvriendelijke technologieën zijn wijdverbreid in de meeste OECD-landen. Kostenverlaging voor de doelgroepen van klimaatmaatregelen, tezamen met het voorkomen van mogelijke cashflow problemen bij investeringen in maatregelen, vormen argumenten voor het geven van investeringssubsidies.

Tot slot bestaan er ook technologie ontwikkelingssubsidies, zoals onderzoek en demonstratieprojecten. Deze worden in Nederland meestal vanuit NOVEM gegeven en het doel is, zoals de naam al aangeeft, om te onderzoeken of een bepaalde techniek kan worden gebruikt bij het reduceren van broeikasgassen.

2.2 Zijn subsidies een effectief instrument in het klimaatbeleid?

Vanuit de economische theorie worden subsidies gezien als inferieur ten opzichte van andere economische instrumenten, zoals heffingen of verhandelbare emissierechten. Een belangrijk bezwaar tegen subsidies is dat ze niet stroken met het principe "de vervuiler betaalt". De OECD (1974 e.v.) heeft bepaald dat dit principe het leidende principe zou moeten zijn bij vormgeving van het milieubeleid in haar lidstaten omdat het economisch de juiste prikkels geeft en voorkomt dat er beleidsconcurrentie optreedt tussen landen¹. Ook in het EG-verdrag (artikel 174) staat dat het milieubeleid van de EU dient te berusten op het beginsel

¹ Recommendation of the Council of 14th November 1974 on the Implementation of the Polluter-Pays Principle, C(74)223.

dat milieuaantastingen bij voorrang aan de bron moeten worden bestreden, en het beginsel dat de vervuiler betaalt².

Dit is niet alleen rechtvaardig, maar ook economisch verstandig. Het beprijzen van de milieubelasting resulteert namelijk in een juiste prikkel tot zowel milieuvriendelijker gedrag als tot innovatie in milieuvriendelijkere alternatieven. Subsidies stimuleren alleen de gedragscomponent. Daarnaast is een subsidie op te vatten als een impliciete vergoeding voor een vervuilende activiteit die, zelfs met de toegepaste milieutechnologie, vaak vervuilender blijft dan andere activiteiten in de economie. Door de subsidie worden de productiekosten verlaagd en de aangeboden hoeveelheid van de vervuilende activiteit verhoogd. Hierdoor kunnen de totale emissies stijgen (De Vries en Nentjens, 2001).

Een ander aspect is dat subsidies vaak nodeloos duur zijn vanuit overheidsperspectief. Subsidieregelingen kennen namelijk nogal wat "free-riders" die ook zonder de subsidie al de maatregelen hadden genomen, bijvoorbeeld omdat de maatregel vanwege de bespaarde energie economisch profijtelijk is. Diverse studies (zie ondermeer IBO, 2001 en Blok, 2004) rapporteren free-rider effecten bij 20 tot 70% van de gebruikers van subsidieregelingen³. Daarnaast veronderstelt een effectieve subsidieverlening ook dat de overheid over juiste informatie beschikt over de kosten en baten van de te subsidiëren technieken in vergelijking met alternatieve technieken. In de praktijk blijkt deze informatie niet altijd op een juiste manier aanwezig. Het (CPB, 2000) oordeelt dat de stimulering van WKK bijvoorbeeld verkeerd is ingeschat doordat onvoldoende rekening was gehouden met de efficiency-verbeteringen van bestaande energiecentrales. Ook plotselinge stijgingen van brandstofprijzen hebben bijvoorbeeld tot gevolg dat meer technieken economisch rendabel worden en er dus een grotere run op de subsidiegelden komt dan verwacht⁴.

Hoewel subsidies dus ineffectiever en duurder zijn dan instrumenten als verhandelbare emissierechten en heffingen⁵, blijken uit de literatuur twee gevallen te bestaan waarbij het geven van subsidies wél het meest effectieve middel is om klimaatmaatregelen te nemen. Allereerst is gebleken dat bij doelgroepen waarbij de aanschafkosten van nieuwe technologieën een financieringsprobleem oplevert, subsidies effectief kunnen zijn. Jaffe (1995) vond in de gebouwde omgeving dat subsidies op de aanschafkosten van nieuwe technologieën veel effectiever

² In het klimaatbeleid is het principe "de vervuiler betaalt" echter grotendeels losgelaten, met uitzondering voor de kleinverbruikers. Vermoedelijk heeft de omvang van de klimaatproblematiek tezamen met de hoge kosten van bestrijdingsmaatregelen geresulteerd in een verwachting dat de concurrentiepositie zou worden aangetast indien de overheid het klimaatbeleid niet zou subsidiëren maar via andere instrumenten afdwingen.

³ De problemen met subsidies in het klimaatbeleid zijn ook tot de beleidsarena doorgedrongen. Het verlagen van de free-rider effecten van subsidieregelingen is de afgelopen jaren onderdeel geweest van het overheidsbeleid. Zo zijn de regelingen REB36i en 36o aangepast en is ook de EIA-lijst aangescherpt. Verdere mogelijke aanpassingen worden voorgesteld in een recente studie (Aalbers, 2005) waarbij vooral naar het design van de regelingen wordt gekeken.

⁴ Overigens blijken er ook positieve neveneffecten bij subsidies te bestaan. Zo kunnen subsidies een attentiewaarde tot gevolg hebben waardoor gebruikers geattendeerd worden op de mogelijkheden om energiezuinige installaties te kopen. Dit speelt vooral bij kleinverbruikers en het MKB.

⁵ Zie ook (CPB, 1998) die berekende dat het halen van de Kyoto-doelstellingen middels subsidies het minst kosteneffectief was voor de Nederlandse economie ten opzichte van opties zoals heffingen of verhandelbare emissierechten.

zijn dan heffingen. De reden is dat bij de introductie van nieuwe technologieën de directe kosten van aanschaf eerder een belemmering vormen dan de kosten uitgesmeerd over meerdere jaren⁶. Daarnaast zijn subsidies effectief bij het financieren van onderzoek- en demonstratieprojecten, dus om nieuwe technologie te ontwikkelen. Vanuit een economisch perspectief vallen niet altijd de baten van innovaties toe aan diegene die ze ontwikkeld heeft waardoor er, maatschappelijk gezien, een onderinvestering in nieuwe technologieën plaatsvindt. Door subsidies te verlenen op onderzoek en demonstratieprojecten naar nieuwe CO₂-besparende technologieën kan dit marktfalen worden verholpen⁷.

2.3 De alternatieve route: afschaffen van klimaatschadelijke subsidies

Het invoeren van nieuwe instrumenten is veelal moeilijker dan het optimaliseren van bestaand beleid. Het kan daarom zeer effectief zijn om na te gaan welke subsidies in Nederland bijdragen aan het stimuleren van het gebruik van fossiele energie en daarmee de uitstoot van broeikasgassen en vervolgens te onderzoeken of deze subsidies kunnen worden hervormd. Dit geldt zowel voor directe subsidies als indirecte subsidies (zoals belastingvrijstellingen, minimumprijzen, financiële garanties van de overheid, etc.). Zowel op EU als op OECD-niveau bestaat er al geruime tijd veel aandacht voor dit onderwerp. Ook in Nederland zijn reeds een aantal subsidies onderzocht op milieuschadelijkheid (CE, 2000; Oosterhuis, 2001; Beers, 2002; CE, 2003).

Verschillende opvattingen zijn in de internationale literatuur te vinden over de definitie van subsidies. In de ruimste zin vallen alle overheidsinterventies eronder die ervoor zorgen dat een product voor een kunstmatig lage prijs te koop is of die bedrijven extra inkomsten bezorgen. Hieronder vallen ondermeer directe subsidies, belastinguitgaven, prijsregulering, quota, invoerheffingen en uitvoersubsidies. Het gevolg van subsidiering kan zijn dat de vraag naar energie groter is dan zonder deze subsidies en dus kan leiden tot een grotere uitstoot van broeikasgassen.

