

RIVM rapport 728001014

**Kosten en gevolgen bij de toepassing van de
Kyoto Mechanismen**

A.P.G. de Moor
J.C. Bollen

mei 2001

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van DGM/KVI, in het kader van project M/728001 Ondersteuning Klimaatbeleid.

Abstract

Unrestricted use of the Kyoto Mechanisms yields substantial cost savings on the implementation of the Kyoto Protocol. Annex-I emission trading can cut compliance costs by more than a third while global trading can further reduce costs to a fraction of the amount without emission trading. In absolute terms, emission trading may reduce compliance costs up to \$300 billion and bring down the permit price below \$5 t/CO₂. Restricting the use of the Kyoto Mechanisms, such as ceiling on the sales or purchases of emission permits wipes out a substantial part of these cost savings. A ceiling on permits sales has probably a larger impact on emission trading than limiting purchases; mainly the buyers suffer since they have to pay more for emission permits as well as take more expensive domestic measures to reduce emissions. The EU-proposal for a ceiling on both permit sales and purchases favours the USA but harms the EU, a result opposite the negotiating positions of both parties on this subject. Market power and market segmentation also imply limiting the flexibility of emission trading and hence increase compliance costs. The Kyoto Mechanisms have a strong but varying impact on carbon leakage. Without emission trading, carbon leakage is about 10-20% but since Annex-I trading lowers the permit price, the impact on energy prices is lower and hence carbon leakage is only 3-7%. CDM on the other hand increases carbon leakage to 30-40%.

Voorwoord¹

Deze rapportage vloeit voort uit een verzoek van het ministerie van VROM om een beschouwing te geven over de economische gevolgen van het toepassen van de Kyoto Mechanismen en inzicht te geven in de ontwikkeling van marktprijzen voor aan te kopen emissie-eenheden. De inzichten in deze notitie zijn gebaseerd op eerdere analyses met behulp van het WorldScan-model, dat is ontwikkeld door de afdeling Internationale Economische Analyse van het CPB. De analyses zijn gezamenlijk uitgevoerd door de afdeling Internationale Economische Analyse van het CPB en de afdeling MNV Internationaal binnen het RIVM. Tevens is intensief gebruik gemaakt van een presentatie over economische effecten van het Kyoto Protocol tijdens het bezoek van Minister Pronk aan het RIVM begin juni 2000.

¹ Met dank voor het commentaar op eerdere versies van Bert Metz, Joop Oude Loohuis en Ruud van den Wijngaard (allen RIVM), Ton Manders (CPB), Michiel Beeldman, Sascha van Rooijen en Jos van Sijm (allen ECN) en Marcel Mulders en Jasper Vis (beiden DGM).

Inhoud

SAMENVATTING	5
1. INLEIDING	6
2. ECONOMISCHE EFFECTEN VAN KYOTO MECHANISMEN TOT 2010	7
3. BEPERKINGEN AAN VRIJE EMISSIEHANDEL	10
3.1 PLAFONDS OP EMISSIEHANDEL.....	10
3.2 MARKTMACHT EN MARKTSEGMENTATIE	12
4. HET CO₂ WEGLEK-EFFECT	13
5. CONCLUSIES	15
LITERATUUR	16
BIJLAGE 1: OVERZICHT MODELLEN	17
VERZENDLIJST	19

Samenvatting

Onbeperkte toepassing van de Kyoto Mechanismen kan de kosten van uitvoering van het Kyoto Protocol substantieel verlagen. Vrije emissiehandel tussen Annex-I landen vermindert de kosten met meer dan een derde terwijl mondiale emissiehandel de kosten substantieel verder doet dalen tot een fractie van het bedrag wanneer landen hun Kyoto-doelen op eigen kracht moeten halen. In absolute termen kunnen de totale kosten door mondiale handel tot \$300 miljard worden verminderd. De prijs van emissie-eenheden ligt tussen \$7 en \$25 per ton CO₂ bij Annex-I handel en onder de \$5 per ton CO₂ bij mondiale handel. Beperkingen op de toepassing van de Kyoto Mechanismen, zoals plafonds op aan- en verkopen van emissie-eenheden, impliceren echter hogere kosten om aan het Kyoto Protocol te voldoen. Een handelsplafond op verkopen is mogelijk meer van invloed omdat de gevolgen eerder merkbaar zijn. Vooral de vragers zullen hierbij de nadelen ervaren omdat zij zowel een hogere prijs op de emissiemarkt moeten betalen als meer en duurdere binnenlandse maatregelen moeten treffen. Het EU-voorstel voor een plafond op zowel aan- als verkopen werkt in het voordeel van de USA en het nadeel van de EU, een resultaat dat tegengesteld is aan de onderhandelingsposities die beide partijen hierover innemen. Ook marktmacht en marktsegmentatie betekenen een beperking op vrije emissiehandel en dus hogere kosten. De Kyoto Mechanismen hebben een sterke maar wisselende invloed op het CO₂-weglekeffect. Zonder handel bedraagt dit effect 10-20%, maar Annex-I handel verlaagt dit tot 3-7% omdat de lagere prijs van emissie-eenheden de doorwerking op de energieprijzen verkleint. Het CDM daarentegen vergroot het weglek-effect tot 30-40%.

1 Inleiding

Het Kyoto Protocol stelt landen in staat internationaal klimaatbeleid te voeren door emissie-eenheden in het buitenland te verwerven en te gebruiken voor het halen van nationale Kyoto-doelen. Hiertoe zijn drie implementatiemechanismen geïntroduceerd:

Joint Implementation (artikel 6): gezamenlijke investeringsprojecten in Annex-I landen ter vermindering van broeikasgasemissies en opname in sinks

Clean Development Mechanism (artikel 12): zoals JI maar in niet Annex-I landen.

