

RIVM rapport 500037006/2004

Synergie Klimaat- en NO_x-beleid

Een kostenevaluatie tot 2010

W.L.M. Smeets, A. Hoen en R. van den Wijngaart

Dit onderzoek werd verricht op verzoek van het Directoraat-Generaal Milieubeheer, Directie Klimaatverandering en Industrie (DGM/KvI), in het kader van het project M/500037 Beleidsevaluatie en kennisbasis en het project M/500020 Effectiviteit milieubeleid Nederland vs. Europa

RIVM, Postbus 1, 3720 BA Bilthoven, telefoon: 030 - 274 91 11; fax: 030 - 274 29 71

Abstract

Synergy in the Dutch climate and NO_x policy: An evaluation of costs up to 2010

The acquisition of relative cheap CO₂ emission rights from foreign countries may mean missing synergistic side-effects on the domestic emissions of air-polluting substances. Extra costs will be necessary if the emission ceilings for NO_x, SO₂, and NMVOS are to be realised. These factors have, to date, not been taken into account in the Dutch national climate policy. This report documents the implications of the above-mentioned conclusion; however, only for the medium-term up to the beginning of 2010 and only for the NO_x emissions. The analysis documented here shows that the savings from supplementary domestic climate measures for the NO_x emission policy are limited; furthermore, these savings only slightly weigh up against the rapidly rising costs of the climate policy. Additional domestic climate measures remain relatively expensive, even when the synergetic side-effects on NO_x emissions are taken into account. Except for an extra domestic reduction of about 2 megatonnes, it will be profitable to realise the reduction of greenhouse gases abroad and to reduce the NO_x emissions using technical measures geared specifically to NO_x. The synergetic effect was underestimated in this study because the potential synergetic effects for air-polluting substances other than NO_x such as SO₂, NMVOS, fijn stof and soot, were not considered and also because for the greenhouse gases only CO₂ was considered.

Rapport in 't kort

Synergie Klimaat- en NO_x-beleid: Een kostenevaluatie tot 2010

Bij de aankoop van relatief goedkope CO₂-emissierechten in het buitenland worden binnenlandse synergetische neveneffecten op de emissies van luchtverontreinigende stoffen gemist en zullen extra kosten moeten worden gemaakt voor het realiseren van de nationale emissieplafonds van NO_x, SO₂, en NMVOS. Hiermee is tot op heden geen rekening gehouden in het nationale klimaatbeleid. In dit rapport worden de implicaties van bovenstaande conclusie nader onderzocht, en wel voor *de middellange termijn tot 2010* en voor zover het gaat om de emissie van NO_x. De analyse in dit rapport toont aan dat de kostenbesparing van *aanvullende* binnenlandse klimaatmaatregelen voor het NO_x-emissiebeleid beperkt is en slechts in geringe mate opweegt tegen de snel stijgende kosten voor het klimaatbeleid. Additionele binnenlandse klimaatmaatregelen blijven dus relatief duur ook als er rekening wordt gehouden met de synergetische neveneffecten op de nationale NO_x-uitstoot. Behoudens een additionele binnenlandse reductie van circa 2 Megaton CO₂ is het kosteneffectief om de reductie van broeikasgasemissies in het buitenland te realiseren en de nationale NO_x-emissie omlaag te brengen met specifieke op NO_x gerichte technische maatregelen. Het synergieeffect is in deze studie onderschat doordat niet gekeken is naar de potentiële synergieeffecten voor andere luchtverontreinigende stoffen dan NO_x zoals SO₂, NMVOS, fijn stof en roet, en doordat voor de broeikasgasemissies alleen is gekeken naar CO₂.

Voorwoord

Integratie van klimaatbeleid met het luchtverontreinigingsbeleid staat de laatste jaren sterk in de belangstelling, zowel in de wetenschap als in het beleid. Goed gekozen binnenlandse klimaatmaatregelen leiden immers niet alleen tot een vermindering van broeikasgasemissies maar ook tot een vermindering van de emissies van NO_x, SO₂, NMVOS, fijn stof en roet.

In de Milieubalans en het CPB/RIVM-rapport 'Economie, energie en milieu, een verkenning tot 2010' van CPB en RIVM-MNP' concludeert het Milieu- en Natuurplanbureau dat bij de beoordeling van klimaatmaatregelen in binnen- en buitenland de neveneffecten op emissies van luchtverontreinigende stoffen dienen te worden meegewogen. Bij de aankoop van CO₂-emissierechten in het buitenland worden synergetische neveneffecten gemist en zullen extra kosten gemaakt moeten worden voor het realiseren van de emissieplafonds van NO_x, SO₂, en NMVOS.

In dit rapport wordt de reikwijdte van deze conclusie nader verkend; voor de middellange termijn tot 2010. Dit onderzoek is mede verricht op verzoek van het ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.

Inhoud

<i>Samenvatting</i>	9
1. Inleiding	11
2. Vraagstelling	13
2.1 Kosten maatregelen buitenland vs. binnenland.....	13
2.2 Kosten maatregelen en NO _x -emissiebeleid.....	14
3. Uitgangspunten	15
4. Aanpak	17
4.1 Kostenbenadering.....	17
4.2 Kosten maatregelen buitenland vs. binnenland.....	18
5. Resultaten en conclusies	23
5.1 Kosten maatregelen buitenland vs. binnenland.....	23
5.2 Kosten maatregelen en NO _x -emissiebeleid	29
5.3 Conclusies.....	32
<i>Literatuur</i>	35
<i>Bijlage A Synergie maatregelen en NO_x-emissiebeleid voor sectorale maatregelen</i>	37
<i>Bijlage B CO₂-maatregelen wegverkeer en NO_x-synergie</i>	43
<i>Bijlage C Kostenschatting maatregelen en NO_x-emissiebeleid in 2010</i>	49

Samenvatting

In de Milieubalans 2004 en in het CPB/RIVM-rapport 'Economie, energie en milieu – Een verkenning tot 2010' concludeert het Milieu- en Natuurplanbureau dat bij de beoordeling van klimaatmaatregelen in binnen- en buitenland de neveneffecten op emissies van luchtverontreinigende stoffen dienen te worden meegewogen. Bij de aankoop van relatief goedkope CO₂-emissierechten in het buitenland worden binnenlandse synergetische neveneffecten gemist en zullen extra kosten gemaakt moeten worden voor het realiseren van de nationale emissieplafonds van NO_x, SO₂ en NMVOS. Hiermee is tot dusver geen rekening gehouden in het nationale klimaatbeleid.

In dit rapport worden de implicaties van bovenstaande conclusie nader onderzocht; en wel voor de *middellange termijn tot 2010* en voor zover het gaat om de emissie van NO_x. De analyse is ingestoken vanuit de optiek van het klimaatbeleid. Referentiepunt voor de analyse is het huidige vastgestelde klimaatbeleid waarbij een beoogde hoeveelheid van 20 megaton aan broeikasgasemissie wordt gerealiseerd met maatregelen in het binnenland en waarbij 20 megaton moet worden gerealiseerd in het buitenland (50-50% verdeling). In dit rapport is beoordeeld in hoeverre *aanvullende* binnenlandse klimaatmaatregelen (bovenop de afgesproken 20 megaton aan binnenlandse maatregelen) nog kosteneffectief kunnen zijn als ook rekening wordt gehouden met de synergie met het NO_x-emissiebeleid. De doelmatigheid van de huidige beleidskeuze van een 50-50% verdeling is in dit rapport verder niet onderzocht.

De analyse in dit rapport toont aan dat de kostenbesparing van *aanvullende* binnenlandse klimaatmaatregelen (boven op de geplande 20 megaton) voor het NO_x-emissiebeleid beperkt is en slechts in geringe mate opweegt tegen de snel stijgende kosten voor het klimaatbeleid. *Additionele* binnenlandse klimaatmaatregelen blijven dus relatief duur ook als er rekening wordt gehouden met de synergetische neveneffecten op de nationale NO_x-uitstoot. Behoudens een binnenlandse reductie van circa 2 megaton CO₂ is het kosteneffectief om de reductie van broeikasgasemissies in het buitenland te realiseren en de nationale NO_x-emissie omlaag te brengen met specifieke op NO_x gerichte technische maatregelen. De nog wel profijtelijke binnenlandse CO₂-reductie van 2 megaton (boven op de geplande 20 megaton) komt overeen met een 55-45% verdeling tussen binnenlandse en buitenlandse klimaatmaatregelen. Verdergaande binnenlandse reducties boven de 2 megaton CO₂ leiden per saldo tot toenemende kosten. Boven de 4-5 megaton binnenlandse CO₂-reductie stijgen de kosten snel.

De CO₂-reductie van 2 megaton wordt voor respectievelijk 0,6, 0,5 en 0,7 megaton CO₂ verklaard door mobiliteitsmaatregelen bij het wegvrachtvervoer, volumemaatregelen bij het wegpersonenvervoer en energiebesparingsmaatregelen bij stationaire bronnen. Deze CO₂-reducties gaan gepaard met een NO_x-emissievermindering van respectievelijk 2,7, 0,4 en 0,5 miljoen kg. Gelet op de problemen die Nederland heeft met de realisatie van het EU-NO_x-emissieplafond in 2010 en de EU-grenswaarde voor de NO₂-concentratie in de lucht, is de circa 3 miljoen kg NO_x-reductie bij het wegvrachtvervoer een noemenswaard effect waarmee in een integraal klimaat- en luchtbeleid rekening zou kunnen worden gehouden. De benodigde mobiliteitsreductie bij het wegvrachtvervoer kan worden uitgelokt met prijsmaatregelen zoals accijnsverhogingen op diesel en kilometerheffingen.

Het synergieffect van NO_x is in deze studie onderschat doordat niet gekeken is naar de potentiële synergieeffecten voor andere luchtverontreinigende stoffen dan NO_x zoals SO₂,

NMVOS, fijn stof en roet, en doordat voor de broeikasgasemissies alleen is gekeken naar CO₂. Verder houdt de studie geen rekening met overige opbrengsten van binnenlandse klimaatmaatregelen zoals afname van congestie in het verkeer, innovatie en voorzieningszekerheid. Kosten zijn ingeschat volgens de eindverbruikersbenadering. Gezien de beschikbaarheid van data was dit de enige toepasbare methodiek. Tenslotte zij opgemerkt dat het NO_x-emissieplafond door het beleid is doorvertaald naar sectoren. Aldus zijn er door het beleid ‘schotten’ geplaatst tussen sectoren. De analyse gaat er daarom vanuit dat er geen uitruil van emissiereducties tussen sectoren mogelijk is en dit is niet even optimaal in termen van kosteneffectiviteit. Mochten de ‘schotten’ tussen sectoren worden losgelaten dan zal de becijferde kostenbesparing van binnenlandse klimaatmaatregelen voor het NO_x-beleid lager uitvallen.

Tabel S1. Potentieel aan kosteneffectieve binnenlandse CO₂-reducties in het geval er rekening wordt gehouden met de positieve gevolgen van binnenlandse klimaatmaatregelen voor de NO_x-emissie (realisatie EU-emissieplafond).

Extra sectorale klimaatmaatregelen	Kosteneffectieve binnenlandse CO ₂ -reductie	Synergetisch neveneffect op NO _x -uitstoot
	megaton CO ₂	miljoen kg NO _x
Mobiliteitsmaatregelen wegvrachtvervoer	0,6 ^a	2,7
Mobiliteitsmaatregelen wegpersonevervoer	0,5 ^a	0,4
Energiebesparing (inclusief grootschalige WKK) in energiesector, industrie en raffinaderijen	0,3 ^a	0,2
Energiebesparing huishoudens, HDO, landbouw	0,4 ^a	0,3
Omschakeling kolencentrales naar aardgas	0	0
<i>Totaal</i>	<i>1,8</i>	<i>3,6</i>

^a *Kosten verschillen op dit punt niet van de kosten van de huidige beleidskeuze d.w.z. CO₂-reductie in het buitenland (plus NO_x-reductie met technische NO_x-maatregelen). Lagere binnenlandse CO₂-reducties zijn kosteneffectief (leidt per saldo tot lagere kosten). Hogere binnenlandse CO₂-reducties zijn niet kosteneffectief (leidt per saldo tot hogere kosten).*

1. Inleiding

In de studie Economie, energie en milieu, een verkenning tot 2010 van CPB en RIVM-MNP wordt geconcludeerd dat bij de beoordeling van de verdeling van klimaatmaatregelen over binnen- en buitenland de neveneffecten op emissies van verzurende stoffen dienen te worden meegewogen (CPB/RIVM-MNP, 2002). Door te kiezen voor aankoop van CO₂-emissierechten in het buitenland in plaats van op CO₂ gerichte binnenlandse maatregelen worden potentieel aanwezige meelifteffecten op emissies van luchtverontreinigende stoffen gemist. Als emissierechten aangekocht worden in het buitenland dalen de kosten van het klimaatbeleid, maar stijgen de kosten van het luchtverontreinigingsbeleid omdat dan meer technische bestrijdingsmaatregelen nodig zijn om de in internationaal kader afgesproken emissieplafonds voor NO_x, SO₂ en NMVOS te halen. Ditzelfde geldt voor de situatie dat meer dan nu voorgenomen de *overige broeikasgassen* worden gereduceerd. Ook bij deze route treden er geen significante synergie-effecten voor de in deze studie beschouwde verbrandingsgerelateerde stoffen op. Reductie van overige broeikasgassen heeft wel duidelijke neveneffecten voor de emissie van NH₃.

De opbouw van deze notitie is als volgt. Allereerst wordt de vraagstelling behandeld. Vervolgens wordt ingegaan op de uitgangspunten en aanpak van de analyse. Ten slotte worden de resultaten en conclusies besproken.

2. Vraagstelling

2.1 Kosten klimaatmaatregelen buitenland vs. binnenland

In het Nederlandse *klimaatbeleid* is ervoor gekozen om de reductie van broeikasgassen in het jaar 2010 voor de helft te realiseren met relatief goedkope maatregelen in het buitenland. Gelet op de hoge kosten van binnenlandse klimaatmaatregelen (energiebesparing en duurzame energie) is dit in beginsel een profijtelijke keuze. Echter deze conclusie gaat voorbij aan het feit dat binnenlandse klimaatmaatregelen ook kostenvoordelen met zich meebrengen voor het luchtverontreinigingsbeleid. Goed gekozen binnenlandse klimaatmaatregelen leiden niet alleen tot een vermindering van emissies van broeikasgassen maar ook tot een reductie van de emissies van NO_x, SO₂, NH₃, NMVOS, fijn stof, zware metalen en Persistente Organische Verbindingen. Hierdoor komen de afgesproken EU-plafonds voor deze stoffen eerder binnen bereik en worden technische bestrijdingsmaatregelen voor deze stoffen uitgespaard. Buitenlandse emissiereducties missen dit synergievoordeel¹.

In deze notitie is becijferd wat extra binnenlandse CO₂-maatregelen opleveren qua NO_x-emissiereductie, welke kostenbesparing (in termen van uitgespaarde technische NO_x-maatregelen) hier tegenover staat en wat dit tenslotte betekent voor de kostenafweging tussen klimaatmaatregelen in binnen- en buitenland. Kosten van binnenlandse CO₂-reductie (met neveneffect op NO_x van Y miljoen kg) zijn hierbij afgezet tegen de kosten van het beleidsalternatief; dat wil zeggen buitenlandse CO₂-reductie en (Y miljoen kg aan) binnenlandse NO_x-reductie met technische maatregelen. De vraagstelling is onderzocht voor de middellange termijn tot het jaar 2010.

Klimaatmaatregelen zijn geanalyseerd waarvan bekend is dat deze leiden tot een vermindering van NO_x-emissies. Het betreft de opties energie- en elektriciteitsbesparing in industrie, HDO, landbouw en huishoudens, energiebesparing door toepassing van grootschalige warmtekrachtkoppeling WKK in industrie en energiesector, omschakeling van kolencentrales naar aardgas en mobiliteitsreductie bij het wegvrachtvervoer en bij het wegpersoneelvervoer. Klimaatmaatregelen met een gering positief dan wel negatief effect op de emissies van NO_x zijn niet in beschouwing genomen. Het betreft dan min of meer NO_x-neutrale reductiemaatregelen bij niet-CO₂ broeikasgassen, het inzetten van biomassa bij kolencentrales en overstap naar energiezuinige auto's. Maatregelen zoals CO₂-opvang en opslag en een brandstofverschuiving van benzine naar diesel leiden tot een toename van de NO_x-emissies en leveren dus geen synergievoordeel op.

In dit rapport zijn de kostenbesparingen van binnenlandse CO₂-maatregelen bepaald aan de hand van de kosten van hierdoor uitgespaarde technische luchtmaatregelen (voor- en nageschakelde bestrijdingstechnieken). Hierbij is uitsluitend de kostenbesparing op NO_x-maatregelen bepaald. Daarmee wordt de kostenbesparing onderschat aangezien ook andere stoffen (SO₂, NMVOS en fijn stof) zullen meeliften met CO₂-reductie.

Ook is geen aandacht geschonken aan de positieve neveneffecten van extra binnenlandse CO₂-maatregelen voor de verbetering in luchtkwaliteit, ofwel de realisatie van de EU-

¹ Via grensoverschrijdend transport kan in theorie een deel van de synergie wel gerealiseerd worden middels verminderde depositie op Nederland. Gezien de afstand (reducties vinden plaats op grote afstand van Nederland) is dit effect voor Nederland gering.

luchtconcentratienormen voor NO₂ en fijn stof. In het bijzonder de synergiewinst voor fijn stof verdient hierbij aandacht omdat de waargenomen gezondheidseffecten van fijn stof vermoedelijk het meest gerelateerd zijn aan die fracties die verband houden met verbrandingsprocessen (o.a. dieselroet uit het wegverkeer). Extra binnenlandse klimaatmaatregelen (o.a. minder mobiliteit) grijpen juist aan op deze gezondheidsrelevante fracties.