Brede overeenstemming bestaat over de volgende vormen van subsidies:

- directe subsidies, die op de overheidsbegroting staan en gelden voor bijvoorbeeld R&D, infrastructuur en investeringsbijdragen;
- belastinguitgaven als gevolg van vrijstelling of ontheffing van normale, algemene belastingen, zoals BTW, Loon- en Inkomstenbelasting en de energiebelasting of specifieke belastingen zoals accijnzen. Door dergelijke vrijstellingen derft de overheid belastinginkomsten.

De omvang van directe subsidies is af te lezen uit de uitgavenkant van de overheidsbegroting. De omvang van indirecte subsidies is echter moeilijker te bepalen, omdat deze bedragen meestal niet in de overheidsboeken verschijnen. Indirecte subsidies zijn namelijk te omschrijven als vrijstellingen of verlaagde tarieven

⁶ Subsidies, en dan met name investeringssubsidies, kunnen vooral kleinere bedrijven en consumenten assisteren bij het financieren van milieuvriendelijke technologieën. Voor grotere bedrijven zijn de financieringsproblemen wellicht minder relevant.

⁷ Daarbij moet wel heel precies gekeken worden naar de manier waarop er subsidie op technologie wordt verstrekt.

van *normale* belastingen en tarieven. Om de omvang van indirecte subsidies te bepalen is het dus nodig vast te stellen wat de *normale* situatie is. Hiervoor dienen zich verschillende mogelijkheden aan.

Naast het ontbreken van eenduidige definities, is het ook lastig om een overzicht van verleende subsidies op te stellen omdat er geen jaarlijkse overzichten worden bijgehouden van de indirecte subsidies. Oosterhuis (2001) heeft een overzicht van energiesubsidies gemaakt voor alle EU-lidstaten voor het jaar 2000. Tabel 1 geeft op basis hiervan een overzicht van subsidies die zijn verstrekt voor het gebruik van fossiele energiedragers in Nederland. Uit de tabel kan worden afgelezen dat er op jaarbasis ruim 5 miljard aan subsidies worden verleend aan het gebruik van fossiele brandstoffen. Hoewel de studie dateert uit 2001 geeft dit bedrag ook een goede indicatie van de situatie in 2005. Wij bevelen wel aan om een update te maken van de huidige situatie om inzicht te krijgen in aangrijpingspunten voor klimaatbeleid.

Tabel 1 Overzicht van subsidies verleend door de Nederlandse Rijksoverheid voor het gebruik van energie

| | kolen | olie & gas | kernenergie | elektriciteit | totaal |
|----------------------------------|-------|------------|-------------|---------------|---------------|
| Subsidies (in mln Euro per jaar) | 225 | >4.000 | 25 | 1.000 | 5.250 |

Bron: (Oosterhuis, 2001).

Het bedrag aan fossiele energiesubsidies uit Oosterhuis bestaat grofweg ondermeer uit de volgende afzonderlijke fossiele energiesubsidies (op jaarbasis):

- het ontbreken van de REB op kolen en kolenproducten (ca. € 220 mln);
- R&D gerelateerd aan kolen (€ 3,3 mln);
- teruggave dieselaccijns voor zware vrachtwagens (€ 54 mln);
- lage tarieven REB voor grootverbruik en verlaagd tarief glastuinbouw (€ 3,7 miljard);
- vrijstelling brandstofheffing voor feedstocks (€ 300 mln);
- belastingvrijstelling voor bedrijven die gas winnen uit kleine velden op de Noordzee (€ 20 mln);
- olie en gas gerelateerde R&D (€ 54,3 mln);
- R&D gerelateerd aan kernenergie (€ 26,3 mln).

Uit dit overzicht blijkt dat de Nederlandse overheid geen directe subsidies verstrekt gerelateerd aan het gebruik van fossiele energiedragers. Het overgrote deel bestaat uit belastingvrijstellingen, i.e. afwijkingen van het normale belastingtarief. Een beperkt deel heeft betrekking op R&D-subsidies die gerelateerd zijn fossiele energie. Overigens bevat het overzicht van Oosterhuis nog niet de accijnsvrijstelling en BTW-vrijstelling die thans geldt voor internationaal luchtverkeer van en naar Nederland. Beers (2002) schat de kerosinevrijstelling in 2002 op € 1,2 miljard op jaarbasis.



3 Subsidies voor CO₂-opslag?

3.1 CO₂-opslag als extra oplossingsrichting in het Nederlandse klimaatbeleid

Tussen 1995 en 2001 zijn de emissies van CO₂ wereldwijd met gemiddeld 1,4% per jaar gegroeid (IEA, 2003). Elektriciteitsopwekking is daarbij de belangrijkste bron van CO₂-emissies. Een forse reductie van CO₂-emissies is van primair belang voor het beperken van de effecten van klimaatverandering.

Zowel de Nederlandse overheid en ook de EU hebben besloten een temperatuurstijging van maximaal 2°C ten opzichte van het preïndustriële niveau te kiezen als uitgangspunt voor het klimaatbeleid. Deze bovengrens is gebaseerd op het zoveel mogelijk beperken van het risico van destabilisatie van het wereldklimaat. Het gestelde doel van 2°C betekent concreet dat de stijgende trend in de wereldwijde CO₂-uitstoot al in het volgende decennium moet worden omgebogen in een dalende. Volgens de Europese Unie betekent dit voor ontwikkelde landen een gemiddelde reductie van 15 tot 30% (in 2020 ten opzichte van 1990), hetgeen redelijk in lijn ligt met een reductiedoelstelling van 60 tot 80% CO₂-equivalenten in 2050, zoals valt af te leiden uit het VN-klimaatverdrag.

Om de CO₂-emissies te reduceren staan overheden, bedrijven en consumenten een aantal mogelijkheden ter beschikking. Deze zijn onder te verdelen in directe maatregelen en indirecte maatregelen. Indirecte maatregelen betreffen, bijvoorbeeld, een verandering van levensstijlen, dematerialisatie, etc., die een afgeleide invloed hebben op de hoeveelheid CO₂-emissies die worden uitgestoten. Dergelijke maatregelen staan op dit moment niet in de belangstelling van politici. Directe maatregelen wel, en die betreffen ondermeer:

- energiebesparing;
- inzet van duurzame energie;
- inzet minder koolstofhoudende energiedragers, zoals gas of uranium;
- opslag van CO₂ in bossen en andere sinks;
- opslag van CO₂ in geologische reservoirs of oceanen.

Het Nederlandse klimaatbeleid heeft zich de afgelopen jaren vooral gericht op de eerste twee maatregelen (Uitvoeringsnota Klimaatbeleid, 1999). Door het IPCC is echter naar voren gebracht dat inzet op alle maatregelen gewenst is, inclusief socio-economische en institutionele veranderingen, wil het klimaatbeleid wereldwijd effect hebben⁸.

CO₂-opslag in geologische reservoirs als een extra oplossingsrichting in het klimaatbeleid krijgt recentelijk veel aandacht, onder meer via een publicatie van het IPCC rapport over CO₂-opslag. Dit komt mede omdat CO₂-opslag gezien wordt als een maatregel die de potentie heeft om een groot deel van de wereldwijde uitstoot van CO₂ te verminderen. Wereldwijd zijn er op dit moment duizenden geologische reservoirs bekend waar tussen de 220 tot 1.200 Gt CO₂ kan worden

⁸ Third Assessment Report's Summary for Policy Makers (IPCC, 2001).

opgeslagen (Herzog, 2001). Met de huidige werelduitstoot van 7 Gt CO₂ kan men eenvoudig berekenen dat bij stabiliserende emissies er voor 30 tot ruim 150 jaar geen kooldioxide naar de atmosfeer hoeft vrij te komen.

