



## De derde P van Transumo

### Analyse van de planet-kant in Transumo-projecten

**Rapport**  
Delft, mei 2010

**Opgesteld door:**  
H.P. (Huib) van Essen  
R.T.M. (Richard) Smokers  
G.M. (Gijs) Verbraak  
M.B.J. (Matthijs) Otten



# Colofon

## **Bibliotheekgegevens rapport:**

H.P. (Huib) van Essen, R.T. M. (Richard) Smokers, G.M. (Gijs) Verbraak, M.B.J. (Matthijs) Otten  
De derde P van Transumo  
Analyse van de planet-kant in Transumo-projecten  
Delft, CE Delft, mei 2010

Mobiliteit / Duurzaamheid / Milieufactoren / Ketenbeheer / Infrastructuur / Bedrijfsbeleid /  
Management / Programma's / Analyse

Publicatienummer: 10.4588.40

Opdrachtgever: Transumo.

Alle openbare CE-publicaties zijn verkrijgbaar via [www.ce.nl](http://www.ce.nl).

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Huib van Essen.

© copyright, CE Delft, Delft.

CE Delft  
Committed to the Environment

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



# Inhoud

<b>Samenvatting</b>	<b>5</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>9</b>
1.1 Transumo - Transitie naar Duurzame Mobiliteit	9
1.2 Rol van CE Delft rond de planet-kant van Transumo	9
<b>2 Beschouwingen over de planet-kant van Transumo</b>	<b>11</b>
2.1 Inleiding	11
2.2 Aandacht voor planet-aspecten in de Transumo-projecten	11
2.3 Mogelijkheden voor invulling van planet-aspecten	12
2.4 Oorzaken voor de beperkte rol van de planet-aspecten in de projecten	13
2.5 Bijdrage van Transumo aan planet-aspecten	13
2.6 Visies transitie naar duurzame mobiliteit	14
2.7 Aanbevelingen voor vervolg	14
<b>3 Milieueffecten van betere doorstroming en bereikbaarheid</b>	<b>15</b>
3.1 Inleiding	15
3.2 Emissies per minuut	18
3.3 Conclusie	20
<b>4 Modal shift</b>	<b>21</b>
4.1 Inleiding	21
4.2 Emissies van verschillende modaliteiten in het personenvervoer	22
4.3 Emissies van verschillende modaliteiten in het goederenvervoer	23
4.4 Overwegingen bij modal shift	25
<b>5 Beoordelingskader voor de analyse van projecten en thema's</b>	<b>27</b>
5.1 Schematisch overzicht	27
5.2 Toelichting op de diverse factoren	27
<b>6 Thema Zelfsturing</b>	<b>29</b>
6.1 Uitgevoerde projecten	29
6.2 Beschrijving effecten (Spitmijden)	29
6.3 Conclusie (Spitsmijden)	30
6.4 Top-ups Bereikbare zorg en CASE	31
6.5 Conclusie (top-ups)	33
6.6 Verzekeren per kilometer	33
6.7 Conclusie (Verzekeren per kilometer)	34
<b>7 Thema Ruimte</b>	<b>35</b>
7.1 Uitgevoerde projecten	35
7.2 Beschrijving kwalitatieve effecten	35
7.3 Conclusie	36



<b>8</b>	<b>Thema Verkeersmanagement</b>	<b>37</b>
8.1	Uitgevoerde projecten	37
8.2	Beschrijving kwalitatieve effecten	38
8.3	Beschrijving kwantitatieve effecten	39
8.4	Conclusie	40
<b>9</b>	<b>Bestuurlijke Processen</b>	<b>43</b>
9.1	Uitgevoerde projecten	43
9.2	Transumo A15 en Pro-Access	44
9.3	Netlipse	48
9.4	Transitie naar hindervrij en duurzaam bouwen	48
<b>10</b>	<b>Thema Ketenintegratie</b>	<b>51</b>
10.1	Uitgevoerde projecten	51
10.2	Beschrijving kwalitatieve effecten	52
10.3	Beschrijving kwantitatieve effecten	53
10.4	Conclusie	53
<b>11</b>	<b>Thema Netwerkintegratie</b>	<b>55</b>
11.1	Uitgevoerde projecten	55
11.2	Beschrijving kwalitatieve effecten (Europese Netwerken 2)	55
11.3	Kwantitatieve effecten (Europese Netwerken 2)	57
11.4	Conclusie (Europese Netwerken 2)	57
11.5	Beschrijving kwalitatieve effecten (Transitie naar duurzame stedelijke distributie)	58
11.6	Beschrijving kwantitatieve effecten (Transitie naar duurzame stedelijke distributie)	59
11.7	Conclusie (Transitie naar duurzame stedelijke distributie)	59
<b>12</b>	<b>Thema Collectief Vervoer</b>	<b>61</b>
12.1	Uitgevoerde projecten	61
12.2	Beschrijving kwalitatieve effecten (Collectief Vervoer)	62
12.3	Conclusie (Collectief Vervoer)	63
12.4	Beschrijving kwalitatieve/kwantitatieve effecten (DIEMIGO, C,MM,N)	63
12.5	Conclusie (DIEMIGO & C,MM,N)	65
<b>13</b>	<b>Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>67</b>
13.1	Conclusies	67
13.2	Aanbevelingen	68
	<b>Literatuurlijst</b>	<b>71</b>



# Samenvatting

In het Transumo-programma zijn over de periode 2005-2009 diverse projecten uitgevoerd om middels innovaties doorbraken te bewerkstelligen op het vlak van duurzame mobiliteit. De projecten zijn uitgevoerd binnen de thema's Bestuurlijke processen, Collectief vervoer, Ketenintegratie, Netwerkindegratie, Ruimte, Verkeersmanagement en Zelfsturing.

Duurzaamheid wordt gekenmerkt door de 3 P's, d.w.z. door de aspecten *people*, *planet* en *profit/prosperity*. De Transumo-organisatie heeft in 2007 geconstateerd dat de bijdrage van de in de projecten ontwikkelde innovaties aan doelen op het vlak van milieu en natuur (*planet*) vaak onvoldoende duidelijk is. Ook bestond het vermoeden dat sommige projecten op deze *planet*-aspecten mogelijk onvoldoende scores. Daarom heeft Transumo CE Delft gevraagd om op diverse manieren de aandacht voor de *planet*-aspecten binnen Transumo te onderzoeken en versterken.

In de oorspronkelijke projectvoorstellen van Transumo-projecten is in de regel slechts summier en tamelijk opportunistisch aandacht besteed aan *planet*-impacts. Voor de mid-term review is op programmaniveau geconstateerd dat veel projecten tekort schoten op de *planet*-kant en zijn verschillende acties ondernomen, waaronder het inschakelen van CE Delft om de mogelijkheid te bieden om projecten te begeleiden in het verbeteren van hun (inschatting/visualisatie van) *planet*-impacts. In een aantal eindrapportages is veel aandacht besteed aan het uitwerken van de *planet*-aspecten maar bij veel projecten wordt echter nog steeds beperkt aandacht besteed aan de *planet*-aspecten, alhoewel hierover wel afspraken zijn gemaakt in de projectovereenkomsten. In deze gevallen voegt de manier waarop deze *planet*-aspecten gerapporteerd worden niet of nauwelijks iets toe aan de beschrijvingen zoals die aan het begin van de projecten zijn gegeven in de projectvoorstellen.

## Planet-effecten van Transumo-projecten

In aanvulling op de projectrapportages zelf, zijn door CE Delft inschattingen gemaakt van de *planet*-effecten van de Transumo-thema's. Dit is gedaan op basis van de projectrapportages en op eigen inzichten (gebaseerd op eerder onderzoek en literatuuronderzoek). In veel gevallen zijn deze inschattingen kwalitatief, omdat de projecten onvoldoende kwantitatief inzicht geven in de effecten op vervoer- en verkeersprestaties, zodat (kwantitatieve) effectberekening voor het *planet*-aspect onmogelijk is.

Een aantal van de projecten levert tools op, waarmee de effecten op *planet* (emissies) kunnen worden berekend. Voor CE Delft is het moeilijk te beoordelen welke effecten in de achterliggende berekeningen zijn meegenomen.

In een aantal projecten zijn de *planet*-effecten goed uitgewerkt, een groot aantal andere projecten richt zich voornamelijk op een betere bereikbaarheid en efficiëntere logistiek en minder op de milieueffecten. In de rapportages van deze projecten gaan de milieueffecten die worden gerapporteerd vaak over de primaire effecten zoals emissiereducties door het uitsparen van kilometers, tijd en modal shift. Er is geen rekening gehouden met belangrijke rebound-effecten die de primaire effecten in veel gevallen geheel of gedeeltelijk kunnen overschaduwden.



Het belangrijkste reboundeffect dat kan optreden is dat wanneer de gemiddelde reissnelheid toeneemt, bijvoorbeeld door een betere doorstroming op de weg, het verkeersvolume op langere termijn zal toenemen. Dit geldt in principe voor alle modaliteiten en met name voor het personenvervoer. De extra emissies door de toename in volume kan de emissiereducties geheel ongedaan maken. In principe kan dit reboundeffect voorkomen worden door flankerend beleid, zoals beprijzing, maar ook door snelheidslimieten. In het Transumo A15-project zijn deze effecten goed beschreven en in veel gevallen ook gekwantificeerd.

Projecten waar grote reboundeffecten verwacht kunnen worden indien er onvoldoende flankerend beleid wordt gevoerd, zijn Spitsmijden en Netlipse. Beide projecten zijn er op gericht om de doorstroming te verbeteren. De betere doorstroming en de reistijdbesparing voor personenverkeer door deze maatregelen zullen leiden tot meer verkeersvolume op de langere termijn en dit zal de emissiereducties door een zuinigere rijstijl naar verwachting overcompenseren waardoor de planet-effecten negatief zijn.

Voorbeelden van projecten binnen Transumo, waar weinig reboundeffecten verwacht worden, zijn Verzekeren per kilometer en de projecten binnen het thema Ruimte. Bij deze projecten ligt de nadruk niet op sneller vervoer en in het geval van Verzekeren per kilometer kan zelfs verwacht worden dat de snelheid afneemt. De emissiereducties door modal shift naar schonere en zuinigere modaliteiten en het toepassen van een schonere rijstijl worden in deze gevallen dus niet ongedaan gemaakt door reboundeffecten.