2.2 Kosten klimaat- en NO_x-emissiebeleid

Als aanvulling op voorgaande analyse is in dit rapport ook becijferd wat de *totale* integrale kosten zijn van het klimaat- en NO_x-emissiebeleid in 2010, en hoe deze kosten veranderen bij een verschuiving van buitenlandse naar binnenlandse klimaatmaatregelen.

Deze analyse betreft een uitbreiding van de in paragraaf 2.1. beschreven analyse van sectorale maatregelen. Het verschil is dat nu niet de kosten van sectorale CO₂-maatregelen centraal staan maar de totale kosten van de nog te realiseren CO₂- en NO_x-reducties in 2010. Deze analyse gaat uit van een resterende beleidsopgave van 20 megaton CO₂-equivalenten (voorgenomen buitenlandse reductiedoelstelling²) en 41 miljoen kg NO_x (voorgenomen EU-NEC-reductiedoelstelling per sector³). Kosten van het reeds vastgestelde beleid zijn buiten beschouwing gebleven.

Om het speelveld in kaart te brengen zijn 4 alternatieve opties uitgewerkt voor de invulling van de voorgenomen 20 megaton emissiereductie in het buitenland. Deze opties zijn gegeven in tabel 1. De binnenlandse emissiereductieniveaus van 0,9, 2,4, 4,9 en 9 megaton CO₂ omvatten klimaatmaatregelen met een marginale kostprijs oplopend tot €9, 23, 45 en 91 per ton CO₂. Voor de 4 opties zijn afzonderlijk de kosten voor het klimaatbeleid en voor het NO_x-emissiebeleid in kaart gebracht.

Tabel 1 Overzicht van onderzochte 'alternatieve' opties voor invulling van het buitenlandse aandeel (van circa 20 megaton CO₂-eq.) in de Kyoto-verplichting voor 2010.

Opties: binnenland-buitenland (%)	Binnenlandse maatregelen oplopend tot kostprijs ^a (€/ton CO ₂)	Extra binnenlandse CO ₂ -reductie [megaton]	Buitenlandse BKG- emissiereductie [megaton]
50-50 (huidige beleidsinvulling)		0	20
53-47	9	1	19
55-45	23	2	18
63-37	45	5	15
73-27	91	9	11

^a Aanvullende kosten ten opzichte van het huidige niveau van energieheffingen.

² Bij uitvoering van het vastgestelde beleid wordt de afgesproken binnenlandse Kyoto-doelstelling voor broeikasgassen in 2010 waarschijnlijk gehaald.

³ Zoals vermeld in Tabel 3 van de kabinetsnotitie 'Erop of Eronder Uitvoeringsnotitie emissieplafonds verzuring en grootschalige luchtverontreiniging 2003'. Ministerie van VROM, Den Haag.

3. Uitgangspunten

De resultaten van de Referentieraming broeikasgassen 2010 (Van den Wijngaart en Ybema, 2002) en van de nieuwste NO_x-emissieprognose⁴ (Beck et al., 2004; VROM, 2003; Smeets et al., 2004) vormen het vertrekpunt voor de analyse. Voor CO₂ is daarnaast rekening gehouden met de nieuwste informatie uit het project sectorale streefwaarden (ECN/RIVM-MNP, 2003). De analyse richt zich op *de periode tot 2010*.

Voorliggende analyse is een eerste verkenning. De uitkomst van de analyse wordt bepaald door sectorale kentallen gepresenteerd in tabel 3 gecombineerd met de sectorale kostencurven voor CO₂-reductie gepresenteerd in figuur 1. Onzekerheden zijn in deze verkennende analyse niet uitgebreid onderzocht. Wel zijn twee varianten voor de prijs van buitenlandse emissiereducties doorgerekend.

De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd:

1. De door het kabinet vastgestelde EU-sectorplafonds (sectorschotten) vormen het vertrekpunt voor deze studie. De analyse gaat er dus vanuit dat er geen uitruil van NO_x-emissiereducties tussen sectoren mogelijk is. Om het EU-sectorplafond voor NO_x te realiseren zijn nog forse aanvullende technische maatregelen nodig. In de nieuwste RIVM-MNP-prognose, gebruikt voor de kabinetsnotitie 'Erop of Eronder', wordt voor NO_x een emissie geraamd van 288 miljoen kg in 2010 (Beck et al., 2004, VROM, 2003, Smeets et al, 2004). De beleidsopgave voor de sectoren bedraagt opgeteld 41 miljoen kg in 2010, uitgesplitst naar 27, 6 en 8 miljoen kg voor respectievelijk verkeer, industrie/energiesector/raffinaderijen en HDO/bouw/landbouw/consumenten (zie tabel 2).

Tabel 2 NO_x-emissieprognose 2010 en verdeling van inspanningen over sectoren (EU-sectorplafonds)

Doelgroep	NEC Sector Plafonds	Prognose uitstoot in 2010 (miljoen kg)	Beleidsopgave Sectoren
Industrie, Energie en Raffinaderijen	65	71	6
Verkeer	158	185	27
Consumenten	12	13	1
HDO&bouw	7	10	3
Landbouw	5	10	5
Totaal sectoren	247	288 ^a	41 ^a
Onverdeeld	13		
Totaal	260	288 ^a	
NEC-plafond	260	260	

^a Verschil in de optelling wordt veroorzaakt door afronding in de sectortotalen.

2. In de analyse is geen rekening gehouden met het maatschappelijk draagvlak en de instrumenteerbaarheid van binnenlandse CO₂-maatregelen.

⁴ RIVM-MNP-prognose opgesteld voor de Uitvoeringsnotitie emissieplafonds verzuring en grootschalige luchtverontreiniging (VROM, 2003)

3. Uitsluitend de neveneffecten van extra binnenlandse klimaatmaatregelen voor de NO_x-emissie zijn bestudeerd. Neveneffecten op SO₂, NMVOS en fijn stof zijn niet bestudeerd.
4. Totale kosten van extra klimaat- en NO_x-beleid in 2010 zijn becijferd uitgaande van een resterende beleidsopgave van 20 megaton CO₂-equivalenten en 41 miljoen kg NO_x.
5. In de analyse is een 'traditionele' scheiding aangebracht tussen klimaatmaatregelen en NO_x-maatregelen. Klimaatmaatregelen worden hierbij opgevat als energiebesparings- en mobiliteitsmaatregelen die aanleiding geven tot minder verbruik van fossiele brandstoffen, minder CO₂ en als neveneffect minder NO_x. Technische NO_x-maatregelen worden opgevat als alle mogelijke technische ingrepen welke specifiek gericht zijn op een verlaging van de NO_x-emissie. Hierbij gaat het om aanpassingen van het motorontwerp en branders en om nageschakelde technieken zoals katalysatoren en SCR-systemen.
6. Voor het wegverkeer is gebruik gemaakt van nieuwe marginale kostencurven voor CO₂-reductie (zie bijlage B).

4. Aanpak

Hierna wordt allereerst ingegaan op de verschillende manieren waarop kosten in kaart kunnen worden gebracht. Vervolgens wordt de kostenschatting voor afzonderlijke sectorale maatregelen toegelicht. In bijlage C wordt nader ingegaan op de totale kosteninschatting van het (nog te realiseren) beleid.

4.1 Kostenbenadering

Kosten van additionele binnenlandse CO₂-maatregelen en hieraan gekoppelde besparingen voor het NO_x-beleid (uitgespaarde NO_x-maatregelen) zijn op twee manieren te benaderen: vanuit het perspectief van de nationale overheid of BV Nederland (nationale of maatschappelijke kosten) of vanuit het perspectief van de eindverbruikers ofwel de bedrijven en burgers (eindverbruikerskosten). In deze notitie zijn de kosten benaderd met de eindverbruikersbenadering. Gezien de beschikbaarheid van data was dit de enige optie die openstond alhoewel het beter was om de nationale kostenbenadering te volgen. Kostencijfers volgens de nationale kostenbenadering waren niet beschikbaar. Verschillen tussen beide kostenbenaderingen worden hierna besproken.

De te hanteren methodiek is afhankelijk van het doel waar de kostenberekening voor geschiedt: het in kaart brengen van de kosten voor de eindverbruiker (bedrijven en burgers) of voor Nederland als geheel (BV Nederland). De voornaamste verschillen tussen beide methodes ontstaan bij de te hanteren rentevoeten (5% in de nationale kosten benadering en 8-15% in de eindverbruikersbenadering) en energieprijzen (schaduwprijs exclusief belastingen in de nationale kosten benadering en eindverbruikersprijs inclusief belastingen in de eindverbruikersbenadering). Voor zover het gaat om de kosten van energiebesparingsmaatregelen compenseren deze twee verschillen elkaar in meer of mindere mate. Voor zover het gaat om de besparingen op NO_x-maatregelen kan worden geconcludeerd dat deze bij gebruik van een eindverbruikersbenadering (hogere rentevoet) hoger uitvallen dan bij gebruik van de nationale kostenmethodiek.

Bij beide benaderingen heeft de kostenberekening betrekking op de kosten van concreet te nemen *maatregelen* (of gedragsveranderingen), niet op de financiële gevolgen voor de doelgroep van *instrumenten* die de optie stimuleren (zoals bijvoorbeeld accijnsverhogingen verkeer).

Eindverbruikersbenadering

Het doel van de methodiek van de ('verbrede') eindverbruikersbenadering is het zo goed mogelijk bepalen van de kosten van de maatregelen vanuit het perspectief van eindverbruikers als bedrijven en gezinnen. De via deze methode berekende kosten vormen een indicatie voor de mate waarin eindverbruikers op basis van financiële overwegingen geneigd zullen zijn bepaalde maatregelen te treffen, dan wel welke financiële prikkel (in de vorm van bijvoorbeeld heffingen) er nodig is om de eindverbruikers te bewegen bepaalde maatregelen te treffen.

In de eindverbruikersbenadering wordt gerekend met hoge rentevoeten zoals die door de betreffende sectoren worden gebruikt. Conform de Methodiek Milieukosten wordt gerekend met rentevoeten van 8% voor huishoudens, HDO en landbouw en met 15% voor bedrijven (inclusief de transportsector). Verder wordt in de eindverbruikersbenadering gerekend met

energieprijzen zoals de eindverbruiker ze ervaart. Deze prijzen zijn dus inclusief eventuele belastingen. Opbrengsten van energiebesparingsmaatregelen (uitgespaarde energie) worden tegen deze prijs gewaardeerd.

Nationale kostenbenadering

De nationale kostenbenadering heeft tot doel de kosten en baten te bepalen van maatregelen voor Nederland als geheel. Deze benadering wordt vooral gehanteerd om opties onderling vergelijkbaar te maken over sectoren. In dit geval wordt voor de rentevoet uitgegaan van een maatschappelijke rentevoet die gebaseerd is op de reële rente. De gebruikte rentevoet is veelal 5%. De kosten van maatregelen vallen hierdoor lager uit dan bij gebruik van de eindverbruikersbenadering. Daarentegen wordt in deze benadering uitgegaan van nationale schaduw prijzen voor energie die zijn afgeleid van de wereldmarktprijs voor energie. In deze prijs wordt geabstraheerd van belastingen omdat deze op nationaal niveau tegen elkaar wegvallen. De opbrengsten van energiebesparingsmaatregelen (uitgespaarde energie) vallen hierdoor lager uit dan bij gebruik van de eindverbruikersbenadering. De kosten van dergelijke maatregelen vallen daardoor dus hoger uit.

4.2 Kosten klimaatmaatregelen buitenland vs. binnenland

Klimaatafspraken kunnen door Nederland op twee manieren worden nagekomen:

beleids optie 1) CO₂-reductie binnenland:

het beleid kan ervoor kiezen om X megaton CO₂ te reduceren in het binnenland (minder mobiliteit en energiebesparing) waarbij ook de emissie van NO_x met Y miljoen kg vermindert.

beleids optie 2) CO₂-reductie buitenland:

het beleid kan ervoor kiezen om dezelfde X megaton CO₂ te reduceren in het buitenland waarbij de emissievermindering voor NO_x niet optreedt, en bijgevolg Y miljoen kg NO_x via het technische NO_x-bestrijdingsspoor moet worden gerealiseerd.

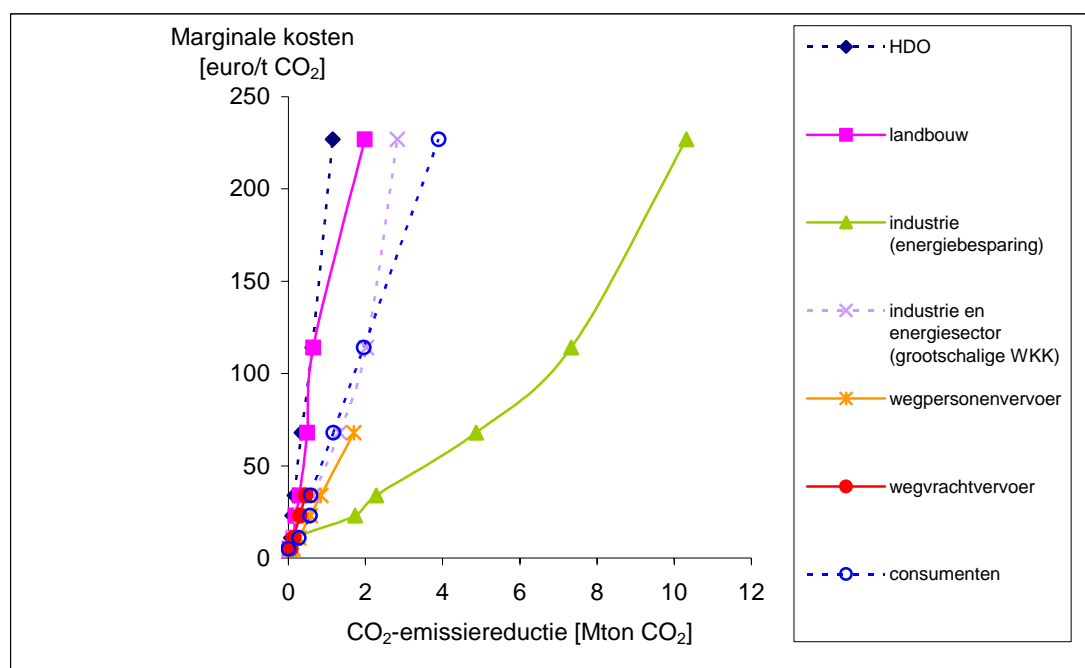
Voor *afzonderlijke sectorale maatregelen* zijn de kosten van beleids optie 1 bepaald en vervolgens afgezet tegen de kosten van beleids optie 2. Dit is gedaan voor oplopende niveaus van CO₂-emissiereductie. Oplopende CO₂-reductieniveau's komen overeen met meer energiebesparing en minder mobiliteit, en kunnen worden uitgelokt door een verhoging van de prijzen van aardgas, olieproducten, kolen, elektriciteit en warmte. Doorgerkende CO₂-reductieniveau's omvatten maatregelen met een marginale kostprijs oplopend tot €9, 23, 45 en 91 per ton CO₂ (zie figuur 1, Ybema et al., 2001). Uiteindelijk is ook een totaal beeld opgesteld door de CO₂-reducties en kosten op te tellen over alle sectorale maatregelen.

De beleids optie 'omschakeling van kolencentrales naar aardgas' is niet meegenomen in de totaal analyses (figuren 2/3 en tabellen 5/6). Het gaat hier om een concreet aanwijsbare optie met een vaste kostprijs (bij een gegeven prijs van kolen een aardgas). Een dergelijke concrete maatregel is wel of niet duurder of goedkoper dan een vergelijkbare CO₂-reductie in het buitenland.

Beleids optie 1) Kosten extra CO₂-reductie binnenland

Kosten van *extra* binnenlandse CO₂-reducties (X megaton) zijn afgeleid uitgaande van beschikbare marginale kostencurven zoals gepresenteerd in figuur 1. Voor stationaire bronnen is gebruik gemaakt van de door ECN en RIVM in 2001 opgestelde marginale kostencurven (Ybema et al., 2001; ECN, 2004). Deze kostencurven zijn destijds opgesteld in

opdracht van de Commissie CO₂-handel (Ybema et al., 2001). Voor het wegpersonenvervoer en voor het wegvrachtvervoer zijn nieuwe curven opgesteld welke nader worden toegelicht in bijlage B. Kosten zijn in alle gevallen ingeschat volgens de eindverbruikersbenadering.



Figuur 1. Marginale kosten van binnenlandse CO₂-emissiereductie per sector in 2010. Kostencurven zijn opgesteld tegen het achtergrondbeeld van de Referentieraming broeikasgassen. Voor verkeer en HDO en consumenten betreft het geactualiseerde curven welke afwijken van de eerder gepubliceerde curven in Ybema et al. (2001).

Beleids optie 2) Kosten extra CO₂-reductie buitenland

Om een integrale vergelijking te kunnen maken met het beleidsalternatief van binnenlandse CO₂-reductie zijn de kosten van reductie in het buitenland berekend door de kosten van X megaton CO₂-reductie in het buitenland te combineren met de kosten van Y miljoen kg binnenlandse NO_x-emissiereductie via het technische bestrijdingsspoor.