De vraag is nu of CO₂-opslag een aantrekkelijke optie is binnen het klimaatbeleid en of overheidssteun gerechtvaardigd is voor het starten en exploiteren van CO₂-opslag faciliteiten. Deze vraag kan op verschillende manieren worden bekeken. We geven hieronder vijf essentiële vragen:

- *Wat is de stand van de techniek van CO₂-opslag en is deze techniek effectief in het terugdringen van de emissies van broeikasgassen?*
- *Hoe kosteneffectief is CO₂-opslag?*
- *Wat zijn de lange termijn effecten van inzetten op CO₂-opslag voor (a) het beperken van de effecten van klimaatverandering, en (b) de transitie richting een duurzame energiehuishouding?*
- *Wat zijn de neveneffecten van CO₂-opslag, bijvoorbeeld op (i) andere emissies, (ii) de energievoorzieningszekerheid en (iii) de veiligheidssituatie in Nederland?*
- *Welk beleid kan de overheid voeren en zijn er belangrijke argumenten voor of tegen subsidiëring van CO₂-opslag projecten door de overheid?*

Deze vragen zullen we in de volgende paragrafen behandelen.

3.2 Stand der techniek en effectiviteit van CO₂-opslag

CO₂-opslag is het scheiden van kooldioxidegas van rookgassen of brandstoffen en het transporteren naar een geschikte locatie waar het definitief wordt opgeslagen in de bodem.

Het scheiden, transporteren en opslaan van CO₂-vormen drie schakels in de techniek.

De **scheiding** is nodig indien CO₂ niet in zuivere vorm vrijkomt uit een productieproces. Bij de productie van waterstof en kunstmest, en bij de aardgaswinning op sommige velden is scheiden niet nodig omdat de CO₂ in vrijwel pure vorm vrijkomt. Bij elektriciteitsproductie is de hoeveelheid CO₂ in de rookgassen echter dermate laag dat die eerst moet worden gescheiden van de andere componenten. Dat kan gebeuren met precombustie-systemen waarbij de CO₂ wordt gescheiden van de brandstof (kolen of aardgas) of postcombustiesystemen waarbij de CO₂ met behulp van aminewassers *end-of-pipe* wordt gescheiden van de andere rookgassen. Met postcombustiesystemen kan ongeveer 90% van de CO₂ worden afgevangen van de rookgassen.

Het afvangen van CO₂-gassen en het comprimeren van de CO₂ zodat het getransporteerd kan worden vergt extra energie. De hoeveelheid energie die wordt ingezet is ook afhankelijk van het soort techniek dat wordt gebruikt en van de componenten en load van de rookgassen. Over het algemeen kan men stellen dat er ongeveer 10-35% extra energie nodig is voor het scheiden en comprime-

ren van de uitlaatgassen bij elektriciteitscentrales⁹. De extra energie kan overigens ook voor 90% worden afgevangen. Daarmee komt de totale effectiviteit van CO₂-opslag rond de 85% te liggen.

Op dit moment vindt er nergens ter wereld scheiding plaats van CO₂ uit rookgasen. Volgens IPCC (2005) komt dat vooral doordat economische afwegingen scheiding in de weg staan (het is te duur) en niet zozeer door technische beperkingen. Aan de andere kant moet de techniek zich nog wel in de praktijk bewijzen. Zo is er bijvoorbeeld onduidelijkheid over welke wijze van scheiding het meest kosteneffectief is en met welke chemicaliën de rookgasen dienen te worden gewassen. Wel is de verwachting dat postcombustiesystemen op grote schaal al relatief gemakkelijk op dit moment kunnen worden gebouwd. Voor precombustiesystemen zou nog meer onderzoek vereist zijn, alsmede voor de nog meer experimentele oxyfuel-technieken.

Na het scheiden wordt de CO₂ gecompriëerd en onder druk per pijpleiding **getransporteerd** naar een geologisch reservoir. Het comprimeren en per pijpleiding vervoeren vormen geen technologische knelpunten. Mogelijkerwijs zijn er wel juridische en/of bestuurlijke knelpunten bij het aanleggen van een nieuwe pijpleiding.

Uiteindelijk wordt de CO₂ in een reservoir geïnjecteerd en **opgeslagen**. Geologische reservoirs geschikt voor CO₂-opslag betreffen lege olie- en gasvelden, zoutreservoirs en kolenformaties die ongeschikt zijn om als mijn te gebruiken¹⁰. Wereldwijd zijn momenteel drie CO₂-opslagvelden actief, waarbij de grootste in Algerije plaatsvindt waar jaarlijks 1,2 Mt CO₂ wordt opgeslagen¹¹. In Nederland zijn er door Gaz de France voorbereidingen getroffen om vanaf 2006 jaarlijks 0,4 Mton CO₂ in het lege gasveld K12B (op 2.500 meter diepte) te pompen. De techniek van het injecteren is simpelweg bestaande techniek omdat het ook al gebruikt wordt bij de oliewinning op dit moment.

Een essentiële vraag is of de CO₂ die wordt teruggepompt ook daadwerkelijk in de grond blijft. Indien er lekkage plaats zou vinden, zou de CO₂-opslag slechts een tijdelijke maatregel blijken te zijn. Over het algemeen wordt geaccepteerd dat er wel zeer kleine weglekeffecten zijn bij geologische reservoirs. De lekkage is evenwel sterk afhankelijk van de precieze geologische karakteristieken van de opslagput. Op dit moment gaat men ervan uit dat de opgeslagen CO₂ pas na

⁹ In de meeste literatuur worden meestal effecten op het rendement genoemd tussen de 5 en 13%. Bij een gemiddeld rendement van 50% laat de extra energiebehoefte zich dus aflezen als tussen de 10 en 35%.

¹⁰ CO₂-opslag in halflege olie- en gasvelden heeft in principe als voordeel dat het de productie van dat veld kan opschroeven doordat de CO₂-de overgebleven fossiele brandstoffen uit het veld kan drukken. Overigens moet men daar in Nederland niet teveel van verwachten. Een haalbaarheidsstudie uitgevoerd naar een ZEPP van 50MWe boven een bijna leeg aardgasveld toonde aan dat ongeveer 5% van de aardgasbehoefte van de ZEPP kon worden gedekt met extra te winnen gas (CPB, 2005).

¹¹ Daarnaast zijn er wereldwijd een kleine honderd aardgas- en olievelden waarbij CO₂ het veld in wordt gepompt om extra olie te kunnen winnen waarbij jaarlijks tussen de 20 en 30 miljoen ton CO₂ wordt gepompt (Herzog, 2001).

100.000 tot vele miljoenen jaren (IPPC, 2005) is weggelekt. Deze aanname is echter niet in de praktijk getoetst en moet zich dus nog bewijzen¹².

3.3 Kosteneffectiviteit CO₂-opslag

De kosten van CO₂-opslag vallen uiteen in twee kostensoorten: (1) de kosten van het scheiden van CO₂ van andere rookgassen; (2) de kosten van het comprimeren en transporteren van de CO₂ en het opslaan van kooldioxide in het reservoir.

De laatste kosten, die van transport en injectie in het reservoir, zijn redelijk bekend, omdat daarmee veel ervaring is opgedaan bij "oil recovery"-projecten. Die kosten variëren, afhankelijk van de schaalgrootte van de installaties en de te transporteren afstand, gemiddeld tussen de \$ 2 en 8 per ton CO₂ (zie b.v. ECN, 2005b).