Emissiehandel (artikel 17): handel in emissie-eenheden tussen Annex-I landen

Hoewel de concrete invulling van de Kyoto-mechanismen nog onduidelijk is, wordt er veel van verwacht. Belangrijk is vooral dat deze instrumenten grote voordelen voor Annex-I landen kunnen opleveren omdat het goedkoper is emissiereducties elders te realiseren waar de marginale reductiekosten lager zijn. Een cruciale vraag is hoeveel lager de kosten om aan het Kyoto Protocol te voldoen zullen uitkomen en tegen welke prijzen emissie-eenheden zullen worden verhandeld. Verder speelt in de discussie het aspect van complementariteit een belangrijke rol. De Kyoto-mechanismen zouden conform artikel 17 aanvullend moeten zijn op binnenlands klimaatbeleid. Sommigen pleiten daarom voor restricties op de aankoop of verkoop van emissie-eenheden. Deze restricties hebben natuurlijk wel consequenties voor de inzet van de Kyoto-mechanismen en dus voor de kosten om de Kyoto-doelen te halen. Het is de bedoeling dat de Conference of Parties (CoP-6) in november 2000 in Den Haag de nodige besluiten zal nemen over de toepassing en spelregels van de Kyoto Mechanismen.

Het RIVM is gevraagd om een beschouwing te geven over de economische gevolgen van het toepassen van de Kyoto Mechanismen en inzicht te geven in de ontwikkeling van marktprijzen voor aan te kopen emissie-eenheden. Paragraaf 3 van deze notitie geeft op hoofdlijnen inzicht in de economische effecten van de toepassing van de Kyoto Mechanismen. Hiervoor is gebruik gemaakt van eerder uitgevoerde analyses. In paragraaf 4 wordt vervolgens nader ingegaan op het effect van restricties op vrije emissiehandel, zowel via opgelegde plafonds op aan- en verkopen van emissie-eenheden als via marktsegmentatie en marktmacht. Het CO₂ weglekeffect komt aan bod in paragraaf 5. Afsluitend worden in paragraaf 6 conclusies getrokken.

2 Economische effecten van Kyoto Mechanismen tot 2010

De economische analyse van klimaatbeleid vormt een belangrijk onderdeel in de internationale beleidsdiscussie. Met een veelheid aan modellen proberen economen inzicht te verschaffen in de economische aspecten en met name de kosten van klimaatbeleid. Een aantal recente publikaties legt de resultaten en inzichten van deze modellen naast elkaar. In het Stanford Energy Modeling Forum (EMF) hebben in 1999 tien teams van onderzoekers hun modelresultaten vrij systematisch met elkaar vergeleken.² Ook de OECD (1998 en 1999) heeft een dergelijke exercitie uitgevoerd en de uitkomsten gebruikt voor een samenvattende analyse van acties in het kader van internationaal klimaatbeleid en het Kyoto Protocol. Het zijn hierbij steeds macro-economische modellen die worden vergeleken die vooral verschillen in de mate van desaggregatie van de energiesector en van de economie. Doorslaggevend in de vergelijking tussen modellen zijn veronderstellingen over bevolkingsgroei, productiviteitsgroei, relatieve prijzen van energiedragers en technologische en energie-efficiency ontwikkelingen. Verder zijn vooral specifieke aannames over de referentiepaden, de kosten van binnenlandse maatregelen en wanneer en welke landen beginnen met emissiehandel van invloed op de modeluitkomsten.³ Een beperking is dat de meeste macro-economische modellen zich uitsluitend richten op CO₂ uitstoot en dat andere broeikasgassen (vooralsnog) ontbreken.

In samenwerking met het CPB maakt het RIVM gebruik van het CPB-model WorldScan om de economische effecten van klimaatbeleid te analyseren.⁴ Dit is een wereldhandelsmodel dat is ontwikkeld om beleidsscenario's door te rekenen op het gebied van internationale handel, vergrijzing en klimaatbeleid.

Uitkomsten

Tabel 1 toont de economische effecten van de uitvoering van het Kyoto Protocol tot 2010 in 3 varianten:

- effecten zonder emissiehandel voor de USA, EU en Japan;
- effecten met emissiehandel tussen Annex-I landen, en
- effecten met emissiehandel op mondiaal niveau.

De meeste studies laten zien dat de kosten van de uitvoering van het Kyoto Protocol zonder emissiehandel voor individuele landen kunnen oplopen tot 2% van het niveau bij ongewijzigd

² Het EMF is een internationaal gerenommeerd platform waarin wetenschappelijke analyses rond klimaatbeleid worden besproken. De publicatie betreft een Special Issue van het Energy Journal in 1999, zie ook Weyant (1999).

³ Vanzelfsprekend zijn de modelspecificatie en de invulling van de modelparameters van grote invloed op de resultaten, in het bijzonder de substitutie tussen arbeid en energie en tussen energiedragers. Ook de data en basisjaren kunnen de resultaten beïnvloeden. Zie de bijlage voor een meer uitgebreide beschrijving van de verschillen tussen de modellen.

⁴ Zie CPB (1999), *WorldScan: the Core version*, CPB Netherlands Bureau for Economic Policy Analysis, The Hague, the Netherlands.

beleid.⁵ De Kyoto Mechanismen echter kunnen deze kosten aanzienlijk verminderen. Zo is emissiehandel tussen Annex-I landen in staat om de kosten met een derde tot de helft te verminderen. Volgens WorldScan komt de prijs van emissie-eenheden (permits) dan uit tussen de \$7 en \$25 per ton CO₂.⁶ Vooral landen uit de voormalig Sovjet Unie (FSU) met veel en goedkope reductie-opties kunnen profiteren door effectief gebruik te maken van hun monopolioïde positie (zie paragraaf 3). In feite werkt emissiehandel voor deze landen als een economische prikkel om mee te doen met het Kyoto Protocol.