Bij andere projecten speelt het reboundeffect van de toename van verkeersvolume in meer of mindere mate een rol. Met name projecten die gericht zijn op het ontlasten van de spits en het (kosten)efficiënter maken van (gemotoriseerd) personen- of goederenvervoer zullen te maken krijgen met een groot reboundeffect. Maatregelen binnen de thema's Ketentegratie en Netwerkitegratie, die gericht zijn op efficiënter goederentransport en transportpreventie brengen ook reboundeffecten met zich mee, maar de reboundeffecten in de transportsector zijn deels gebaseerd op economische groei, waarbij relatief minder transport voor nodig is. In een pakket van maatregelen met o.a. beprijzing, zoals ook voorgesteld in Transumo A15, zullen de maatregelen optimaal effect kunnen hebben, met minimale reboundeffecten.

Elektrisch vervoer kan als techniek een grote bijdrage leveren aan het reduceren van emissies. Luchtvervuilende emissies kunnen zeer efficiënt vermeden worden in bebouwde gebieden door introductie van de elektrische auto. De reductie van de CO<sub>2</sub>-emissies is afhankelijk van de wijze waarop voorzien wordt in de extra elektriciteitsvraag en zal variëren van 0-50%. Ook met de introductie van elektrische auto's is het van belang te voorkomen dat dit een volumegroei met zich meebrengt. Elektrisch vervoer zal de meest optimale bijdrage kunnen leveren wanneer ook stevig wordt ingezet op elektrisch collectief vervoer.



## Oorzaken voor beperkte aandacht planet-aspecten

De soms beperkte aandacht voor de *planet*-kant van duurzame mobiliteit binnen Transumo-projecten heeft naar onze mening drie belangrijke oorzaken:

1. Bij honorering van de projecten is de voorziene planet-impact niet of onvoldoende meegewogen (wel zijn afspraken gemaakt over het zo mogelijk kwantificeren van duurzaamheideffecten).
2. Als gevolg van de tripartiete opzet van projecten en de slechts gedeeltelijke financiering vanuit Transumo hebben deelnemende bedrijven veel macht binnen de consortia waardoor er onevenredig veel aandacht is voor *profit*- en *people*-aspecten.
3. De kennis op het gebied van relevante planet-aspecten blijkt vaak onvoldoende te zijn.

## Aanbevelingen

Het verdient aanbeveling om in programma's die voortbouwen op het erfgoed van Transumo nadrukkelijker, structureler en minder vrijblijvend aandacht te besteden aan de planet-kant van duurzame mobiliteit. Hierbij dienen zowel directe als indirecte effecten op verkeersemisies te worden meegenomen en in het bijzonder ook de reboundeffecten.

Dit kan door op diverse momenten aandacht te besteden aan de planet-kant:

- bij het opstellen van de visie op programmaniveau;
- bij het opstellen en beoordelen van individuele projectvoorstellen;
- bij het ontwerpen van rapportageformats, bij de beoordeling van rapportages; en
- bij de overige verantwoordingsmechanismen die in het programma-management worden ingebouwd.

Gegeven de complexiteit van de materie en daaruit voortvloeiende methodologische uitdagingen ligt het voor de hand de betrokken kennisinstellingen een sterkere rol te geven in het kwantificeren of anderszins visualiseren/concretiseren van bijdragen aan planet-doelen.

Uiteindelijk moeten de planet-effecten in relatie met de people- en profit-effecten worden beoordeeld, waarbij gestreefd wordt naar een optimaal welvaartniveau.







# 1 Inleiding

## 1.1 Transumo - Transitie naar Duurzame Mobiliteit

Nederland wordt in toenemende mate geconfronteerd met mobiliteitsproblemen. Deze lopen uiteen van toenemende filedruk en bereikbaarheidsproblemen tot geluidsoverlast, luchtvervuiling en emissies van broeikasgassen. Om middels innovatie doorbraken te realiseren in het oplossen van deze problemen is het Transumo-programma gestart.

Binnen Transumo is een groot aantal verschillende projecten uitgevoerd binnen de thema's Bestuurlijke processen, Collectief vervoer, Ketenintegratie, Netwerkindegratie, Ruimte, Verkeersmanagement en Zelfsturing.

Deze projecten zijn erop gericht oplossingen te identificeren en te ontwikkelen waarmee een transitie kan worden bewerkstelligd van de huidige niet-duurzame situatie naar 'duurzame mobiliteit'.

Onder duurzame mobiliteit verstaat Transumo een systeem dat bijdraagt aan economische doelstellingen met daarbij sterke aandacht voor randvoorwaarden en doelen op het gebied van mens en milieu.

## 1.2 Rol van CE Delft rond de planet-kant van Transumo

Duurzaamheid wordt gekenmerkt door de 3 P's, d.w.z. door de aspecten *people*, *planet* en *profit/prosperity*. De Transumo-directie heeft in 2007 geconstateerd dat er binnen de projecten veelal wel voldoende aandacht is voor aspecten van economische duurzaamheid (*profit/prosperity*) en bijvoorbeeld bereikbaarheid of vervoerkwaliteit (*people*), maar dat de bijdrage van de in de projecten ontwikkelde oplossingen aan duurzaamheidsdoelen op het gebied van milieu en natuur (*planet*) vaak onvoldoende duidelijk is. Ook bestond het vermoeden dat sommige projecten op deze planet-aspecten mogelijk onvoldoende scores.

Om de bijdrage van het Transumo-programma en de projecten aan de planet-kant van duurzaamheid te versterken en duidelijker te profileren heeft CE Delft in 2008 en begin 2009 bijgedragen aan een verdieping van de Transumo-visie op duurzame mobiliteit (top-down) en waar mogelijk samen met de projecten acties uitgevoerd om de planet-impact te versterken (bottom-up).

Verder is CE Delft in de loop van 2009 gevraagd de diverse thema's en projecten binnen Transumo nader te analyseren op planet-aspecten, met als doel om een helderder en overzichtelijk beeld te krijgen van de potentiële milieueffecten van deze verschillende programmaonderdelen. De reden hiervoor was dat binnen deze projecten - waarin innovaties worden onderzocht die zich in verschillende stadia van ontwikkeling bevinden - de relatie met de milieuaspecten van duurzaamheid veelal nog niet duidelijk waren belicht.



Het voorliggende rapport geeft een overzicht van deze trajecten. Het bevat na deze inleiding als eerste een hoofdstuk over de observaties van CE Delft bij de begeleiding van diverse projecten en het visievormingstraject in de periode 2008 tot begin 2009. De overige hoofdstukken gaan nader in op de analyse van de diverse thema's en projecten, zoals uitgevoerd in 2009.

In Hoofdstuk 3 en Hoofdstuk 4 wordt belangrijke achtergrondinformatie gepresenteerd die gebruikt is bij de analyse van de verschillende thema's en projecten. In Hoofdstuk 5 komt het beoordelingskader van de projecten aan de orde. Vervolgens is er per thema een hoofdstuk met de analyse. Hierbij is er soms voor gekozen een thema in zijn geheel te bespreken en soms per project.

De analyse van de diverse thema's en projecten beperkt zich tot de emissie van luchtverontreinigende stoffen en broeikasgassen. De analyse is met name uitgevoerd op basis van informatie uit de projectrapportages en op grond van meer algemene kennis over de milieu-impacts van verschillende oplossingsrichtingen. De te verwachten effecten zijn hoofdzakelijk kwalitatief weergegeven; indien er genoeg kwantitatieve gegevens voorhanden waren heeft ook een kwantitatieve analyse plaatsgevonden. Tevens is voor enkele projecten aangegeven wat de te verwachten effecten zijn bij opschaling. In de analyses wordt ten eerste rekening gehouden met de directe effecten welke op zullen treden; daarnaast is ook de invloed van belangrijke indirecte effecten meegenomen.

De analyse is gebaseerd op de huidige milieuprestaties van voer- en vaartuigen. Deze prestaties zijn echter aan veranderingen onderhevig. Grote veranderingen in de milieuprestaties van (één van) de modaliteiten kunnen de uitkomsten van de analyses beïnvloeden.



# 2 Beschouwingen over de planet-kant van Transumo

## 2.1 Inleiding

In 2008 en begin 2009 heeft CE Delft bijgedragen aan een verdieping van de Transumo-visie op duurzame mobiliteit en tevens samen met de projecten acties uitgevoerd om de planet-impact te versterken.

Na het opstellen van de rapportage 'De planet-kant van duurzame mobiliteit, Top-down visievorming ten behoeve van Transumo' is CE Delft door Transumo gevraagd om ondersteuning te bieden aan het Transitieteam en voor verschillende activiteiten als 'planet-geweten' van Transumo.

Bij het uitvoeren van deze rol hebben betrokken adviseurs van CE Delft een aantal observaties gedaan met betrekking tot de wijze waarop de planet-kant binnen Transumo is verankerd en wordt ingevuld. In dit hoofdstuk geven we een overzicht van deze observaties.

## 2.2 Aandacht voor planet-aspecten in de Transumo-projecten

In de oorspronkelijke projectvoorstellen van Transumo-projecten is in de regel slechts summier en tamelijk opportunistisch aandacht besteed aan planet-impacts. Veelal wordt zonder verdere onderbouwing aangegeven dat het project zal bijdragen aan het goedkoper, beter en milieuvriendelijker maken van transport van personen of goederen. Er is geen aandacht besteed aan de aard en de omvang van de milieubijdragen, noch aan de termijn waarop die gerealiseerd worden. Ook wordt geen aandacht besteed aan mogelijke reboundeffecten die optreden als gevolg van de bereikte kostenreductie en kwaliteitsverbetering (die in de regel leiden tot toename van reis- en vervoerskilometrage). Wel zijn afspraken gemaakt met de projectindieners over het expliciteren en kwantificeren van de duurzaamheidseffecten.

De meeste projecten hadden tot aan de mid-term review geen aandacht besteed aan inschatting van planet-impacts. Aanvankelijk was het de bedoeling van de Transumo-directie om planet-aspecten van de projecten zwaar mee te wegen in de mid-term review. Uiteindelijk is dit afgezwakt tot het aanreiken van instrumentarium (middels de top-down visievorming en de mogelijkheid voor bottom-up begeleiding) waarmee projecten in de tweede fase van Transumo zouden kunnen werken aan versterking van de planet-impacts of de visualisatie daarvan. Voor een steviger aanpak bleek onvoldoende draagvlak binnen de projecten<sup>1</sup>.

Op programmaniveau is na de mid-term review besloten het resterende budget gericht in te zetten ten behoeve van top-ups, met als doel de planet-kant van projecten en programma te versterken. Dit heeft geleid tot diverse uitbreidingen van bestaande projecten (bv. duurzaamheidsmodule

---

<sup>1</sup> Transumo is een cofinancieringsprogramma onder BSIK waarbij de projectparticipanten zelf een groot belang moeten hebben in het realiseren van projectdoelstellingen omdat van de totale projectkosten effectief meer dan 60% uit eigen middelen moet worden gefinancierd.



bereikbaarheidskaart.nl, CO<sub>2</sub>-module in Verzekeren per kilometer) en tot nieuwe projecten (bv. Adaptatie transport klimaatverandering, Transportpreventie, C'mm'n 2.0 en DIEMIGO) met een expliciete focus op (de planet-kant) van duurzame mobiliteit.