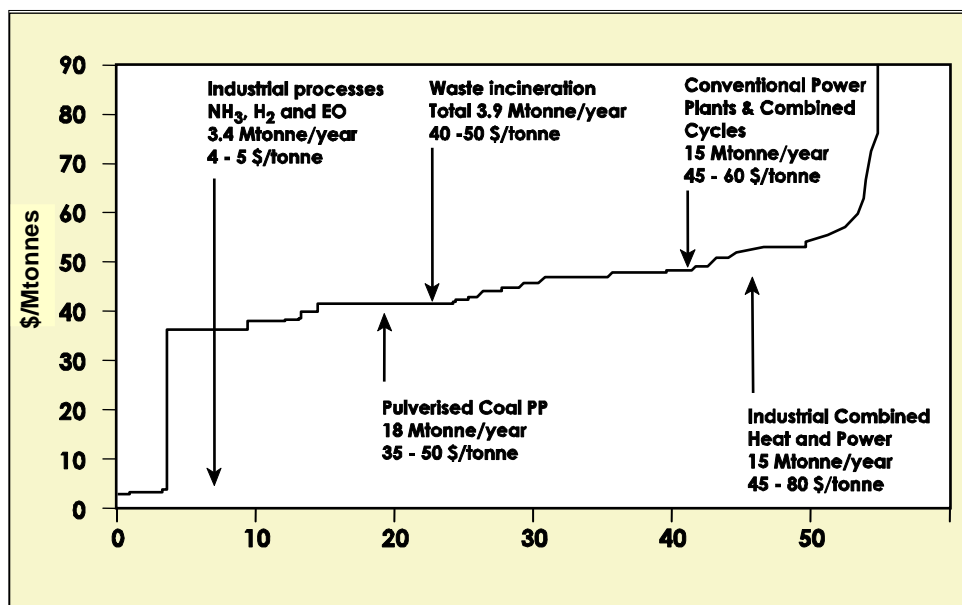
De kosten van het scheiden van CO₂ van andere rookgassen bij energiecentrales kunnen op dit moment niet precies worden ingeschat omdat er (nog) geen projecten zijn waar dat gebeurt. Wel tonen diverse studies aan (ECN, 2005b; Rao and Rubin, 2002) dat de kosten van CO₂-afvang gemakkelijk een factor 2 tot 10 kunnen verschillen afhankelijk van de soort rookgassen die vrijkomen, de manier van afvangen (precombustie is nu nog duurder dan postcombustie), de schaalgrootte van de installaties waarbij de rookgassen moeten worden afgevangen en de transportafstand tot het reservoir. Daarnaast is CO₂-afvang en -opslag bij nieuwe kolen- en gascentrales een factor 1,5 tot 2 goedkoper dan bij bestaande kolen- en gascentrales (Rao and Rubin, 2002). Hieruit kan men opmaken dat de belangrijkste toepassing voor CO₂-opslag in de elektriciteitssector ligt bij nieuwe centrales.

Figuur 1 geeft voor een groot aantal toepassingen de geschatte kosten uit de literatuur voor CO₂-opvang toegepast op de Nederlandse situatie. Daarbij moet wel in ogenschouw worden genomen dat deze kosten een ruwe inschatting vormen en dat de kostencurve gepaard gaat met grote onzekerheidsmarges.

¹² Er is een duidelijk verschil in integriteit van de verschillende reservoirs. Gasvelden en olievelden hebben bewezen integer te zijn en gas voor vele miljoenenjaren te kunnen vasthouden. Kolenlagen absorberen CO₂ en binden het fysisch – vergelijkbaar met de amines bij rookgasbehandeling.



Figuur 1 Marginale kostencurve CO₂-emissiebronnen in Nederland, incl. transport en opslag



Bron: (ECN, 2004).

Het onderste deel van de figuur laat zien dat er relatief goedkope maatregelen in Nederland zijn te treffen bij sommige industriële toepassingen (kunstmestfabricage, ammoniak, ethyleenoxide waterstoffabricage en aardgaswinning). Bij deze toepassingen wordt nu al CO₂ gescheiden van het eindproduct. Daarom zijn de kosten van CO₂-opslag beperkt tot de kosten van comprimeren, transporteren en opslaan. Hiermee kan ongeveer 3-4 Mton worden afgevangen. Duurdere toepassingen zijn te vinden bij de introductie van poederkoolcentrales of afvalverbranders met CO₂-opslag. Uit de figuur valt voorts te lezen dat de kosten van CO₂-opslag bij nieuwe energiecentrales ongeveer \$ 35 tot 60 per ton CO₂ bedragen Dit is conform de bedragen die genoemd zijn in de internationale literatuur (zie o.m. ECN, 2005b; Rao and Rubin, 2002).

Voorts zijn over kosten van CO₂-opslag de volgende opmerkingen te maken:

- De kosten zijn sterk afhankelijk van het soort afvangtechniek dat wordt gebruikt. Postcombustie is op dit moment goedkoper dan precombustie, en binnen de postcombustie is het gebruik van chemicaliën het goedkoopste¹³.
- De kosten zijn ook afhankelijk van het soort referentietechniek dat men neemt. We constateren hierbij dat meestal de extra kosten van CO₂-opslag worden vergeleken voor geavanceerde en deels experimentele centrales met of zonder CO₂-opslag (voor kolen betreft dit de zogenaamde IGCC, *Integrated Gasification Combined Cycle*)¹⁴. De kosten worden hoger indien men ze vergelijkt met de meest toegepaste centrales bij nieuwbouw in Europa (een conventionele kolencentrale of STEG).

¹³ Dit is niet noodzakelijkerwijs ook de meest milieuvriendelijke technologie, zie paragraaf 3.4.

¹⁴ Het experimentele karakter betreft daarbij niet de CO₂-afvang, maar de vergasser zelf. En die ontwikkelt zich behoorlijk snel gezien de 6 bouwplannen van Shell in China. CO₂-afvang uit aardgas met amines is een betrouwbare techniek die reeds op grote schaal wordt toegepast.

- Doordat CO₂-afvang 10 tot 35% meer aan energie kost, is de energieprijs van grote invloed op de kostenberekening. Meestal wordt gerekend met de energieprijzen uit 2002. Een verdubbeling van de olieprijs (i.e. het niveau van 2005) maakt dat CO₂-opvang bij aardgasgestookte eenheden ongeveer een kwart duurder wordt. Doordat de kolenprijs min of meer onafhankelijk van de olieprijs opereert, geldt deze beperking niet voor poederkolencentrale met CO₂-afvang. Roberts (2004) heeft berekend dat bij een gasprijs hoger dan \$ 5 per GJ gasgestookte centrales met CO₂-opvang niet meer rendabel zijn ten opzichte van poederkoolcentrales. Het huidige prijsniveau ligt ongeveer op dit niveau en men kan dus aannemen dat, tenzij de energieprijzen gaan dalen, CO₂-opslag bij gasgestookte centrales weinig toekomst heeft.
- Op de langere termijn, als CO₂-opslag grootschalig plaatsvindt, zijn er waarschijnlijk ook oplopende marginale kosten van het injecteren van de CO₂ in het reservoir en het monitoren van dat reservoir. Het ligt namelijk voor de hand dat eerst de meest goedkope velden worden gebruikt die weinig monitoring en in een later stadium de moeilijker toegankelijker velden.
- Op de lange termijn verwachten experts een kostendaling in vooral het scheiden van CO₂ middels pre- of postcombustie systemen (IPCC, 2005). Dit is ook waarschijnlijk gegeven het feit dat de technologie nog niet algemeen toepasbaar is en veel van de scheidingsopties nog in een ontwikkelingsstadium verkeren. Grootschalige toepassing van CO₂-opslag zal deze kosten verder kunnen drukken.

3.4 Neveneffecten CO₂-opslag

Het inzetten op CO₂-opslag als een instrument in het klimaatbeleid heeft voor Nederland een aantal consequenties die hier zullen worden behandeld. Hieronder gaan we beknopt in op de volgende neveneffecten:

- effecten op andere emissies;
- effecten op de energievoorzieningszekerheid;
- veiligheid;
- effecten op innovatie en het Nederlandse bedrijfsleven.

Effecten op andere emissies

Het scheiden van CO₂ heeft effecten op andere emissies, al zijn er onvoldoende gegevens voorhanden om deze effecten precies in te schatten. Aminewassers, die de CO₂ uit de rookgassen halen resulteren in principe in meer emissies van koolwaterstoffen, hetgeen resulteert in meer concentraties van ozon op leefniveau. Omdat sommige prototypes fluor gebruiken als aminewasser kunnen ook de luchtmissies van gefluoriseerde koolwaterstoffen omhoog gaan. Daarnaast ontstaat een vloeibare of vaste afvalstroom van ammonia en zouten die in enkele gevallen kunnen worden geclassificeerd als gevaarlijk afval (Rao and Rubin, 2002). De omvang van deze effecten zijn op dit moment onvoldoende in kaart gebracht.

Daarnaast resulteert de extra energie-inzet in meer emissies van NO_x. Daarover is opvallend weinig aandacht voor in de literatuur maar 10 tot 35% meer inzet van kolen of aardgas voor CO₂-afvang zal in een navenante stijging van NO_x-



emissies resulteren. In 2004 was de energiesector voor bijna 14% verantwoordelijk voor de emissies van NO_x.