Tabel 1: economische effecten van implementatie Kyoto Protocol tot 2010

	Zonder handel			Annex I handel	Mondiale handel
	USA	EU	Japan		
<i>Prijs CO₂ emissie-eenheden (\$/t)^a</i>					
CPB-RIVM WorldScan	11 – 35	20 – 45	25 – 41	7 – 25	1 – 4
EMF	10 – 87	18 – 123	22 – 136	7 – 35	1 – 19
<i>Consumptie (% t.o.v. BaU)^b</i>					
CPB-RIVM WorldScan	-0.2	-0.3	-0.8	-0.25	-0.05
EMF	-0.9 – -0.2	-1.7 – -0.1	-1.7 – -0.2	n.b.	n.b.

a De spreiding van de resultaten voor WorldScan komt omdat verschillende wereldbeelden zijn gebruikt voor de doorrekening. Dit zijn de recente IPCC-scenario's A1/A2/B1/B2. Voor het EMF weerspiegelt de spreiding de uitkomsten van de verschillende modellen (zie ook de bijlage).

b Consumptie is als maatstaf voor welvaartseffecten genomen omdat hierbij de doorwerking van beleidsmaatregelen in de economie is verwerkt.

Mondiale emissiehandel doet de kosten van de uitvoering van het Kyoto Protocol nog eens substantieel verder dalen, in absolute termen oplopend tot \$300 miljard. Daarmee bedragen de mondiale kosten van de uitvoering van het Kyoto Protocol uiteindelijk nog maar een fractie van het oorspronkelijke bedrag (zo'n 10%). Andere landen dan de FSU zullen als aanbieder op gaan treden en de prijs van emissie-eenheden zal volgens WorldScan onder de \$5 per ton CO₂ uitkomen. Andere modellen laten over het algemeen een iets hogere prijs zien, maar deze ligt in elk geval onder de \$20 per ton CO₂. Ook de kostenvoordelen liggen in dezelfde orde van grootte. Overigens geven de meeste van deze modelberekeningen een theoretisch potentieel weer. Een groot aantal aspecten die van invloed kunnen zijn op de evenwichtsprijs, is veelal niet meegenomen waaronder de rol van niet-CO₂ gassen, het algemene investeringsklimaat in partnerlanden en mogelijke institutionele belemmeringen rond de toepassing van de Kyoto Mechanismen.⁷

De toetreding van grote regio's of landen kan verder tot scherpe prijsschokken en inefficiënties leiden. Door het plotseling grote emissie-aanbod kan de prijs in eerste instantie

⁵ In absolute termen liggen de mondiale kosten van de implementatie van het Kyoto Proto tussen de \$160 en 400 miljard, ruwweg ½ tot 1½% GDP. De spreiding komt omdat voor de berekeningen verschillende wereldbeelden zijn gebruikt (zie noot a van tabel 1).

⁶ Macro-economische modellen gaan uit van volledig vrije mededinging op de emissiemarkt. De evenwichtsprijs van emissie-eenheden is dan gelijk aan de marginale reductiekosten van de aanbieder. Dit hoeft in de praktijk lang niet altijd het geval te zijn. Producenten kunnen in staat zijn rents te incasseren, vergelijk bijvoorbeeld de positie van OPEC op de oliemarkt. Zie ook paragraaf 3 van deze notitie.

⁷ Al met al is het dus nog maar de vraag in hoeverre er in de praktijk van een volkomen vrije emissiemarkt sprake zal zijn. Hierop wordt in paragraaf 3 nader ingegaan.

inklappen maar zal deze na verloop van tijd weer herstellen. Op zich kan dit als een “normale” marktreactie worden beschouwd maar vanuit welvaartseconomisch oogpunt hoeft dit niet efficiënt te zijn. Economisch efficiënt is een tijdpad waarbij de prijsstijging van emissie-eenheden gelijk is aan de rendementsontwikkeling in de economie, zeg de rente op de kapitaalmarkt. Een dergelijke ontwikkeling sluit aan bij een proces van reguliere economische afschrijving en voorkomt vervroegde afstoot.

Ondanks de spreiding van de modeluitkomsten laten vrijwel alle modellen zien dat de marginale reductiekosten het laagst zijn voor de USA en dat deze ook ver onder het niveau voor de EU en Japan liggen. Volgens een aantal modellen, waaronder ook WorldScan, liggen de reductiekosten voor Japan boven die van de EU (zie voor meer detail in de bijlage). Een deel van de verschillen in modeluitkomsten is echter het gevolg van een andere emissie-ontwikkeling in het basispad.⁸ Als dit in ogenschouw wordt genomen, worden de verschillen kleiner en kan het niveau voor Japan zelfs onder dat van de EU komen te liggen. Uiteindelijk kan men stellen dat de marginale reductiekosten voor EU en Japan ruwweg dezelfde orde van grootte bedragen.

Tot slot is nog te vermelden dat de Uitvoeringsnota Klimaatbeleid een theoretische evenwichtsprijs van \$15 per ton CO₂-equivalenten noemt, overigens ook onder aanname van een emissiemarkt van volkomen vrije mededinging. Deze \$15 is gebaseerd op ECN-analyses omtrent de potentie en kosten van de drie Kyoto Mechanismen.⁹ Voor het uiteindelijk gekozen pakket binnenlandse maatregelen van circa 25 Mton blijkt dat de *gemiddelde* kosten naar schatting uit zullen komen op \$20 per ton CO₂-equivalenten.

⁸ Een ander emissieverloop heeft met name invloed op de emissievraag. Door een hogere emissie-ontwikkeling zal gegeven de absolute Kyoto-plafonds vooral de reductie-omvang toenemen. Aangezien kostencurves veelal een steil verloop hebben, kan dit tot uiting komen in sterk stijgende reductiekosten of hogere prijzen van emissie-eenheden.

⁹ Zie Linden et al. (2000).