Ook na het uitwerken van de planet-visie en de handreikingen voor projecten heeft slechts een beperkt aantal projecten de handschoen opgepakt en een poging gewaagd om planet-impacts concreter uit te werken. Van het aanbod om daarbij door CE Delft begeleid te worden hebben slechts enkele projecten gebruik gemaakt.

In de eindrapportages van alle projecten wordt in veel gevallen nog steeds slechts oppervlakkig aandacht besteed aan planet-aspecten. De manier waarop deze gerapporteerd worden voegt niet of nauwelijks iets toe aan de beschrijvingen zoals die aan het begin van de projecten zijn gegeven in de projectvoorstellen.

Hierbij dient te worden aangetekend dat het voor CE Delft middels de beschikbare rapportages en uit presentaties van projecten veelal sowieso moeilijk is gebleken om een concreet beeld te krijgen van de aard, voortgang en resultaten van de uitgevoerde (onderzoeks)werkzaamheden binnen verschillende projecten. Voorgescreven rapportageformats met hoog aggregatieniveau bevatten vaak mistige projectbeschrijvingen en nodigen duidelijk niet uit tot concrete verantwoording van resultaten. Maar ook projectpresentaties, zelfs die in de eindfase van Transumo, besteedden nog vaak meer aandacht aan de doelen van het project dan aan de resultaten die inmiddels behaald zouden moeten zijn. De rapportage- en verantwoordingsstructuur binnen Transumo heeft er ons inziens op deze manier toe bijgedragen dat projecten niet uitgedaagd zijn om concreet te worden m.b.t. hun planet-impacts.

### 2.3 Mogelijkheden voor invulling van planet-aspecten

Bij het inschatten van planet-impacts van Transumo-projecten is het belangrijk zich te realiseren dat er onder de Transumo-vlag twee verschillende soorten projecten worden uitgevoerd:

- ontwikkeling/ontwerp van concepten/systemen om mobiliteit te verduurzamen (technisch/economisch mobiliteitssysteem), bijvoorbeeld Verzekeren per kilometer, ATMO/ATMA, People Movers Op weg, ECO, A15 Van Maasvlakte naar achterland;
- ontwikkeling van bestuurlijke en organisatorische processen (governance systeem) waarmee transitie naar duurzame mobiliteit kunnen worden bewerkstelligd, bv. DYNAMIPS, TransPorts, DESSUS.

Voor de eerste categorie projecten is het in principe mogelijk om een (toekomstig) systeem te schetsen waarin de te ontwikkelen optie wordt toegepast en te schatten hoeveel een dergelijk systeem bij zou kunnen dragen aan de vermindering van voertuigkilometers of de reductie van CO<sub>2</sub>-emissies of geluidsoverlast t.o.v. een referentiesituatie.

Voor de tweede categorie projecten is dat vanzelfsprekend niet het geval. De uitdaging voor deze categorie is om helder te beschrijven hoe processen rondom het ontwerp, de realisatie en het beheer van transportsystemen anders gaan worden georganiseerd en om zo overtuigend mogelijk aannemelijk te maken dat en waarom de toepassing van de nieuwe bestuurlijke en organisatorische processen leidt tot implementatie van duurzamere



ruimtelijke en mobiliteitsoplossingen dan binnen de huidige bestuurlijke en organisatorische processen het geval is.

## 2.4 Oorzaken voor de beperkte rol van de planet-aspecten in de projecten

De beperkte aandacht voor de planet-kant van duurzame mobiliteit binnen Transumo-projecten heeft naar onze mening drie belangrijke oorzaken:

1. Bij honorering van de projecten is de voorziene planet-impact niet of onvoldoende meegewogen. Als gevolg daarvan herbergt Transumo verschillende projecten die volgens de 3P-benadering niet aan duurzame oplossingen in brede zin werken, maar vooral aan deeloplossingen m.b.t. bijvoorbeeld bereikbaarheid of logistieke knelpunten.
2. Als gevolg van de tripartiete opzet van projecten en de slechts gedeeltelijke financiering vanuit Transumo hebben deelnemende bedrijven veel macht binnen de consortia. Daardoor is er onevenredig veel aandacht voor *profit*- en *people*-aspecten die bijdragen aan de business case voor deelnemende bedrijven en slechts beperkt voor planet-aspecten.
3. Binnen verschillende, bij duurzame mobiliteit betrokken, vakgebieden blijkt de kennis van voor het vakgebied relevante planet-aspecten, in termen van aard en omvang van de op te lossen problemen en de potentiële bijdrage van oplossingsrichtingen, vaak slechts erg oppervlakkig.

## 2.5 Bijdrage van Transumo aan planet-aspecten

De mede door CE Delft uitgevoerde activiteiten m.b.t. versterking van de Transumo-visie op de planet-kant van duurzame mobiliteit zijn communicatief goed en breed uitgedragen en hebben op programmaniveau zeker bijgedragen aan een betere positionering van Transumo op dit punt. De planet-activiteiten hebben naar de mening van CE Delft in veel gevallen niet of nauwelijks geleid tot merkbare bijsturing in de projecten.

Uit de planet-visie komt duidelijk naar voren dat oplossingen in het Transumodomein<sup>2</sup> voor het halen van korte en lange termijn duurzaamheidsdoelen een belangrijke aanvulling kunnen leveren op technische maatregelen in de sfeer van verbetering van energie-efficiëntie en emissiereductie bij aandrijf- en voertuigsystemen en gebruik van schone/duurzame energiedragers. De projecten binnen Transumo hebben deze potentie echter onvoldoende onderbouwd.

Dit kan als een gemiste kans worden beschouwd. Het is juist de maatschappelijke opgave vanuit planet-oogpunt die maakt dat de transitie naar duurzame mobiliteit ondersteuning vanuit de overheid behoeft middels programma's als Transumo. Onderzoek en ontwikkeling ten dienste van *profit*- en *people*-doelen zijn reeds voldoende geborgd in de bestaande onderzoeksprogramma's m.b.t. mobiliteit en logistiek.

---

<sup>2</sup> Concepten/systemen voor markten voor verplaatsing/vervoer/verkeer zoals verkeerskundige maatregelen, logistieke oplossingen voor duurzamer goederenvervoer over de weg, het bieden van aantrekkelijke alternatieven voor personen- en goederenvervoer over de weg, overall mobiliteitsbeheersing en duurzaam ruimtegebruik, infrastructuur, etc., alsmede tools voor de organisatie van processen tussen publieke en private organisaties, belangengroepen en individuen die de ontwikkeling en de implementatie van duurzame mobiliteitssystemen bevorderen.



Door versterking van de aandacht voor de planet-kant in projecten en in het Transumo-programma als geheel heeft Transumo wel bijgedragen aan het ontwikkelen en verankeren van betere kennis van planet-aspecten van duurzaamheid in de Nederlandse kennisinfrastructuur m.b.t. duurzame mobiliteit. Dit is niet alleen relevant vanuit een wetenschappelijk oogpunt maar zal uiteindelijk ook leiden tot een sterkere agendering en borging van planet-belangen in technische ontwerpprocessen en bestuurlijke processen.

## 2.6 Visies transitie naar duurzame mobiliteit

Binnen de wereld van mobiliteit en logistiek (bedrijfsleven, onderzoek en adviseurs), zoals vertegenwoordigd in het Transumo-programma, heeft CE Delft een sterke voorkeur geconstateerd voor een stakeholder- en procesgeoriënteerde transitiebenadering van duurzame ontwikkeling. Er is een afkeer van (technische) blauwdrukken en van sterke sturing vanuit de overheid middels normstelling of bijvoorbeeld CO<sub>2</sub>-beprijzing of CO<sub>2</sub>-handelssystemen. De transitie naar duurzame mobiliteit moet bottom-up vorm krijgen op basis van de belangen van verschillende stakeholders die elkaar vinden in nieuwe governance constellaties. In dit beeld is er geen sterke partij die de regie heeft. Niet alleen worden de oplossingen gaandeweg het proces ontwikkeld, maar ook de duurzaamheidsdoelen worden niet van tevoren of van buiten af vastgesteld maar in samenwerking tussen alle partijen gedurende het proces iteratief gedefinieerd.

De 3P-benadering is min of meer wetenschappelijk gestoeld en heeft duidelijk waarde in het voorkomen van een te eenzijdige benadering van duurzaamheid als milieuvraagstuk. Gegeven ook de hierboven genoemde praktische ervaringen in de tripartiet georganiseerde Transumo-projecten, is het echter de vraag of met deze benadering de urgentie van grootschalige, structurele maatregelen tijdig wordt onderkend (bv. 80% reductie van CO<sub>2</sub>-emissies in 2050 t.o.v. 1990 om klimaatverandering binnen de 2°C-grens te houden). Binnen de 'zachte' transitiebenadering maakt het 3P-paradigma vermindering van negatieve planet-impacts namelijk te allen tijde uitwisselbaar met benefits op *people* en *profit*. Dit kan het realiseren van ambitieuze planet-doelen op lange termijn in de weg staan.

Deze zorg wordt bevestigd door het feit dat veel deelnemers aan de verschillende workshops m.b.t. visievorming aangaven er van overtuigd te zijn dat er één of andere ramp nodig is om het systeem tot daadwerkelijke en structurele koerswijziging richting duurzaamheid te bewegen.

## 2.7 Aanbevelingen voor vervolg

Het verdient aanbeveling om in programma's die voortbouwen op het erfgoed van Transumo nadrukkelijker, structureler en minder vrijblijvend aandacht te besteden aan de planet-kant van duurzame mobiliteit. Dit dient te gebeuren bij het opstellen van de visie op programmaniveau, bij het opstellen en beoordelen van individuele projectvoorstellen, bij het ontwerpen van rapportageformats, bij de beoordeling van rapportages en bij de overige verantwoordingsmechanismen die in het programmamanagement worden ingebouwd. Gegeven de complexiteit van de materie en daaruit voortvloeiende methodologische uitdagingen ligt het voor de hand de betrokken kennisinstellingen een sterkere rol te geven in het kwantificeren of anderszins visualiseren/concretiseren van bijdragen aan planet-doelen.



# 3 Milieueffecten van betere doorstroming en bereikbaarheid

## 3.1 Inleiding

Veel van de projecten binnen Transumo richten zich op het verbeteren van de bereikbaarheid en op een betere doorstroming van het wegverkeer. In dit hoofdstuk geven we een overzicht van de belangrijkste milieueffecten van betere doorstroming en bereikbaarheid.