Bij vervanging van een kolengestookte centrale door een poederkolencentrale met CO₂-afvang zullen de emissies van SO₂ en PM₁₀ afnemen doordat de CO₂-afvang eisen stelt aan de concentratie van deze stoffen in de rookgassen. Derhalve moeten extra maatregelen genomen worden om de uitstoot van deze stoffen zo klein mogelijk te maken (Roberts, 2004). Dit leidt mogelijk wel tot extra kosten die op dit moment nog onvoldoende onderzocht zijn.

Effecten op energievoorzieningszekerheid

Zoals reeds opgemerkt in paragraaf 3.3 is er voor CO₂-opslag bij elektriciteitscentrales ongeveer 10-35% extra energie nodig voor het scheiden, comprimeren en transporteren van de uitlaatgassen. Deze extra energie-inzet als gevolg van CO₂-opslag resulteert in een grotere afhankelijkheid van energie-import van Nederland. In geval van CO₂-opvang bij kolengestookte centrales hoeft dit echter niet te leiden tot verminderde energievoorzieningszekerheid gezien de grote beschikbaarheid van kolen bij een groot aantal landen in de wereld. Indien echter wordt gekozen voor CO₂-opslag bij aardgasgestookte centrales zal dit onze aardgasbehoefte doen stijgen ten opzichte van een situatie zonder CO₂-opslag. Dit kan op termijn leiden tot verminderde energievoorzieningszekerheid. Nederland zal dan namelijk zijn bestaande gasvoorraad eerder opmaken en afhankelijker worden van gas uit de voormalige Sovjet-Unie.

Effecten op de veiligheid

Voorts is er enige zorg omtrent de veiligheid van een CO₂-leidingennetwerk in dichtbevolkte gebieden zoals Nederland. Risico's zouden kunnen bestaan bij een breuk in het leidingennetwerk waardoor CO₂ geconcentreerd vrijkomt. De techniek om deze risico's te verminderen is echter niet anders dan de techniek die nu wordt gebruikt bij het gasnetwerk en de risico's zijn in principe kleiner doordat CO₂ niet brandbaar is.

Effecten op innovatie en de Nederlandse economie

Een argument dat impliciet, maar soms ook expliciet, een rol speelt bij de discussie rondom CO₂-opslag is dat Nederland met zijn procesindustrie, aardgasinfrastructuur en beschikbaarheid van veel aardgasreservoirs in principe een prima uitgangsbasis biedt om de techniek van CO₂-afvang en opslag verder te ontwikkelen. Als de techniek eenmaal ontwikkeld is kan het Nederlandse bedrijfsleven die exporteren naar andere landen. De Algemene Energieraad (AER, 2002) noemt dit argument expliciet. De baten voor de Nederlandse economie van subsidiering van CO₂-opslag zijn echter nog niet onderbouwd.

Dergelijke argumenten zijn moeilijk wetenschappelijk te beoordelen. Wel zijn er in het verleden vaak voorbeelden te vinden van technologiesubsidies die gericht waren op specifieke technologieën die weinig rendement opleveren (Roobeek, 1988). Bovendien kopiëren overheden elkaar. In de jaren '50 stimuleerden alle westerse landen nucleaire technologie, in de jaren '80 biotechnologie, nieuwe materialen en computertechnologie, en tegenwoordig nanotechnologie, biotech-

nologie (nog steeds) en ICT. Volgens Popp en David (2003) is het beter dat overheden de kenmerken van eindproducten subsidiëren (bijvoorbeeld CO₂-arme technologie) waarbij bedrijven zelf kunnen kiezen hoe ze die invullen. Voor de overheid zou dit impliceren dat de overheid CO₂-arme technologieën in het algemeen subsidieert zonder onderscheid te maken in welke technologie specifiek wordt geïnvesteerd.

3.5 De rol van CO₂-opslag in het klimaatbeleid

Welke rol kan CO₂-opslag nu spelen binnen het klimaatbeleid. Hiervoor is het nodig een onderscheid te maken tussen de CO₂-opslag bij bronnen waar nu al CO₂ in pure vorm vrijkomt, zoals bij de aardgaswinning, waterstofproductie en kunstmestfabricage, en bronnen waarbij de CO₂ nog gescheiden moet worden, zoals bij elektriciteitscentrales.

Bij de eerste bronnen van CO₂ kan de geconcentreerde CO₂ tegen geringe kosten (€ 5-10 per ton CO₂) worden getransporteerd en geïnjecteerd in een leeg aardgasveld. De kosten zijn dermate laag dat dit vanuit economisch en milieukundig oogpunt wenselijk is om binnen korte termijn te gaan doen. De vraag over de rol van CO₂-opslag in het klimaatbeleid spitst zich toe op de tweede mogelijkheid van CO₂-opslag: het scheiden van de CO₂ bij elektriciteitscentrales .

Voor een analyse daarvan dient men allereerst vast te stellen wat de doelstellingen zijn van het klimaatbeleid. Uit het NMP4 kan men vast stellen dat het klimaatbeleid vele doelstellingen kent. De belangrijkste zijn voor Nederland samen te vatten als¹⁵:

- 1 Het halen van de internationaal afgesproken doelstellingen.
- 2 Het treffen van maatregelen tegen de minst mogelijke kosten.
- 3 Het voorbereiden op een transitie naar een koolstofarme energiehuishouding op de langere termijn.

Kosteneffectiviteit en transitie kunnen derhalve worden gezien als voornaamste doelstellingen onder de randvoorwaarde dat de afgesproken reducties ook worden gerealiseerd.

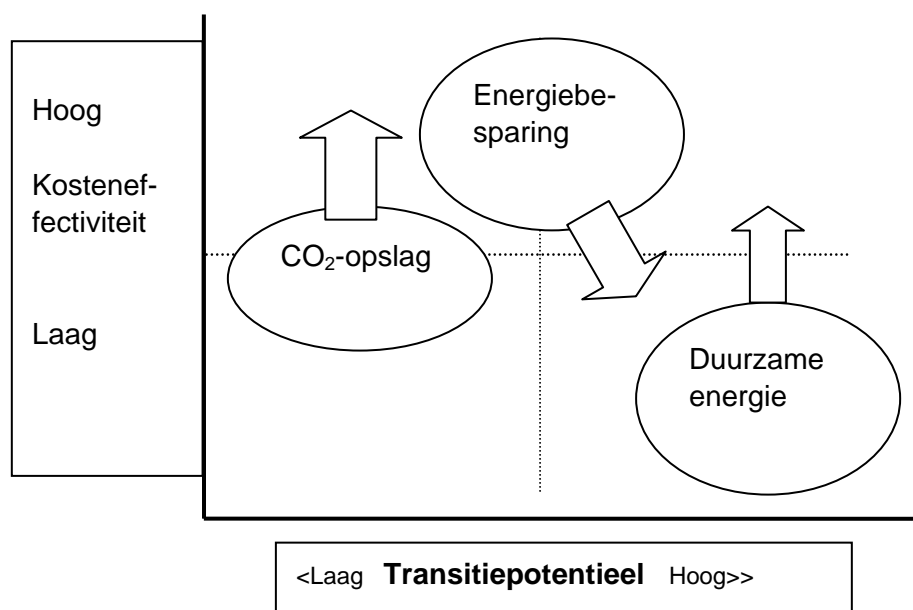
Kosteneffectiviteit

We kunnen CO₂-opslag vervolgens afzetten tegen alternatieven zoals energiebesparing en duurzame energie. Figuur 2 geeft daarvan een overzicht. In deze figuur staan de opties uitgesplitst tegenover hun kosteneffectiviteit en hun transitiepotentieel.

¹⁵ Daarnaast zijn er ondermeer nog overwegingen ten aanzien van de rechtvaardigheid van de verdeling van de kosten van het klimaatbeleid en de wens om internationaal verdergaand klimaatbeleid af te spreken. Een ander belangrijk punt is het effect op de innovatiekracht van Nederlandse bedrijven. Wat gebeurt er bijvoorbeeld met de Nederlandse industrie als alle rechten (in het extreme geval) worden aangekocht in het buitenland?



