

**CO₂-REDUCTIE IN VERKEER:
TEAMSPORT VOOR VERSCHILLENDE DISCIPLINES**

Richard Smokers, Karen Rensma en Bettina Kampman

CE, Oude Delft 180, 2611 HH Delft

smokers@ce.nl, rensma@ce.nl, kampman@ce.nl

Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 2006,

23 en 24 november 2006, Amsterdam

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
1. Inleiding.....	4
2. Bestaand beleid.....	5
3. Overzicht van mogelijke maatregelen	6
4. Technische maatregelen in het wegverkeer.....	7
4.1 Personenauto's.....	7
4.2 Vrachtwagens en bussen.....	8
4.3 Brandstoffen	9
4.4 Lange-termijn opties.....	10
5. Niet-technische maatregelen in het wegverkeer.....	11
5.1 Energiebewust aankoopgedrag en voertuiggebruik.....	11
5.2 Het nieuwe rijden.....	11
5.3 Verkeersmaatregelen	12
6. Maatregelen in andere verkeerssectoren	13
6.1 Luchtvaart.....	13
6.2 Spoor.....	14
6.3 Scheepvaart.....	14
7. Beleidsmaatregelen.....	15
7.1 Normstelling op het niveau van voertuigen.....	15
7.2 Specifiek biobrandstoffenbeleid	16
7.3 Volumebeleid.....	16
7.4 Prijsbeleid	16
7.5 Emissiehandel	17
7.6 Labelling.....	19
7.7 Overige maatregelen.....	19
8 Conclusie	20
Referenties	20

Samenvatting

CO₂-reductie in verkeer: teamsport voor verschillende disciplines

Dit artikel schetst een overzicht van technische en niet-technische maatregelen die op dit moment in beeld zijn voor reductie van de CO₂-emissie door verkeer en bediscussieert beleidsmaatregelen die kunnen worden ingezet om de verschillende betrokken actoren te stimuleren om hun bijdrage te leveren.

Zuinige voertuigen en CO₂-arme of CO₂-neutrale brandstoffen zijn belangrijke technische ingrediënten van de transitie naar duurzaam transport. De CO₂-emissie van de verkeerssector kan ook worden verlaagd door “zachte”, niet-technische maatregelen zoals een energiezuinige rijstijl en optimalisatie van de verkeersdoorstroming. Maar deze maatregelen zijn niet voldoende: omdat mobiliteit de komende decennia nog sterk zal groeien, lijkt naast CO₂-reductiemaatregelen op voertuigniveau ook economisch beleid voor beheersing van de mobiliteitsgroei onvermijdelijk.

De vermijdingskosten van technische maatregelen in de sfeer van verbetering van het voertuigrendement of de toepassing van alternatieve (bio)brandstoffen zijn bij de huidige stand van techniek relatief hoog. Niet-technische maatregelen op het gebied van rijstijl en verkeersdynamiek hebben weliswaar een beperkter reductiepotentieel, maar lagere of soms zelfs negatieve vermijdingskosten. Een belangrijk probleem bij beleid m.b.t. “zachte”, niet-technische maatregelen is de mate waarin de effectiviteit kan worden gemeten.

Belangrijke beleidsinstrumenten zijn normstelling op voertuigniveau, prijsbeleid, emissiehandel en voorlichting. Prijsbeleid kan budgetneutraal worden ingezet voor stimulering van zuiniger aankoop- en rijgedrag, maar kan ook gebruikt worden voor beheersing van volumegroei.

Emissiehandel in de transportsector kan worden gerealiseerd door opname in het Europese Emission Trading System (EU ETS) of door een gesloten systeem los van het ETS. De hoge vermijdingskosten voor technische maatregelen zullen maken dat opname in het ETS vooral leidt tot CO₂-reducties buiten de transportsector. Op deze wijze draagt de gerealiseerde CO₂-reductie echter niet direct bij tot de vermindering van de afhankelijkheid van geïmporteerde olie. De resulterende verdiscontering van de prijs van emissierechten in de voertuig- of brandstofkosten stimuleert echter wel de aanschaf van zuinige voertuigen, het spaarzamer gebruik ervan en energiezuinig rijgedrag. Een gesloten handelssysteem voor fossiele emissierechten zou bijvoorbeeld via de brandstofproducenten kunnen worden opgezet. Normstelling op voertuigniveau kan ook worden aangevuld met een gesloten emissiehandelssysteem voor voertuigfabrikanten.

Er bestaat geen blauwdruk voor het realiseren van de lange-termijn duurzaamheidsdoelen. Transitiebeleid wordt geformuleerd om samen met de markt te zoeken naar kosteneffectieve wegen naar een duurzame toekomst. Zowel korte- als lange-termijn doelen kunnen alleen gehaald worden door effectieve combinaties van verschillende typen maatregelen die inspanningen vergen van alle bij personen- en goederenvervoer betrokken actoren. Overheid, autoindustrie, brandstofproducenten en gebruikers hebben ieder een rol bij de implementatie van deze maatregelen. Teamwerk is vereist.

1. Inleiding

In veel sectoren zijn de afgelopen decennia successen geboekt bij het reduceren van de emissies van CO₂ en andere broeikasgassen. Dit geldt echter niet voor de transportsector. De CO₂-emissie van de verkeersector (excl. luchtvaart en internationale zeescheepvaart) bedraagt met 37,5 Mton/jaar in 2005 ruim 19% van de nationale uitstoot in Nederland. Dit aandeel zal groeien als gevolg van reducties in andere sectoren en groei van de mobiliteit (m.n. goederenvervoer). Ondanks het feit dat personenauto's per gereden kilometer significant zuiniger zijn geworden en brandstofbesparing uit kosten oogpunt traditioneel veel aandacht krijgt in het goederenvervoer is sinds 1990 de CO₂-uitstoot van verkeer met 20% toegenomen. Als het gaat om technische en beleidsmaatregelen voor CO₂-reductie is het belangrijk om onderscheid te maken tussen korte- en lange-termijn doelstellingen. Korte-termijn doelstellingen zoals de Kyoto-afspraken (5,2% reductie t.o.v. 1990 niveau in 2008/12 voor EU en 6% voor Nederland) en nationale doelstellingen zijn bindend vastgelegd en moeten worden gehaald met middelen die nu of op korte termijn toepasbaar zijn. Lange-termijn doelstellingen zijn in de regel indicatieve doelen die niet bindend zijn maar wel zeer ambitieus. Het Nationaal Milieubeleidsplan (NMP4) spreekt van 40 – 60% reductie in 2030 t.o.v. 1990. Voor het halen van deze doelen zijn technieken nodig die zich nu nog in een R&D stadium bevinden.