Een betere doorstroming van wegverkeer en bereikbaarheid met de auto beïnvloeden de totale emissies op verschillende manieren:

### 1. Andere emissies per voertuigkilometer

De uitstoot per voertuigkilometer in de file is voor zowel CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> als SO<sub>2</sub> hoog in de file, omdat er veel geremd en opgetrokken wordt (stop-and-go); emissies zijn minimaal bij ca. 80 km/uur (bij *constante* snelheid) en weer hoger vanaf 80 km/uur (zie Figuur 1).

### 2. Toename aantal autokilometers

Op de langere termijn en in mindere mate op kortere termijn zal een betere doorstroming (dus hogere gemiddelde snelheid) leiden tot een toename van het aantal voertuigbewegingen (indien geen maatregelen worden genomen om dit 'reboundeffect' tegen te gaan). Dit wordt veroorzaakt door het ervaringsfeit dat mensen gemiddeld genomen een vaste hoeveelheid tijd per dag aan transport blijken te accepteren (ca. 60 tot 70 minuten). Een hogere gemiddelde verplaatsingssnelheid leidt er toe dat het zoekgebied voor woonlocatie en activiteitenlocaties groter wordt. Op termijn blijken mensen bijvoorbeeld verder bij hun werk vandaan te gaan wonen of verdere uitstapjes te gaan maken omdat het maken van reizen minder tijd in beslag neemt.

### 3. Afname van het aantal kilometers bij andere vervoerswijzen

Reizigers die wat betreft de waardering van modaliteiten (bijvoorbeeld reistijd) relatief dicht bij het 'omslagpunt' zitten, zullen bij een kwaliteitsverbetering van de modaliteit 'auto' minder snel voor alternatieven kiezen zoals de trein en op kortere afstanden ook de fiets, omdat deze alternatieven relatief minder aantrekkelijk worden t.o.v. de auto.

### 4. Veranderingen in de congestieverdeling

Wanneer congestieknelpunten op een bepaalde plek worden opgelost, kan dit leiden tot een toename van verkeer op andere plekken en/of andere tijden, waar nieuwe congestie ontstaat.

Hieronder worden de effecten verder toegelicht.

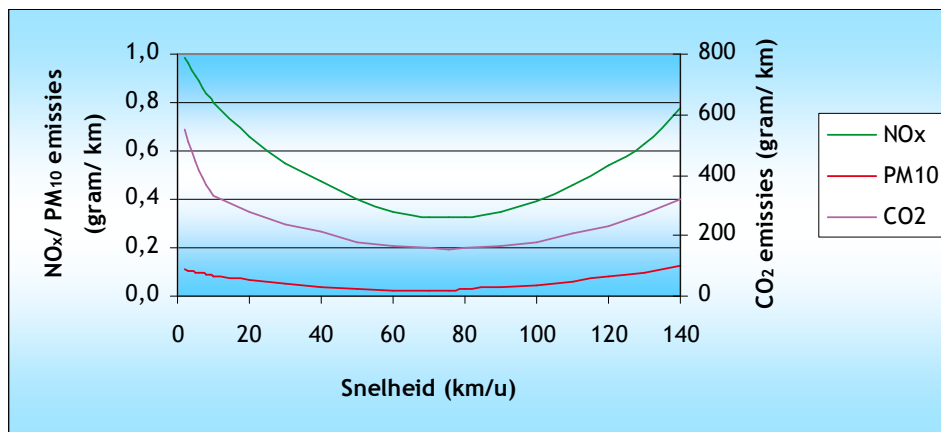
### 3.1.1 Emissies per voertuigkilometer

De emissies per kilometer hangen enerzijds af van de snelheid en anderzijds van de ritdynamiek. Bij hogere snelheden nemen de emissies ten opzichte van het optimum toe, door toenemende rol- en luchtweerstand (en bij zeer hoge belasting ook door minder optimale verbranding). Bij lage constante snelheden zijn de emissies over het algemeen lager. Een lage gemiddelde snelheid gaat echter vaak gepaard met een hoge mate van afwisselend afremmen en gas geven (grote ritdynamiek), wat leidt tot een hoger brandstofverbruik en een minder goed gereguleerde verbranding. Ook wordt de motor meer in deellast



gebruikt wat eveneens tot hoger brandstofverbruik en in de regel hogere emissies leidt. De snelheidemissieprofielen voor personenauto's op snelwegen zijn weergegeven in Figuur 1. SO<sub>2</sub>-emissies zijn niet weergegeven maar zijn - gegeven het zwavelgehalte in brandstof - net als CO<sub>2</sub>-emissies afhankelijk van het brandstofverbruik en vertonen hetzelfde patroon als de CO<sub>2</sub>-emissies.

Figuur 1 NO<sub>x</sub>-, PM<sub>10</sub>- en CO<sub>2</sub>-emissie per autokilometer als functie van de gemiddelde snelheid op autosnelwegen in 2007



Bron: TML, 2009; bewerkt naar emissies inclusief brandstofproductie.

Belangrijk om hierbij aan te tekenen is dat de tijd die bestuurders in de file staan (zeker gevoelsmatig) weliswaar hoog is (ca. 13% van de tijd op snelweg), maar dat het aantal erin afgelegde kilometers gering is door de lage gemiddelde snelheid (ca. 3% (TNO 2008)). De bijdrage van files aan de totale emissies (en daarmee het potentieel voor reductie door oplossing van files) is dus kleiner dan op grond van de omvang van de congestieproblematiek zou kunnen worden verwacht.

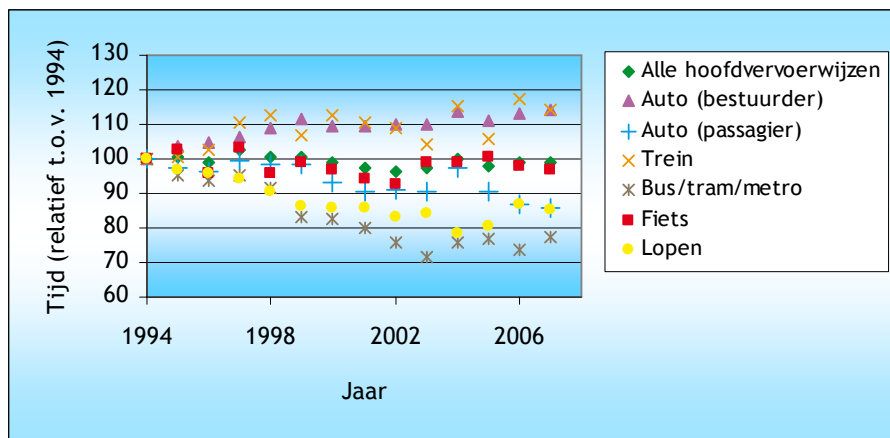
### 3.1.2 Voertuigkilometers en effect andere vervoerwijzen

Een verbeterde doorstroming en bereikbaarheid maken reizen aantrekkelijker en daardoor worden er meer kilometers gemaakt. De empirische wet die dit beschrijft is de zogenaamde BReVer-wet (Behoud van Reistijd en Verplaatsing) (Hupkes, 1977; Van Wee, 2009; CE, 2009). Deze wet stelt dat de gemiddelde reistijd per persoon door de jaren heen vrijwel constant is (60-70 minuten per etmaal) en dat dit zelfs in verschillende landen ongeveer gelijk is (Levinson, 1995; Lawton, 2001). Het lijkt er op dat de gemiddelde mens niet bereid is veel meer dan een uur per dag aan reizen te besteden, maar merkwaardig genoeg ook nooit veel minder tijd aan reizen kwijt is (gemiddeld over alle motieven, verplaatsingen, de hele bevolking, etc.).

Ter illustratie van dit gegeven is de gemiddelde reistijdontwikkeling in Nederland in de periode 1994-2007 weergegeven. Te zien is dat in de loop der jaren meer reistijd met de auto en trein wordt doorgebracht en minder met bus/tram/metro en te voet. Gemiddeld genomen blijft de reistijd echter vrijwel constant.



Figuur 2 Ontwikkeling van gemiddelde reistijdsbesteding per etmaal per persoon (1994 = 100).



Bron: CBS-cijfers: Mobiliteit Nederlandse bevolking per regio naar motief en vervoerwijze.

Een constant reistijdbudget, zoals beschreven in de BReVer-wet, betekent dat de gemiddelde reistijdselasticiteit van het aantal kilometers gelijk is aan -1, (gemiddeld over alle modaliteiten) (van Wee, 1998; Pflaiderer, 2003). Dit houdt in dat 1% toename in reistijd leidt tot 1% afname van het aantal kilometers. Dit betekent ook dat 1% toename in de snelheid leidt tot 1% toename in kilometers<sup>3</sup>. Deze elasticiteit geldt voor alle modaliteiten samen. Het effect voor alleen auto's zal groter zijn, omdat er ook uitwisseling is met andere modaliteiten. Wanneer autoverkeer sneller wordt zal de door automobilisten bespaarde tijd niet alleen ingezet worden voor extra reizen met de auto, maar zullen ook o.a. OV-gebruikers eerder geneigd zijn in de auto te stappen. De autoreistijdelasticiteit van het aantal autokilometers zal daarom in absolute zin groter zijn dan -1 (meer in de orde van -1,3, zie onder).

In 1999 is het Europees project TRACE uitgevoerd, waarin elasticiteiten tussen autoreistijden en prijzen enerzijds en aantal ritten en voertuigkilometers anderzijds zijn bepaald. De autoreistijdelasticiteiten en kruiselasticiteiten van voertuigkilometers en aantal ritten voor Nederland zijn gegeven in Figuur 3 (EC, 1999). In de studie is hierbij onderscheid gemaakt tussen korte en lange termijn elasticiteiten.

Figuur 3 Autoreistijdelasticiteiten van autokilometers en OV-kilometers

		Voertuig kilometers (met auto/ OV)	Aantal ritten (met auto/ OV)
Korte termijn	Auto	-0,35	-0,20
	Openbaar vervoer	1,55	0,95
Lange termijn	Auto	-1,34	-0,33
	Openbaar vervoer	0,65	0,51

<sup>3</sup> Reistijd en snelheid zijn omgekeerd evenredig en daarmee zijn de reistijdelasticiteit en de snelheidselasticiteit van het aantal kilometers elkaars tegengestelde.



Een betere doorstroming zal op kortere termijn waarschijnlijk wel leiden tot een (gedeeltelijke) afname in reistijdbesteding, omdat het reisgedrag niet direct aangepast zal worden. Op langere termijn zijn er echter meer veranderingen mogelijk die leiden tot een toename van de kilometers. In Figuur 4 is een aantal veranderingen in reisgedrag opgesomd die leiden tot een structurele verandering in het reisgedrag en daarmee tot meer autokilometers (Litman, 2007).