Figuur 2 Opties in het klimaatbeleid afgezet tegen kosteneffectiviteit en transitiepotentieel



Energiebesparing kent op dit moment een hoge kosteneffectiviteit – van alle klimaatmaatregelen is dit de meest kosteneffectieve optie en in veel gevallen is het zelfs een netto renderende maatregel. De uitvoeringsnota Klimaatbeleid komt tot een gemiddelde kosteneffectiviteit van energiebesparingsopties van het basispakket van € 22 per ton vermeden CO₂¹⁶. Een terugkerend probleem bij energiebesparing is wel dat het geconstateerde potentieel steeds moeilijk door het beleid valt te realiseren (Blok, 2004).

CO₂-opslag is netto duurder dan energiebesparing. De meerkosten van een peerdkolencentrale met CO₂-opslag bedragen ruwweg € 35-50 per ton CO₂. Duurzame energie is veelal duurder met kosten variërend van het soort duurzame energie. Vanuit de kosteneffectiviteitskant bekeken is het dus zinvol om in te zetten op energiebesparing.

De pijlen geven de verwachte ontwikkeling in de toekomst weer. De kosten van CO₂-opslag en duurzame energie worden naar verwachting goedkoper door technologische ontwikkeling¹⁷. Voor energiebesparing ligt dat wellicht anders omdat de technologie om tot energiebesparing te komen zich minder snel ontwikkelt. Daar zien we dus mogelijk oplopende marginale kosten als gevolg van een grotere inzet op energiebesparing.

¹⁶ Deze informatie is niet in de UK-1 zelf te vinden maar eenvoudig te berekenen door de kosten van individuele maatregelen te wegen met hun bijdrage aan de totale emissiereductie. In oktober komt er een studie van CE beschikbaar waarin de kosten van het klimaatbeleid ex-post zijn doorgerekend.

¹⁷ Uit Europese ervaring blijkt dat een actief ondersteuningsbeleid ertoe heeft bijgedragen de kosten per eenheid in de productie van elektriciteit uit duurzame energiebronnen in de jaren 1980-1995 drastisch te verlagen (– 65% voor fotovoltaïsche energie, – 82% voor windenergie, – 85% voor elektriciteit uit biomassa) (Bron: Mededeling COM(2005)0035 van de Europese Commissie).

Transitiepotentieel

Indien men de drie opties bekijkt vanuit transitiepotentieel geniet duurzame energie echter de voorkeur omdat dit het meest direct stuurt in de richting van een koolstofarme energiehuishouding. Voor een transitie is energiebesparing ook onontbeerlijk, zoals recent aangetoond in het (Greenpeace, 2005) rapport. Het is echter niet de cruciale determinant: een klimaatbeleid dat flink inzet op energiebesparing hoeft niet noodzakelijkerwijs te resulteren in een transitie naar koolstofarme energiedragers. CO₂-opslag heeft een negatief effect op transitie doordat er meer wordt geïnvesteerd in de huidige koolstofrijke energiestructuur en het fossiele energieverbruik stijgt met 10 tot 35%. Dit resulteert in een "lock-in" in de huidige energie infrastructuur waardoor een transitie in de toekomst wellicht *moeilijker* wordt te realiseren.

Bij het beoordelen van mogelijke transitiepaden naar een toekomstig duurzaam energiesysteem is het van belang om ook synergie-effecten die optreden op andere emissies te waarderen. Energiebesparing kent een direct positief effect op andere emissies die met energiegebruik samenhangen, zoals NO_x, SO₂ en PM₁₀. Duurzame energie, opgewekt uit stromingsbronnen zoals zon, wind of water, kent ook geen nadelen op het gebied van andere emissies. Voor duurzame energie opgewekt uit biomassa komen wel andere emissies vrij¹⁸. CO₂-afvang, tot slot, bij elektriciteitscentrales heeft effecten op de emissies van vooral NO_x: door het hogere energiegebruik nemen de emissies met 10-35% toe. De effecten op emissies die ontstaan als gevolg van lekverliezen bij het wassen van de rookgassen is op dit moment weinig bekend.

Derhalve zou bij een integrale afweging van de kosten en baten van CO₂-opslag ook gekeken moeten worden naar de externe kosten van de diverse opties. Doordat er nog geen ervaring is opgedaan met systemen waarbij de CO₂ wordt afgevangen bij elektriciteitscentrales kan men daarvoor nu nog geen integrale kosten-baten analyse maken. Dit punt is overigens belangrijk omdat de effecten op andere emissies zoals NO_x niet worden gewaardeerd in een CO₂-emissiehandelsysteem. Ter illustratie: volgens het CPB (2005b) is het saldo van maatschappelijke kosten en baten voor investeringen in windparken op zee neutraal bij € 40 tot 78 per ton CO₂. Zoals reeds hierboven vermeld is CO₂-opslag bedrijfseconomisch rendabel bij € 30 tot € 50 per ton CO₂ voor nieuwe centrales. Echter hier moeten de externe kosten van andere emissies zoals NO_x. Wij schatten deze externe kosten op €5 tot €10 per ton CO₂. Hierdoor komen de kosten van CO₂-opslag in dezelfde orde te liggen als wind op zee¹⁹.

¹⁸ Duurzame energie uit biomassa kan qua milieueffecten (denk ook aan landgebruik) of voorzieningszekerheid vergelijkbaar zijn met CO₂-opslag. Ook is er visuele hinder van windmolens die CO₂-opslag in mindere mate kent. Lenstra en van Engelenburg (2002) vermoeden echter dat ook bij CO₂-opslag dergelijke NIMBY (*not in my backyard*) effecten een rol spelen vanwege al dan niet vermeende veiligheidsaspecten.

¹⁹ In geval van CO₂-opslag zal de kostenreductie in de toekomst als gevolg van leereffecten waarschijnlijk iets groter zijn dan 'wind op zee' omdat het om een nieuwe techniek gaat. Echter er kunnen zich ook nog tegenvallers voordoen bij CO₂-opslag die de kosten hoger maken dan verwacht.



3.6 Moet de overheid CO₂-opslag subsidiëren?

Een belangrijke vraag is hoe Nederland op optimale wijze kan sturen op het realiseren van de gestelde klimaatdoelstellingen?

Algemene sturingsfilosofie

De Europese Commissie (2005) stelt "pull"-beleid voor als optimale sturing. Hiermee wordt door de vaststelling van een marktwaarde voor broeikasgassen, bijvoorbeeld via een systeem van emissiehandel of heffingen, financiële stimulansen gegeven om de vraag naar energie te beheersen, de algemene toepassing van klimaatvriendelijke technologieën te bevorderen en verdere technologische ontwikkeling te stimuleren. In het algemeen zijn de voordelen daarvan het grootst: doelen worden gehaald tegen de laagst mogelijke kosten en het geeft optimale prikkels aan technologische vernieuwing.

Als de doelen en systemen zijn bepaald kan de inzet van energiedragers en technieken in principe aan de markt worden overgelaten. Hiermee wordt vooraf geen techniek uitgesloten of benadeeld. De internationale prijs voor CO₂ zal dan fungeren als richtsnoer voor welke maatregelen wel en niet rendabel zijn en zullen worden toegepast. De overheid heeft een wezenlijke rol bij de aanpassingen van de energie-infrastructuur (als de doelen dermate scherp zijn dat dit onvermijdelijk is), het verlenen van vergunningen voor energieproductielocaties (o.a. kernenergie, hernieuwbare energie) en CO₂-opslag.

In de lokale situaties van burgers en bedrijven is er steeds een keuze tussen 6 soorten maatregelen: beperken van de functionele energievraag, efficiënte technieken, hernieuwbare energiebronnen, schoon fossiel (CO₂-opslag), sinks, internationale maatregelen en reductie van de overige broeikasgassen. De overheid bepaalt door de opzet van het beleidsinstrumentarium of die keuze er daadwerkelijk is. Zo is CO₂-opslag alleen mogelijk als hiervoor vergunningen worden verleend door de overheid, hernieuwbare energie is voorlopig meestal duurder dan de andere soorten maatregelen, maar kunnen door andere overwegingen (meerdere positieve milieueffecten, versterking Nederlandse industrie, lange termijn transitie doel) zodanig worden bevoorreed dat burgers en bedrijven hiervoor kiezen.