Volgens het bekende adagium kunnen milieuproblemen worden opgelost met middelen die aangrijpen op de elementen volume, structuur en efficiëntie. In het geval van CO₂-uitstoot door de verkeersector vertaalt zich dat in:

- beperking van de (groei in) verkeersprestatie (aantal kilometers);
- toepassing van brandstoffen met lagere ketenemissies van broeikasgassen;
- verlaging van energiegebruik per passagierskm of tonkm door verbeteren van voertuigrendement (door m.n. efficiëntere aandrijving, lagere rol- en luchtweerstand, gewichtsreductie), rijstijl/ritpatroon of bezettings- of beladingsgraad.

De laatste tijd zijn volumemaatregelen in de verkeersector uit de gratie geraakt ten gunste van bronbeleid. Mobiliteit mag, en is een verworven recht. Voor het goederenvervoer bestaat er nog steeds de ambitie om mobiliteit te ontkoppelen van economische groei, maar net als met de voorspelling van de “paperless office” na de introductie van computers lijkt ook de nieuwe economie eerder het tegenovergestelde te bereiken. De vraag is echter of m.n. de lange-

termijn reductiedoelstellingen gehaald kunnen worden zonder beperking van (de groei van) het verkeersvolume.

Dit artikel schetst een overzicht van technische en niet-technische maatregelen die op dit moment in beeld zijn voor reductie van de CO₂-emissie door verkeer en bediscussieert beleidsmaatregelen die kunnen worden ingezet om de verschillende betrokken actoren te stimuleren om hun bijdrage te leveren. De focus ligt daarbij op wegverkeer.

Voor het realiseren van een duurzaam transportsysteem bestaat er nog geen blauwdruk. Het is echter wel duidelijk dat er niet één techniek is die de oplossing biedt. Zowel korte- als lange-termijn doelen kunnen alleen gehaald worden door effectieve combinaties van verschillende typen maatregelen die inspanningen vergen van alle bij personen- en goederenvervoer betrokken actoren. Overheid, auto- en brandstoffenindustrie en gebruikers hebben ieder een rol bij de implementatie van deze maatregelen. Teamwerk is vereist.

2. Bestaand beleid

Het huidige EU-beleid m.b.t. CO₂-reductie in personenauto's heeft als doel om de gemiddelde CO₂-emissie (gemeten op typekeuringstest) van nieuwe auto's te reduceren tot 120 g/km in 2010. Het beleid rust op 3 pijlers. De belangrijkste pijler is een convenant tussen de EU en autofabrikanten, waarin de 3 associaties ACEA, JAMA en KAMA beloven om tussen 1995 en 2008/9 de gemiddelde CO₂-emissie van nieuw verkochte auto's te reduceren van 186 g/km naar 140 g/km. De andere twee pijlers zijn consumentenvoorlichting (m.b.v. brandstofverbruikslabelling) en fiscale maatregelen, geïmplementeerd door lidstaten om consumenten te beïnvloeden tot de aanschaf van zuiniger voertuigen.

Naast deze voertuiggerelateerde maatregelen verplicht de Europese Biobrandstoffen Richtlijn (2003/30/EC) EU-lidstaten beleid te implementeren om de introductie van biobrandstoffen te bevorderen. Niet-bindende doelen zijn 2% vervanging van conventionele brandstoffen voor 2005 en 5,75% voor 2010 op basis van de energie-inhoud van verkochte benzine en diesel. Het doel voor 2005 is echter niet gehaald en ook over het halen van de 2010-doelstelling bestaan twijfels.

De Kyoto-doelstelling voor Nederland wordt gehaald zonder dat een sterke bijdrage van de verkeerssector nodig is. De belangrijkste elementen van Nederlandse beleid zijn brandstofverbruikslabelling, BPM-korting voor personenauto's met een A- en B-label, extra BPM-korting voor hybride voertuigen, stimulering van "Het Nieuwe Rijden" en

accijnsverlaging voor bijmenging van biobrandstoffen, vooruitlopend op een verplicht bijmengpercentage vanaf 2007.

Omdat de verkeerssector grotendeels gebruik maakt van uit aardolie geproduceerde brandstoffen, leidt groei van de mobiliteit tevens tot een versterkte afhankelijkheid van schaarser wordende, geïmporteerde aardolie. Energiezekerheid lijkt een steeds belangrijkere rol te spelen in het brandstoffenbeleid, vooral op EU-niveau

3. Overzicht van mogelijke maatregelen in het wegverkeer

Tabel 1 Technische en niet-technische maatregelen voor reductie van CO₂-emissies in verkeer

Stakeholder	Maatregelen	
<i>Industrie</i>	<i>Zuinige voertuigen</i>	<i>Alternatieve / duurzame brandstoffen</i>
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ efficiëntere verbrandingsmotoren ▪ start-stop systemen ▪ hybride aandrijving ▪ elektrische aandrijving ▪ brandstofcellen ▪ zuinige aircos / hulpsystemen ▪ gewichtsreductie ▪ verminderen lucht- en rolweerstand ▪ langere / grotere vrachtauto's 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ LPG, aardgas ▪ synthetische fossiele brandstoffen ▪ biogas ▪ vloeibare biobrandstoffen <ul style="list-style-type: none"> ▪ 1^o generatie (o.a. PPO, ethanol, biodiesel) ▪ 2^o generatie (o.a. ethanol en FT-diesel (BTL) uit hout of stro) ▪ elektriciteit, waterstof (duurzaam of met CO₂-afvang)
<i>Gebruiker</i>	<i>Aankoop / vervoerwijzekeuze</i>	<i>Gebruik</i>
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ aanschaf zuinige voertuigen <ul style="list-style-type: none"> ▪ kleinere voertuigen ▪ efficiëntere voertuigen ▪ verschuiving modal split 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ energiezuinige rijstijl ▪ optimale bandenspanning ▪ minder mobiliteit ▪ hogere bezettingsgraad ▪ efficiëntere logistiek / belading
<i>Wegbeheerder</i>	<i>Doorstroming</i>	<i>Infrastructuur</i>
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ snelheidsbeperking ▪ synchronisatie VRIs ("groene golf") ▪ voorkomen files 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ OV-infrastructuur ▪ duurzamer OV ▪ efficiënte weginfrastructuur ▪ informatiesystemen ▪ geleide voertuigen

Tabel 1 geeft een niet uitputtend overzicht van technische en niet-technische maatregelen die door verschillende groepen stakeholders kunnen worden geïmplementeerd ten behoeve van reductie van de CO₂-emissies van het wegverkeer. Deze reductiemaatregelen worden besproken in de hoofdstukken 4 t/m 6 Generieke en specifieke beleidsmaatregelen waarmee de verschillende opties kunnen worden gestimuleerd of afgedwongen zijn vermeld in Tabel 2. Deze worden nader besproken in hoofdstuk 7.