Figuur 4 Mogelijke gevolgen betere doorstroming en hogere gemiddelde snelheid op de weg

Termijn	Meer auto kilometers door:
Kort	Minder thuiswerken en teleconferenties
	Langere (maar snellere) route i.p.v. (voorheen) de kortste
	Auto i.p.v. fiets/OV voor incidentele ritten
	Andere bestemming verder van huis kiezen
	Auto eerder thuis van werk, meer gebruik door familieleden
Middellang	Auto i.p.v. fiets/OV op vaste ritpatronen
	Minder efficiënt ritpatroon (combineren bestemmingen)
	Meer ritten
Lang	Verder van het werk gaan wonen
	Minder goede fietsinfrastructuur en OV-aanbod door minder vraag
	Bebouwing locatie gericht en minder afhankelijk van afstand
	Meer bedrijvigheid op afstand (supermarkt buiten de stad)

### 3.1.3 Congestie

Het verbeteren van doorstroming kan tot gevolg hebben dat er op langere termijn extra verkeer op de weg komt. Het oplossen van knelpunten met veel congestie kan er op die manier toe leiden dat op andere plekken of op andere tijden er juist een toename van congestie is.

## 3.2 Emissies per minuut

Een betere doorstroming leidt tot een betere bereikbaarheid en - indien geen aanvullende maatregelen worden genomen - tot een snellere verplaatsing. Doorstromingsbevordering heeft direct tot gevolg dat bij het verminderen van files de emissies per kilometer lager worden. Anderzijds heeft dit, met name op langere termijn, tot gevolg dat de vermeden reistijd voor (een) andere (manier van) reizen wordt ingezet. In de meeste gevallen zullen deze extra kilometers met de auto worden afgelegd, omdat dit nu eenmaal de meest gebruikte modaliteit is en bovendien nog aantrekkelijker wordt door de hogere gemiddelde snelheid. Wanneer alle bespaarde reistijd zou worden gebruikt voor vervoer per auto zou dit betekenen dat bij een toename van de snelheid met 10% het aantal kilometers ook zal toenemen met 10%. De autoreistijd-elasticiteit van -1,34 (Figuur 3) geeft echter aan dat het aantal kilometers met 13,4% groeit. Hieruit valt dus af te leiden er zelfs meer tijd in de auto wordt doorgebracht bij toenemende snelheid ten koste van andere modaliteiten. Het gevolg hiervan is dat bij een betere doorstroming er dus meer reizigers-kilometers worden afgelegd.

Wanneer als gegeven wordt genomen dat de reistijd op lange termijn constant is, is het interessant om in plaats van de emissies per kilometer, de emissies per minuut te beschouwen. Het gaat er dan immers om hoeveel gemiddeld in de 60-70 minuten wordt uitgestoten. In Figuur 5 zijn de emissies per kilometer uit Figuur 1 vertaald in de emissies per minuut. In Figuur 5 is te zien dat hoe

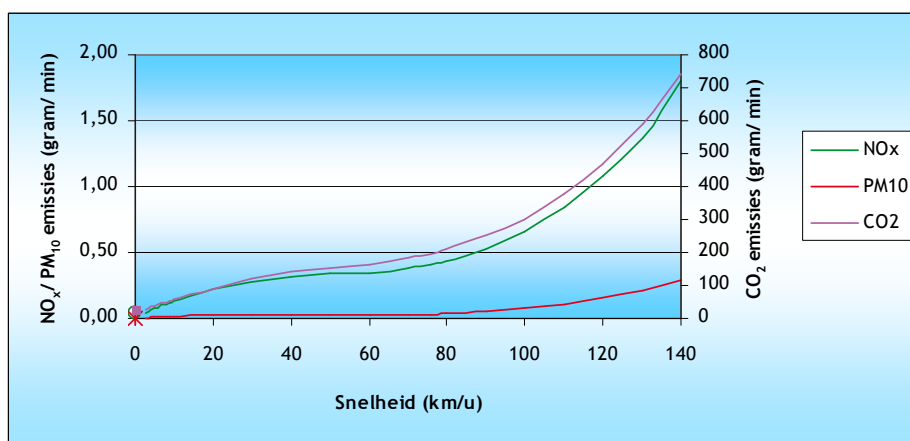


hoger de snelheid van auto's hoe hoger de uitstoot per minuut. Bij een betere doorstroming worden de emissies per minuut dus hoger. Bij snelheden boven de 80 km/uur nemen de emissies steeds sterker toe.

Uitgaande van de vaste tijdbesteding is het rijden met een gemiddeld lagere snelheid dus altijd beter voor het klimaat. Wanneer de snelheid toeneemt, zal de gewonnen reistijd namelijk uiteindelijk worden ingezet voor andere ritten, waarmee dus het verkeersvolume zal groeien. De extra emissies door de groei van het verkeersvolume op langere termijn overstijgt in alle gevallen de eventuele lagere emissies per kilometer.

Bij lage snelheid komen de emissies per minuut in de buurt van de stationaire emissies. De stationaire emissies zijn weergegeven op de y-as bij  $x=0$ .

Figuur 5  $\text{NO}_x$ ,  $\text{PM}_{10}$ - en  $\text{CO}_2$ -emissies per minuut bij verschillende snelheden (inclusief emissies bij raffinage)



Een betere doorstroming zal op de lange termijn alleen een positief effect hebben wanneer de vermeden tijd in de file benut wordt door gebruik te maken van vervoerswijzen met lagere (OV, brommer) of geen emissies (fietsen, lopen) per minuut.

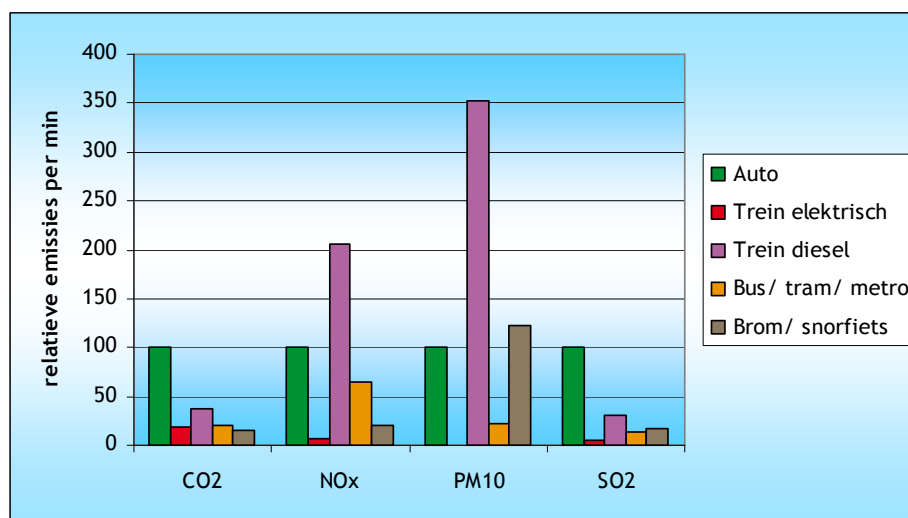
In Figuur 6 zijn de gemiddelde emissies per reisminuut van verschillende vervoerswijzen weergegeven. In de meeste gevallen scoort de auto het slechtst en levert een overstap vanuit de auto naar andere vervoerswijzen een positieve bijdrage aan het milieu. Alleen de dieseltrein ( $\text{PM}_{10}$  en  $\text{NO}_x$ ) en de brommer ( $\text{PM}_{10}$ ) scoren voor sommige emissies slechter. Hierbij dient opgemerkt te worden dat emissies van voor- en natransport in Figuur 6 niet zijn meegenomen. In het geval van OV wordt er vaak veel reistijd besteed aan voor- en natransport in de vorm van lopen of fietsen waarbij geen emissies optreden. Hierdoor zullen de emissies per minuut voor deze vervoerswijzen in de praktijk nog wat lager liggen.

Wanneer OV aantrekkelijker wordt gemaakt door bijvoorbeeld de prijs te verlagen of door het sneller te maken, zal er niet alleen een verschuiving plaatsvinden van auto naar OV (minder emissies), maar ook van de langzame modes (lopen en fietsen) naar OV (meer emissies). Afhankelijk van de verhouding tussen deze twee soorten modal shift, zal het aantrekkelijker maken van OV daarmee een positief of negatief netto invloed hebben op de totale hoeveelheid emissies.

Belangrijk om op te merken is dat de modal shift van langzame modes naar OV of auto een toename in de mobiliteitsvraag van deze vervoerswijzen oplevert,

maar dat de tijd die aan transport wordt besteed (incl. langzame modes) daarmee niet toeneemt.

Figuur 6 Relatieve emissies per minuut (auto = 100) voor verschillende vervoerswijzen (inclusief emissies voor elektriciteitopwekking en raffinage)



Bron: Stream, 2008; data voor 2010 bewerkt naar emissies per minuut met behulp van gemiddelde snelheden volgens CBS, 2008 (auto 45 km/u, trein 34 km/u, bus/tram/metro 21 km/u, brom-/snorfiets 22km/u). Voor de auto-emissies geldt: NO<sub>x</sub> (0,27 g/min), PM<sub>10</sub> (0,017 g/min), CO<sub>2</sub> (156 g/min). Voor elektriciteit is gerekend met de Nederlandse productiemix.

### 3.3 Conclusie

Vermeden reistijd door een betere doorstroming op de weg zal in grote mate (opnieuw) worden besteed aan reizen per auto, zeker wanneer het reizen per auto gemiddeld steeds sneller wordt. Het oplossen van files of het op andere wijzen verbeteren van de doorstroming op de weg zal daarom op langere termijn (bij gelijke autotechniek en emissiefactoren) altijd leiden tot meer emissies. Dat dit zo is wordt inzichtelijk door de emissies van autoverkeer per minuut te bekijken. De twee effecten van verbeterde doorstroming, namelijk (1) lagere emissies per kilometer en (2) extra transportvolume, worden op deze manier gelijktijdig beschouwd. De aanname hierachter is dat de reistijd in de auto gelijk blijft en in ieder geval niet afneemt. Een afname van de reistijd in de auto is ook niet te verwachten aangezien het reizen per auto sneller en daarmee aantrekkelijker wordt.

Een voorbeeld van een manier om doorstroming te bevorderen en tegelijk milieueffecten te reduceren is de invoering van een kilometerprijs. Dit zal leiden tot een verschuiving van reistijd in de auto naar andere (langzamere) vervoerswijzen, met name OV en fiets/lopen en vanwege het constante reistijdbudget, tevens tot een afname van het totale volume personen-mobiliteit (in km).

De hierboven beschreven analyse geldt voor personenverkeer. Voor goederen-transport kan niet worden uitgegaan van een vaste reistijd. Hierbij spelen transportkosten een belangrijke rol. In het volgende hoofdstuk wordt dieper ingegaan op de emissies van de verschillende modaliteiten in personen en goederenvervoer.