Consequenties van sturingsfilosofie voor CO₂-opslag

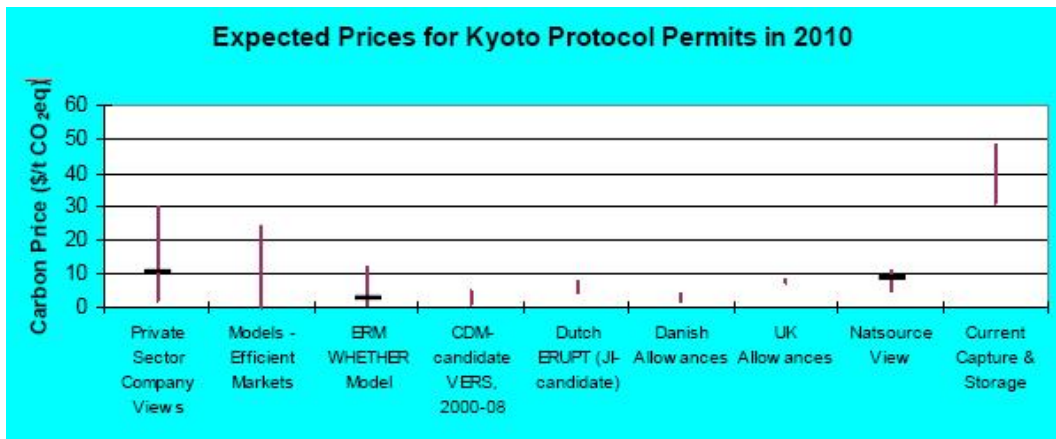
De hierboven beschreven sturingsfilosofie betekent dat de techniek CO₂-opslag wordt ingezet op het moment dat de internationale CO₂-handelsprijs hoog genoeg is en voor langere tijd gegarandeerd is om CO₂-opslag rendabel te maken. Maar gaat dat ook gebeuren? Om deze vraag te beantwoorden moet onderscheid worden gemaakt tussen bronnen waarbij CO₂ nu al in geconcentreerde vorm vrijkomt en daar waar dat niet het geval is, zoals bij energiecentrales.

Mits vallend onder het emissiehandelssysteem, zal CO₂-opslag bij de geconcentreerde bronnen van CO₂ rendabel kunnen worden. Aangezien de kosten vermoedelijk onder de kosten van het emissiehandelssysteem liggen en het merendeel van de bronnen bij gaswinning, kunstmestfabricage en waterstofproductie onder het emissiehandelssysteem vallen, zal er vanuit het handelssysteem een prikkel volgen om te investeren in de CO₂-opslag. Een vereiste daarvoor is wel om duidelijkheid te scheppen over de emissieplafonds na 2012 omdat de huidige

periode tot 2013 tekort is om dergelijke investeringen terug te verdienen. Dit zou investeringszekerheid bieden aan bedrijven, hetgeen CO₂-opslag bij deze geconcentreerde vormen rendabel kan maken zonder aanvullende beleidsinstrumenten.

Anders is het bij CO₂-afvang en opslag bij elektriciteitsproductie. De kosten hiervan zijn hoger dan de verwachte kosten bij een emissiehandelsprijs (zie figuur 3).

Figuur 3 Verwachte prijzen voor Kyoto Protocol Rechten in 2010



Bron: (Lee, 2004).

Echter voor de periode tussen 2012 en 2020 zou CO₂-afvang en -opslag bij elektriciteitsproductie wel rendabel kunnen worden indien het klimaatbeleid (en dus de emissieplafonds) stringenter wordt en de kosten van de techniek dalen²⁰.

Aanvullend beleid wenselijk?

De vraag is nu of er nog aanvullend beleid in de vorm van subsidies of verplichtingen nodig zijn voor CO₂-opslag indien we ervan uitgaan dat de overheid een prijs voor CO₂ garandeert via een CO₂-emissiehandelsstelsel.

Exploitatiesubsidies voor CO₂-opslag bij energiecentrales?

Gegeven de analyse in paragraaf 3.5 omtrent de voor- en nadelen van CO₂-opslag, lijkt het niet voor de hand liggend om de onrendabele top van CO₂-opslag bij energiecentrales aanvullend te subsidiëren via exploitatiesubsidies zoals de MEP. Er zijn immers geen belangrijke nevendoelen, zoals bij duurzame energie, die exploitatiesubsidies bovenop de emissiehandelsprijs rechtvaardigen. Zoals reeds opgemerkt zijn de volgende nadelen van CO₂-opslag van belang:

- CO₂-opslag is duurder dan energiebesparing en resulteert niet in een transitie naar een duurzame energievoorziening. Wil men besparen op de kosten van het klimaatbeleid, dan zet men beter de middelen in op energiebesparing.
- Subsidies voor CO₂-opslag vergroten de vraag naar fossiele energie. Energiecentrales met CO₂-opslag hebben 10-35% meer energie nodig en vergro-

²⁰ Volgens IPCC (2005) zijn de kosten van CO₂-afvang (scheiding en compressie) de grootste kostencomponent en kunnen deze in het komende decennium dalen 20 tot 30% door technieken die zich nu nog in de onderzoeks en demonstratiefase bevinden.



ten daarmee de importafhankelijkheid van fossiele brandstoffen van Nederland.

- CO₂-opslag leidt mogelijk tot extra emissies van luchtverontreinigende stoffen zoals NO_x, terwijl maatregelen zoals de inzet van energiebesparing en duurzame energie juist tot synergievoordelen leiden in relatie tot luchtverontreiniging. Dit synergievoordeel wordt niet gewaardeerd in het Europese handelsstelsel, maar deze baten (of uitgespaarde kosten) zouden wel moeten worden meegewogen bij beleidsvorming.
- Naast de kans op verhoogde emissies van NO_x bestaan er neveneffecten op de afvalstromen en emissies van koolwaterstoffen, mogelijk zelfs met fluorverbindingen. Deze neveneffecten zijn op dit moment onvoldoende in kaart gebracht.
- CO₂-opslag kan leiden tot een 'Lock-in' in de bestaande energieinfrastructuur waardoor een transitie naar een duurzame energievoorziening mogelijk moeilijker valt te realiseren.

Een ander belangrijk nadeel van exploitatiesubsidies voor CO₂-opslag bij energiecentrales is dat het niet leidt tot CO₂-reductie. Immers, in het huidige Europese stelsel van verhandelbare rechten wordt de totale uitstoot bepaald door het CO₂-plafond. Subsidiering van CO₂-opslag leidt dan tot verdringing van andere marginale maatregelen die net iets duurder zijn. Dit betekent bijvoorbeeld dat energiebesparingsmaatregelen die net rendabel zijn, worden verdrongen door CO₂-opslag. De CO₂-prijs zal als gevolg wel iets lager zijn.

Een nadeel van exploitatiesubsidiering, bijvoorbeeld via de MEP, is voorts nog dat de kosten van CO₂-opslag per project verschillen. Derhalve is er niet een vast subsidiebedrag vast te stellen. De regeling zal derhalve of weinig effect hebben, of veel free-riders kennen²¹.

Verplichting CO₂-opslag nieuwe elektriciteitscentrales

Ondanks de grote aandacht voor de inzet van duurzame energie en energiebesparing, zal het nodig zijn om nieuwe gasgestookte of kolengestookte elektriciteitscentrales te bouwen om aan de energievraag te voldoen. In het milieubeleid (IPPC) is de inzet van 'Best Available Technologies (BAT)' bij nieuwbouw van installaties een gangbare eis. Tegen deze achtergrond zou de Rijksoverheid en lokale overheden bij de vergunningverlening CO₂-afvang en opslag verplicht kunnen stellen bij de bouw van nieuwe centrales. De vereiste CO₂-afvang en opslag zou dan tenminste tot het niveau van de schoonste gasgestookte centrale moeten plaatsvinden. Dit zou betekenen dat nieuwe kolencentrales dan bijna de helft van hun CO₂-uitstoot moeten afvangen en opslaan om aan BAT te voldoen.