Maatregelen kunnen kwantitatief worden vergeleken op basis van reductiepotentieel en vermijdingskosten (in Euro's per ton vermeden broeikasgasemissies uitgedrukt in €/tonCO₂-

equiv.). Praktische uitvoerbaarheid is een ander belangrijk aspect. Daarbij gaat het niet alleen om politieke en maatschappelijke acceptatie, maar ook om de aspecten “measurability”, “monitorability” en “accountability” [CARS21 2006]. Maatregelen dienen te leiden tot effecten die objectief meetbaar of berekenbaar zijn en stakeholders dienen verantwoordelijk gesteld te kunnen worden voor en aangesproken op het al dan niet halen van gestelde doelen. Met name voor gedragsgerelateerde maatregelen is dit niet altijd goed mogelijk zoals in de komende hoofdstukken duidelijk zal worden.

Tabel 2 Opties voor beleidsmaatregelen

	Generieke maatregelen	Specifieke maatregelen
Convenanten		<ul style="list-style-type: none"> ▪ convenant met auto-industrie en / of brandstofproducenten
Wetgeving / normstelling	<ul style="list-style-type: none"> ▪ plafonnering emissies (i.c.m. emissierechten / emissiehandel) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CO₂-emissienormen voor voertuigen ▪ verplicht aandeel biobrandstoffen ▪ verplichte bijmenging biobrandstoffen
Financieel beleid / prijsbeleid	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CO₂-differentiatie van belastingen ▪ road pricing ▪ emissiehandel ▪ accijnzen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ tijdelijke aankoopsubsidie ▪ tijdelijk belastingvoordeel voor zuinige auto's of alternatieve brandstoffen
Infrastructuur	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CO₂ in ontwerpeisen / MER 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ OV-infrastructuur ▪ stimulering alternatieve energie-infrastructuur
Informatie	<ul style="list-style-type: none"> ▪ campagnes 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ verbruiks- of CO₂-labelling ▪ campagnes
Voorbeeldfunctie	<ul style="list-style-type: none"> ▪ public procurement 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ public procurement

4. Technische maatregelen in het wegverkeer

4.1 Personenauto's

Technische maatregelen om de CO₂-emissie van personenauto's te reduceren omvatten ondermeer efficiëntere verbrandingsmotoren (o.a. directe benzine-inspuiting, variabele kleppenbediening en downsizing i.c.m. drukvulling), start-stop systemen en hybride aandrijving, zuinige aircos / hulpsystemen, gewichtsreductie en verminderen van lucht- en rolweerstand. Ter voorbereiding van nieuw EU-beleid m.b.t. CO₂-emissies van personenauto's zijn in [IEEP 2005] en [TNO 2006a] inschattingen gemaakt van de kosten en baten van verschillende technische opties die kunnen worden ingezet om de gemiddelde CO₂-emissie (typekeuringswaarde) van nieuw verkochte personenauto's te reduceren van 140 g/km in 2008/9 naar 120 g/km in 2012. [TNO 2006a] bouwt voort op [IEEP 2005], maar komt op basis van aanvullende data en een nieuwe evaluatie van eerder beschikbare gegevens tot

hogere schattingen van de kosten voor het bereiken van de benodigde reductie. [TNO 2006a] berekent dat voor het halen van 120 g/km op de typekeuringstest de inzet van hybride voertuigen nodig is in combinatie met andere maatregelen om motoren efficiënter te maken en de energievraag van het voertuig te verminderen. Onder de aanname dat het aankoopgedrag niet wordt beïnvloed en dat autonome trends m.b.t. het aandeel diesels en de gewichtstoename van voertuigen zich doorzetten wordt berekend dat nieuwe auto's tussen 2008/9 en 2012 zo'n €500 duurder zullen worden als gevolg van technische maatregelen die nodig zijn de gewenste CO₂-emissiereductie te bewerkstelligen. De consument verdient deze meerprijs slechts deels terug door de bijbehorende brandstofbesparing. De netto kostenstijging heeft waarschijnlijk ook invloed op aankoopgedrag en voertuiggebruik, hetgeen verder kan bijdragen aan het bereiken van de CO₂-reductie. Bij een olieprijs van 50 €/bbl bedragen de vermijdingskosten voor het halen van 120 g/km zo'n 150 - 200 €/ton. De technische maatregelen die nodig zijn om in 2008/9 140 g/km te halen zijn goedkoper en verdienen zich op consumentenniveau wel terug. De impact van het vigerende EU-beleid tot 2010 kan dus deels gecompenseerd worden door de mobiliteitstoename die het gevolg is van lagere kosten.

4.2 *Vrachtwagens en bussen*

Omdat brandstof een belangrijke kostenpost vormt, is er in het goederenvervoer van oudsher veel aandacht voor brandstofbesparing. Het resterende potentieel voor verbetering van het voertuigrendement is derhalve veel kleiner. Bovendien opereert een vrachtwagenmotor, zeker bij lange-afstandsvervoer, een veel kleiner deel van zijn tijd in deellast, waar het motorrendement slecht is. In tegenstelling tot personenauto's hebben bij vrachtwagens maatregelen die deellast vermijden of het rendement bij deellast verbeteren dus een beperkter reductiepotentieel. Hybride aandrijving kan bij bussen en distributievoertuigen in stadsverkeer significante voordelen bieden maar levert op de snelweg geen CO₂-reductie. Meer wordt verwacht van verdere optimalisatie van lucht- en rolweerstand en voertuiggewicht. Een mogelijke route daarbij is het gebruik van langere voertuigcombinaties met groter laadvermogen per eenheid gewicht of motorvermogen. Binnenkort start een door de EU gefinancierde studie om de verschillende technische en beleidsopties te verkennen. Verwacht mag worden dat er een aantal relatief goedkope mogelijkheden wordt geïdentificeerd met een beperkt reductiepotentieel, die nu door allerlei belemmeringen nog niet worden benut, maar dat grote stappen in CO₂-reductie alleen mogelijk zijn door toepassing van CO₂-arme of CO₂-neutrale (bio)brandstoffen.

4.3 Brandstoffen

LPG en aardgas staan in de belangstelling als schone alternatieve brandstoffen. Door toepassing van de 3-wegkatalysator en verscherping van emissienormen is t.o.v. benzine het milieuvoordeel van LPG en aardgas m.b.t. luchtkwaliteit echter nog maar zeer beperkt. Qua CO₂-emissie zit LPG tussen benzine en diesel in. Aardgas heeft, gerekend over de hele “well-to-wheel” keten (WTW) en afhankelijk van de herkomst van het gas, een tot 20% lagere CO₂-emissies dan benzine en scoort daarmee in sommige toepassingen zelfs iets beter dan diesel. Door het beperkte CO₂-voordeel komen de vermijdingskosten uit op 200 - 300 €/ton. Hoewel aardgasvoertuigen een marktrijpe technologie zijn en (bij het huidige belastingsregime voor brandstoffen) voor gebruikers besparingen kunnen opleveren, lijkt een sterke rol voor aardgas in het CO₂-beleid alleen gerechtvaardigd als daarmee ook andere energiebeleidsdoelen gediend kunnen worden.