# 4 Modal shift

## 4.1 Inleiding

Goederen en personen worden vervoerd met behulp van verschillende vervoerswijzen (modaliteiten). De modal split geeft de relatieve vervoersprestaties van de verschillende modaliteiten op een gegeven moment weer. Modal split-cijfers kunnen worden opgesteld op verschillende niveaus, bijvoorbeeld voor een heel land of voor specifieke segmenten zoals personen- of goederenvervoer.

Omdat de verschillende modaliteiten verschillen in milieuprestatie kan de modal split ook een indicator zijn voor milieuvriendelijkheid van mobiliteit. Zo is over het algemeen woon-werkverkeer met de trein schoner dan met de auto en goederenvervoer met een elektrische trein veelal schoner dan over de weg.

De milieuprestatie van een modaliteit moet wel altijd in de juiste context worden bekeken. Er zijn veel factoren van invloed op de (relatieve) milieuprestatie zoals afstanden, belading en bezettingsgraden. Zo kan een personenauto met hoge bezetting (bv. vier passagiers) een betere milieuprestatie per reizigerskilometer leveren dan een trein of bus met gemiddelde of lage bezetting en kan een volbeladen vrachtauto beter presteren dan een goederentrein met een lage beladingsgraad.

De modal split is geen statisch gegeven. Er kunnen veranderingen optreden in de relatieve vervoersprestaties van modaliteiten. Een verschuiving van de ene naar de andere modaliteit of een verschuiving in de relatieve vervoersprestatie wordt aangeduid met de term modal shift. Naast endogene factoren zoals snelheid en prijs kunnen ook exogene factoren, zoals economische en demografische veranderingen van invloed zijn op de modal split.

Vanuit het oogpunt van bereikbaarheid, milieuvervuiling, maar ook economische ontwikkelingen kan het interessant zijn de modal split te beïnvloeden.

Een modal shift kan worden bewerkstelligd door het bieden van meer capaciteit, minder reistijd, lagere kosten, hogere betrouwbaarheid of betere voorzieningen voor bepaalde modaliteiten ten opzichte van de ‘concurrerende’ of alternatieve modaliteiten.

Voorbeelden van maatregelen die een *modal shift* van de auto naar bijvoorbeeld openbaar vervoer in het personenvervoer kunnen bevorderen, zijn het aanleggen van transferia, doelgroepstroken voor collectief personenvervoer (sneller) of het goedkoper of zelfs gratis aanbieden van openbaar vervoer op bepaalde trajecten.

Maatregelen die bij zouden kunnen dragen aan een *modal shift* van weg naar bijvoorbeeld rail- of binnenvaartvervoer in het goederenvervoer zijn de aanleg van distributie- en overslagcentra, zodat inter-modaal transport goedkoper en sneller wordt, het verbeteren van de kwaliteit van het binnenvaart- of railvervoer of het bepalen van het wegverkeer.



## 4.2 Emissies van verschillende modaliteiten in het personenvervoer

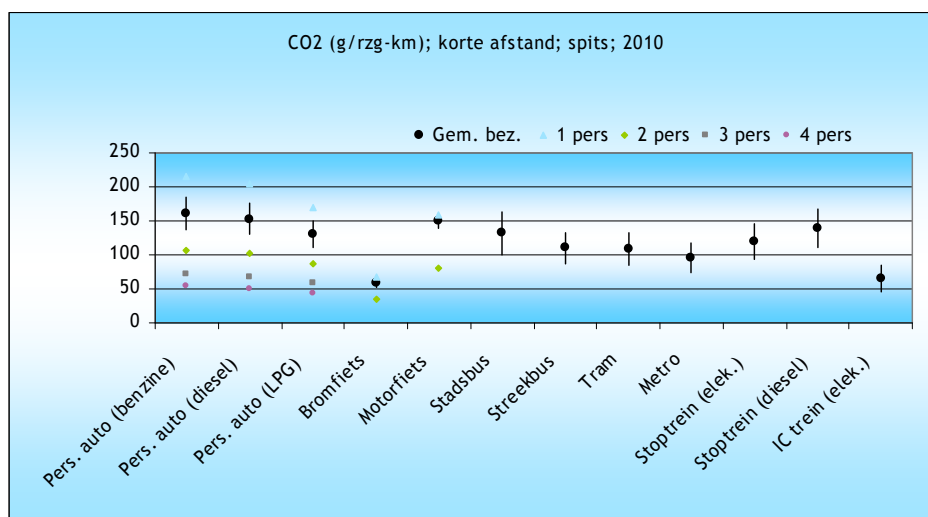
Bij *modal shift* in het personenvervoer, die gunstig kan zijn in ecologische termen, moet vooral gedacht worden aan de overgang van auto naar fiets en lopen en naar bepaalde vormen van openbaar vervoer (bv. intercitytreinen) of besloten busvervoer (touringcars). Met name de CO<sub>2</sub>-emissies van personenauto's zijn namelijk per reizigerskilometer vaak hoger dan die van deze vervoerswijzen. Hierbij moet aangetekend worden dat het van belang is hoe men de modaliteiten vergelijkt. Zo zal een auto met vier personen schoner zijn dan een bus met vier personen, maar ook beter dan een bus met gemiddelde bezetting. Ook zijn luchtvervuilende emissies zoals NO<sub>x</sub> en PM van personenauto's vaak concurrerend of soms zelfs veel lager dan die van openbaar vervoer.

CE (2008a) heeft emissies van verschillende modaliteiten in kaart gebracht. Hierbij is uitgegaan van gemiddelde emissies en bezetting van voertuigen in Nederland. Figuur 7 presenteert de CO<sub>2</sub>-emissies van verschillende modaliteiten. Daarnaast worden in Figuur 8 en Figuur 9 de luchtverontreinigende emissies per modaliteit weergegeven. Rond het gemiddelde is een range aanwezig vanwege onzekerheden in logistieke kenmerken, zoals de gemiddelde bezettingsgraad, de omwegfactoren ten opzichte van de auto en het voor- en natransport van OV. Voor auto's is tevens weergegeven hoe emissies samenhangen met de bezetting van de auto.

Binnen deze gegevens is dus reeds rekening gehouden met het feit dat bij bepaalde modaliteiten voor- en natransport plaats dient te vinden welke een negatieve invloed kan hebben op de milieuprestatie. Daarnaast is ook rekening gehouden met het emissieverhogende effect dat wordt veroorzaakt doordat bijvoorbeeld de afstand die met het openbaar vervoer wordt afgelegd gemiddeld genomen langer is dan met de auto.

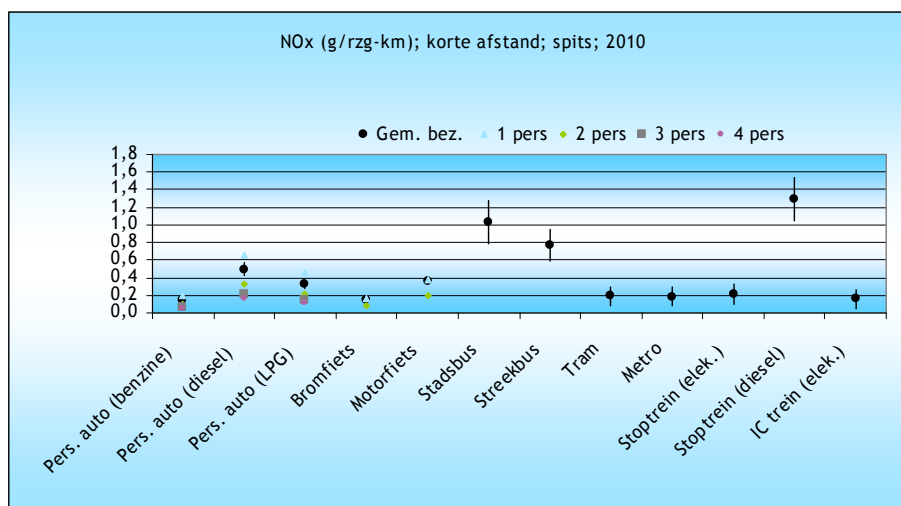
In Hoofdstuk 3 zijn CO<sub>2</sub>-emissies ook uitgedrukt per tijdseenheid. In die vergelijking is een reis met openbaar vervoer (met uitzondering van de dieseltrein) schoner dan met een gemiddelde personenauto.

Figuur 7 CO<sub>2</sub>-emissies van verschillende modaliteiten in het personenvervoer



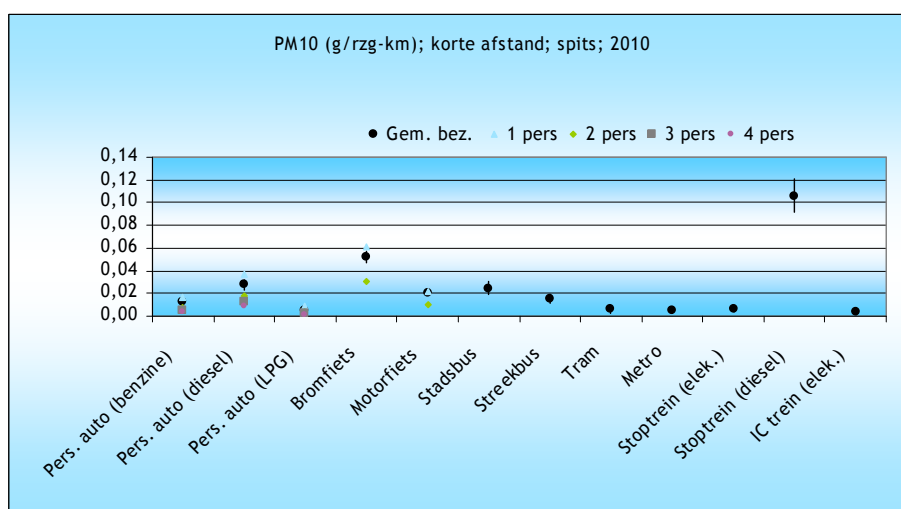
Bron: CE (2008a).

Figuur 8 NO<sub>x</sub>-emissies van verschillende modaliteiten in het personenvervoer



Bron: CE (2008a).

Figuur 9 PM<sub>10</sub>-emissies van verschillende modaliteiten in het personenvervoer



Bron: CE (2008a).

### 4.3 Emissies van verschillende modaliteiten in het goederenvervoer

In het goederenvervoer wordt de keuze voor een modaliteit vooral beïnvloed door de beschikbaarheid, betrouwbaarheid, snelheid en kosten van de verschillende alternatieven en door de aard van het product. De weging van bovenstaande punten wordt vanzelfsprekend beïnvloed door het type product dat getransporteerd dient te worden.