3 Beperkingen aan vrije emissiehandel

De voorgaande modelexercities geven het theoretisch besparingspotentieel van de Kyoto Mechanismen weer. Sommige aspecten kunnen de resultaten echter sterk beïnvloeden. Vanuit “economisch” opzicht kunnen er overwegingen worden aangedragen tegen de veronderstelling van een volledig vrije emissiemarkt. Zo vormt het bestaan van marktmacht en marktsegmentatie een beperking op vrije emissiehandel met de nodige consequenties voor prijzen van emissie-eenheden en kosten van uitvoering van het Kyoto Protocol.

Voorts kunnen mogelijke barrières, waaronder ook institutionele belemmeringen, een beperking leggen op volledige vrije emissiehandel. Zo speelt in de beleidsdiscussie complementariteit een grote rol. Het Kyoto Protocol vermeldt expliciet dat emissiehandel *aanvullend* moet zijn op binnenlands klimaatbeleid. Vanuit dit oogpunt wordt daarom gepleit voor restricties op de aankoop of verkoop van emissie-eenheden.¹⁰

3.1 Plafonds op emissiehandel

Het opleggen van plafonds op aan- en verkopen van emissie-eenheden leidt in beginsel tot een minder efficiënte uitkomst dan volledig vrije emissiehandel. Het effect hangt vooral af van de hoogte van de plafonds en in hoeverre deze daadwerkelijk bindend zijn. Naarmate partijen hun vraag of aanbod meer en meer beperkt zien, zullen de kosten onevenredig oplopen. Wel leidt een plafond op verkopen eerder en mogelijk tot grotere effecten dan een plafond op aankopen, omdat het beperkte aantal aanbieders (bij Annex-I handel) de gevolgen sneller zullen merken dan de vragers.¹¹ Met WorldScan is doorgerekend wat de kwantitatieve effecten van plafonds op de prijs van emissie-eenheden kunnen zijn, afgezet tegen een situatie zonder handel en met volledig vrije Annex-I handel (zie tabel 2).

Tabel 2: effecten van handelsplafonds op prijzen van emissie-eenheden (\$/t CO₂)

	Zonder handel	volledige handel	aanbodrestrictie	vraagrestrictie	EU voorstel
Handel	–	8	12	7	14
USA	11	8	12	7	14
EU	27	8	12	11	16

Een plafond op verkopen impliceert minder aanbod van emissie-eenheden en leidt tot een hogere prijs. Vragers zullen elkaar beconcurreren en de prijs zal stijgen tot het marginale kostenniveau van de kopende landen. Ten opzichte van vrije handel werkt een verkooprestrictie dus altijd in het nadeel van vragers omdat zij zowel een hogere prijs voor

¹⁰ Een andere reden om dergelijke plafonds in te stellen zou zijn het voorkomen van overmatige verkoop van “hot air”. Dit argument wordt in hoge mate betwist, allereerst omdat “hot air” voortvloeit uit een lagere economische groei en dus een kostenpost impliceert. Met de mogelijkheid van banking zal “hot air” bovendien niet verdwijnen. Ook bestaat er grote twijfel of plafonds op emissiehandel in staat zijn om de handel in “hot air” te beteugelen en dat het uiteindelijk meer kwaad dan goed doet. Zie verslag Metz et al (2000).

¹¹ De meeste analyses laten zien dat plafonds van 50% of hoger nauwelijks restrictief zijn. De efficiency-verliezen beginnen scherp op te lopen bij een verkooprestrictie van 40% (of lager); aan de aankoopkant ligt dit omslagpunt bij een plafond van 25% of lager. Volgens de OECD (1999) bijvoorbeeld leidt een aankoopplafond van 30% nog nauwelijks tot effecten maar een plafond van 15% halveert het voordeel van vrije Annex-I handel.

emissie-eenheden elders moeten betalen als meer binnenlands moeten reduceren tegen hogere kosten. Aanbieders profiteren weliswaar van de hogere prijs maar de opbrengst in waarde-termen kan lager zijn dan in een situatie zonder plafond. De hogere prijs kan er zelfs toe leiden dat een vrager (met lage marginale reductiekosten) een aanbieder wordt. Tabel 2 laat zien dat dit het geval kan zijn voor de USA. Door de verkooprestrictie zullen aanbieders uit Oost-Europa en de FSU zich beperkt zien in hun aanbod van emissie-eenheden en de prijs zal stijgen naar een niveau van \$12 per ton CO₂. Dit ligt boven het marginale kostenniveau van de USA (\$11 t/CO₂) en maakt het economisch aantrekkelijk voor de USA om meer binnenlands te reduceren en deze reducties vervolgens voor een hogere prijs te verkopen op de emissiemarkt.

Een plafond op aankopen is bindend voor vragers en leidt tot concurrentie tussen aanbieders. De prijs van emissie-eenheden zal dalen en gelijk worden aan de marginale kosten van de verkopende landen; volgens WorldScan berekeningen ligt dit niveau rond de \$7 per ton CO₂. Een restrictie op aankopen werkt echter niet alleen in het nadeel van aanbieders. Hoewel een lagere prijs op zich gunstig is voor kopende landen, kunnen zij nog steeds gedwongen zijn (meer) binnenlands te reduceren tegen hogere marginale kosten en uiteindelijk zelfs duurder uitkomen. Tabel 2 laat zien dat een plafond op aankopen in het voordeel van de USA uitpakt ten opzichte van Annex-I handel. Voor de EU echter betekent een aankooprestrictie een nadeel omdat ze binnenlands zoveel moet doen dat zij hogere marginale kosten hebben dan de handelsprijs.