Biobrandstoffen hebben een groter CO₂-reductiepotentieel en kunnen puur worden toegepast of worden bijgemengd bij conventionele benzine en diesel. Toepassing van pure biobrandstoffen vereist in de regel aanpassingen aan voertuigen en infrastructuur. De grootste bijdrage wordt derhalve verwacht van bijmenging, vooral ook omdat hiermee over de gehele vloot een CO₂-reductie wordt bewerkstelligd.

De kosteneffectiviteit van de huidige “1^e generatie” biobrandstoffen voor transporttoepassingen (bijv. ethanol uit graan of suikerbieten en biodiesel uit koolzaad) is relatief slecht, zowel t.o.v. andere CO₂-reducerende maatregelen in de transportsector als t.o.v. toepassing van biomassa in bijvoorbeeld elektriciteitsproductie. Zelfs bij de huidige hoge olieprijzen zijn de vermijdingskosten van in Europa geproduceerde biobrandstoffen enige honderden Euro's per vermeden ton CO₂-equivalenten [TNO 2006a][CE 2005a]. Voor bijstoken van biomassa in een kolencentrale zijn de vermijdingskosten minder dan 100 €/ton [CE 2006b].

Het huidige EU Biobrandstoffen Richtlijn houdt geen rekening met de efficiency en emissies in de energieproductieketen (WTW broeikasgasemissies). Dit leidt ertoe dat bedrijven zullen zoeken naar de goedkoopste oplossing en niet naar de meest duurzame [CE 2006c]. Zeker in het geval van stimulering van biobrandstoffen door de overheid geldt dat de WTW broeikasgasreductie per geïnvesteerde Euro gemaximaliseerd zou moeten worden. Braziliaanse ethanol uit suikerriet scoort daarbij significant beter dan 1^e generatie ethanol uit Europa, en in ontwikkeling zijnde 2^e generatie biobrandstoffen (bijv. ethanol uit houtachtige

biomassa en Fischer-Tropsch diesel uit afval-biomassa) scoren beter dan 1^e generatie brandstoffen. Daarnaast zou de duurzaamheid van biobrandstoffen in een bredere context gecertificeerd kunnen worden, waarbij ook effecten op biodiversiteit, landgebruik (bijv. kappen van tropisch regenwoud), lokale economie, arbeidsomstandigheden en concurrentie met natuur en voedsel- en veevoerproductie worden meegenomen.

Veel studies tonen aan dat de wereldwijd beschikbare hoeveelheid land voor productie van biomassa beperkt is. Omdat inzet van biomassa voor bijv. elektriciteitsopwekking kosteneffectiever is dan inzet in de transportsector zal slechts een beperkt deel van de wereldwijd geproduceerde hoeveelheid biomassa beschikbaar zijn voor de transportsector. Voor het halen van de lange-termijn reductiedoelstellingen in de transportsector is het dus ook nodig dat voertuigen significant zuiniger worden en zuiniger worden gebruikt.

4.4 *Lange-termijnopties*

In 1997 beloofden verschillende autofabrikanten dat ze in 2003 met een brandstofcelvoertuig op de markt zouden komen. Inmiddels is de consensus dat dat niet eerder dan 2015 zal gebeuren en grootschalige toepassing van waterstof in wegtransport wordt door veel fabrikanten pas voor na 2030 voorzien. Tegen die tijd zijn de luchtverontreinigende emissies van voertuigen met een verbrandingsmotor zo laag (“zero-effect level”) dat het “zero-emission”-karakter van brandstofcellen geen voordeel meer is. Ook het rendementsvoordeel zal geslonken zijn. De rationale voor inzet van brandstofcellen en waterstof moet derhalve liggen in de mogelijkheid energie van verschillende bronnen in te zetten. CO₂-reductie kan dan worden bereikt door toepassing van fossiele bronnen met CO₂-opslag, kernenergie of duurzame energie. Brandstofcellen zijn echter een relatief inefficiënte route voor inzet van duurzaam geproduceerde elektriciteit door de vele omzettingen en bijbehorende omzettingsrendementen in de keten (elektrolyse, transport, compressie / liquefactie voor opslag aan boord, omzetting in elektriciteit in de brandstofcel). Dit beïnvloedt ook de kosteneffectiviteit negatief. Inzet van duurzaam of anderszins CO₂-neutraal geproduceerde elektriciteit in andere sectoren dan transport zal dus de voorkeur verdienen zolang deze energiebronnen duur en schaars zijn [CE 2006b]. Inzet van duurzame energie in elektrische voertuigen levert een veel efficiëntere route op, maar deze optie is alleen kansrijk als het op termijn lukt om batterijen goedkoper en betrouwbaarder te maken.

5. Niet-technische maatregelen in het wegverkeer

5.1 Energiebewust aankoopgedrag en voertuiggebruik

Aankoopgedrag beïnvloedt het gemiddeld energiegebruik van het voertuigpark. De totale emissies van het voertuigpark worden verder bepaald door gebruiksgedrag (aantal gereden kilometers) en rijstijl. Het kopen van kleinere, zuinigere voertuigen en minder rijden zijn triviale en vanzelfsprekend zeer kosteneffectieve opties voor reductie van CO₂-emissies. Verandering van gedrag komt echter niet vanzelf tot stand maar wel in respons op hogere energieprijzen en verschillende vormen van beleidsmaatregelen.

5.2 Het nieuwe rijden

Het Nieuwe Rijden (HNR), zoals dat in Nederland wordt gestimuleerd, omvat twee hoofdelementen: een energiezuinige rijstijl en optimale bandenspanning. Beide maatregelen behoren tot de categorie “laaghangend fruit”, in de zin dat in principe significante effecten kunnen worden bereikt tegen zeer lage investeringskosten. De maatregelen zijn echter moeilijk af te dwingen. Een ander belangrijke probleem met beide maatregelen betreft de “measurability” en “monitorability”. De CO₂-reductie die er in de praktijk mee bereikt wordt, is niet direct te meten. Monitoring zou in principe kunnen plaatsvinden door te bepalen hoeveel mensen een energiezuinige rijstijl toepassen en te verdisconteren met een gemiddeld jaarkilometrage en een gemiddelde reductiefactor. Deze factor is echter moeilijk te bepalen en hangt af van de initiële rijstijl en de mate waarin de rijstijltips –ook op lange termijn– optimaal worden opgevolgd. Kort na een cursus kan de besparing 10% of meer zijn, maar [TNO 2006a] verwacht dat deze daalt tot gemiddeld 3% een jaar of langer na de cursus. Hierover is nog onvoldoende bekend. In-car devices zoals een schakelindicator, een verbruiksmeter en cruise-control kunnen wel helpen om het potentieel beter te benutten. De vermijdingskosten hangen verder af van de kosten van lessen, het aantal keren dat deze lessen herhaald moeten worden, de kosten van overheidscampagnes om bestuurders te motiveren voor HNR en van de kosten van genoemde in-car devices. De maatschappelijke vermijdingskosten zijn negatief (= netto besparing) indien bestuurders na het aanleren van HNR in de reguliere rij-opleiding of in eenmalige lessen de rijstijl voor altijd blijven toepassen op zo’n manier dat gemiddeld tenminste 3% besparing wordt bereikt. Wanneer de lessen regelmatig worden herhaald kan de gemiddelde besparing hoger zijn maar nemen de

kosten sterker toe, zodat de maatregel maatschappelijk gezien positieve vermijdingskosten heeft (maar wel lager dan die van veel technische maatregelen).