Indien deze BAT-verplichting niet mogelijk is vanwege juridische of marktregels, is het aan te bevelen om nieuwe centrales tenminste te verplichten om faciliteiten voor toekomstige CO₂-afvang op te nemen in het technische ontwerp. In de praktijk zal dit betekenen dat ruimte moet worden gereserveerd voor het aanbouwen van een CO₂-afvang installatie nadat de centrale al enige tijd in bedrijf is. Het

²¹ Ook de auteurs van (ECN, 2005b) geven aan dat subsidiering van CO₂-opslag via de MEP op onvoldoende is onderbouwd.

verplichten van deze faciliteiten heeft als voordeel dat, bij een hogere toekomstige CO₂-handelsprijs, het eerder loont voor het energieproductiebedrijf om alsnog een CO₂-afvang installatie bij te bouwen.

Publiek-privaat CO₂-opslagbedrijf

CO₂-afvang en opslag voor elektriciteitsproductie is omgeven met significante economische risico's. De overheid zou deze risico's kunnen verminderen door industriële partijen bij elkaar te brengen of door infrastructuur aan te leggen. Zo zou de overheid bij de aanleg van de Tweede Maasvlakte tevens een pijpleiding aan kunnen leggen voor transport van CO₂ naar lege olie- en gasvelden. Een energiebedrijf dat een vergunning krijgt om op de Tweede Maasvlakte een kolen-centrale te bouwen dient dan een kostendekkende heffing te betalen voor het gebruik van de pijpleiding.



Literatuur

Aalbers, 2005

R.F.T. Aalbers, E.C.M. van der Heijden, et al.
Naar een Optimaal Design voor Investeringsubsidies in Milieuvriendelijke Technieken
Rapport voor VROM, OCFEB, 2005

AER, 2002

De Algemene Energieraad (AER)
Post-Kyoto Energiebeleid, Advies aan de Minister van Economische Zaken
AER, Den Haag

Beers, 2002

C. van Beers, J.C.J.M. van den Bergh, A. de Moor, et al.
Milieueffecten van indirecte subsidies. De ontwikkeling en toepassing van een beleidsgerichte methodiek, onderzoeksrapport 0202
TU Delft : december 2002

Blok, 2004

K. Blok, H.L.F. de Groot, E.E.M. Luiten, et al.
The Effectiveness of Policy Instruments for Energy-Efficiency Improvement in Firms: The Dutch Experience
Dordrecht/ Boston / London : Kluwer Academish Publishers, 2004

Bock, 2003

B. Bock, R. Rhudy, H.Herzog, et al.
Economic Evaluation of CO₂ Storage and Sink Options : DOE Research Report DE-FC26- 00NT40937, U.S. Department of Energy
Pittsburgh, PA : Pittsburgh Energy Technology Center, 2003

CE Delft, 2000

Wit, R.C.N., Leurs, B.A., M.D. Davidson en J. van Swigchem
Onderzoek naar milieuschadelijke subsidies
CE Delft : 2000

CE Delft, 2003

Leurs, B.A., R.C.N. Wit, G.A. Harder, A. Koomen, F.H.J. Kiliaan en G. Schmidt
Environmentally harmful support measures in EU Member States, Report for the European Commission
CE Delft : 2003

CPB, 1998

Centraal Economisch Plan
Den Haag : Centraal Planbureau, 1998

CPB, 2000

Naar een efficiënter milieubeleid: een maatschappelijk-economische analyse van vier hardnekkige milieuproblemen

Den Haag : Centraal Planbureau, SDU uitgevers, november 2000

CPB, 2005

A. Verrips

Leren van investeren: analyse van investeringsvoorstellen in kennis, milieu en ruimtelijke economie

Den Haag : CPB Document no. 86., 2005

CPB, 2005b

A. Verrips, H. de Vries, A. Seebregts, et al.

Windenergie op de Noordzee; Een maatschappelijke kosten-batenanalyse

Den Haag : CPB, 2005

ECN, 2003

E.J.W. van Sambeek, T.J. de Lange, W.J.A. Ruijgrok (KEMA), et al.

Onrendabele toppen van duurzame elektriciteitsopties: Advies ten behoeve van de vaststelling van de MEP-subsidies voor 2004 en 2005

ECN Beleidsstudies : ECN-C--03-085 ; 2003

ECN, 2004

D. Jansen

Technologies and possibilities for CO₂ capture and storage. Presentation for the 1st International Conference on Innovation and Future Developments in Cement Production, Amsterdam November 12, 2004.

ECN, 2005

P. Boonekamp, et al.

Indicators of domestic efforts to reduce CO₂-emission in The Netherlands

Petten : ECN, februari 2005

ECN, 2005b

De Coninck, et al.

Klimaatneutrale Elektriciteit en de MEP: Een verkenning naar de onrendabele top van elektriciteit met CO₂-afvang en – opslag

Petten : ECN, april 2005, ECN –C -05-033

Europese Commissie, 2005

Naar de zege in de strijd tegen de wereldwijde klimaatverandering

COM(2005)35 : 9 september 2005

Greenpeace, 2005

The Energy Revolution: A Sustainable Pathway to a clean energy future for Europe

Greenpeace International



Herzog, H.J., 2001

What Future for Carbon Capture and Sequestration?
Environmental Science and Technology, April 2001, Volume 35, pp148A-153A

IEA, 2003

CO₂ emissions from fuel combustion, 1971-2001
Paris : OECD/IEA, 2003

IBO, 2001

C. de Beer, et al.
Onderzoek naar de kosteneffectiviteit van Energiesubsidies
IBO : 2001

IPPC, 2001

The Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press
Cambridge, UK

IPCC, 2005

Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage
Cambridge University Press
Cambridge, UK

Jaffe, 1995

A.B. Jaffe, R.N. Stavins
Dynamic Incentives of Environmental Regulations: The Effects of Alternative Policy Instruments on Technology Diffusion
In : Journal of Environmental Economics and Management, 29: S43-63, 1995

Lenstra, 2002

W.J. Lenstra, B.C.W. van Engelenburg
Legal and Policy Aspects: Impact on the Development of CO₂ Storage : Workshop on Carbon Dioxide Capture and Storage
Regina Canada : 18-21 November 2002

Lee, 2004

Lee, A., 2004
CO₂ Capture Project's Policies & Incentives Study : Presentation for the GHGT-7, CO₂ Capture Project Session
Vancouver : Canada, 6 September 2004

Oosterhuis, 2001

Oosterhuis, F.
Energy subsidies in the European Union
Instituut voor milieustudies, Vrije Universiteit Amsterdam

Popp and David, 2003

Popp, David

Lessons from patents: using patents to measure technological change in environmental models

Cambridge MA : NBER Working Paper 9978, 2003

Rao and Rubin, 2002

A.B. Rao, E.S. Rubin

A technical, economic, and environmental assessment of amine based CO₂ capture technology for power plant greenhouse gas control

In : Environmental Science and Technology, 36, 4467-4475, 2002

RIVM, 2004

RIVM

Milieubalans 2004. Het Nederlandse milieu verklaard

Bilthoven : MNP-RIVM, Rapport 251701057, 2003

Roberts, 2004

C.A. Roberts, J. Gibbins, G. Kelsall

Potential for improvement in power generation with post – combustion capture of CO₂

In : Proceedings of the Seventh International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies, Vancouver, Canada, 5–9 September, 2004

Roobeek, 1988

A.J.M. Roobeek

Een race zonder finish: de rol van de overheid in de technologiewedloop: een politiek-economische analyse van het technologiebeleid in zeven industrielanden

Amsterdam : VU Uitgeverij, 1998

Simbeck, 2001

D.R. Simbeck

World Gasification Survey: Industrial Trends and Developments : Paper presented at the Gasification Technology Conference

San Francisco, CA, USA : October 2001

Vries en Nentjes, 2001

J. de Vries, A. Nentjes

Subsidies voor schone technologie nadelig voor milieu

ESB : 82 (2001) 4316 (22 jun), p. 528-531