Ook is met WorldScan gekeken naar het EU-voorstel aangaande complementariteit. Dit voorstel omvat een plafond op zowel aankopen als verkopen. Dit hybride voorstel compliceert de analyse: sommige landen zullen gebonden zijn door de plafonds maar andere weer niet. Dit geldt zowel aan de kant van de vragers als de kant van de aanbieders. Volgens WorldScan berekeningen stijgt de prijs van emissie-eenheden tot \$14 per ton CO₂. Het EU voorstel pakt dus gunstig uit voor de USA dat met lage marginale reductiekosten een verkoper wordt op de emissiemarkt. Dit resultaat is opvallend gezien de onderhandelingsposities die deze partijen innemen ten aanzien van restricties op emissiehandel; de EU is namelijk vóór restricties en de USA tegen terwijl het dus kan blijken dat de USA een voordeel hebben en de EU een nadeel. Overigens is het in principe wel mogelijk de restricties zodanig te kiezen dat deze geen voordeel voor één van beide partijen oplevert.

3.2 Marktmacht en marktsegmentatie

Landen uit de voormalig Sovjet-Unie (FSU) zijn als groep de grootste en mogelijk zelfs enige aanbieder van emissie-eenheden bij Annex-I handel. Vanuit deze dominante en monopolioïde positie zal er een prikkel zijn om de emissieprijs te beïnvloeden om de opbrengsten (rent) te maximaleren, vergelijk bijvoorbeeld de positie van de OPEC op de oliemarkt. Onvolledige concurrentie door marktmacht impliceert op internationaal niveau dus ook hogere kosten ten opzichte van vrije emissiehandel. Het is echter onduidelijk in hoeverre de FSU marktmacht kan uitoefenen noch of zij dit zal doen. Analyses duiden erop dat de emissieprijs 20% tot bijna 40% hoger kan liggen als de FSU haar monopoliepositie benut. De kosten van de uitvoering van het Kyoto Protocol voor OECD landen zullen ruwweg een kwart hoger zijn dan in een situatie met volledig vrije Annex-I handel.¹²

Afgezien van dominante marktposities zal het in de praktijk niet eenvoudig zijn een volledige Annex-I emissiemarkt op te richten, laat staan een vrije emissiemarkt. Een suggestie is om te beginnen met kleinere deelmarkten en deze later uit te bouwen naar een volwaardige Annex-I emissiemarkt. In het zogenoemde “double-bubble” scenario vindt emissiehandel plaats op gescheiden deelmarkten; er is een Europese markt met handel tussen West- en Oost-Europa en een Pacifische markt waarop de OECD landen rond de Grote Oceaan handelen met de FSU. Elke deelmarkt heeft een eigen prijs. Op de Pacifische markt zal het relatief goedkope aanbod van emissie-eenheden uit de FSU leiden tot een lage prijs, in elk geval onder de prijs bij volledige en vrije Annex-I emissiehandel. Op deze goedkope deelmarkt zijn het de emissievragers, met name de USA en Japan, die hiervan profiteren. De aanbieder (FSU) is de verliezer. Op de Europese markt zal de prijs hoger liggen door de relatief dure reducties in Oost-Europa. Dit pakt gunstig uit voor de aanbieders uit Oost-Europa terwijl de kosten voor de EU daarentegen hoger uitkomen. Er zullen in de EU ook meer binnenlandse maatregelen moeten worden genomen.

Het bestaan van twee gescheiden deelmarkten met hun eigen prijzen van emissie-eenheden levert een minder efficiënte uitkomst op dan volledige en vrije Annex-I emissiehandel. Marktsegmentatie leidt tot lagere kosten voor Japan en de USA en tot hogere voor de EU maar uiteindelijk ook tot hogere kosten voor de Annex-I groep als geheel. Belangrijker nog is dat marktsegmentatie tot een herverdeling van beleidsinspanningen leidt, hetgeen een ongewenste doorwerking kan hebben op de concurrentiepositie van landen en op de internationale handel. Niettemin kan marktsegmentatie wel een (praktische) overgangsfase zijn op weg naar een volledige Annex-I markt omdat het nog altijd meer voordelen oplevert dan een situatie zonder emissiehandel.

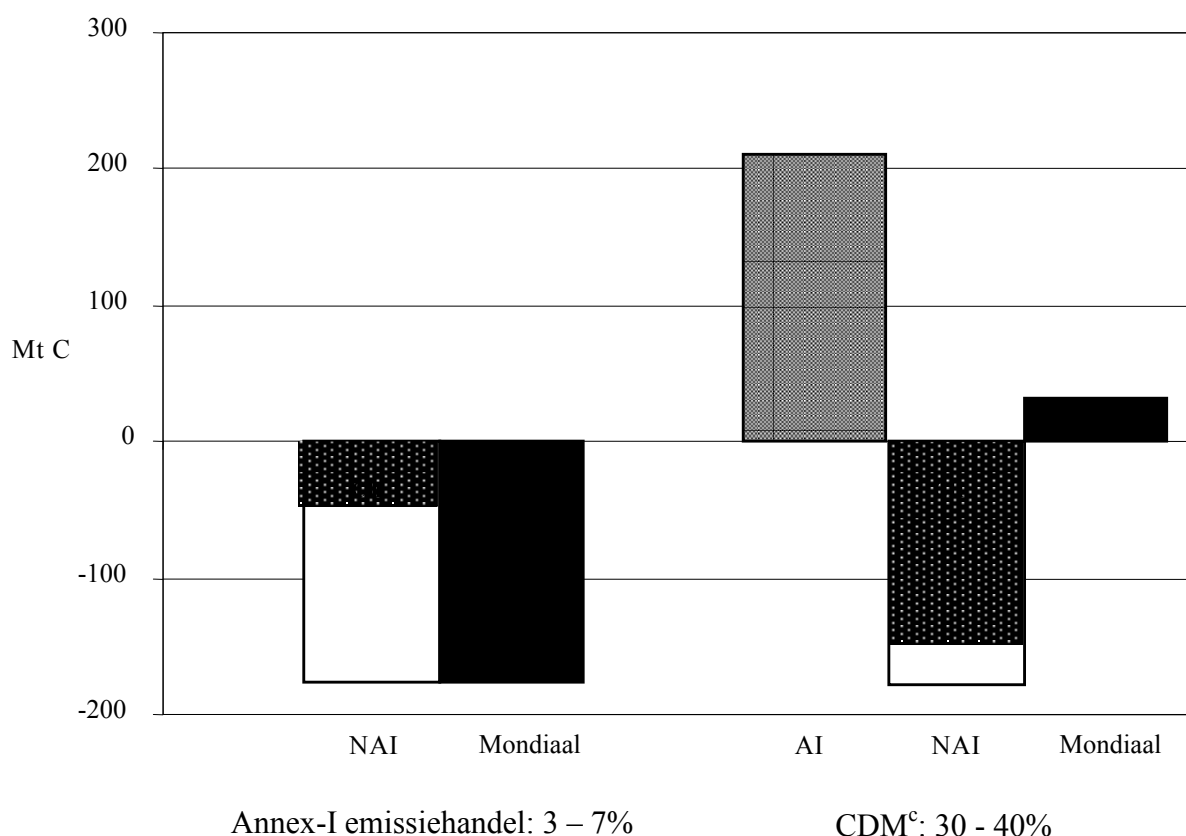
¹² Zie OECD (1999) en Manne en Richels (1999).