Rijden met correcte bandenspanning kan volgens [TNO 2006a] een besparing van gemiddeld 2 tot 3% opleveren. Tyre pressure monitoring systemen kunnen daarbij helpen en maken de maatregel minder afhankelijk van menselijk gedrag, maar zijn alleen kosteneffectief bij hogere brandstofprijzen.

Voor de consument zijn genoemde maatregelen bijna altijd kosteneffectief. De problemen met “measurability” en “monitorability” maken vooralsnog dat stimulering van HNR een interessante no-regret maatregel is, maar dat het opnemen van HNR in beleid gericht op het halen van kwantitatieve reductiedoelstellingen niet eenvoudig mogelijk is.

5.3 *Verkeersmaatregelen*

Verkeersmaatregelen kunnen op verschillende manieren CO₂-emissies reduceren. Snelheidsverlaging en vooral vermindering van dynamiek verlagen de emissie per gereden kilometer. Daarnaast kan, met name in de gebouwde omgeving, bij verschillende vormen van verkeersbeleid (o.a. infrastructuur en parkeerbeleid) geprobeerd worden om het aantal gereden kilometers te reduceren. Daarbij kan het gaan om voorzieningen die autoverkeer voorkomen maar ook bijvoorbeeld om het vermijden van onnodige kilometers voor het zoeken van een parkeerplaats.

Rijdend bij constante snelheid neemt het brandstofverbruik van voertuigen toe met de snelheid. Verlaging van de maximumsnelheid biedt dus een mogelijkheid om CO₂-emissies te reduceren. Reistijd is echter ook een economische factor dus deze maatregel is niet vanzelfsprekend kostenneutraal of kosteneffectief. Op drukke snelwegen kan echter verlaging van de maximumsnelheid (mits in combinatie met strenge handhaving) ook de doorstroming verbeteren. Wanneer constant 80 of 90 km/h wordt gereden is de wegcapaciteit groter dan bij een verkeersstroom met wisselende snelheden tot 120 km/h of meer. Dit vermindert ook het ontstaan van files. Bij het voor files kenmerkende stop-and-go verkeer zijn de CO₂-emissies per km als gevolg van de hoge dynamiek tot een factor 2,5 hoger dan bij normale doorstroming. Het voorkomen van files heeft dus ook een positief effect op CO₂-emissies. Daar staat tegenover dat verbeterde doorstroming ook verkeer aantrekt.

Deze maatregel kan ook helpen om ook de emissies van luchtverontreinigende componenten te verlagen. De toepassing op de A13 bij Overschie laat echter wel zien dat de verkeerstechnische inpassing meer aandacht verdient om te voorkomen dat files zich naar

andere delen van het traject verplaatsen. Landelijke opschaling van deze maatregel vereist derhalve lokaal maatwerk. Effecten op landelijke niveau zullen overigens beperkt zijn tot een of een paar procent omdat we weliswaar veel tijd in de file doorbrengen maar er niet veel kilometers in afleggen.

In de stad kan synchronisatie van verkeerslichten (“groene golf”) de dynamiek van het verkeer sterk reduceren. Behalve een effect op lokale luchtverontreiniging vermindert dit ook de CO₂-emissies. Ook hier geldt dat de effecten op landelijke schaal waarschijnlijk beperkt zijn, maar verwacht mag worden dat de maatregel lagere vermijdingskosten heeft dan technische maatregelen als zuiniger voertuigen en biobrandstoffen.

Om de effecten van verkeersmaatregelen op CO₂-emissies zichtbaar te maken in landelijke statistieken moeten de effecten op de verkeersprestatie (aantal gereden kilometers) en op de emissies per gereden kilometer (emissiefactor) worden ingeschat. Met name dat laatste is niet triviaal. Moderne emissiefactorenmodellen als het VERSIT+ model [TNO 2006b] zijn echter in staat om emissies te berekenen als functie van verkeersdynamiek. De verkeersdynamiek kan worden gemeten door op de weg ritpatronen te meten maar mogelijk kunnen op termijn ook verkeerskundige microsimulatiemodellen gebruikt worden. Verkeersmaatregelen voldoen dus in principe aan het criterium dat ze “monitorable” zijn.

6. Maatregelen in andere verkeerssectoren

6.1 Luchtvaart

Van alle luchtvaart in Nederland bestaat 98% uit internationale luchtvaart. Het aandeel van luchtvaart in de totale CO₂-emissie van Nederland is ca. 4.5% (op basis van kerosineverkoop in Nederland). Op EU-niveau is dat een kleine 3%. Kijken we alleen naar de transportsector dan is de luchtvaartbijdrage aan de broeikasgasemissies 12%. Eurocontrol voorspelt een jaarlijkse groei van het aantal vluchten in Europa van 3%. De groei in passagierkilometers zal naar verwachting hoger zijn, omdat de gereisde afstand ook toeneemt. Ondanks verbeteringen in brandstofefficiëntie van typisch 1 tot 2% per jaar, wordt voorzien dat de CO₂-emissies door de wereldwijde burgerluchtvaart in de periode 2002-2025 met zo'n 110% zal toenemen.

De Europese Commissie en de Europese Raad hebben aangegeven in principe voorstander te zijn van het onderbrengen van luchtvaart in het EU emissiehandelssysteem. Op die manier zou de netto klimaatschade van de luchtvaart beperkt kunnen worden, althans van het deel dat binnen het systeem wordt gebracht. Vanuit de luchtvaartindustrie is er veel nadruk op het verbeteren van de brandstofefficiëntie. De Europese luchtvaartindustrie heeft zich ten doel

gesteld om nieuwe vliegtuigen in 2020 50% efficiënter te laten zijn dan in 2000 (per passagierskilometer). Andere maatregelen die momenteel worden bekeken en (deels) al uitgevoerd zijn o.a. belasting op kerosine en en-route emissie heffing. Voor beide maatregelen geldt het belang van internationale consensus. Regionale of landelijke implementatie zou de concurrentiepositie van luchtvaart in de betreffende regio's aantasten.