- Naar verwachting bedraagt de prijs in 2010 circa €5-6 per ton CO₂ (RIVM-MNP, 2004). Kosten van X megaton CO₂-reductie in het buitenland zijn daarom berekend voor een kostprijs van €5 per ton CO₂. Teneinde een indruk te kunnen geven van de gevoeligheid van de uitkomsten voor de kostprijs van buitenlandse CO₂-reducties is tevens een berekening gemaakt uitgaande van een kostprijs van €10 per ton CO₂. Voor deze berekening zijn alleen de geaggregeerde resultaten gepresenteerd (figuren 2/3 en tabellen 5/6). Resultaten voor afzonderlijke sectorale maatregelen zijn niet gegeven.
- De emissiereductie van Y miljoen kg NO_x is afgeleid door de X megaton CO₂-reductie te vermenigvuldigen met de kentallen gepresenteerd in kolom 2 van tabel 3a. Kolom 2 in tabel 3a geeft aan wat één ton aan *extra* binnenlandse CO₂-reductie in het jaar 2010 oplevert aan kilogrammen NO_x-reductie. De kentallen lopen uiteen van 4,9 voor mobiliteitsmaatregelen bij het wegvrachtvervoer tot 0,7 voor energiebesparingsmaatregelen bij stationaire bronnen. Kentallen voor stationaire bronnen zijn afgeleid op basis van de verhouding tussen de verwachte NO_x- en CO₂-emissie in 2010 bij vastgesteld beleid (Beck et al., 2004; Smeets et al., 2004). Kentallen voor verkeersmaatregelen worden toegelicht in bijlage B.

- Kosten van Y miljoen kg aan NO_x-reductie via technische weg zijn berekend op basis van de kosten van voor- en nageschakelde NO_x-bestrijdingstechnieken zoals gegeven in tabel 3b. Kosten zijn gebaseerd op de studie van het RIVM-MNP naar mogelijke bestrijdingsopties voor verdergaande reductie van verkeersemissies (Van den Brink et al., 2004) en voor overige bronnen op de RIVM-MNP-beoordeling van de uitvoeringsnotitie emissieplafonds verzuring en grootschalige luchtverontreiniging 2003 (Beck et al., 2004).

Tabel 3. Kentallen gebruikt in de analyse.

- Tabel 3a – kolom 2 – geeft aan wat een ton aan extra binnenlandse CO₂-reductie in 2010 oplevert aan NO_x-reductie.
- Tabel 3b geeft de kosten van extra NO_x-reductie met behulp van technische maatregelen (voor- en nageschakelde NO_x-reductietechnieken).
- Tabel 3a – kolom 3 – geeft de kostenbesparing/opbrengst van extra binnenlandse CO₂-reducties in termen van uitgespaarde technische NO_x-maatregelen. Het betreft hier een vermenigvuldiging van tabel 3a en tabel 3b.

Tabel 3a. Neveneffect extra binnenlandse klimaatmaatregelen voor NO_x

Extra ^b sectorale klimaatmaatregelen	Neveneffect op NO _x in 2010: kg NO _x reductie per ton CO ₂ -reductie ^a	Kostenbesparing/opbrengst van binnenlandse CO ₂ -maatregelen in termen van uitgespaarde technische NO _x -maatregelen in 2010: Euro per ton CO ₂ -reductie
Mobiliteitsmaatregelen wegvrachtvervoer	4,9	4,9 * 5,5 = 27
Mobiliteitsmaatregelen wegpersoneenvoer	0,85	0,85 * 5,5 = 5
Energiebesparing huishoudens	0,7	0,7 * 4,0 = 3
Energiebesparing HDO	0,7	0,7 * 4,0 = 3
Energiebesparing landbouw	0,7	0,7 * 4,0 = 3
Energiebesparing door WKK in energiesector, industrie en raffinaderijen	0,7	0,7 * 4,0 = 3
Overige energiebesparing in energiesector, industrie en raffinaderijen	0,7	0,7 * 4,0 = 3
Omschakeling kolencentrales naar aardgas	0,5 / 2,4 ^c	0,5/2,4 * 4,0 ^d = 2 / 10

^a Kentallen zijn indicatieve schattingen. De weergave van cijfers tot op een decimaal nauwkeurig weerspiegelt niet de werkelijke nauwkeurigheid.

^b Extra t.o.v. het reeds vastgesteld beleid zoals gedefinieerd in de Referentieraming broeikasgassen 2010 (Van den Wijngaart en Ybema, 2002) en het project sectorale streefwaarden (ECN/RIVM-MNP, 2003).

^c De bovengrens gaat uit van de referentiesituatie dat de kolencentrales nog niet zijn uitgerust met een SCR. De ondergrens gaat ervan uit alle kolencentrales zijn uitgerust met een SCR in 2010 zoals (geheel of gedeeltelijk) verwacht mag worden bij doorwerking van het instrument NO_x-handel.

^d Kostprijs voor extra technische NO_x-reductie is niet gevarieerd. In werkelijkheid zal de kostprijs hoger uitvallen dan € 4 per kg in het geval dat kolencentrales wel volledig zijn uitgerust met een SCR. De ondergrens van 2 is daarmee te laag ingeschat.

Tabel 3b. Kosten extra technische NO_x-maatregelen (voor en nageschakelde NO_x-reductietechnieken)

Sector	Kosten <i>extra</i> ^b technische NO _x -maatregelen in 2010: € per kg NO _x ^a
Wegvrachtvervoer	5,5
Wegpersonenvervoer	5,5
Huishoudens	4,0
HDO	4,0
Landbouw	4,0
Energiesector, industrie en raffinaderijen	4,0

^a Kentallen zijn indicatieve schattingen. De weergave van cijfers tot op een decimaal nauwkeurig weerspiegelt niet de werkelijke nauwkeurigheid.

^b Extra t.o.v. het vastgesteld beleid zoals gedefinieerd in de door het RIVM opgestelde NO_x-emissieprognose voor de Uitvoeringsnotitie emissieplafonds verzuring en grootschalige luchtverontreiniging 2003 (Beck et al., 2004; Smeets et al., 2004; VROM, 2003).

5. Resultaten en conclusies

5.1 Kosten klimaatmaatregelen buitenland vs. binnenland

Toelichting figuren

Kosten van aanvullende CO₂-reducties in binnen- en buitenland zijn voor sectorale maatregelen gepresenteerd in bijlage A uitgaande van een kostprijs voor buitenlandse aankoop van €5 per ton CO₂ (figuren A1 tot F1). Figuren 2a en 3a geven het resultaat voor alle sectorale maatregelen opgeteld bij een kostprijs voor buitenlandse aankoop van respectievelijk €5 en €10 per ton CO₂.

Figuren A2 tot F2 in bijlage A geven het *verschil* in kosten tussen de beleidsalternatieven: buitenlandse dan wel binnenlandse CO₂-reductie. Het resultaat voor alle maatregelen opgeteld is gegeven in de figuren 1b en 2b. Deze verschilfiguren maken in één oogopslag inzichtelijk hoe de kosten veranderen als je extra CO₂-emissies *niet* in het buitenland zou reduceren maar in het binnenland. Om een indruk te krijgen van het synergie-effect zijn twee lijnen uitgezet; in het geval wel (blauwe lijn) en geen (groene lijn) rekening wordt gehouden met neveneffecten op de NO_x-uitstoot.

De *groene* lijn geeft het kostenverschil tussen de beleidsalternatieven als er *geen* rekening wordt gehouden met NO_x-reductie. Deze lijn komt in het begintraject onder nul uit. Ongeacht het synergie-effect is een binnenlandse reductie in dit traject dus goedkoper dan buitenlandse aankoop. Deze situatie doet zich voor omdat er nog in zeer beperkte mate binnenlandse emissiereducties mogelijk zijn tegen een kostprijs van minder dan €5 tot €10 per ton CO₂.

De *blauwe* lijn geeft het kostenverschil indien er *wel* rekening wordt gehouden met de NO_x-emissievermindering en bijgevolg de kostenbesparing voor het NO_x-beleid. In het eerste traject is het kostenverschil negatief en is het betreffende binnenlandse CO₂-reductieniveau profijtelijk; kosten zijn lager dan aankoop van rechten in het buitenland. In het midden-traject is het kostenverschil klein en zijn beide opties nagenoeg even profijtelijk. In het rechter traject is het kostenverschil positief en is het betreffende binnenlandse CO₂-reductieniveau onprofijtelijk; aankoop van rechten in het buitenland is dan goedkoper. De figuur geeft dus aan tot welk CO₂-emissiereductieniveau een keuze voor minder mobiliteit dan wel meer energiebesparing lonend dan wel neutraal uitpakt als het aankomt op kosten.

Ter illustratie een voorbeeld. Stel dat de minderkosten van volumemaatregelen bij het vrachtvervoer (conform figuur A2 – bijlage A) €5 miljoen bedragen bij een binnenlandse reductie van 0,3 megaton CO₂ (en een neveneffect op de NO_x-emissie van circa 1,5 miljoen kg). Wat betekent dit dan? Dit betekent dat de beleids optie van 0,3 megaton extra CO₂-reductie in het binnenland (uit te lokken met bijvoorbeeld een verhoging van de dieselaccijns) €10 miljoen goedkoper is dan het alternatief van 0,3 megaton CO₂-reductie in het buitenland en 1,5 miljoen kg NO_x-emissiereductie te realiseren met aanvullende technische NO_x-maatregelen.

In tabel 4 wordt een samenvattend overzicht gegeven van het nog resterend potentieel aan kosteneffectieve binnenlandse CO₂-reducties in het geval er rekening wordt gehouden met de positieve gevolgen van binnenlandse klimaatmaatregelen voor de NO_x-emissie. Hierbij wordt ook vermeld welk deel van dit potentieel *aanvullend* in beeld komt als rekening wordt gehouden met het synergie-effect. Het overig deel van het reductiepotentieel was al langer

bekend. In de tabel wordt ook het bijbehorend neveneffect voor de NO_x-uitstoot gepresenteerd.

Energiebesparingsmaatregelen industrie en HDO, landbouw en huishoudens

Voor zover het gaat om *extra* binnenlandse energiebesparingsmaatregelen bij de industrie, HDO, landbouw en huishoudens heeft het wel of niet in ogenschouw nemen van NO_x-synergie slechts een beperkte invloed op de afweging tussen klimaatmaatregelen in binnen- en buitenland. Het geringe verschil tussen de groene en blauwe lijn in de figuren C1 t/m E1 uit bijlage A maakt dit duidelijk. Door rekening te houden met NO_x-synergie wordt *aanvullend* circa 0,3 megaton binnenlandse CO₂-reductie profijtelijk bij stationaire bronnen (figuur C2, D2, E2). Het betreft hier de *aanvullende* CO₂-reductie ten opzichte van de uitgangssituatie waarbij er geen rekening wordt gehouden met NO_x-synergie. De NO_x-emissie vermindert in dit geval met in totaal 0,2 miljoen kg NO_x-reductie.

Tellen we deze *aanvullende* CO₂-reducties op bij de CO₂-reducties waarvan al langer bekend was dat deze profijtelijk zijn dan wordt een totaal reductie van 0,7 megaton becijferd. Het neveneffect op de NO_x-emissie bedraagt in dit geval 0,5 miljoen kg. Voor energiebesparingsmaatregelen bij stationaire bronnen komt daarmee het beeld naar voren dat het nog resterend potentieel aan kosteneffectieve *extra* binnenlandse energiebesparingsmaatregelen in de periode tot 2010 beperkt is; ook als rekening wordt gehouden met NO_x-synergie. Buitenlandse emissiereducties zijn doorgaans goedkoper.

De kostenbesparing van extra binnenlandse energiebesparingsmaatregelen bij stationaire bronnen (in termen van uitgespaarde technische NO_x-maatregelen) bedraagt circa €3 miljoen per megaton CO₂-reductie (zie tabel 3a).

Omschakeling kolencentrales naar aardgas

In dit geval gaat het om een concrete optie (of investeringsbeslissing) die wel of niet duurder is dan aankoop van emissierechten in het buitenland. De aantrekkelijkheid van omschakeling van kolen naar gas hangt vrijwel volledig af van de verhouding van de gas- en kolenprijs. In het rapport van Ybema et al. uit 2001 wordt uitgegaan van een kosteneffectiviteit van rond de €48 per ton CO₂. Bij de afleiding van dit cijfer is echter nog geen rekening gehouden met het neveneffect op de NO_x-emissies. Tabel 3a geeft aan dat de kostenbesparing (in termen van uitgespaarde technische NO_x-maatregelen) circa €2 tot €10 per ton CO₂ bedraagt. De gecorrigeerde kosteneffectiviteit komt daarmee uit op €38 tot €46 per ton CO₂. Dit is nog altijd erg duur als je het vergelijkt met de kosten van buitenlandse CO₂-reductie. Vastgesteld kan worden dat een omschakeling van kolencentrales naar gas niet kosteneffectief is ook niet als er rekening wordt gehouden met NO_x-synergie (zie figuur F1 en F2 in bijlage A).

De kostenbesparing van extra binnenlandse energiebesparingsmaatregelen (in termen van uitgespaarde technische NO_x-maatregelen) bedraagt circa €2-10 miljoen per megaton CO₂-reductie (zie tabel 3a).

Mobiliteitsmaatregelen wegpersoneenvervoer

Ook voor mobiliteitsmaatregelen bij het wegpersoneenvervoer geldt dat de verdeling tussen buitenlandse en binnenlandse klimaatmaatregelen slechts in geringe mate verschuift als ook rekening wordt gehouden met de synergetische neveneffecten van binnenlandse klimaatmaatregelen op de NO_x-emissie. Door rekening te houden met NO_x-synergie wordt *aanvullend* circa 0,3 megaton binnenlandse CO₂-reductie profijtelijk bij het wegpersoneenvervoer. Het betreft hier *aanvullende* emissiereducties ten opzichte van de uitgangssituatie waarbij er geen rekening wordt gehouden met NO_x-synergie (verschil blauwe

en groene lijn in bijlage A). Het neveneffect op de NO_x-emissie bedraagt in dit geval 0,3 miljoen kg NO_x.

Tellen we deze reductie op bij de CO₂-reducties waarvan al langer bekend is dat deze profijtelijk zijn dan wordt een totaal reductie van 0,5 megaton becijferd voor het wegpersonenvervoer; hetgeen overeenkomt met 0,4 miljoen kg NO_x-reductie. Voor mobiliteitsmaatregelen bij het wegverkeer komt daarmee eveneens het beeld naar voren dat het nog resterend potentieel aan kosteneffectieve binnenlandse CO₂-reducties beperkt is; ook als rekening wordt gehouden met NO_x-synergie. Buitenlandse emissiereducties zijn doorgaans goedkoper.

De kostenbesparing van extra mobiliteitsmaatregelen bij het wegpersonenvervoer (in termen van uitgespaarde technische NO_x-maatregelen) bedraagt circa €5 miljoen per megaton CO₂-reductie (zie tabel 3a).

Tabel 4. Potentieel aan kosteneffectieve binnenlandse CO₂-reducties in het geval er rekening wordt gehouden met de positieve gevolgen van binnenlandse klimaatmaatregelen voor de NO_x-emissie (realisatie EU-emissieplafond).

Extra sectorale klimaatmaatregelen	Totaal kosteneffectieve binnenlandse CO ₂ -reductie	Synergetisch neveneffect op NO _x -uitstoot	Waarvan: verklaard door synergie ^b	
			megaton CO ₂	miljoen kg NO _x
Mobiliteitsmaatregelen wegvrachtervervoer	0,6 ^a	2,7	0,6	2,7
Mobiliteitsmaatregelen wegpersonenvervoer	0,5 ^a	0,4	0,3	0,3
Energiebesparing (inclusief grootschalige WKK) in energiesector, industrie en raffinaderijen	0,3 ^a	0,2	0,3	0,2
Energiebesparing huishoudens, HDO, landbouw	0,4 ^a	0,3		
Omschakeling kolencentrales naar aardgas	0	0	0	0

^a Kosten verschillen op dit punt niet van de kosten van de huidige beleidskeuze d.w.z. CO₂-reductie in het buitenland (plus NO_x-reductie met technische NO_x-maatregelen). Lagere binnenlandse CO₂-reducties zijn kosteneffectief (leidt per saldo tot lagere kosten). Hogere binnenlandse CO₂-reducties zijn niet kosteneffectief (leidt per saldo tot hogere kosten).

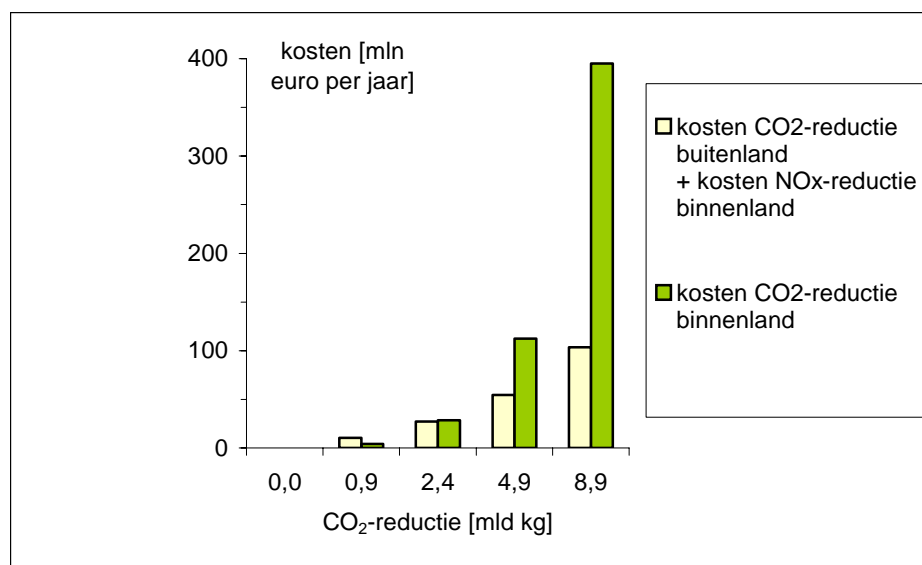
^b Het betreft CO₂- en NO_x-reducties die aanvullend in beeld komen als er ook rekening wordt gehouden met NO_x-synergie.