4 Het CO₂ weglek-effect

De inspanningen van Annex-I landen om hun CO₂-uitstoot terug te dringen kan tot een stijging van CO₂-emissies in de niet Annex-I landen leiden. Dit CO₂-weglekeffect (carbon leakage) komt in feite omdat niet Annex-I landen geen emissieplafond hebben. Het weglekeffect verloopt via twee mechanismen:

- via energieprijzen: de verminderde energievraag van Annex-I landen leidt tot een lagere energieprijs en daarmee tot een hogere energievraag van niet Annex-I landen;
- via handel: er treedt een kostenverhoging op voor energie-intensieve industrieën in Annex-I landen dat tot een concurrentienadeel en een verlies in marktaandelen kan leiden en mogelijk zelfs tot herallocatie.

Het CO₂-weglekeffect treedt altijd op, ook in het geval zonder handel en Annex-I landen uitsluitend op eigen kracht aan de Kyoto-doelstellingen moeten voldoen. Volgens WorldScan berekeningen belooft het CO₂-weglekeffect zonder emissiehandel 10 tot 20%.¹³ Figuur 1 laat zien wat de invloed van de Kyoto Mechanismen op het CO₂-weglekeffect is.



Figuur 1: Verandering CO₂emissies t.o.v. Kyoto zonder handel^{a, b}

- a Het CO₂-weglekeffect is gedefinieerd als de stijging van CO₂ emissies in niet Annex-I landen gedeeld door de daling van CO₂ emissies in Annex-I landen. Zonder emissiehandel lekt 10-20% weg.
 b CH in de balken geeft het aandeel van China weer.
 c Uitgegaan is van een plafond op CDM van maximaal 5% van het toegestane emissieniveau in 2010.

¹³ Het CO₂-weglekeffect is gedefinieerd als de stijging van CO₂ emissies in niet Annex-I landen gedeeld door de daling van CO₂ emissies in Annex-I landen

Uit figuur 1 blijkt dat emissiehandel tussen Annex-I landen het CO₂-weglekeffect verlaagt. De reden is dat de doorwerking op de energieprijzen kleiner is dan in het geval zonder emissiehandel en dat de twee beschreven mechanismen dus minder sterk optreden. Het CO₂-weglekeffect bedraagt zo'n 3-7 %, aanzienlijk minder dan de 10-20% in een situatie zonder handel. Bepalend in deze uitkomst is wel de mate van flexibiliteit van de economie en in hoeverre handel een substituuut vormt voor binnenlandse producten. In WorldScan ligt de handelanelasticiteit gemiddeld iets boven die in andere modellen.

Het CDM heeft echter een tegenovergestelde uitwerking en versterkt het weglekeffect.¹⁴ Dit komt omdat niet Annex-I landen geen emissieplafond hebben en zij dus geen alomvattend beleid hoeven te voeren om de CO₂-uitstoot terug te dringen. Daarnaast beïnvloedt CDM vooral regionale energiemarkten. Naast CDM-projecten zullen er naar alle waarschijnlijkheid elders investeringsprojecten doorgang vinden. De CO₂-reductie op de ene locatie kan dan teniet worden gedaan door een hogere emissie op een andere plaats.¹⁵ Volgens WorldScan kunnen de weglekeffecten van CDM oplopen tot zo'n 30-40%. Uiteindelijk kan het CDM tot een stijging van de mondiale emissies leiden en mogelijk zelfs tot een verdubbeling van het weglekeffect ten opzichte van een situatie zonder handel. Met name in China zullen naar verwachting veel CDM-projecten neerslaan, ongeveer 80%.

¹⁴ In deze analyse is het mogelijk effect van sinks niet meegenomen.

¹⁵ Een kolencentrale in China vervangen door een gascentrale bijvoorbeeld heeft als effect dat het aanbod van kolen daalt en dus ook de prijs. Elders zullen dan activiteiten ontstaan die vragen om meer kolen.

5 Conclusies

Economische analyses laten zien dat onbeperkte toepassing van de Kyoto Mechanismen de kosten van uitvoering van het Kyoto Protocol substantieel kunnen verlagen. Vrije emissiehandel tussen Annex-I landen kan de kosten van de uitvoering van het Kyoto Protocol met een derde tot de helft verminderen dan wanneer landen hun Kyoto-doelen volledig op eigen kracht moeten halen. De prijs van emissie-eenheden ligt dan tussen de \$7 en \$25 per ton CO₂. Mondiale emissiehandel doet de kosten nog eens substantieel verder dalen en brengt de prijs volgens WorldScan onder de \$5 per ton CO₂. In absolute termen kan mondiale emissiehandel de kosten van uitvoering van het Kyoto Protocol tot \$300 miljard verminderen tot een fractie van het oorspronkelijke bedrag (zo'n 10%) ten opzichte van een situatie zonder handel.