Het is belangrijk om ook de niet CO₂-gerelateerde impact op klimaatverandering door luchtvaart mee te nemen. Dit zijn deels verwarmende effecten, deels afkoelende effecten, zoals atmosferisch-chemische reacties op basis van NO_x die de ozonconcentratie in de atmosfeer verhogen (verwarmend) en methaan afbreken (afkoelend), roetdeeltjes uit vliegtuigmotoren (verwarmend), zwavel-aerosolen (afkoelend) en vorming van condensstrepen (overdag afkoelend maar 's nachts verwarmend) en mogelijk ook cirruswolken. IPCC (1999) schatte de totale impact van luchtvaart (exclusief effect door het ontstaan van cirruswolken) 2 tot 4 maal groter dan de impact van CO₂ alleen. Recenter onderzoek wijst op een factor 2 [Sausen 2005].

6.2 *Spoor*

Dieseltreinen zijn verantwoordelijk voor slechts 0,5% van de EU-25 CO₂-emissies. Efficiencyverbetering voor deze voertuigen of opname in een emissiehandelsysteem heeft dus niet de hoogste prioriteit. Wel zijn lokaal interessante voordelen te behalen, bijvoorbeeld door toepassing van hybride rangeerlocomotieven [TNO 2006d]. Voor elektrische treinen geldt dat emissiereducties deels bereikt worden door het feit dat elektriciteitsproductie al onderdeel is van het ETS [CE 2006a]. Moderne elektrische treinen zijn door toepassing van vermogenselektronica en teruglevering van remenergie al veel efficiënter geworden. Dit effect wordt echter deels teniet gedaan door het toenemend gebruik van hoge-snelheidstreinen.

6.3 *Scheepvaart*

Scheepvaart is gemeten in tonnen vracht de grootste transportmodus in de EU. De zeescheepvaart heeft hierin een veel groter aandeel dan de binnenvaart. In het algemeen is scheepvaart een energie-efficiëntere vorm van transport dan via weg, spoor en lucht (in MJ/tonkm). Door groei van de sector is de scheepvaartbijdrage aan wereldwijde emissies echter significant en groeiend. Zee- en binnenvaart veroorzaken 14% van de broeikasgasemissies van alle transport in Europa.

Broeikasgasemissies van zeescheepvaart worden momenteel niet toegekend aan individuele landen. Dit feit en het feit dat de zeevaart een internationaal en vaak mondiaal opererende

sector is, zijn een barrière voor de implementatie van milieubeleid. Er is geen internationaal, regionaal of nationaal beleid om emissies van de zeescheepvaart te beperken, al wordt er door verschillende EU lidstaten en door bijvoorbeeld Japan wel aangedrongen op maatregelen. Technisch en operationeel zijn er mogelijkheden om de brandstofefficiëntie van schepen te verbeteren, maar er is weinig zicht op de kosteneffectiviteit van de maatregelen.

7. Beleidsmaatregelen

Al deze technische en niet-technische opties voor CO₂-reductie worden niet vanzelf toegepast. De overheid zal ze met beleid moeten stimuleren. We kunnen daarbij onderscheid maken tussen generieke en specifieke beleidsmaatregelen. Generieke maatregelen stimuleren CO₂-reductie maar laten actoren de ruimte om zelf te bepalen welke opties in hun geval het meest kosteneffectief of anderszins aantrekkelijk zijn. Emissiehandel en CO₂-differentiatie van belastingen zijn voorbeelden van generieke maatregelen. Specifieke beleidsmaatregelen stimuleren bepaalde technische of niet-technische maatregelen. Voorbeelden zijn normstelling op voertuigniveau, BPM-vrijstelling voor hybride voertuigen en overheidscampagnes voor bevordering van Het Nieuwe Rijden.

7.1 Normstelling op het niveau van voertuigen

Bepaling van brandstofverbruik en CO₂-emissie maken onderdeel uit van de typekeuringstest van personenauto's. In tegenstelling tot luchtverontreinigende emissies bestaat er echter geen Europese limiet voor de CO₂-emissie van personenauto's. Omdat CO₂-emissies sterk correleren met voertuigeigenschappen (o.a. luchtweerstand via stroomlijn en frontaal oppervlak, massa, motorvermogen) zou een uniforme CO₂-emissielimiet op voertuigniveau leiden tot ernstige marktverstoringen. Veel auto's zouden niet meer mogen worden verkocht (denk aan sportwagens, SUVs, MPVs, etc.) Een uniforme limiet zou wel kunnen worden ingevoerd in combinatie met een emissiehandelssysteem waarbij fabrikanten onderling credits (bijv. in g/km) kunnen verhandelen ([IEEP 2005] en paragraaf 7.4). Ook zou de limiet gedifferentieerd kunnen worden naar een parameter die de "utiliteit" of gebruikswaarde van het voertuig representeert, waarbij grotere of sportievere voertuigen meer mogen emitteren, maar bij gegeven utiliteit fabrikanten wel worden uitgedaagd om zo zuinig mogelijke voertuigen te produceren. Een derde mogelijkheid is het stellen van een reductiedoel per fabrikant in termen van een percentage t.o.v. de verkoopgemiddelde CO₂-emissie in een referentiejaar.

7.2 *Specifiek biobrandstoffenbeleid*

Een geleidelijke groei van de markt voor 1^e generatie biobrandstoffen in de periode tot aan introductie van 2^e generatie brandstoffen wordt de komende jaren gestimuleerd om investeringen in deze technologie te bevorderen en om de marktintroductie ervan te versnellen. Daarnaast kan met de huidige brandstoffen al nuttige ervaring worden opgedaan door gebruikers, fabrikanten en overheden en kunnen op basis van praktische ervaring duurzaamheidsstandaarden worden ontwikkeld.

De markt voor toepassing van biobrandstoffen kan worden bevorderd door de huidige aanpak met doelen in termen van een indicatief of verplicht aandeel biobrandstoffen verder te verfijnen. Een belangrijk element daarbij is certificering van de duurzaamheid van brandstoffen [CE 2006c]. Biobrandstoffen kunnen ook worden gestimuleerd door een CO₂-heffing of door een emissiehandelssysteem, maar een overgang daarnaar vanuit de huidige aanpak vereist goede timing en randvoorwaarden.

7.3 *Volumemaatregelen*

Volgens prognoses van RIVM/MNP emitteert het wegverkeer in Nederland in 2020 60% meer CO₂ dan in 1990. Om in 2030 40 tot 60% beneden het niveau van 1990 uit te komen zijn dus reducties nodig van ordegrootte 70%. Omdat in het goederenvervoer het reductiepotentieel voor efficiencyverbetering veel geringer is dan in het personenvervoer maar de groei in mobiliteit groter, moeten bij personenauto's dus nog hogere reducties worden gerealiseerd.