Mobiliteitsmaatregelen wegvrachtvervoer

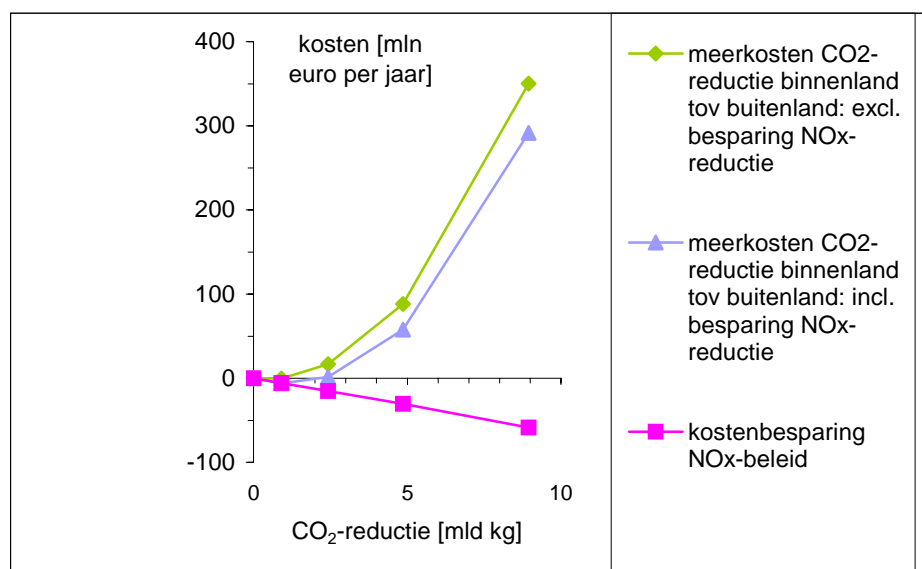
De grootste verschuiving in de verdeling tussen buitenlandse en binnenlandse klimaatmaatregelen treedt op bij het wegvrachtvervoer. Het gaat hierbij om mobiliteitsmaatregelen welke leiden tot minder voertuigbewegingen ofwel voertuigkilometers. Concreet betreft het hier logistieke maatregelen die leiden tot een hogere beladingsgraad van voertuigen (zwaardere vrachtwagens, optimalisatie distributie van goederen). De benodigde mobiliteitsreductie kan worden uitgelokt via prijsmaatregelen zoals accijnsverhogingen en kilometerheffingen. Als rekening wordt gehouden met NO_x-synergie wordt *aanvullend* circa 0,6 megaton binnenlandse CO₂-reductie profijtelijk bij het wegvrachtverkeer. Het betreft hier opnieuw de *aanvullende* emissiereductie ten opzichte van de uitgangssituatie waarbij er geen rekening wordt gehouden met NO_x-synergie (verschil blauwe en groene lijn in bijlage A). De NO_x-emissie vermindert dan met 2,7 miljoen kg NO_x. Gelet op de problemen die Nederland heeft bij de realisatie van het EU-NO_x-emissieplafond in 2010 zijn dit noemenswaardige effecten. Benodigde logistieke maatregelen kunnen worden uitgelokt met een verhoging van de dieselaccijns van circa 10 eurocent per liter uitgaande van brandstofprijzen elasticiteiten voor het wegvrachtvervoer (Geurs en van Wee, 1997; Dings et al., 1999).

Zoals hiervoor vermeld kan een binnenlandse CO₂-reductie – ongeacht een mogelijk synergie-effect – al een direct kostenvoordeel opleveren in het geval de prijs van deze reducties lager is dan €5 per ton CO₂. Figuur A2 uit de bijlage geeft aan dat dit reductiepotentieel (met een direct kostenvoordeel) te verwaarlozen is bij het wegvrachtverkeer. Het totaal potentieel aan kosteneffectieve binnenlandse reductie wordt daarmee volledig verklaard door NO_x-synergie, en wordt dus becijferd op 0,6 megaton CO₂ en 2,7 miljoen kg NO_x-reductie.

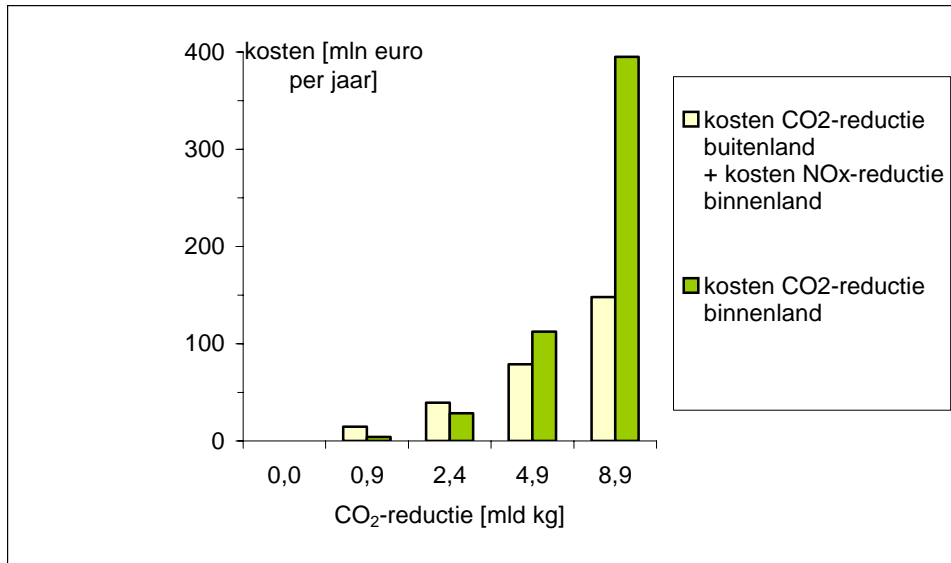
De kostenbesparing van extra mobiliteitsmaatregelen bij het wegvrachtvervoer (in termen van uitgespaarde technische NO_x-maatregelen) bedraagt circa €27 miljoen per megaton CO₂-reductie (zie tabel 3a). Deze besparing is groot vergeleken bij overige sectoren (€2 – €5 per megaton CO₂-reductie). Dit wordt verklaard doordat het vrachtautopark nog relatief vuil is in 2010 (NO_x-emissie per liter brandstofverbruik of per ton CO₂). Zo komt een megaton CO₂-reductie bij het wegvrachtvervoer overeen met een NO_x-reductie van circa 5 miljoen kg. Bij personenauto's is dit slechts 1 miljoen kg NO_x en bij overige sectoren 0,7 miljoen kg NO_x. Energiebesparing bij het vrachtverkeer door mobiliteitsmaatregelen levert dus fors meer NO_x-emissiereductie op dan een vergelijkbare energiebesparing bij stationaire bronnen en het wegpersoneelvervoer (zie tabel 3a, kolom 2).



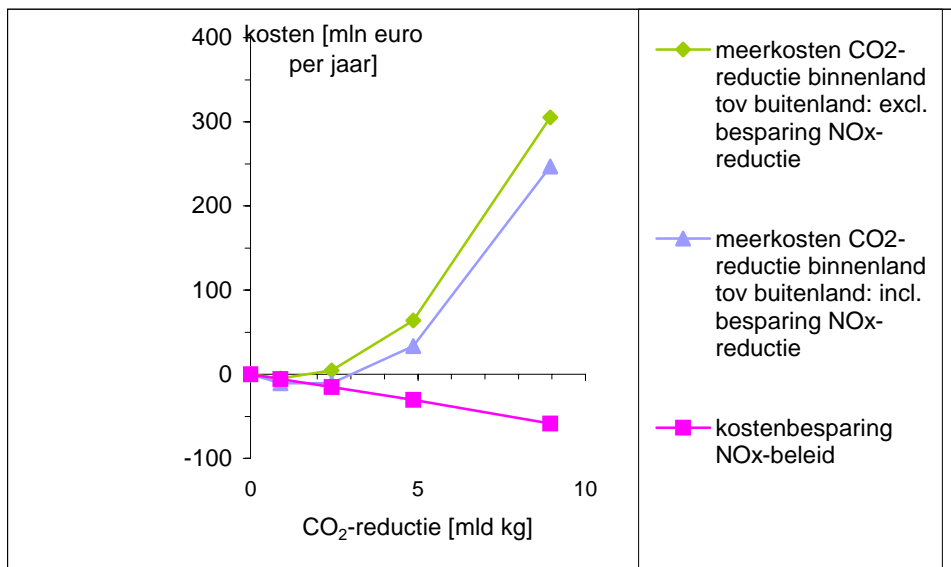
Figuur 2a. Kosten van binnenlandse CO₂-reductie (met neveneffect voor NO_x van Y miljoen kg) afgezet tegen de kosten van het alternatief: CO₂-reductie buitenland en Y miljoen kg NO_x-reductie met technische NO_x-maatregelen. Veronderstelde kostprijs voor buitenlandse reductie is 5 € per ton CO₂. Emissiereductie en kosten zijn ingeschat tegen een achtergrondbeeld met bestaand beleid d.w.z. de Referentieraming. De optie omschakeling kolen naar aardgas is buiten beschouwing gelaten.



Figuur 2b. Meer/minder-kosten binnenlandse CO₂-reductie t.o.v. het alternatief CO₂-reductie buitenland; in het geval wel en niet rekening wordt gehouden met NO_x-synergie. De veronderstelde kostprijs voor buitenlandse reductie is 5 € per ton CO₂. De blauwe lijn geeft de meer/minder-kosten rekening houdend met NO_x-synergie en representeert het verschil tussen de groene en gele balk in figuur 2a. De kostenbesparing op technische NO_x-maatregelen komt overeen met het verschil tussen de groene en blauwe lijn en is afzonderlijk gepresenteerd als roze lijn.



Figuur 3a. Kosten van binnenlandse CO₂-reductie (met neveneffect voor NO_x van Y miljoen kg) afgezet tegen de kosten van het alternatief: CO₂-reductie buitenland en Y miljoen kg NO_x-reductie met technische NO_x-maatregelen. Veronderstelde kostprijs voor buitenlandse reductie is 10 €/per ton CO₂. Emissiereductie en kosten zijn ingeschat tegen een achtergrondbeeld met bestaand beleid d.w.z. de Referentieraming. De optie omschakeling kolen naar aardgas is buiten beschouwing gelaten.



Figuur 3b. Meer/minder-kosten binnenlandse CO₂-reductie t.o.v. het alternatief CO₂-reductie buitenland; in het geval wel en niet rekening wordt gehouden met NO_x-synergie. De veronderstelde kostprijs voor buitenlandse reductie is 10 €/per ton CO₂. De blauwe lijn geeft de meer/minder-kosten rekening houdend met NO_x-synergie en representeert het verschil tussen de groene en gele balk in figuur 3a. De kostenbesparing op technische NO_x-maatregelen komt overeen met het verschil tussen de groene en blauwe lijn en is afzonderlijk gepresenteerd als roze lijn.

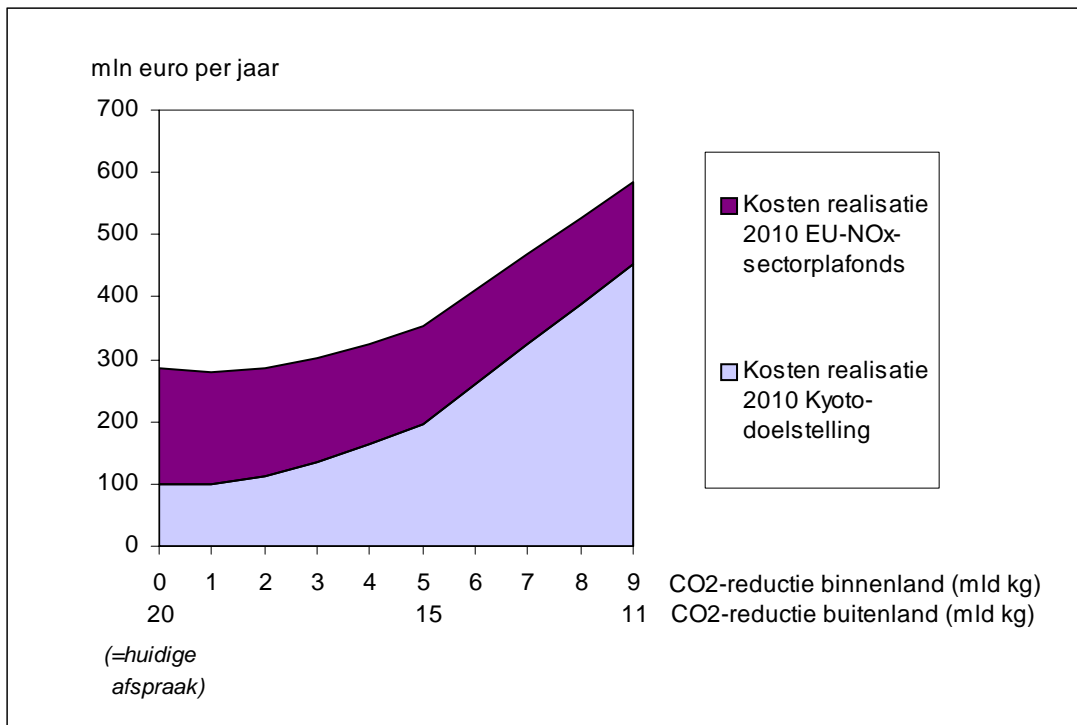
5.2 Kosten klimaat en NO_x-emissiebeleid

Nederland heeft ervoor gekozen om de Kyoto doelstelling voor broeikasgasreductie in 2010 voor 50% te realiseren met maatregelen in het binnenland en 50% met maatregelen in het buitenland. Buitenlandse maatregelen zijn relatief goedkoop maar door te kiezen voor deze maatregelen in plaats van binnenlandse maatregelen worden potentieel aanwezige neveneffecten op emissies van luchtverontreinigende stoffen gemist.

Figuur 4 geeft aan hoe de integrale kosten van het klimaat- en NO_x-emissiebeleid in 2010 veranderen bij een keuze voor meer binnenlandse en minder buitenlandse CO₂-klimaatmaatregelen uitgaande van een kostprijs voor CO₂-reductie in het buitenland van 5 € per ton CO₂ (zie ook tabel 5). Referentiepunt is het huidige klimaatbeleid waarbij 20 megaton aan reductie wordt gerealiseerd in het binnenland en waarbij 20 megaton moet worden gerealiseerd in het buitenland (50/50% verdeling binnen- en buitenland). De kosten van de 20 megaton aan buitenlandse reductie zijn als referentiepunt gegeven in figuur 4 (zie meest linkse punt: 20 maal 5 miljoen € per megaton CO₂ is in totaal 100 miljoen € per jaar). De kosten van de vastgestelde 20 megaton aan binnenlandse reductie aan broeikasgasemissie zijn in de hier gepresenteerde figuur buiten beschouwing gebleven. Daarnaast zijn de kosten voor het nog uitstaande NO_x-emissiebeleid becijferd. Referentiepunt hiervoor vormt de geactualiseerde emissieprognose opgesteld door RIVM-MNP voor de uitvoeringsnotitie emissieplafonds verzuring en grootschalige luchtverontreiniging (Beck et al, 2004; Smeets et al., 2004; VROM, 2003). Deze raming houdt rekening met de effecten van het reeds vastgesteld beleid inclusief de doorwerking van het systeem NO_x-emissiehandel. Uitgaande van dit vertrekpunt is becijferd welke additionele NO_x-reducties nog gerealiseerd zouden moeten worden in de verschillende sectoren. Conform deze raming is gerekend met een resterende beleidsopgave van 6 miljoen kg NO_x voor de Industrie, Energiesector en Raffinaderijen, 27 miljoen kg NO_x voor verkeer en van 9 miljoen kg NO_x voor de overige bronnen in de sectoren HDO, landbouw en consumenten (zie tabel 2, hoofdstuk 3).

Zoals verwacht mag worden is het verloop van figuur 4 identiek aan figuur 2b. Ook de conclusies zijn identiek. Totale kosten voor het klimaat- en NO_x-emissiebeleid in 2010 dalen tot een extra binnenlandse CO₂-reductie van circa 2 megaton. Verdergaande emissiereducties boven de 2 megaton CO₂ leiden per saldo tot toenemende kosten. Boven 4-5 megaton stijgen de kosten snel. Het punt waarbij de kosten gaan stijgen wordt bepaald door de prijs van buitenlandse emissiereducties. Bij een prijs van 10 € per ton CO₂ wordt een kostendaling berekend tot circa 3 megaton binnenlandse CO₂-reductie (zie tabel 6).

Figuur 4 geeft daarnaast inzicht in de kosten die verschillende sectoren en doelgroepen nog moeten maken om de EU-sectorplafonds voor NO_x binnen bereik te brengen. Uitgaande van het huidige klimaatbeleid dat wil zeggen 20 megaton CO₂-reductie in het buitenland (linker referentiepunt figuur 4) lopen deze kosten op tot globaal circa 200 miljoen € per jaar exclusief de kosten van NO_x-emissiehandel. De kosten van de nog nader af te spreken en te concretiseren NO_x-maatregelen vallen daarmee waarschijnlijk hoger uit dan de kosten van de buitenlandse klimaatmaatregelen (circa 100-200 miljoen € per jaar bij een kostprijs van resp. 5 en 10 € per ton CO₂).