De voorgaande resultaten geven het theoretisch potentieel van de Kyoto Mechanismen weer uitgaande van een volledig vrije emissiemarkt. Door allerlei oorzaken kunnen er echter beperkingen op vrije emissiehandel bestaan die leiden tot hogere kosten om aan het Kyoto Protocol te voldoen. Het doorvoeren van plafonds op aan- en verkopen van emissie-eenheden levert een minder efficiënte uitkomst op. Een verkoopplafond is mogelijk meer van invloed omdat de gevolgen – ook op de prijs van emissie-eenheden – eerder merkbaar zijn. Het zijn vooral de vragers die de nadelen zullen ervaren omdat zij zowel een hogere prijs voor emissie-eenheden elders moeten betalen als meer en duurdere binnenlandse maatregelen moeten treffen. De analyses laten verder zien dat het EU-voorstel over het opleggen van een plafond op zowel aan- als verkopen in het nadeel van de EU en in het voordeel van de USA werkt, een opvallend resultaat omdat dit tegengesteld is aan de onderhandelingsposities die deze partijen hierover innemen. Ook het uitoefenen van marktmacht betekent een beperking op vrije Annex-I handel en dus hogere kosten. Analyses duiden erop dat de prijs van emissie-eenheden dan 20% tot bijna 40% hoger kan liggen en de kosten voor OECD landen ruwweg een kwart hoger. Marktsegmentatie met twee gescheiden deelmarkten leidt eveneens tot hogere kosten voor de Annex-I groep als geheel. Wel zou marktsegmentatie een (praktische) overgangsfase kunnen zijn richting een volledige Annex-I markt omdat dit nog altijd beter is dan een situatie zonder handel.

De Kyoto Mechanismen hebben een sterke maar wisselende invloed op het CO₂-weglekeffect. Zonder handel kan 10-20% van de CO₂-emissiedaling in Annex-I landen weglekken als CO₂-emissiestijging in niet Annex-I landen. Emissiehandel tussen Annex-I landen verkleint het CO₂-weglekeffect tot zo'n 3-7 %, omdat de doorwerking op de energieprijzen aanzienlijk kleiner is dan in een situatie zonder handel. CDM daarentegen versterkt het weglekeffect dat volgens WorldScan op kan lopen tot 30-40%. CDM beïnvloedt vooral regionale energiemarkten; de CO₂-reductie op de ene locatie kan teniet worden gedaan door een hogere emissie op een andere plaats.

Literatuur

Berk, M., M. den Elzen en B. Metz (2000): Differentiatie van Toekomstige Inspanningen in het kader van het Klimaatverdrag, RIVM-notitie, Bilthoven.

Bollen, J.C., A. Gielen, H. Timmer (1999): Clubs, ceilings and CDM: macro-economics of compliance with the Kyoto Protocol, in *The Costs of the Kyoto Protocol: a multi-model evaluation*, Special Issue of the Energy Journal, pp. 177-206, International Association for Energy Economics.

Bollen, J.C., T. Manders, H. Timmer (2000): The benefits and costs of waiting, early action versus delayed response in the post-SRES stabilization scenarios, in *Environmental Economics and Policy Studies*, 2000 (3).

Ellerman, D., Jacoby, H.D. and A. Decaux (1998): The effects on developing countries of the Kyoto Protocol and CO₂ emissions trading, report series #41, MIT, USA.

Linden, N.H. van der, J.R. Ybema, M. Beeldman, S.N.M. van Rooijen (2000): Een samenvattende analyse van potentiële en kosten van broeikasgasreductie opties in binnen- en buitenland, ECN, Petten, Nederland

Manne, A.S. and R. Richels (1999): The Kyoto Protocol: a cost-effective strategy for meeting environmental objectives, in *The Costs of the Kyoto Protocol: a multi-model evaluation*, Special Issue of the Energy Journal, Special Issue, pp. 1-24, International Association for Energy Economics.

Metz, B., M. Berk, M. Kok, J. van Minnen, A. de Moor and A. Faber (2000): From Kyoto to The Hague - European perspectives on making the Kyoto Protocol work, in *International Environmental Agreements*, special issue.

OECD (1998): Economic modelling of climate change, workshop report, Paris, France

OECD (1999): Action against Climate Change, The Kyoto Protocol and beyond, Paris, France.

Pan, J.H. N. van Leeuwen, H. Timmer and R. Swart (1999): Economic impact of mitigation scenarios, proceedings of IPCC expert meeting on economic impact of mitigation measures, 27-28 May 1999, The Hague, Netherlands.

Weyant, J.P. (1999): Introduction and Overview, in *The Costs of the Kyoto Protocol: a multi-model evaluation*, Special Issue of the Energy Journal, pp. vii-xliv, International Association for Energy Economics.

Bijlage 1: Overzicht modellen

Tabel 3 geeft het overzicht van tien macro-economische modellen die in het Stanford Energy Modelling Forum (EMF) meedraaien.