Bij gelijkblijvende grootte en voertuigprestaties lijken bij personenauto's brandstofbesparingen tot 40% op lange termijn technisch mogelijk. Duurzame brandstoffen zouden gezien de beperkte beschikbaarheid mogelijk 20% CO₂-reductie kunnen bijdragen. Overige maatregelen kunnen opgeteld misschien 5 tot 10 procent bijdragen. Voor CO₂-reducties van 70% of meer lijkt dus beleid dat ingrijpt op verkeersvolume en op aankoopgedrag onvermijdelijk. Prijsbeleid en emissiehandel zijn effectieve opties om dit te verwezenlijken, en worden in de volgende paragrafen besproken..

7.4 *Prijsbeleid*

De relatieve hoge belastingen op auto's en brandstof in Europa hebben er overtuigend toe geleid dat auto's in Europa veel zuiniger zijn dan auto's in bijv. de Verenigde Staten. Fiscaal beleid, en prijsbeleid in het algemeen, kan dus zeker effectief zijn. In de huidige situatie van

relatief hoge kosten voor voertuigen en brandstoffen in Europa blijkt echter de prijselasticiteit m.b.t. zuinige voertuigen en brandstoffen laag en de inkomenselasticiteit van de vraag hoger. Hoewel de gemiddelde prijs van auto's in een bepaalde modelklasse in de EU met 12% is gedaald tussen 1996 en 2004 [CE 2005a], is de gemiddelde inflatiegecorrigeerde prijs van nieuw verkochte auto's in Nederland tussen 1995 en 2004 gestegen met 15%. Bij leaseauto's is er vanuit de gebruiker nog minder aandacht voor brandstofverbruik. Ook vanuit de lease-maatschappij is die aandacht beperkt omdat brandstofkostenbesparing slechts over een leaseperiode van 2 tot 3 jaar meetelt. De leasemarkt is daardoor relatief ongevoelig voor prijsincentives, maar omvat wel 25% van de nieuwverkopen in Nederland.

De voordelen van technische maatregelen die voertuigefficiency verbeteren liggen bij de gebruiker, terwijl de kosten en risico's in eerste instantie bij de producent liggen. De gebruiker houdt slechts in beperkte mate rekening met besparingen. Producenten kunnen om deze reden de kosten van zuinige technologie maar beperkt doorberekenen in de kostprijs van voertuigen. Dit is een fout in het marktmechanisme en economische instrumenten zijn nodig om incentives te creëren op het moment van aankoop [CE 2005a]. Een CO₂-afhankelijke BPM en wegenbelasting zijn een belangrijk middel om brandstofverbruik een zwaardere rol te laten spelen bij het aankoopproces.

Rekeningrijden en accijnzen beïnvloeden ook het autogebruik. Verhoging van deze kosten kan tot volumereductie leiden. Dit kan belastingneutraal worden geïmplementeerd door vaste belastingen te verlagen en variabele belastingen te verhogen, maar een netto verhoging van de belastingdruk lijkt gerechtvaardigd om de maatschappelijke kosten van autogebruik te internaliseren. Accijnzen geven een directe prikkel om brandstofverbruik te reduceren, door minder of zuiniger te rijden of door een zuiniger auto aan te schaffen. Rekeningrijden biedt daarnaast de mogelijkheid van ruimtelijke differentiatie waarbij de heffing hoger wordt op plaatsen waar de externe kosten van voertuigen hoger zijn (a.g.v. impact van voertuigemissies, ongevalskosten of variabele infrastructuurkosten). Rekeningrijden kan ook een incentive bieden om voertuigen te gebruiken met een lagere (milieu-)impact.

7.5 *Emissiehandel*

Emissiehandel is een maatregel die de markt, binnen bepaalde grenzen, de vrijheid geeft om emissiereducties daar te realiseren waar de kosten het laagst zijn. In zo'n systeem hebben vervuilers emissierechten die verhandelbaar zijn. Vervuilers waarvoor de vermijdingskosten hoger zijn dan de prijs van emissierechten zullen rechten inkopen, terwijl vervuilers waarvoor

de vermijdingskosten lager zijn dan de prijs van emissierechten zullen investeren in reductiemaatregelen en deze zullen financieren uit de verkoop van emissierechten [CE 2005a]. Binnen de transportsector kan emissiehandel op verschillende niveaus worden gerealiseerd [CE 2006a]. Een inpassing van de transportsector in het EU-ETS zou voor de hand liggen. Voor luchtvaart (zie [CE 2005b]), scheepvaart en spoorwegen, waar gebruikers grotere bedrijven zijn, zou dit relatief eenvoudig mogelijk zijn, onder de voorwaarde dat een bruikbaar CO₂-monitoringsysteem kan worden in gevoerd. De hoge vermijdingskosten voor technische maatregelen zullen echter maken dat opname in het ETS in eerste instantie vooral leidt tot CO₂-reducties buiten de transportsector. Op deze wijze draagt CO₂-reductie niet bij tot de vermindering van de afhankelijkheid van geïmporteerde olie.

Onderbrengen van het wegverkeer in het ETS is complexer. Individuele autobezitters zijn in dat geval de actoren die beslissen over aanschaf van zuinige technologie en het gebruik ervan. Emissierechten verhandelen op het niveau van individuele burgers leidt echter tot een complex handelssysteem met hoge transactiekosten. Producenten van brandstoffen hebben wel invloed op de WTW CO₂-prestatie van hun brandstoffen maar niet direct op het rendement waarmee ze verbrand worden. Door de kosten van emissierechten door te berekenen in de brandstofprijs kunnen ze echter wel de vraag beïnvloeden. Een handelssysteem voor fossiele emissierechten (FER) op het niveau van brandstofproducenten zou dus kunnen werken. Dit zou een losstaand systeem kunnen zijn, bijvoorbeeld op nationaal niveau, maar kan mogelijk ook in het ETS opgenomen worden.

In een emissiehandelssysteem dat geïmplementeerd is op het niveau van de brandstofproducenten dragen emissiereducties als gevolg van energiezuinig rijgedrag en verkeersmaatregelen via reductie van het totale brandstofverbruik ook bij het behalen van gestelde doelen. Hun effect wordt weliswaar niet separaat gekwantificeerd maar wel impliciet meegenomen in het monitoringmechanisme voor het handelssysteem. Op deze manier zou een emissiehandelssysteem mogelijk een deel van de problemen rond “zachte” maatregelen voor wat betreft meetbaarheid kunnen oplossen.