Figuur 4. Verandering kosten in het jaar 2010 bij een extra verschuiving van buitenlandse naar binnenlandse klimaatmaatregelen in miljoen € per jaar als rekening wordt gehouden met NO_x-synergie. Referentiepunt (linkerpunt figuur) is de huidige afspraak waarbij 20 megaton aan reductie wordt gerealiseerd in het binnenland en 20 megaton in het buitenland (50/50% verdeling). De veronderstelde kostprijs voor buitenlandse reductie is 5 € per ton CO₂. Kosten zijn ingeschat tegen een achtergrondbeeld met bestaand beleid d.w.z. de Referentieraming. De optie omschakeling kolen naar aardgas is buiten beschouwing gelaten.

Tabel 5. Overzicht van de kosten voor aanvullende klimaat- en NO_x-maatregelen in 2010 bij een verschuiving van buitenlandse naar binnenlandse klimaatmaatregelen; bij een kostprijs voor buitenlandse emissiereductie van 5 € per ton CO₂. Kosten zijn ingeschat tegen een achtergrondbeeld met bestaand beleid d.w.z. de Referentieraming. Kostenschatting gaat uit van een resterende beleidsopgave van 20 megaton CO₂-equivalenten (voorgenomen Kyoto-doelstelling buitenland) en 41 miljoen kg NO_x (EU-NEC-sectorplafonds). De optie omschakeling kolen naar aardgas is buiten beschouwing gelaten.

Marginale kosten CO ₂ -reductie binnenland	CO ₂ -reductie binnenl. ¹	CO ₂ -eq.-reductie buitenl.	Kosten CO ₂ -reductie binnenland	Kosten CO ₂ -eq.-reductie buitenland	Kosten CO ₂ -reductie binnen- en buitenland	Neveneffect CO ₂ -reductie binnenland op NO _x -emissie	Kosten-besparing op technische NO _x -maatregelen ³	Kosten NO _x -reductie EU-NEC-sectorplafonds ²	Kosten totaal: CO ₂ -reductie en NO _x -reductie
€/ton CO ₂	megaton CO ₂	megaton CO ₂	miljoen Euro/jaar	miljoen Euro/jaar	miljoen Euro/jaar	miljoen kg NO _x	miljoen Euro/jaar	miljoen Euro/jaar	miljoen Euro/jaar
0	0	20	0	100	100	0	0	186	286
9	1	19	4	95	100	1	6	181	280
23	2	18	29	88	117	3	15	172	289
45	5	15	112	76	188	7	30	158	346
91	9	11	395	55	450	12	59	132	582

¹ CO₂-emissiereductie behorend bij gegeven marginale kosten uitgaande van de ECN/RIVM-studie naar de marginale CO₂-reductiekosten voor stationaire bronnen (Ybema et al., 2001) en bijlage B voor wegverkeer.

² Uitgaande van EU-NEC-sectorplafonds en na doorwerking van in kolom 2 gegeven extra CO₂-maatregelen binnenland

³ Technische NO_x-maatregelen gericht op het verminderen van de NO_x-emissie per eenheid energiegebruik o.a. aanpassing branders en motoren en toepassing van nageschakelde technieken zoals SCR en katalysatoren.

Tabel 6. Overzicht van de kosten voor aanvullende klimaat- en NO_x-maatregelen in 2010 bij een verschuiving van buitenlandse naar binnenlandse klimaatmaatregelen; bij een kostprijs voor buitenlandse emissiereductie van 10 € per ton CO₂. Kosten zijn ingeschat tegen een achtergrondbeeld met bestaand beleid, d.w.z. de Referentieraming. Kostenschatting gaat uit van een resterende beleidsopgave van 20 megaton CO₂-equivalenten (voorgenomen Kyoto-doelstelling buitenland) en 41 miljoen kg NO_x (EU-NEC-sectorplafonds). De optie omschakeling kolen naar aardgas is buiten beschouwing gelaten.

Marginale kosten CO ₂ -reductie binnenland	CO ₂ -reductie binnenl. ¹	CO ₂ -eq.-reductie buitenl.	Kosten CO ₂ -reductie binnenland	Kosten CO ₂ -eq.-reductie buitenland	Kosten CO ₂ -reductie binnen- en buitenland	Neveneffect CO ₂ -reductie binnenland op NO _x -emissie	Kosten-besparing op technische NO _x -maatregelen ³	Kosten NO _x -reductie EU-NEC-sectorplafonds ²	Kosten totaal: CO ₂ -reductie en NO _x -reductie
€/ton CO ₂	megaton CO ₂	megaton CO ₂	miljoen Euro/jaar	miljoen Euro/jaar	miljoen Euro/jaar	miljoen kg NO _x	miljoen Euro/jaar	miljoen Euro/jaar	miljoen Euro/jaar
0	0	20	0	200	200	0	0	186	386
9	1	19	4	191	195	1	6	181	376
23	2	18	29	176	204	3	15	172	376
45	5	15	112	151	264	7	30	158	422
91	9	11	395	111	505	12	59	132	637

¹ CO₂-emissiereductie behorend bij gegeven marginale kosten uitgaande van de ECN/RIVM-studie naar de marginale CO₂-reductiekosten voor stationaire bronnen (Ybema et al., 2001) en bijlage B voor wegverkeer.

² Uitgaande van EU-NEC-sectorplafonds en na doorwerking van in kolom 2 gegeven extra CO₂-maatregelen binnenland

³ Technische NO_x-maatregelen gericht op het verminderen van de NO_x-emissie per eenheid energiegebruik o.a. aanpassing branders en motoren en toepassing van nageschakelde technieken zoals SCR en katalysatoren.

5.3 Conclusies

In dit rapport is becijferd wat extra binnenlandse CO₂-maatregelen opleveren qua NO_x-emissiereductie, welke kostenbesparing (in termen van uitgespaarde NO_x-maatregelen) hier tegenover staat en wat dit tenslotte betekent voor de kostenafweging tussen klimaatmaatregelen in binnen- en buitenland.

De analyse is ingestoken vanuit de optiek van het klimaatbeleid. Referentiepunt voor de analyse is het huidige vastgestelde klimaatbeleid waarbij een beoogde hoeveelheid van 20 megaton aan broeikasgasemissie wordt gerealiseerd met maatregelen in het binnenland en waarbij 20 megaton moet worden gerealiseerd in het buitenland (50-50% verdeling). Vervolgens is beoordeeld in hoeverre *aanvullende* binnenlandse klimaatmaatregelen (bovenop de afgesproken 20 megaton aan binnenlandse maatregelen) nog kosteneffectief kunnen zijn als ook rekening wordt gehouden met de synergie met het NO_x-beleid. De doelmatigheid van de huidige beleidskeuze van een 50-50% verdeling is in dit rapport verder niet onderzocht. Uitgaande van de 50-50% verdeling is onderzocht welke profijtelijke binnenlandse klimaatmaatregelen, gelet op NO_x-synergie, nog mogelijk zijn en in welke mate de 50-50% verdeling hierdoor zou verschuiven.

Het synergieeffect is in deze studie onderschat doordat niet gekeken is naar de potentiële synergieeffecten voor de andere luchtverontreinigende stoffen dan NO_x zoals SO₂, NMVOS, fijn stof en roet, en voor de broeikasgasemissies alleen is gekeken naar CO₂.

De analyse leidt tot de volgende conclusies:

- De analyse in dit rapport toont aan dat de kostenbesparing van *aanvullende* binnenlandse klimaatmaatregelen (boven op de geplande 20 megaton) voor het NO_x-emissiebeleid beperkt is en slechts in geringe mate opweegt tegen de snel stijgende kosten voor het klimaatbeleid. *Additionele* binnenlandse klimaatmaatregelen blijven relatief duur ook in het geval er rekening wordt gehouden met de synergie met het NO_x-emissiebeleid. Behoudens een additionele binnenlandse reductie van circa
- 2 Megaton CO₂ is het profijtelijk om de reductie van broeikasgasemissies in het buitenland te realiseren en de nationale NO_x-emissie omlaag te brengen met specifieke op NO_x gerichte technische maatregelen.
- In totaal kan een extra CO₂-reductie in het binnenland tot circa 2 megaton (boven op de geplande 20 megaton) nog aantrekkelijk zijn. Deze extra reductie komt overeen met een 55-45% verdeling tussen binnenlandse en buitenlandse klimaatmaatregelen. Verdergaande reducties boven de 2 megaton CO₂ leiden per saldo tot toenemende kosten. Boven de 4-5 megaton CO₂-reductie stijgen de kosten snel. De 2 megaton CO₂-reductie leidt tot een vermindering van de NO_x-emissie met circa 3,5 miljoen kg.
- De CO₂-reductie van 2 megaton wordt voor resp. 0,6, 0,5 en 0,7 megaton CO₂ verklaard door mobiliteitsmaatregelen bij het wegvrachtvervoer, volumemaatregelen bij het wegpersoneenvervoer en energiebesparingsmaatregelen bij stationaire bronnen. Deze CO₂-reducties gaan gepaard met een NO_x-emissievermindering van resp. 2,7, 0,4 en 0,5 miljoen kg. Gelet op de problemen die Nederland heeft met de realisatie van het EU-NO_x-emissieplafond in 2010 en de EU-grenswaarde voor de NO₂-concentratie in de lucht, is de circa 3 miljoen kg NO_x-reductie bij het wegvrachtvervoer een noemenswaard effect waarmee in een integraal klimaat- en luchtbeleid rekening zou kunnen worden gehouden. De benodigde mobiliteitsreductie

(hogere beladingsgraad) bij het vrachtvervoer kan worden uitgelokt met prijsmaatregelen zoals accijnsverhogingen op diesel en kilometerheffingen. Gegeven reducties komen overeen met een dieselaccijnsverhoging van circa 10 eurocent per liter.

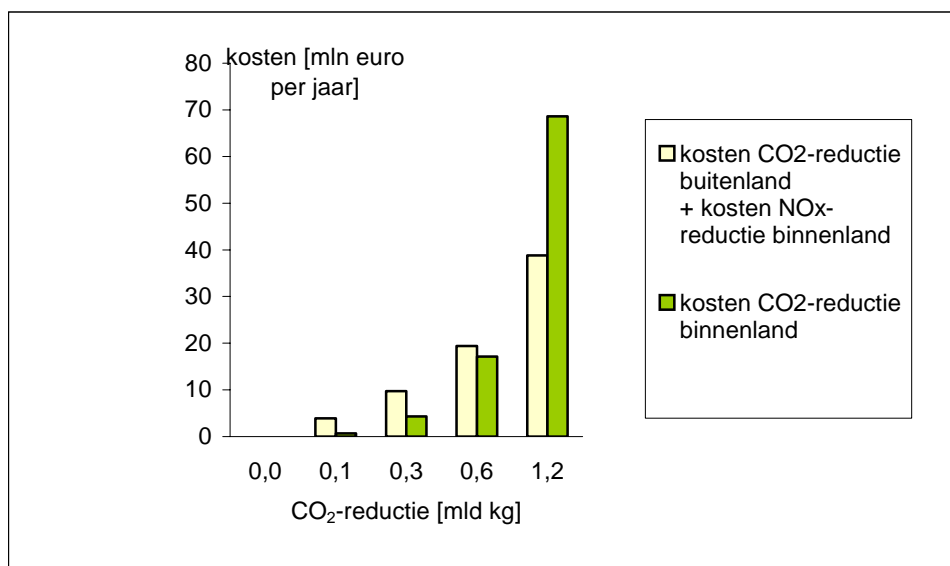
Literatuur

- Beck, J.P., R.J.M. Folkert, W.L.M. Smeets (2004). Beoordeling van de Uitvoeringsnotitie Emissieplafonds verzuring en grootschalige luchtverontreiniging 2003. RIVM-MNP, rapport 773002026, Bilthoven
- Brink, RMM van den, A. Hoen, B. Kampman, R. Kortman, B. Boon (2004) Optiedocument Verkeeremissies; effecten van maatregelen op verzuring en klimaatverandering. RIVM, rapport 773002026, Bilthoven.CE, Delft.
- CPB/RIVM-MNP (2002). Economie, energie en milieu. Een verkenning tot 2010. Centraal Planbureau, Den Haag (Sdu Uitgevers, Den Haag, ISBN: 90 1209 519 0). RIVM-rapport 408129024, Bilthoven.
- Dings, J.M.W., B.A. Leurs, M.J. Blom, S.A. Rienstra, E.H. Buckman, H.W.J. van Haselen, L.M. Bus (1999b): Prijselasticiteiten in het goederenwegvervoer. Centrum voor energiebesparing en schone technologie, Delft. Nederlands Economisch Instituut, Rotterdam.
- Dings, J.M.W. (2003). Notitie over omgang met kosten en kosteneffectiviteit in het kader van het Optiedocument Verkeeremissies. CE, Delft.
- ECN/RIVM (1998). Optiedocument voor emissiereductie van broeikasgassen. Inventarisatie in het kader van de Uitvoeringsnota Klimaatbeleid. ECN (ECN-C--98-082), Petten. RIVM, Bilthoven.
- ECN/RIVM-MNP (2003). Sectorale CO₂-emissies tot 2010. Update referentieraming ten behoeve van besluitvorming over streefwaarden. Energie-onderzoek Centrum Nederland (ECN-C--03-095), Petten. RIVM, Bilthoven.
- ECN (2004). CO₂ options in the sectoral cost curves for CO₂-reduction. Background document to report ECN-C—01-074 (ECN-CX--04-027). Bakker S.J.A. en J.R. Ybema.
- Geurs, K.T. en G.P. van Wee, 1997: Effecten van prijsbeleid op verkeer en vervoer. RIVM, rapport 773002005, Bilthoven
- RIVM-MNP (2004). Milieubalans 2004, RIVM-MNP (ISBN 90-6960-109-5), Bilthoven.
- Smeets, W.L.M., Beck JP, Brandes LJ, Brink RMM van den, Elzenga HE, Eerdts MM van, Hoen A, Janssen PHM, Nijdam DS, Oorschot MMP van, Peek CJ, Schijndel MW van (2004). Actualisatie van de Emissieraming van SO₂, NO_x, NH₃, NMVOS en fijn stof in 2010 - Achtergrondrapport Beoordeling Uitvoeringsnotitie 2003. RIVM-MNP, rapport 773002026/2004, Bilthoven
- VROM (2003). Erop of Eronder. Uitvoeringsnotitie emissieplafonds verzuring en grootschalige luchtverontreiniging. Ministerie van VROM, Den Haag.

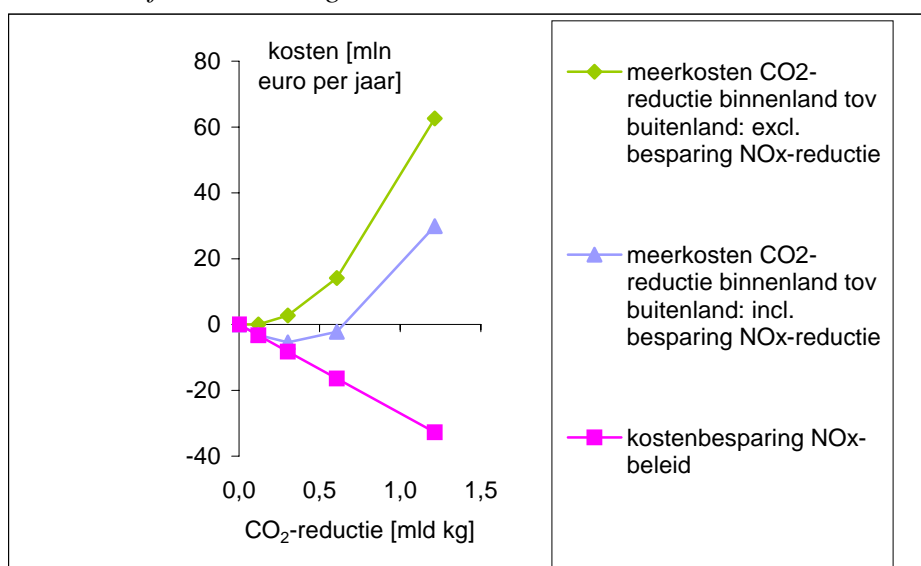
Wijngaart, R. van den, J.R. Ybema (2002). Referentieraming broeikasgassen. Emissieraming voor de periode 2001 – 2010. RIVM, rapport 773001020, Bilthoven.

Ybema et al. (2001). Marginale CO₂-reductiekosten per sector voor de analyse van nationale emissiehandel. Analyse voor de commissie CO₂-handel. Energie-onderzoek Centrum Nederland (ECN-C--01-074), Petten/Bilthoven. RIVM-MNP, Bilthoven.