In het geval een lading met beperkte houdbaarheidsdatum getransporteerd dient te worden zal de snelheid van levering een relatief belangrijkere rol innemen dan bij waren zonder houdbaarheidsdatum.

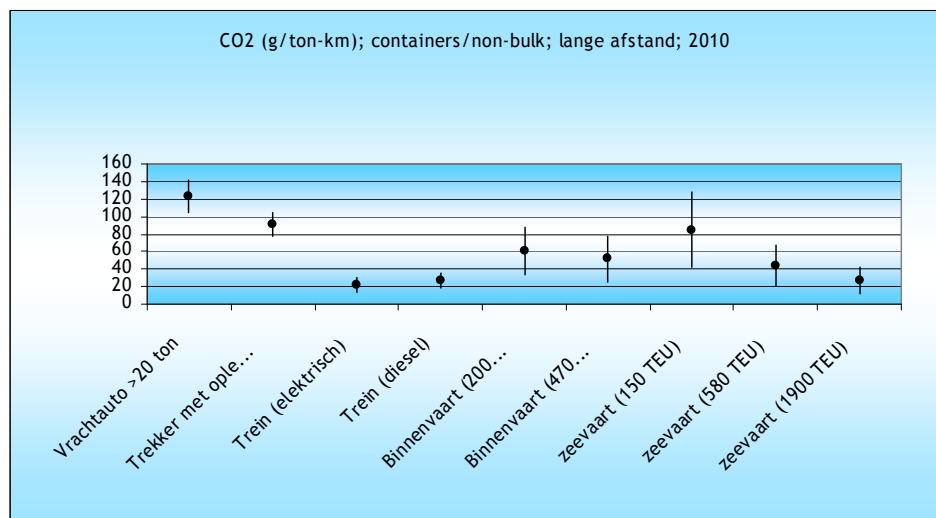
Emissies van goederentransport zijn onder andere afhankelijk van de gekozen modaliteit. Zo is een elektrische trein bijvoorbeeld gemiddeld schoner dan een vrachtauto. Van grotere invloed zijn echter de logistieke parameters van het transport. Wanneer de trein gemiddeld beladen is en de vrachtwagen volledig

is beladen, zal de vrachtauto schoner zijn dan de trein. Daarnaast is de noodzaak van voor- en natransport bij bepaalde modaliteiten ook van invloed op de milieuprestatie. Omdat het spoorvervoer- en binnenvaartnetwerk niet volledig dekkend zijn, dient veelal het laatste gedeelte met een andere modaliteit plaats te vinden. Hierdoor kan het voordeel in milieuprestatie van een modaliteit deels teniet worden gedaan. Daarnaast dient ook rekening gehouden te worden met het feit dat de routes per schip of trein vaak langer zijn dan over de weg. In Figuur 10 t/m Figuur 13 is in de vergelijking tussen de modaliteiten rekening gehouden met de gemiddelde omwegkilometers ten opzichte van wegverkeer en met het gemiddeld benodigde voor- en natransport.

Per goederenstroom zal daarom bekeken moeten worden wat voor het milieu de beste keuze is. Figuur 10 presenteert de gemiddelde CO<sub>2</sub>-emissies van verschillende modaliteiten in het goederenvervoer voor de lange afstand. In Figuur 11 en Figuur 12 worden de luchtverontreinigende emissies per modaliteit op de lange afstand weergegeven. Deze figuren geven voor container non-bulkvervoer in Nederland de verhouding tussen de gemiddelden van de verschillende modaliteiten weer.

Hierbij dient te worden opgemerkt dat de gemiddelde beladingsgraad van de diverse vervoerswijzen verschilt. Zo is de gemiddelde belading (in %) bij grote vrachtauto's (lange afstandsvervoer) lager dan bij treinen, mede door de aard van de goederen. In geval van modal shift van weg naar spoor zal de beladingsgraad van spoorvervoer mogelijk dalen waardoor het totale emissie-effect kleiner is dan de getoonde figuren suggereren.

Figuur 10 CO<sub>2</sub>-emissies van verschillende modaliteiten in het Nederlandse goederenvervoer

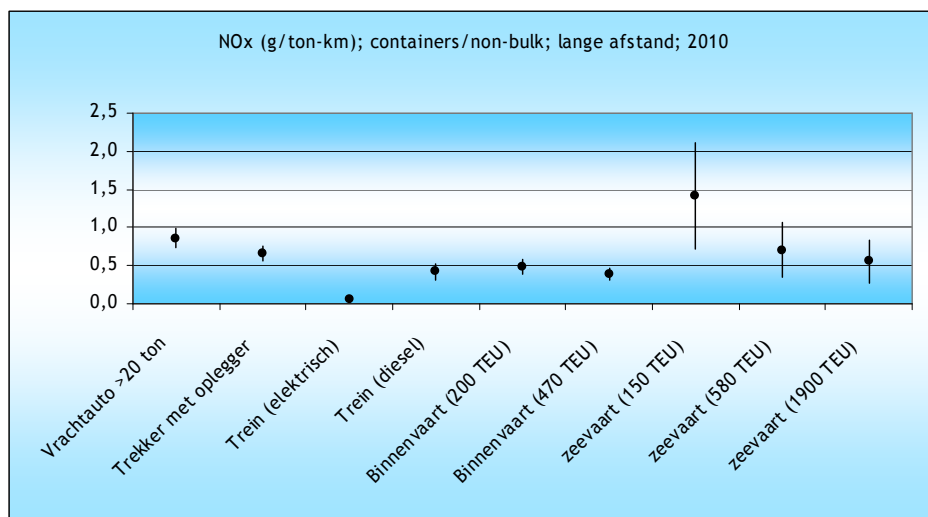


Bron: CE (2008a).

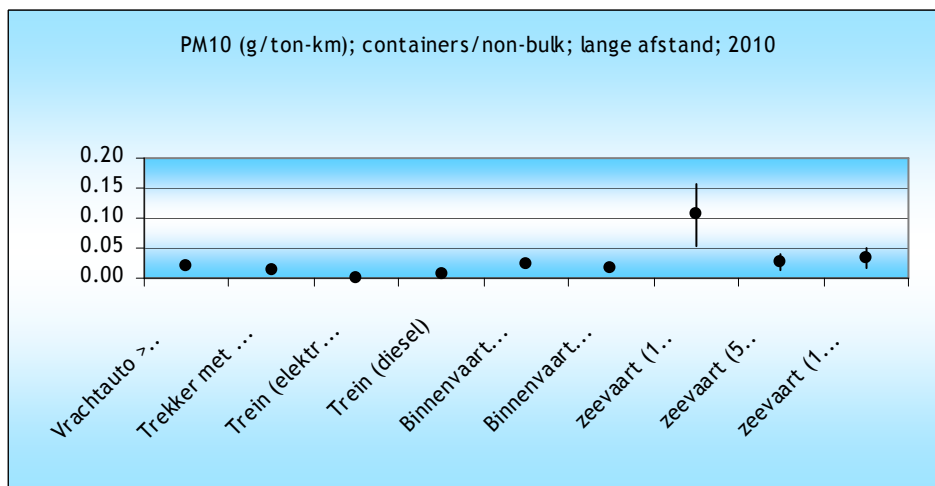




Figuur 11 NO<sub>x</sub>-emissies van verschillende modaliteiten in het Nederlandse goederenvervoer



Figuur 12 PM<sub>10</sub>-emissies van verschillende modaliteiten in het Nederlandse goederenvervoer



Bron: CE (2008a).

#### 4.4 Overwegingen bij modal shift

*Modal shift* kan zowel in het personen- als het goederenvervoer een bijdrage leveren aan CO<sub>2</sub>-reductie. Een modal shift van de auto naar OV zal in veel gevallen leiden tot lagere emissies per persoonskilometer. Het effect is echter sterk situatieafhankelijk. Een efficiënt gebruikte auto (bijvoorbeeld vier personen per auto) veroorzaakt minder emissies per passagier dan een slecht benutte bus. Ook moet rekening gehouden worden met eventuele bijeffecten.

##### 4.4.1 Bijeffecten

Om een modal shift te bewerkstelligen zijn maatregelen nodig die soms ook averechtse of ongewenste effecten met zich meebrengen. Zo zijn bijvoorbeeld veel maatregelen in het personenvervoer erop gericht het aantal reizigers dat gebruik maakt van collectief personenvervoer te verhogen door het bijvoorbeeld goedkoper te maken. Het beoogde effect is om minder reizigers met de auto en meer met het OV te laten reizen en zo emissies te

verminderen. Uit verschillende praktijkvoorbeelden blijkt dat goedkoper (en beter) OV inderdaad leidt tot meer reizigers, maar dat deze groep reizigers vaak voor een groot deel bestaat uit passagiers die zich voorheen te voet, met de fiets, of met andere vormen van OV verplaatsten. De emissies die vermeden worden door automobilisten die gebruik gaan maken van OV worden dan (deels) teniet gedaan door extra emissies van reizigers die voorheen gebruik maakten van de langzame modes.

Ook in het goederenvervoer leidt modal shift-beleid lang niet altijd tot emissiereductie. Het aanleggen van nieuwe spoorinfrastructuur voor goederenvervoer kan in principe leiden tot een verschuiving van wegverkeer naar het spoor en daarmee tot lagere emissies per tonkilometer. Tegelijkertijd kan het als bijeffect een toename van het totale transportvolume teweegbrengen vanwege hogere snelheden en/of lagere transportkosten. Hierdoor wordt het financieel aantrekkelijker om goederen van grotere afstanden te betrekken of in grotere afzetgebieden te vermarkten.

#### 4.4.2 Effectiviteit van modal shift-maatregelen

Zoals gezegd is het effect van *modal shift*-maatregelen sterk afhankelijk van de situatie. Zo zal een *modal shift* van auto naar het OV in de spits als gevolg hebben dat vrijgekomen capaciteit op de weg (gedeeltelijk) kan worden opgevuld door andere auto's en dat er meer materieel in het OV moet worden ingezet. Een *modal shift* in de daluren zal echter leiden tot minder wegvoertuigen en een opvulling van lege stoelen in het OV. Daarom is het positieve effect van een *modal shift* naar OV in de daluren groter dan in de spits.

Ook in het goederenvervoer is het effect van *modal shift*-maatregelen afhankelijk van de situatie. Wanneer een *modal shift* van wegvervoer naar spoor of binnenvaart als gevolg heeft dat goederen met een grote omweg naar de plaats van bestemming worden gebracht of dat er veel voor- en natransport met een vrachtauto nodig is zal het effect van een zuinigere modaliteit voor een deel teniet gedaan worden.