Fabrikanten van voertuigen hebben wel invloed op het verbruik per gereden kilometer van de door hun geproduceerde voertuigen maar niet op de gereden kilometers, de rijstijl en de getankte brandstof (bijv. m.b.t. het percentage bijgemengde biobrandstof). Voor deze stakeholdergroep is ook een beperktere vorm van emissiehandel denkbaar, gebaseerd op de handel van emissierechten tussen autofabrikanten op basis van g/km CO₂-emissie op de

typekeuringstest (zie bijv. [IEEP 2005] en [TNO 2006]) en bindende targets opgelegd aan fabrikanten voor de verkoopgemiddelde emissie van nieuw verkochte voertuigen. De precieze formulering van het target, zoals uitgelegd in paragraaf 7.1, bepaalt dan welke fabrikanten rechten moeten kopen en welke kunnen verkopen. Naast personenauto's kunnen ook bestelauto's en vrachtwagens in dit systeem worden opgenomen. Voor die laatste categorie moet dan wel een CO₂-emissietest worden ontwikkeld.

7.6 Labelling

Alle EU-landen hebben op basis van EU Directive 1999/94/EC een systeem voor brandstofverbruikslabelling ingevoerd om consumenten te stimuleren om bij de aankoop van personenauto's meer rekening te houden met verbruik en CO₂-emissies. In de meeste landen beperkt het labellingsysteem zich tot het vermelden in de showroom en in reclames van verbruik en CO₂-emissies en de beschikbaarstelling van een gids met verbruikscijfers door de overheid. Nederland en enkele andere landen gaan verder en hebben een systeem ingevoerd met kleurcodes voor verschillende klassen. In Nederland wordt daarbij het geprojecteerd grondoppervlak gebruikt om auto's onderling vergelijkbaar te maken.

Het huidige EU-beleid m.b.t. labelling heeft volgens [ADAC 2005] geen meetbare invloed op consumentengedrag en CO₂-emissie van nieuw verkochte auto's. Verbetering en harmonisatie van het labellingsysteem zou hierin verandering kunnen brengen [TNO 2006a]. Labelling kan ook worden gecombineerd met subsidies of CO₂-differentiatie van belastingen, zoals dat in Nederland sinds 1 juli 2006 bij de BPM gebeurt. Eerder Nederlands beleid heeft de effectiviteit daarvan aangetoond. [CE 2005a].

7.7 Overige maatregelen

Aanschaf van zuinige voertuigen door de overheid ("public procurement") kan door de beperkte omvang van de voertuigvloot bij overheden geen significant effect hebben op totale CO₂-emissies, maar heeft een voorbeeldfunctie en kan helpen om een initiële markt te creëren voor nieuwe technologieën. In die markt kunnen gebruikerservaringen worden opgedaan. Kostenreducties door schaafeffecten kunnen vooral worden gestimuleerd wanneer verschillende overheden samenwerken om gezamenlijk grotere aantallen voertuigen van hetzelfde model aan te schaffen. Verder zijn communicatie en voorlichting belangrijke ondersteunende instrumenten voor alle genoemde maatregelen om m.n. voertuiggebruikers bewust te maken van hun rol in het proces en te informeren over effectieve mogelijkheden om CO₂ en kosten te reduceren.

10. Conclusie

Voertuigproducenten, brandstofproducenten, gebruikers en overheden hebben ieder een rol te spelen bij het realiseren van CO₂-doelstellingen in de transportsector. Inzet van een groot scala aan efficiency- en structuurmaatregelen is nodig, in combinatie met beheersing van volume. Generieke beleidsmaatregelen als prijsbeleid en emissiehandel geven de markt de ruimte om de meest kosteneffectieve mix van technische en niet-technische maatregelen te vinden. Specifieke beleidsmaatregelen kunnen worden ingezet om maatschappelijk gewenste ontwikkelingen te stimuleren die door de markt onvoldoende worden opgepakt, of om randvoorwaarden op te leggen aan ontwikkelingen in de markt.

Referenties

- [ADAC 2005] *Study on the effectiveness of Directive 1999/94/EC relating to the availability of consumer information on fuel economy and CO₂ emissions in respect of the marketing of new passenger cars*, rapport voor de Europese Commissie (DG-ENV), maart 2005
- [CARS21 2005] *CARS 21, A competitive automotive regulatory system for the 21st century*, Final report, Europese Commissie, december 2005, verkrijgbaar op website: <http://ec.europa.eu/enterprise/automotive/pagesbackground/competitiveness/cars21.htm>
- [CE 2005a] *Cool cars, fancy fuels, A review of technical measures and policy options to reduce CO₂ emissions from passenger cars*, Bettina Kampman en B. Boon, CE Delft, november 2005
- [CE 2005b] *Giving wings to emission trading. Inclusion of aviation under the European Emission Trading System (ETS): Design and impacts*, R.C.N. (Ron) Wit, B.H. (Bart) Boon and A. (André) van Velzen (CE Delft), M. (Martin) Cames and O. (Odette) Deuber (Oeko-Institut), D.S. (David) Lee (Manchester Metropolitan University), Delft, juli 2005
- [CE 2006a] *Dealing with Transport Emissions, An emission trading system for the transport sector, a viable solution?*, Jeroen Klooster, Bettina Kampman, CE Delft, maart 2006
- [CE 2006b] *Cost effectiveness of CO₂ mitigation in transport, An outlook and comparison with measures in other sectors*, Bettina Kampman, Sander de Bruyn, Eelco den Boer, CE Delft, april 2006
- [CE 2006c] *Strategie voor klimaatneutrale brandstoffen*, Bettina Kampman, Frans Rooijers en Jasper Faber, CE Delft, juli 2006
- [CE 2006d] *Hybride locs in het Rotterdamse havengebied – Een verkenning van de potentiële effecten*, Eelco den Boer, Karen Rensma, CE Delft, augustus 2006
- [IEEP 2005] *Service contract to carry out economic analysis and business impact assessment of CO₂ emissions reduction measures in the automotive sector*, contract nr. B4-3040/2003/366487/MAR/C2, uitgevoerd door IEPP, TNO en CAIR in opdracht van Europese Commissie (DG-ENV), juni 2005
- [Sausen 2005] *Aviation radiative forcing in 2000: and update on IPCC (1999)*, R. Sausen et al., in: *Meteorologische Zeitschrift* 114, 555 – 561, 2005
- [TNO 2006a] *Review and analysis of the reduction potential and costs of technological and other measures to reduce CO₂-emissions from passenger cars*, Richard Smokers et al., door TNO, IEPP en LAT in opdracht van Europese Commissie DG-ENTR (contract SI2.408212), TNO rapport 06.OR.PT.040.1/RSM, concept eindrapport opgeleverd juli 2006, nog niet openbaar
- [TNO 2006b] *A New Modelling Approach for Road Traffic Emissions: VERSIT+ LD – Background and Methodology*, Robin Smit, Richard Smokers, Eric Schoen en Amber Hensema, TNO rapport 06.OR.PT.016.1/RS, juli 2006