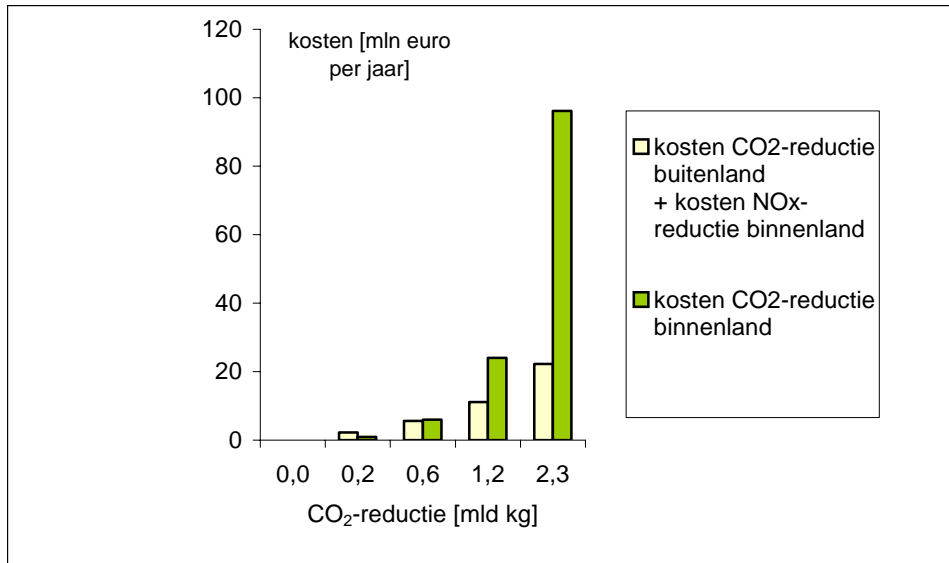
Bijlage A Synergie klimaat- en NO_x-emissiebeleid voor sectorale maatregelen



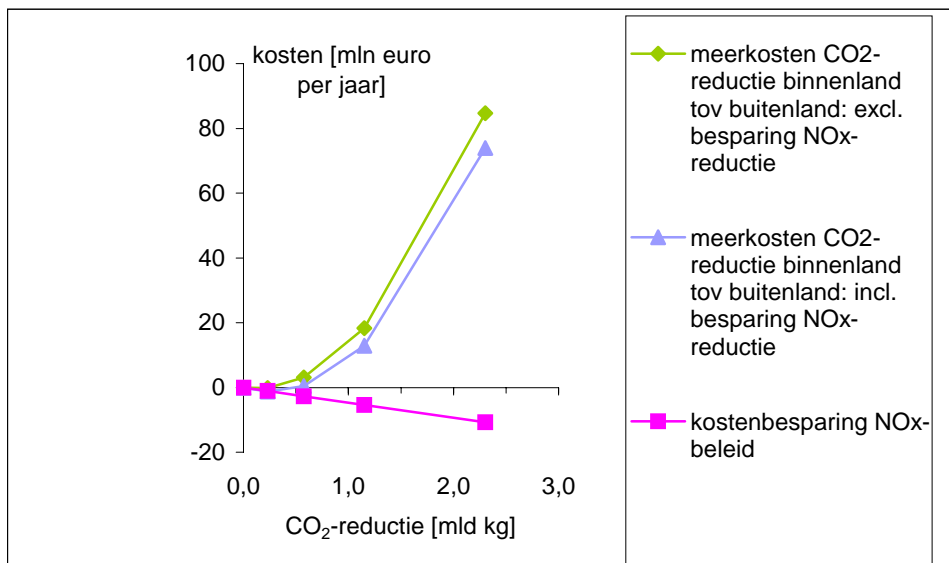
Figuur A1. Kosten van aanvullende binnenlandse CO₂-reductie door mobilitaatsmaatregelen bij het wegvrachtvervoer (met neveneffect voor NO_x van Y miljoen kg) afgezet tegen de kosten van het alternatief: CO₂-reductie buitenland en Y miljoen kg NO_x-reductie met technische NO_x-maatregelen. De veronderstelde kostprijs voor buitenlandse reductie is 5 € per ton CO₂. Emissiereductie en kosten zijn ingeschat tegen een achtergrondbeeld met bestaand beleid d.w.z. de Referentieraming.



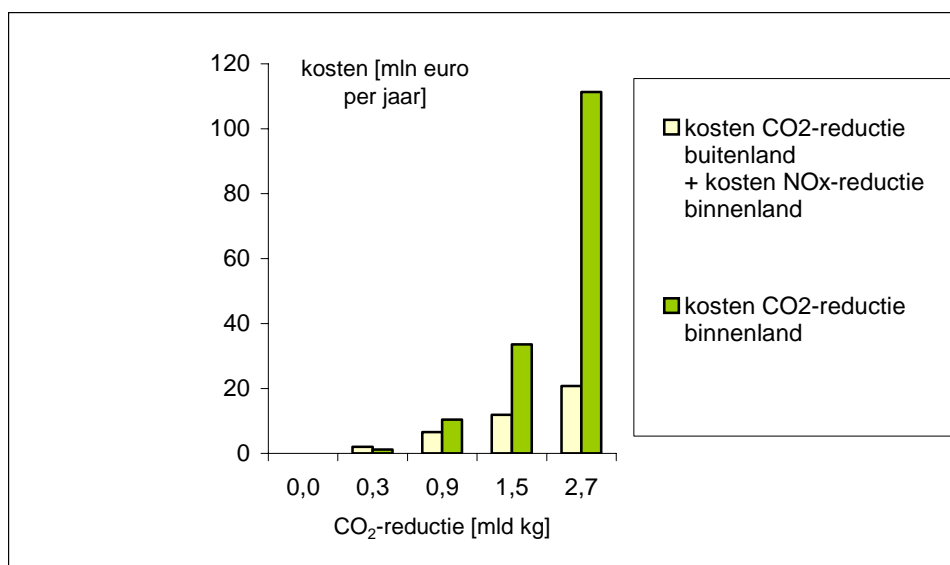
Figuur A2. Meer/minder-kosten binnenlandse CO₂-reductie door mobilitaatsmaatregelen bij het wegvrachtvervoer t.o.v. het alternatief CO₂-reductie buitenland; in het geval wel en niet rekening wordt gehouden met NO_x-synergie. De veronderstelde kostprijs voor buitenlandse reductie is 5 € per ton CO₂. De blauwe lijn geeft de meer/minder-kosten rekening houdend met NO_x-synergie en representeert het verschil tussen de groene en gele balk in figuur A1. De kostenbesparing op technische NO_x-maatregelen komt overeen met het verschil tussen de groene en blauwe lijn en is afzonderlijk gepresenteerd als roze lijn.



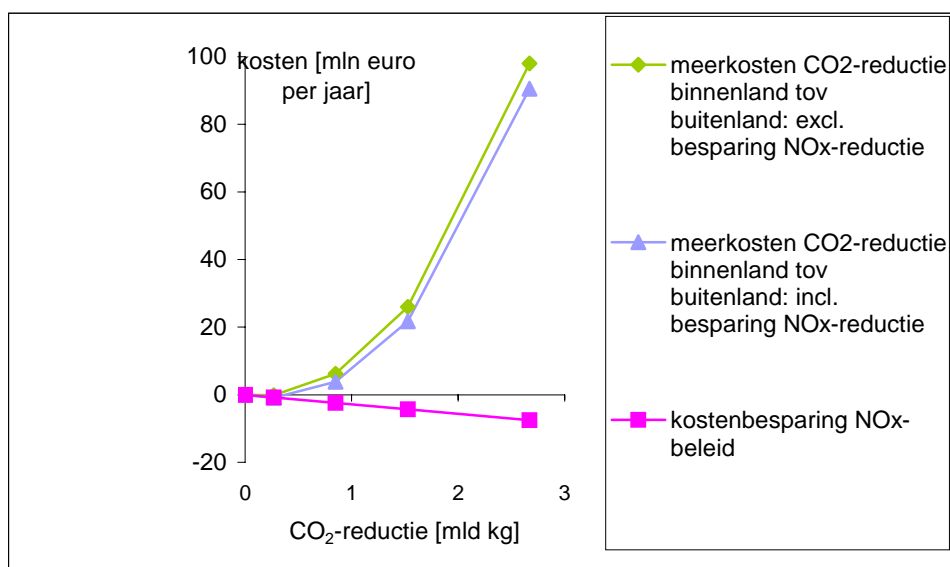
Figuur B1. Kosten van aanvullende binnenlandse CO₂-reductie door mobiliteitsmaatregelen bij het wegpersonenvervoer (met neveneffect voor NO_x van Y miljoen kg) afgezet tegen de kosten van het alternatief: CO₂-reductie buitenland en Y miljoen kg NO_x-reductie met technische NO_x-bestrijdingsmaatregelen. De veronderstelde kostprijs voor buitenlandse reductie is 5 € per ton CO₂. Emissiereductie en kosten zijn ingeschat tegen een achtergrondbeeld met bestaand beleid d.w.z. de Referentieraming.



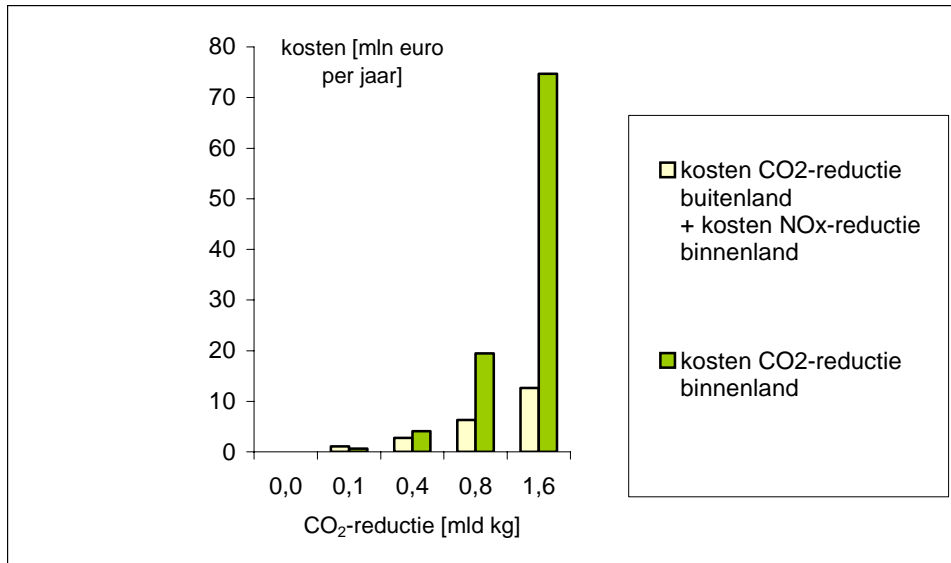
Figuur B2. Meer/minder-kosten binnenlandse CO₂-reductie door mobiliteitsmaatregelen bij het wegpersonenvervoer t.o.v. het alternatief CO₂-reductie buitenland; in het geval wel en niet rekening wordt gehouden met NO_x-synergie. De veronderstelde kostprijs voor buitenlandse reductie is 5 € per ton CO₂. De blauwe lijn geeft de meer/minder-kosten rekening houdend met NO_x-synergie en representeert het verschil tussen de groene en gele balk in figuur B1. De kostenbesparing op technische NO_x-maatregelen komt overeen met het verschil tussen de groene en blauwe lijn en is afzonderlijk gepresenteerd als roze lijn.



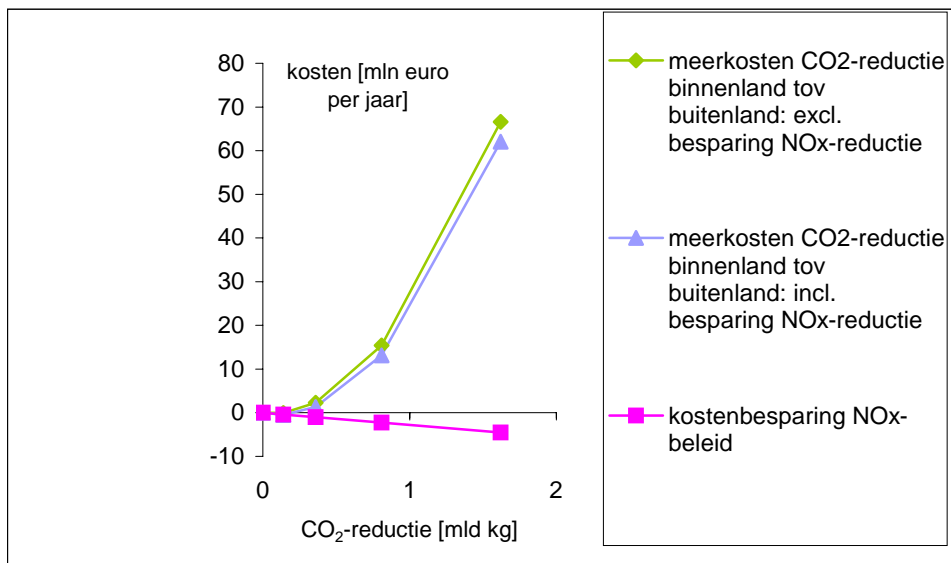
Figuur C1. Kosten van aanvullende binnenlandse CO₂-reductie door energiebesparingsmaatregelen bij HDO/bouw/landbouw/ consumenten (met neveneffect voor NO_x van Y miljoen kg) afgezet tegen de kosten van het alternatief: CO₂-reductie buitenland en Y miljoen kg NO_x-reductie met technische NO_x-maatregelen. De veronderstelde kostprijs voor buitenlandse reductie is 5 €/per ton CO₂. Emissiereductie en kosten zijn ingeschat tegen een achtergrondbeeld met bestaand beleid d.w.z. de Referentieraming.



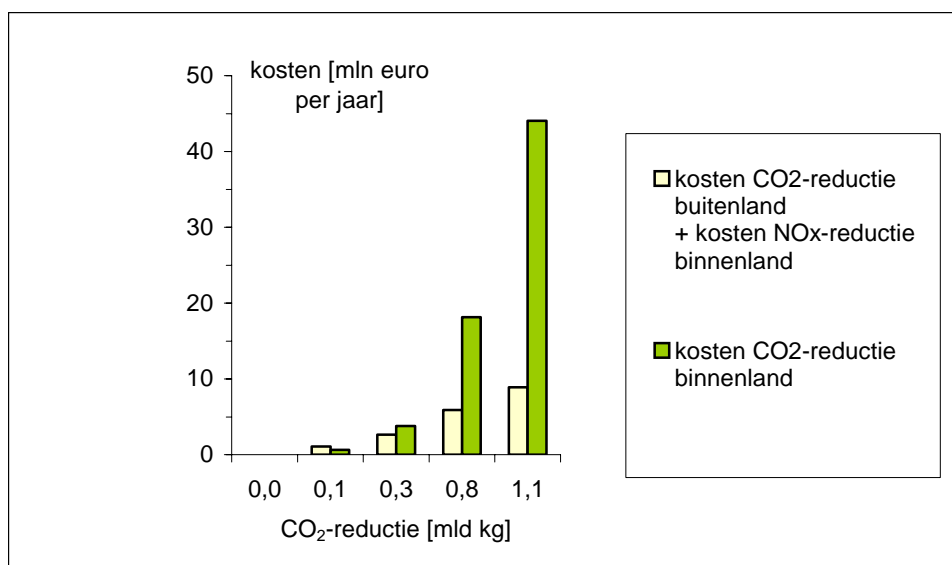
Figuur C2. Meer/minder-kosten binnenlandse CO₂-reductie door energiebesparingsmaatregelen bij HDO/bouw/landbouw/consumenten t.o.v. het alternatief CO₂-reductie buitenland; in het geval wel en niet rekening wordt gehouden met NO_x-synergie. De veronderstelde kostprijs voor buitenlandse reductie is 5 €/per ton CO₂. De blauwe lijn geeft de meer/minder-kosten rekening houdend met NO_x-synergie en representeert het verschil tussen de groene en gele balk in figuur C1. De kostenbesparing op technische NO_x-maatregelen komt overeen met het verschil tussen de groene en blauwe lijn en is afzonderlijk gepresenteerd als roze lijn.



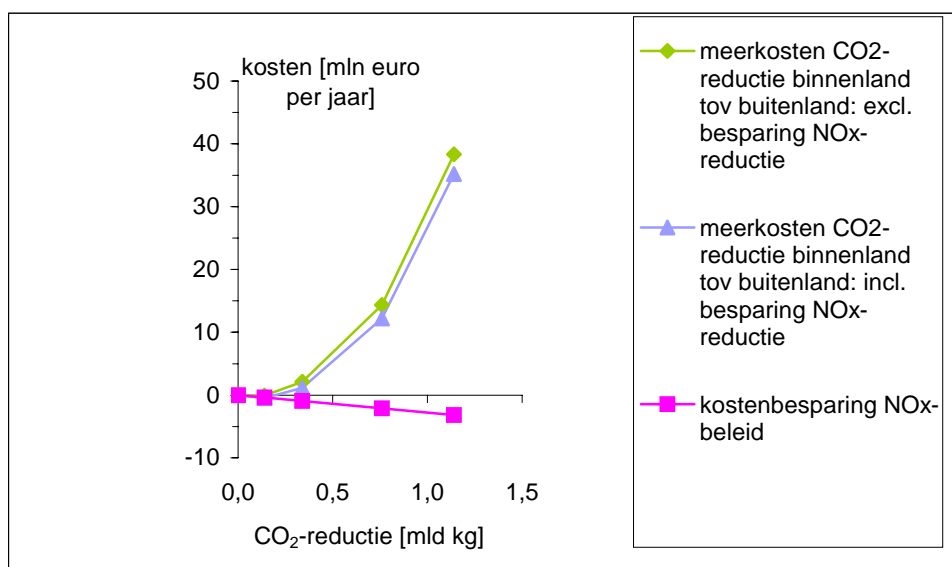
Figuur D1. Kosten van aanvullende binnenlandse CO₂-reductie door toepassing van grootschalige WKK bij de industrie en energiesector (met neveneffect voor NO_x van Y miljoen kg) afgezet tegen de kosten van het alternatief: CO₂-reductie buitenland en Y miljoen kg NO_x-reductie met technische NO_x-maatregelen. De veronderstelde kostprijs voor buitenlandse reductie is 5 €/per ton CO₂. Emissiereductie en kosten zijn ingeschat tegen een achtergrondbeeld met bestaand beleid d.w.z. de Referentieraming.