Tabel 3: Overzicht macro-economische modellen in het EMF

Model	Volledige modelnaam	Organisatie	Typering
WorldScan	WorldScan	CPB RIVM	Multi-sector/AGE
G-cubed	Global General Equilibrium Growth Model	Australian University US Environmental Protection Agency	Multi-sector/AGE
AIM	Asian Pacific Integrated Model	National Institute for Environmental Studies Kyoto University	AGE/energie
RICE	Regional Integrated Climate and Economy Model	Yale University	Koolstof/macro
EPPA	Emissions Projection and Policy Analysis Model	Massachusetts Institute of Technology (MIT)	Multi-sector/AGE
MS-MRT	Multi Sector-Multi Region Trade Model	Charles River Associates University of Colorado	AGE/energie
GREEN	General Equilibrium Environmental Model	OECD	
SGM	Second Generation Model	Batelle Pacific Northwest National Laboratory	AGE/energie
GTEM	Global Trade and Environment Model	Australian Bureau Agriculture and Resource Economics (ABARE)	AGE/energie
MERGE 3.0	Model for Evaluating Regional and Global Effects of GHG Reduction Policies	Stanford University Electric Power Research Institute	Energiesector/ Macro

Bron: The Costs of the Kyoto Protocol: a multi-model evaluation, *Special Issue of the Energy Journal* (1999), OECD (1998)

In de laatste kolom is een typering van het betreffende model weergegeven. Deze typering is gebaseerd op Weyant (1999). Daarin wordt een onderscheid gemaakt naar de mate van desaggregatie voor wat betreft de energiesector en de beschrijving van de economie.

Modellen met een gedetailleerde beschrijving van de energiesector (en specifiek koolstof) en een macro-economische productie- en kostenfunctie (bijv. RICE, FUND);

Multi-sectormodellen binnen een algemeen-evenwichtskader (AGE) waarbij veranderingen in energieverbruik via energieprijzen verloopt (bijv. WorldScan, EPPA, G-cubed);

Een mengeling van detaillering van de energiesector en algemeen-evenwichtsmodellen met meerdere sectoren (bijv. GTEM, AIM, MS-MRT, SGM).

Tabel 4 toont de modeluitkomsten van de economische effecten van de uitvoering van het Kyoto Protocol zonder emissiehandel en met Annex-I handel. Voor de USA, EU en Japan zijn achtereenvolgens weergegeven de prijs van emissie-eenheden, de emissiereductie in het basispad (BaU) en de totale kosten als percentage van het GDP in 2010, alle zonder emissiehandel.

Tabel 4: Overzicht modeluitkomsten van economische effecten van uitvoering Kyoto Protocol^a

Protocol ^a	USA zonder handel			EU zonder handel			Japan zonder handel			Annex-I handel (\$/t)
	\$/t CO ₂	BaU	%GDP	\$/t CO ₂	BaU	%GDP	\$/t CO ₂	BaU	%GDP	
WorldScan ^b	35	-28	-0.2	45	-29	-0.3	41	-22	-0.8	25
G-cubed	22	-39	-0.4	69	-44	-1.7	29	-36	-0.5	16
AIM	46	-25	-0.4	62	-20	-0.4	73	-26	-0.2	20
RICE	40	-27	-0.9	50	-24	-0.5	76	-36	-0.8	20
MIT/EPPA	59	-39	n.b.	87	-35	n.b.	157	-39	n.b.	22
MS-MRT	74	-41	-1.8	55	-21	-0.6	123	-30	-1.7	22
GREEN	63	-36	-0.3	52	-22	-0.2	50	-32	0.0	25
SGM	58	-43	n.b.	123	-21	n.b.	112	-40	n.b.	25
GTEM	100	-35	-2.1	207	-32	-1.0	200	-26	-0.8	34
MERGE	83	-42	-1.0	n.b.	n.b.	n.b.	152	-33	-0.8	42

a De prijzen van emissie-eenheden luiden in \$/ton CO₂, BaU weerspiegelt de emissiereductie (in %) ten opzichte van het basispad en %GDP is de totale kosten als percentage van het GDP in 2010.

b Voor WorldScan is steeds de bovengrens genomen (zie tabel 1 in de hoofdtekst).

Bron: OECD (1999)

De prijzen van emissie-eenheden kunnen niet zonder meer met elkaar worden vergeleken omdat de emissiereductie ten opzichte van het basispad (BaU) anders verloopt. Hiervoor dient te worden gecorrigeerd. Zie tabel 1 in de hoofdtekst voor een adequate vergelijking.

Verzendlijst

RIVM

1. Dhr. H. Pont
2. Dhr. N.D. van Egmond
3. Dhr. F. Langeweg
4. Dhr. R. Maas
5. Dhr. A. van der Giessen
6. Mw. J. Hoekstra
7. Dhr. D. van Lith
8. Dhr. B. Metz
9. Dhr. O.J. van Gerwen
10. Dhr. J. Oude Lohuis
11. Dhr. R. van den Wijngaart

VROM/ KvI

12. Mw. M. Sint
13. Mw. T. Fogelberg
14. Mw. H. Bersee
15. Dhr. H. Haanstra
16. Dhr. J. Lenstra
17. Dhr. L. Meyer
18. Dhr. M. Mulders
19. Dhr. H. Nieuwenhuis
20. Dhr. J. Vis
21. Dhr. H. de Waal
22. Mw. T. Zwartevoortte

VROM/IMZ

23. Dhr. H. Baaijen

VROM/NMP4

24. Dhr. R. Brieskorn
25. Dhr. C. Moons
26. Dhr. H. Sips
27. Dhr. F. Vlieg

EZ/ DGES

28. Dhr. R. Bemer
29. Dhr. H. Brouwer
30. Dhr. I Demandt
31. Dhr. H. de Groene
32. Dhr. H. Heijkers
33. Mw. L. de Maat
34. Dhr. D. Pietermaat
35. Dhr. P. van Slobbe
36. Bibliotheek

CPB

37. Dhr. T. Manders

38. Dhr. P. Tang

ECN

39. Dhr. M. Beeldman

40. Dhr. J. van Sijm

41. Mw. S. Van Rooijen

42. Depot Nederlandse Publicaties en Nederlandse Bibliografie

43. SBD/ Voorlichting & Public Relations RIVM

44. Bureau Rapportenregistratie RIVM

45. Bibliotheek RIVM

46-61. Bureau Rapportenbeheer RIVM