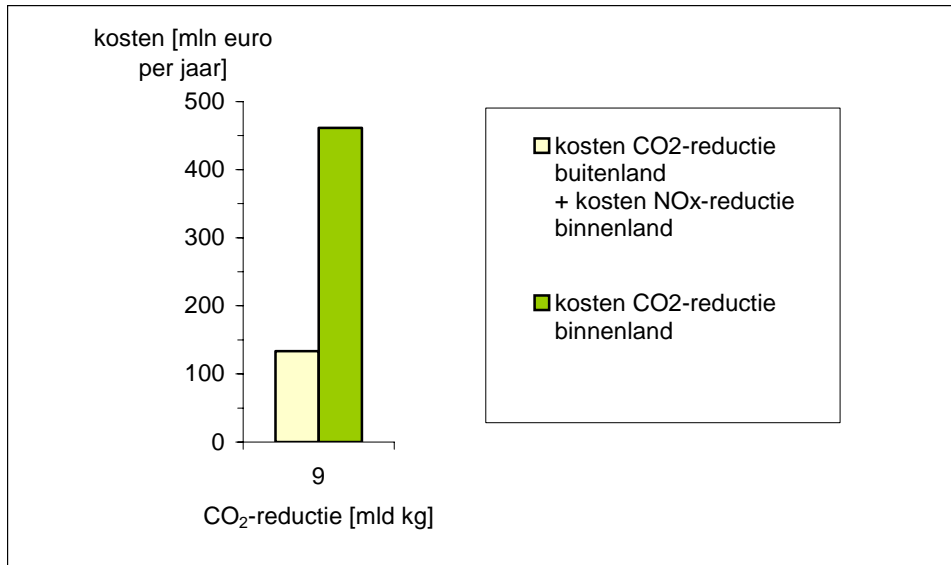
Figuur D2. Meer/minder-kosten binnenlandse CO₂-reductie door toepassing van grootschalige WKK bij de industrie en energiesector t.o.v. het alternatief CO₂-reductie buitenland; in het geval wel en niet rekening wordt gehouden met NO_x-synergie. De veronderstelde kostprijs voor buitenlandse reductie is 5 €/per ton CO₂. De blauwe lijn geeft de meer/minder-kosten rekening houdend met NO_x-synergie en representeert het verschil tussen de groene en gele balk in figuur D1. De kostenbesparing op technische NO_x-maatregelen komt overeen met het verschil tussen de groene en blauwe lijn en is afzonderlijk gepresenteerd als roze lijn.



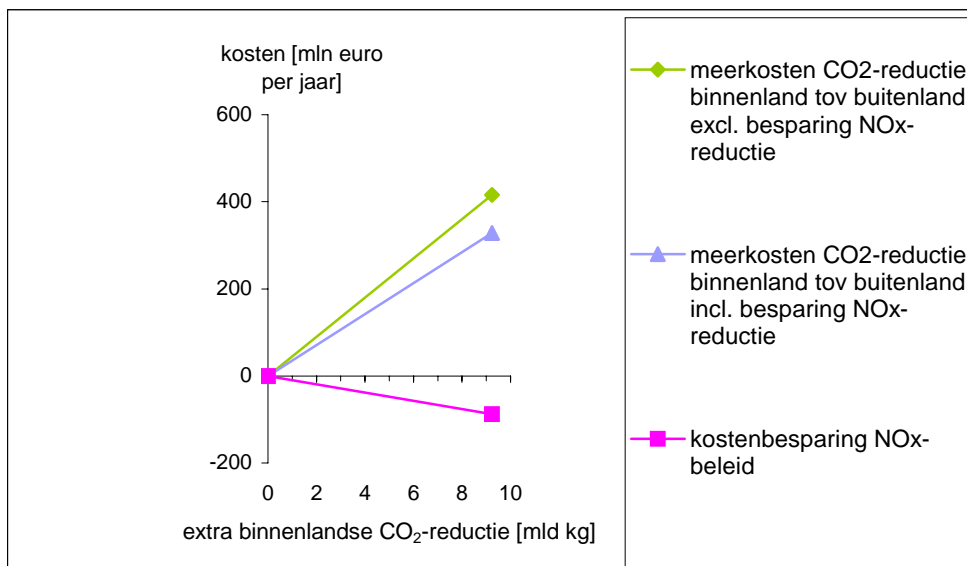
Figuur E1. Kosten van aanvullende binnenlandse CO₂-reductie door overige energiebesparingsmaatregelen bij de industrie (met neveneffect voor NO_x van Y miljoen kg) afgezet tegen de kosten van het alternatief: CO₂-reductie buitenland en Y miljoen kg NO_x-reductie met technische NO_x-maatregelen. De veronderstelde kostprijs voor buitenlandse reductie is 5 € per ton CO₂. Emissiereductie en kosten zijn ingeschat tegen een achtergrondbeeld met bestaand beleid d.w.z. de Referentieraming.



Figuur E2. Meer/minder-kosten binnenlandse CO₂-reductie door overige energiebesparingsmaatregelen bij de industrie t.o.v. het alternatief CO₂-reductie buitenland; in het geval wel en niet rekening wordt gehouden met NO_x-synergie. De veronderstelde kostprijs voor buitenlandse reductie is 5 € per ton CO₂. De blauwe lijn geeft de meer/minder-kosten rekening houdend met NO_x-synergie en representeert het verschil tussen de groene en gele balk in figuur E1. De kostenbesparing op technische NO_x-maatregelen komt overeen met het verschil tussen de groene en blauwe lijn en is afzonderlijk gepresenteerd als roze lijn.



Figuur F1. Kosten van aanvullende binnenlandse CO₂-reductie door omschakeling van kolencentrales naar aardgas (met neveneffect voor NO_x van Y miljoen kg) afgezet tegen de kosten van het alternatief: CO₂-reductie buitenland en Y miljoen kg NO_x-reductie met technische NO_x-maatregelen. De veronderstelde kostprijs voor buitenlandse reductie is 5 € per ton CO₂. Emissiereductie en kosten zijn ingeschat tegen een achtergrondbeeld met bestaand beleid d.w.z. de Referentieraming. De kosten van CO₂-reductie buitenland en NO_x-reductie binnenland betreft een bovenschatting ervan uitgaande dat kolencentrales in 2010 niet zijn uitgerust met SCR.



Figuur F2. Meer/minder-kosten binnenlandse CO₂-reductie door omschakeling van kolencentrales naar aardgas t.o.v. het alternatief CO₂-reductie buitenland; in het geval wel en niet rekening wordt gehouden met NO_x-synergie. De veronderstelde kostprijs voor buitenlandse reductie is 5 € per ton CO₂. De blauwe lijn geeft de meer/minder-kosten rekening houdend met NO_x-synergie en representeert het verschil tussen de groene en gele balk in figuur F1. De kostenbesparing op technische NO_x-maatregelen komt overeen met het verschil tussen de groene en blauwe lijn en is afzonderlijk gepresenteerd als roze lijn.

Bijlage B CO₂-maatregelen wegverkeer en NO_x-synergie

1. Marginale kostencurve CO₂ verkeer

Ten behoeve van de notitie 'Synergie klimaat en NO_x-beleid 2010' (Smeets et al., 2004) is in deze notitie een nieuwe inschatting gedaan voor de kosten van CO₂-maatregelen bij verkeer. De nieuwe inschatting resulteert in een aanpassing van de kostencurven zoals gegeven in de ECN-studie 'Marginale CO₂-reductiekosten per sector voor de analyse van nationale emissiehandel' (Ybema et al., 2001).

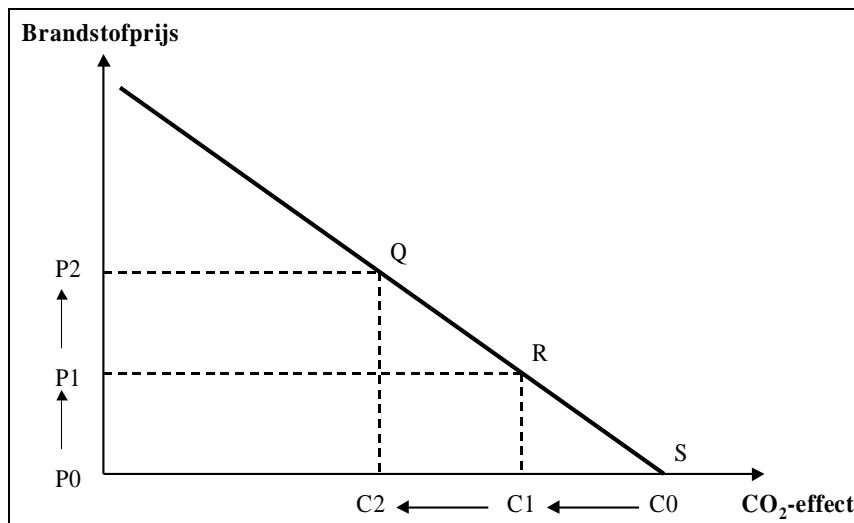
In de ECN/RIVM-studie zijn destijds de marginale kostencurven (kosten per ton CO₂ als functie van aantal megaton CO₂-emissiereductie) bepaald voor vijf sectoren (HDO, landbouw, consumenten, industrie en wegverkeer). Gebleken is dat de veronderstellingen die ten grondslag liggen aan de curve voor wegverkeer verschillen van die van de overige curven. Daarnaast wordt in de curve nog geen rekening gehouden met het welvaartsverlies dat consumenten ondervinden. Figuur S.1. en Figuur 3.1 in het Ybema-rapport geven daarom een verkeerd beeld. Maatregelen bij verkeer lijken ten onrechte erg kosteneffectief ten opzichte van de overige sectoren.

Marginale en gemiddelde kostencurven

Bij de kostencurve voor wegverkeer zijn in de ECN/RIVM-studie de *gemiddelde* kosten van extra CO₂-reducties berekend ten opzichte van de huidige situatie. De punten op de curve geven aan hoeveel Euro per ton CO₂ het kost om X megaton CO₂ te reduceren. Effecten en kosten zijn hierbij bepaald ten opzichte van de huidige heffing op CO₂-niveau (huidige accijnzen en autobelastingen) en de daarbij behorende CO₂-emissie. Kosten van x megaton CO₂-reductie bij wegverkeer kunnen uit Figuur S.1. worden afgeleid door de kosten op de Y-as (Euro per ton) te vermenigvuldigen met de op de X-as gegeven CO₂-emissiereductie.

Bij de kostencurven van de overige sectoren zijn niet de *gemiddelde* kosten gepresenteerd maar zijn kosten ingeschat voor incrementele (stapsgewijze) CO₂-reducties. De kosten van X megaton CO₂-reductie komen in deze curven overeen met het oppervlak onder de curve. Feitelijk geeft de curve een beeld van de kosteneffectiviteit en bijbehorende emissiereducties van afzonderlijke CO₂-maatregelen. In deze aanpak wordt dus de kosteneffectiviteit van een iets goedkopere maatregel genegeerd bij het berekenen van de incrementele kosteneffectiviteit. Het verschil is duidelijk gemaakt aan de hand van Figuur B1.

De kosten van een brandstofprijshoogte van P_0 naar P_1 wordt in de figuur gegeven door het oppervlak van de driehoek C_1RS en levert een CO₂-effect op van $C_1 - C_0$. De bijbehorende kosteneffectiviteit wordt gegeven door het quotiënt van de kosten en het CO₂-effect, in dit geval dus $0,5 \cdot (C_1 - C_0) \cdot (P_1 - P_0) / (C_1 - C_0)$. De kosten van een brandstofprijshoogte naar P_2 kan nu op 2 manieren worden berekend, nl. t.o.v. het startpunt C_0 (goedkopere reducties worden ook meegenomen) of t.o.v. het punt C_1 (goedkopere reducties worden niet meegenomen). In beide berekeningen dient de brandstofprijs P_0 als referentie. In het eerste geval zijn de kosten gelijk aan de oppervlakte van de driehoek C_2QS , en het effect is $C_2 - C_0$. In het tweede geval zijn de kosten gelijk aan het oppervlak van de polygoon C_2QRC_1 en is het bijbehorende CO₂-effect gelijk aan $C_2 - C_1$. De kosteneffectiviteiten van beide methoden zijn verschillend. In het eerste geval is deze gelijk aan $0,5 \cdot (C_2 - C_0) \cdot (P_2 - P_0) / (C_2 - C_0)$. In het tweede geval is de kosteneffectiviteit gelijk aan $1,5 \cdot (C_2 - C_1) \cdot (P_2 - P_1) / (C_2 - C_1)$.



Figuur B1. Vereenvoudigde vraagfunctie naar brandstof

De eerste methode is gebruikt bij de 'oude' berekening van de curve voor verkeer en geeft de *gemiddelde kosteneffectiviteit* weer. De tweede methode geeft de *marginale kosteneffectiviteit* en is gebruikt bij de overige kostencurven.

Toepassing van de methode voor de berekening van de marginale kosteneffectiviteit heeft tot gevolg dat de hellingshoek van de nieuwe curve twee keer zo groot wordt, en veel dichter in de buurt komt te liggen van de curven van de andere sectoren zoals weergegeven in figuur 3.1 van de ECN-studie. Figuur B2 laat de aangepaste curve zien.

De 'oude' kosteneffectiviteitscurve voor verkeer (die de kosten voor personen- en vrachtverkeer combineert) is ook weergegeven om het verschil aan te duiden.

Aangezien de brandstofprijselasticiteiten van personenverkeer en vrachtverkeer verschillen is het correcter voor beide categorieën wegverkeer een afzonderlijke marginale kostencurve te bepalen. Dit is hier gedaan.

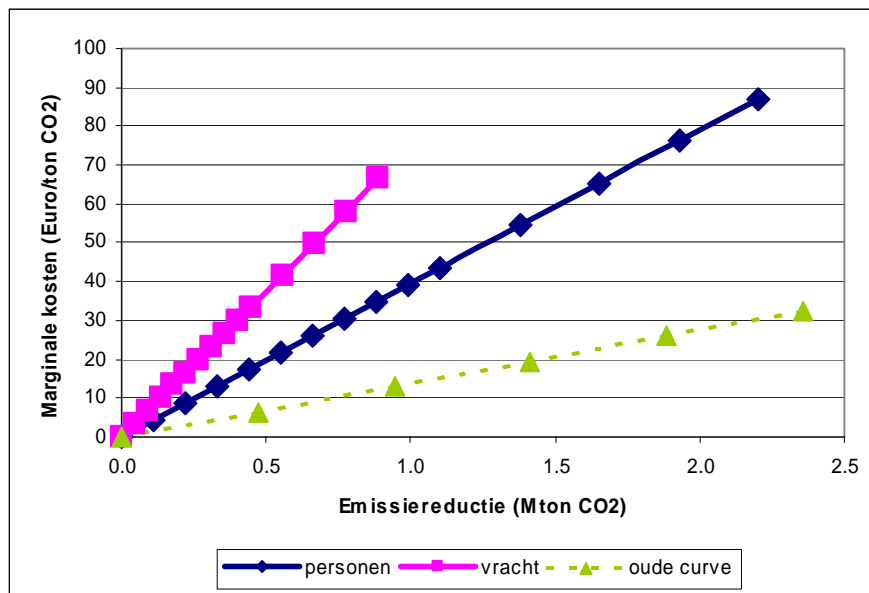
Welvaartverlies

Er is nu in tegenstelling tot bij de 'oude' curve bovendien ook rekening gehouden met macro-economische kosten. Dat wil zeggen dat er bij de kostenberekening rekening is gehouden met welvaartsverlies dat consumenten ondervinden als gevolg van de brandstofprijsstijging (zie paragraaf 3). Dit effect komt boven op de verdubbeling van de hellingshoek die hierboven al was beschreven.

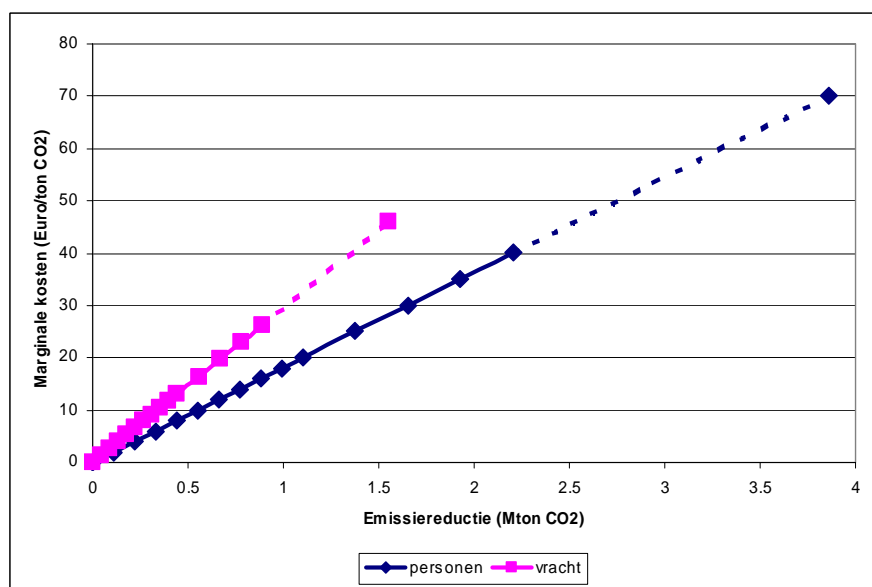
Figuur B2 geeft de nieuwe curve volgens marginale kosten. Deze worden vergeleken met de kostencurven van de andere sectoren zoals gegeven in de ECN/RIVM-studie. Figuur B3 geeft de *gemiddelde kostencurve* volgens de 'oude' methodiek waarbij de curve nu ook is opgesplitst in personen- en vrachtverkeer. Aangezien de gebruikte prijselasticiteiten bij prijsstijgingen van meer dan 20% onbetrouwbaar worden is een gedeelte van de curve in Figuur B3 gearceerd weergegeven.

De marginale kosten zoals hiervoor berekend heeft betrekking op de kosten van de concreet te nemen *maatregelen* (of gedragsveranderingen) door weggebruikers, en de hierdoor gestimuleerde energiebesparing en CO₂-reductie; niet op de totale verhoging van de lasten voor de doelgroep ten gevolge van een beleidsinstrument zoals accijnsverhoging. Deze

lastenverhoging voor de doelgroep is fors hoger dan de kosten van de uitgelokte maatregelen. De betaalde accijnsverhoging kan door de overheid echter gedeeltelijk of geheel door de overheid worden teruggesluisd waardoor de lastenverhoging (overall over de doelgroep) lager zal worden.



Figuur B2. Marginale kosten van een CO₂-heffing op brandstof bij wegverkeer.



Figuur B3. Gemiddelde kosten van een CO₂-heffing op brandstof bij wegverkeer. Verondersteld is dat bij prijsstijgingen groter dan 20% de prijselasticiteiten die ten grondslag liggen aan de curve onbetrouwbaar worden. Dit gedeelte van de curve is daarom gearceerd weergegeven. De grens van 20% is tamelijk arbitrair gekozen.

2. NO_x-synergie

Voor de sector verkeer geldt dat een vermindering van het brandstofverbruik met CO₂-reductie als gevolg niet automatisch hoeft te leiden tot NO_x-emissiereductie. Hiervoor zijn onder meer de volgende redenen aan te wijzen:

1. CO₂-reductie kan worden bereikt door de aanschaf van zuiniger auto's te stimuleren (bijvoorbeeld door de brandstofaccijns te verhogen). Er is echter geen verband tussen het gewicht en motorvermogen van een personenauto en de NO_x-emissiefactor. Dat wil zeggen dat een zware personenauto evenveel NO_x per gereden kilometer uitstoot als een veel lichtere personenauto. Derhalve blijven NO_x-emissies gelijk bij lagere CO₂-emissies;
2. Door hogere brandstofkosten kan er 'modal shift' optreden naar vervoerwijzen die minder brandstof per tonkilometer kosten. Andere modaliteiten (binnenvaart, rail) zijn (uitgedrukt in NO_x-emissies per tonkilometer) waar het gaat om containervervoer over het algemeen niet schoner dan het wegvervoer. Het lagere brandstofgebruik (en de daaraan gekoppelde CO₂-reductie) leidt door de hogere NO_x-emissiefactoren van andere modaliteiten per saldo niet tot een vermindering van NO_x-emissies.
3. Brandstofbesparing (en CO₂-emissiereductie) treedt op indien het aandeel dieselauto's in het voertuigenpark stijgt. De NO_x-emissiefactor van dieselauto's is circa 10 keer hoger dan die van benzine- en LPG-auto's. Derhalve nemen de NO_x-emissies toe bij een brandstofmixverschuiving naar diesel, terwijl CO₂-emissies afnemen.

Concluderend kan worden gesteld dat er bij de sector verkeer geen rechtstreeks verband is tussen CO₂-reductie en NO_x-reductie. Alleen indien het aantal gereden kilometers (mobiliteit) van wegvoertuigen daalt door een CO₂-maatregel, en er *geen* brandstofmixverschuivingen optreden, is er sprake van NO_x-synergie. Met prijsmaatregelen (bijvoorbeeld accijnsverhogingen) kan de verkeersmobiliteit worden beïnvloed.

NO_x-synergie bij personenvervoer

Aangenomen wordt dat de brandstofprijshoging bij particulieren (met als gevolg CO₂-reductie en brandstofbesparing) voor de *helpt* verklaard wordt door het gebruik van zuinige auto's en voor de andere *helpt* door het aantal gereden kilometers. De oorzaak hiervan is dat mensen eerder proberen voor dezelfde hoeveelheid geld evenveel kilometers af te leggen dan dat ze kosten proberen te besparen door minder kilometers te gaan rijden. Dat betekent dat particulieren overgaan op de aanschaf van zuiniger vervoermiddelen, of een andere (minder sportieve) manier van rijden. Omdat niet de volledige kostenverhoging met zuiniger vervoermiddelen kan worden bereikt zal er door brandstofprijshoging ook een reductie van het aantal gereden kilometers zijn. Door een brandstofprijsstijging zal het aantal gereden kilometers door personenauto's dus dalen. *Aangenomen dat de verhouding tussen benzine, diesel en LPG-personenauto's gelijk blijft zal er NO_x-synergie optreden.*

Een prijsstijging van 10% (vergelijkbaar met het 'kwartje van Kok') zal het aantal personenautokilometers met circa 2% doen dalen. Bij een parkemissiefactor van personenauto's van 0,61 gram per kilometer voor 2003 (CBS, 2003) zou de NO_x-emissiereductie dan circa 1,2 miljoen kg bedragen. De *marginale kosteneffectiviteit* (dat wil zeggen zonder rekening te houden met de kosten van maatregelen die nu al worden genomen) van deze maatregel bedraagt circa €20 per ton CO₂.

NO_x-synergie bij vrachtverkeer

Brandstofprijshoging bij het vrachtverkeer kan ook effect hebben op het aantal gereden kilometers. Vervoerders kunnen door de hogere transportkosten besluiten hun distributie te optimaliseren bijvoorbeeld door met grotere en zwaardere vrachtwagens te gaan rijden of

meer of minder opslagdepots te gebruiken. Aangezien praktisch al het vrachtverkeer diesel als brandstof gebruikt zal een reductie van het aantal kilometers automatisch leiden tot een daling van de NO_x-emissies. Hier treedt dus wel direct NO_x-synergie op bij CO₂-reductie. Aangenomen wordt dat brandstofprijshoging bij het vrachtverkeer (met als gevolg CO₂-reductie en brandstofbesparing) volledig verklaard wordt door aantal gereden kilometers. Indien de brandstofprijs van diesel met 10% zou stijgen dan zou dit leiden tot een reductie van 1,5% in tonkilometers. Indien wordt verondersteld dat vervoerders niet minder goederen gaan vervoeren maar hun volledige kostenbesparing halen uit het rijden van minder kilometers (door bijv. met grotere vrachtwagens te gaan rijden) dan is het effect op circa 0,45 megaton CO₂ en 2,2 miljoen kg NO_x (= 0,45 * 4,9 zie tabel 3a). De *marginale kosteneffectiviteit* (d.w.z. zonder rekening te houden met de kosten van maatregelen die nu al worden genomen) van deze maatregel bedraagt ca. €13 per ton CO₂.

3. Kostenberekening economische instrumenten

Over kostenberekeningen en verkeersmaatregelen valt veel te zeggen. Het lijkt zo eenvoudig: de overheid stelt een optie voor om bijvoorbeeld CO₂-emissie te reduceren bij personenauto's. Dat 'kost geld'. Dat geldbedrag wordt in kaart gebracht, gedeeld door de geschatte CO₂-emissiereductie en dit geeft de kosteneffectiviteit van de optie.

Bovenstaande benadering gaat goed bij nieuwe schone/zuinige technieken gerichte maatregelen: de meerkosten van een dergelijke techniek (bijvoorbeeld een hybride auto) is vaak bekend. Dit bedrag, meestal een investering, kan eenvoudig worden omgerekend naar jaarlijkse kosten voor de toekomst, conform de Methodiek Milieukosten. Tot zover geen problemen: bij technische opties kan de methodiek milieukosten worden gevolgd. Bij economische instrumenten wordt de kostenberekening ingewikkelder. Hierbij is discussie mogelijk over de vraag wat nu de maatschappelijke kosten zijn van economische instrumenten in verkeer.

In het ECN/RIVM-optiedocument (ECN/RIVM, 1998) is destijds de 'Methodiek Milieukosten' als uitgangspunt voor kostenberekeningen genomen. Bij de 'nationale kosten' zijn alleen de kosten in 'enge' zin beschouwd en is niet geredeneerd vanuit een brede welvaartstheorie waarbij 'verlies aan mobiliteit', 'comfortverlies' en dergelijke als kostenpost van een economisch instrument, bijvoorbeeld een accijnsverhoging, worden meegenomen. Alleen de invloeden van een economisch instrument op technische aspecten zijn als kosten (of baten) meegenomen: dit betekent in feite dat bij economische instrumenten in het oude optiedocument de kostenbaten berekening beperkt is gebleven tot brandstofbesparing (of -toename eventueel). Hierdoor geeft het ECN/RIVM-optiedocument een negatieve kosteneffectiviteit bij de economische instrumenten bij verkeer. Oftewel, CO₂-emissiereductie door een accijnsverhoging levert de maatschappij *en* de eindverbruiker geld op. De overheid ontvangt namelijk meer accijnsopbrengsten die via de algemene middelen weer ten gunste komen van de maatschappij in de vorm van bijvoorbeeld belastingverlaging, betere gezondheidszorg, etc. De eindverbruiker koopt door de accijnsverhoging minder brandstof waardoor hij ook minder kosten maakt. Deze denktrend volgend zou de automobilist erg blij zijn met accijnsverhogingen omdat hij daardoor zijn auto minder kan gebruiken wat hem flinke kostenbesparingen oplevert. Vanuit dit kostenooptpunt zou hij zelfs de auto helemaal niet meer moeten gebruiken.

Deze veronderstelling is uiteraard niet realistisch. In werkelijkheid vindt een automobilist het heel vervelend als de brandstofprijs wordt verhoogd. Dit komt omdat hij hierdoor beperkt wordt in zijn vrijheid om te kiezen voor mobiliteit. Automobilisten die niet *meer* willen

betalen voor autorijden zullen *of* een zuiniger auto moeten kopen (waardoor ze minder aan brandstof hoeven uit te geven), *of* minder kilometers moeten gaan rijden. Het overstappen naar een zuiniger en minder krachtige auto zal door de automobilist als comfortverlies worden gezien. Hij voelt zich mogelijk minder veilig of kan minder sportief rijden dan hij zou willen.

Het alternatief, minder kilometers rijden, zal betekenen dat wordt afgezien van bepaalde ritten zoals bijvoorbeeld een bezoek naar familie, of het doen van boodschappen met de auto om tijd te besparen. Zowel het genoeg moeten nemen met een auto die minder comfort biedt, als het minder rijden van kilometers en het daardoor moeten afzien van bepaalde activiteiten moeten in economische termen als welvaartsverlies worden gezien, en dus als maatschappelijke kosten worden meegenomen in de kostenberekening. Deze kosten worden met behulp van brandstofprijselasticiteiten gekwantificeerd conform de beschreven aanpak voor marginale kosten.

De negatieve kosteneffectiviteiten in het ECN/RIVM-optiedocument hebben destijds tot kritiek geleid van economen. Het MNP heeft deze kritiek ter harte genomen en gaat sindsdien in haar effectberekeningen uit van een brede welvaartsbenadering in de kostenberekeningen. Dit levert meer relevante beleidsinformatie op over de maatschappelijke kosten (en eventueel ook baten) van opties. Deze kostenbenadering is een aantal keren met VROM gecommuniceerd en onder meer toegepast in het Optiedocument Verkeersemissies (Van den Brink et al., 2004). Er is door VROM geen bezwaar tegen de methode gemaakt.

Bijlage C Kostenschatting klimaat- en NO_x-emissiebeleid in 2010

Kosten van nog nader in te vullen klimaatmaatregelen in 2010 zijn berekend tegen het achtergrondbeeld van de Referentieraming voor broeikasgasemissies. Deze raming toont aan dat (mits de aangekondigde emissiereductie van lachgas in de chemische industrie wordt doorgevoerd) met het vastgestelde beleid de binnenlandse Kyoto-doelstelling voor broeikasgasreductie in 2010 waarschijnlijk wordt gehaald. Kosten van deze reeds vastgestelde binnenlandse emissiereducties zijn niet meegenomen in de kostenberekening. Daarentegen zijn de kosten van aangekondigde emissiereducties in het buitenland wel in beschouwing genomen. Het gaat hierbij in totaal om een buitenlandse reductie van 20 megaton CO₂-equivalenten.

Kosten van extra NO_x-maatregelen zijn opgesteld tegen de achtergrond van de NO_x-emissieprognose gepresenteerd in de kabinetsnotitie 'Erop of Eronder' van december 2003. Ook voor NO_x-maatregelen geldt dat de kosten van reeds vastgestelde NO_x-emissiereducties niet zijn meegenomen in de kostenberekening. De kostenberekening behandelt alleen de kosten van extra maatregelen. In de berekening wordt uitgegaan van een beleidsopgave circa 41 miljoen kg NO_x. Deze beleidsopgave is afgeleid uitgaande van de door het kabinet per sector vastgestelde EU-plafonds (VROM, 2003).

Om het speelveld in kaart te brengen zijn 4 alternatieve opties uitgewerkt voor de invulling van de voorgenomen 20 megaton emissiereductie in het buitenland (zie tabel 1 hoofdstuk 2). De gegeven binnenlandse emissiereductieniveaus van circa 1, 2,5, 5 en 9 megaton CO₂ omvatten klimaatmaatregelen met een marginale kostprijs oplopend tot €9, 23, 45 en 91 per ton CO₂. Voor de 4 opties zijn afzonderlijk de kosten voor realisatie van de Kyotodoelstelling (kosten klimaatbeleid) en voor de EU-sectorplafonds (kosten NO_x-emissiebeleid) becijferd.

De kostenberekening is uitgevoerd op het niveau van sectoren. Kosten van CO₂-emissiereducties en NO_x-kostenbesparingen zijn berekend per sector, en vervolgens opgeteld teneinde één totaal beeld te krijgen. De NO_x-kostenbesparing is berekend op basis van sectorspecifieke kentallen. Deze zijn gepresenteerd in tabel 3 (paragraaf 4.2.).

Voor de beleidsoptie omschakeling van kolencentrales naar aardgas is een aparte berekening uitgevoerd (zie resultaten en conclusies). Het gaat hier om een concreet aanwijsbare optie die wel of niet duurder of goedkoper is dan aankoop in het buitenland. Deze optie is verder niet in beschouwing genomen bij de afleiding van kosten.

Kosten klimaatbeleid

- Kosten binnenlandse CO₂-reducties
Kosten van *extra* binnenlandse CO₂-reducties (X megaton) zijn afgeleid uitgaande van beschikbare marginale kostencurven zoals gepresenteerd in Figuur 1 – paragraaf 4.2. Voor stationaire bronnen is gebruik gemaakt van de door ECN en RIVM in 2001 opgestelde marginale kostencurven (Ybema et al., 2001; ECN, 2004). Deze kostencurven zijn destijds opgesteld in opdracht van de Commissie CO₂-handel (Ybema et al., 2001). Voor het wegpersonenvervoer en voor het wegvrachtvervoer zijn nieuwe curven opgesteld welke nader worden toegelicht in bijlage B. Kosten zijn ingeschat volgens de

eindverbruikersbenadering. Kosten van X megaton CO₂-reductie komen overeen met het oppervlak onder de marginale kostencurve.

- Kosten buitenlandse CO₂-reducties
Kosten voor de aankoop van emissierechten in het buitenland zijn berekend voor een kostprijs van 5 en 10 €per ton CO₂.

Kosten NO_x-emissiebeleid

- Kosten NO_x-reducties
 1. Allereerst is het neveneffect van een extra binnenlandse CO₂-reductie op de NO_x-emissie bepaald. De neveneffecten zijn per sector uitgewerkt. Kolom 2 in tabel 3a (paragraaf 4.2.) geeft aan wat één ton aan *extra* binnenlandse CO₂-reductie in het jaar 2010 oplevert aan kilogrammen NO_x-reductie. De kentallen lopen uiteen van 4,9 voor mobiliteitsmaatregelen bij het wegvrachtvervoer tot 0,7 voor energiebesparingsmaatregelen bij stationaire bronnen. Kentallen voor stationaire bronnen zijn afgeleid aan de hand van de verhouding tussen de verwachte NO_x- en CO₂-emissie in 2010 bij vastgesteld beleid (Smeets et al. 2004, RIVM-MNP 2004). Kentallen voor verkeersmaatregelen worden toegelicht in bijlage B.
 2. Vervolgens zijn deze NO_x-neveneffecten in mindering gebracht op de NO_x-sector-beleidsopgaven voor het jaar 2010 zoals vermeld in tabel 2 (hoofdstuk 3).
 3. Tenslotte zijn de kosten voor NO_x-beleid berekend door de aldus aangepaste NO_x-beleidsopgave per sector te vermenigvuldigen met de marginale kostencijfers voor NO_x-reductie vermeld in tabel 3b (paragraaf 4.2.). Kostencijfers voor technische NO_x-maatregelen zijn gebaseerd op de studie van het RIVM naar mogelijke opties voor verdergaande reductie van verkeersemisies (Van den Brink et al., 2004) en op de door het RIVM in 2004 gepubliceerde beoordeling van de uitvoeringsnotitie EU-NEC-emissieplafonds (Beck et al., 2004).