Wanneer nieuwe infrastructuur nodig is om een *modal shift* mogelijk te maken zal (vanuit milieuoogpunt) een afweging gemaakt moeten worden tussen emissies die vrijkomen bij aanleg en onderhoud van deze extra infrastructuur (ten opzichte van het alternatief) en de emissiereductie als gevolg van de *modal shift*. Bovendien kan extra infrastructuur ook tot een toename van het totale transportvolume leiden (CE, 2003). Het effect van de emissiereductie van een *modal shift* kan in sommige situaties meer dan teniet worden gedaan.

# 5 Beoordelingskader voor de analyse van projecten en thema's

## 5.1 Schematisch overzicht

In Figuur 13 is schematisch weergegeven hoe de emissies van transport kunnen worden opgebouwd uit verschillende factoren. In de eerste plaats worden de emissies bepaald door de vervoerswijze, het aantal voertuigkilometers en de emissies per kilometer van deze vervoerswijze. Het aantal kilometers is afhankelijk van het aantal ritten en de afstand per rit. Het aantal ritten is weer afhankelijk van de bezettingsgraad van personenvervoer en de beladingsgraad van goederenvervoer. De emissies per kilometer zijn afhankelijk van de techniek (bv. elektrische of dieseltreinen), het rijgedrag van de bestuurder (denk aan 'het nieuwe rijden') en de doorstroming van het verkeer ('stop-and-go' of groene zone). In de hierna volgende hoofdstukken wordt per thema of project aangegeven welke factoren een rol spelen, met behulp van de vetgedrukte codes (1, 2, 2a, etc.).

Aan het eind van elk hoofdstuk zullen de (mogelijk) optredende effecten kwalitatief beoordeeld worden, waarbij een plus (+) in de schema's duidt op een toename van de emissies en een min (-) op een afname. De plussen en minnen zeggen niets over de grootte of bijdrage van het effect.

Figuur 13 Schema van effecten die kunnen optreden en de invloed op de totale emissies

Transport emissies	1 Vervoerswijze	2 Aantal voertuigkilometers	2a Aantal ritten	2a-1 Bezettings-/beladingsgraad voertuig
				2a-2 Aantal persoonsritten/aantal tonnen
		2b Afstand per rit		
	3 Emissies per km	3a Techniek		
		3b Rijgedrag		
		3c Doorstroming/verkeerssituatie		

## 5.2 Toelichting op de diverse factoren

Hieronder volgt een toelichting op de diverse factoren in het schema.

### 1 Vervoerswijze

Bij 'vervoerswijze' (modaliteit) gaat het om een aanpassing van de manier waarop of personenvervoer of goederenvervoer plaatsvindt. Het gebruik van een andere modaliteit leidt in bijna alle gevallen tot een verandering in de emissiefactoren.

### **2a-1 Bezettingsgraad/beladingsgraad**

Het aantal voertuigbewegingen bij een gegeven vervoervraag (2a) wordt beïnvloed door de bezettingsgraad (personenvervoer) of beladingsgraad (goederenvervoer) van de voertuigen. Een stijging van de gemiddelde bezetting of beladingsgraad zal bij gelijke vervoer/transportvraag zorgen voor een daling in het aantal voertuigbewegingen en daarmee een daling in de emissies per vervoerde eenheid (persoon of ton goederen).

### **2a-2 Transportvraag**

De transportvraag beïnvloedt het aantal voertuigbewegingen (2a). Indien de vraag bij personen- en/of goederenvervoer stijgt zal, indien de bezettingsgraad c.q. de beladingsgraad niet verandert, het aantal voertuigbewegingen toenemen om aan de vraag te kunnen voldoen.

### **2b Afstand per rit**

De transportvraag hangt niet alleen af van het van het aantal personen of aantal ton goederen dat vervoerd moet worden, maar ook van de afstand van het gewenste transport. Voorbeelden hiervan zijn het verder weg gaan wonen van het werk waardoor woon-werkverkeer over grotere afstanden plaatsvindt of de verplaatsing van fabricageprocessen naar ontwikkelingslanden waardoor de halffabricaten of eindproducten over een grotere afstand dienen te worden getransporteerd. Deze groei in afstand zal bij gelijkblijvende omstandigheden leiden tot een groei in emissies.

### **3a Techniek**

De techniek van het voertuig kan in hoge mate de emissies beïnvloeden. Zo zal een elektrische trein veel minder directe (lokale) uitstoot hebben dan een dieseltrein en stoot een hybride auto minder luchtvervuilende emissies uit dan een dieselauto van dezelfde grootte. Daarnaast kunnen technologische ontwikkelingen binnen de techniek ervoor zorgen dat de emissiefactoren per kilometer veranderen.

Voor een goede vergelijking tussen technieken is het van belang om bij alle technieken zowel de uitlaatemissies als de upstream emissies (emissies bij transport van brandstof, raffinage en elektriciteitsopwekking) in kaart te brengen. Een elektrische trein heeft bijvoorbeeld geen directe uitlaatemissies maar bij de opwekking van elektriciteit vinden er echter wel degelijk emissies plaats, met name als deze wordt opgewekt in een kolencentrale. Uitgangspunt in dit rapport voor elektriciteitsopwekking is de gemiddelde productiemix van Nederland (CE, 2008)

### **3b Rijgedrag**

De bestuurder van een voertuig kan grote invloed uitoefenen op de brandstofconsumptie en de daarmee samenhangende emissies van voertuigen. Zo zal een agressieve, sportieve rijstijl met snel optrekken en afremmen en rijden bij hoge snelheid over het algemeen meer emissies per kilometer veroorzaken dan een rustige, gelijkmatige rijstijl waarbij goed wordt geanticipeerd en rijden bij lagere snelheid. Binnen het overheidsprogramma 'Het nieuwe rijden' wordt voor autobestuurders aandacht beteed aan de mogelijkheden om met aanpassingen in rijstijl zuiniger te rijden.

### **3c Doorstroming/verkeerssituatie**

De verkeerssituatie heeft ook invloed op de emissiefactoren van een voertuig. In het geval van file (congestie) zal de uitstoot per kilometer hoger liggen dan in het geval van goede doorstroming bij matige snelheid (zie Hoofdstuk 2).



# 6 Thema Zelfsturing

## 6.1 Uitgevoerde projecten

De volgende projecten zijn uitgevoerd onder het thema Zelfsturing:

- Spitsmijden;
- Top-ups ‘Bereikbare zorg’ en ‘Case’;
- Verzekeren per kilometer.

Spitsmijden is de overkoepelende term voor een aantal projecten waarbij automobilisten financieel of anderszins worden beloond voor het mijden van de spits. De beide top-ups zijn erop gebaseerd de kosten voor parkeren en transport ‘voelbaar’ te maken voor de werknemer. In het project ‘Verzekeren per kilometer’ is onderzocht wat de effecten zijn van een verzekeringspremie die afhankelijk is van het rijgedrag.

## 6.2 Beschrijving effecten (Spitsmijden)

Het mijden van de spits heeft verschillende gevolgen op de mobiliteit die van invloed zijn op transportemissies. Als voorbeeld zijn de resultaten van Spitsmijden fase 1 op het traject Zoetermeer-Den Haag hieronder uitgewerkt, wat betreft effecten op duurzaamheid.

### 6.2.1 Effect op emissies door deelnemers

De volgens de eindrapportage best behaalde resultaten (via het belonen met een Smartphone) en de effecten op transportemissies daarvan zijn opgenomen in Figuur 14.

Figuur 14 Resultaten en emissies van Spitsmijden

Effecten	Type Effect	Effect op emissies	Aandeel van reizigers
Minder reizigers in spits ( <i>stop-and-go</i> )	2, 3c	–	-27 %
Meer reizigers buiten spits	2a, b; 3b	+	18 %
Meer OV-reizigers	1	+	7,4 %
Meer thuiswerken	2a-2	–	2,5 %
Meer vervoerswijzen zonder emissies	2a-2	–	0,5 %
Vermeden reistijd woon-werk (rebound)*	1, 2, 3c	+	3,4 min.

\* Deze reistijd is berekend op basis van ingeschatte reistijden per modaliteit en de percentages van aandelen reizigers voor, tijdens en na de proef met relevante beloning. Op de langere termijn zal de uitgespaarde reistijd worden ingezet om meer op andere momenten te reizen. De gemiddelde reistijd per persoon blijkt namelijk constant door de tijd heen (zie Hoofdstuk 3).

Het belangrijkste resultaat van Spitsmijden is dat 27% van de deelnemers uit de spits verdwijnt. Hiervan verschuift ca. 1/3 naar OV of langzaam vervoer. Het positieve gevolg hiervan is dat er minder kilometers met een relatief hoge uitstoot (vanwege het hoge *stop-and-go*-gehalte in de file) worden gereden. Daar staat tegenover dat 18% zich wel buiten de spits op de route verplaatst



en hier wel emissies veroorzaken. In het geval dat gewoon doorgereden kan worden (stel: 110 km/uur constant i.p.v. 30 km/uur gemiddeld start-stop) zullen de CO<sub>2</sub>-emissies per kilometer lager zijn, maar de NO<sub>x</sub>-emissies kunnen ook hoger uitvallen (Figuur 1). De emissies van reizigers die voor het OV kiezen zijn gemiddeld lager. Er zijn geen extra emissies voor fietsers, carpoolers en thuiswerkers (vervoerswijzen zonder emissies, Figuur 14).

Op grond van bovenstaande gegevens hebben we berekend dat de deelnemers op de route in totaal ca. 12% minder CO<sub>2</sub> en PM<sub>10</sub> zullen uitstoten en 8% minder NO<sub>x</sub><sup>4</sup>. Daar staat echter tegenover dat de deelnemers ook reistijd besparen. Wanneer de effecten van Spitsmijden blijvend zouden zijn, zal deze bespaarde reistijd op de langere termijn door andere reizigers of door dezelfde reizigers op een ander tijdstip worden ingevuld (zie BReVer-wet, Hoofdstuk 3). Het invullen van de bespaarde reistijd door filevermijding zal over het algemeen leiden tot meer kilometers transport, omdat deze kilometers bij een hogere snelheid worden afgelegd (gemiddeld 45 km/uur, CBS). Dit zal er in resulteren dat op langere termijn de emissies netto zullen toenemen (schatting CE Delft, berekend met data uit de rapportage van Spitsmijden: +10% voor CO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub>, +15% voor PM<sub>10</sub>)<sup>4</sup>.

### 6.2.2 Effect op overig verkeer

Wanneer Spitsmijden op grotere schaal zou worden toegepast leidt het op korte termijn tot een betere doorstroming. Dit leidt voor het overige verkeer (de niet-deelnemers) tot minder CO<sub>2</sub>-emissies per kilometer, waarschijnlijk meer NO<sub>x</sub>-emissies en ongeveer gelijke PM<sub>10</sub>-emissies per kilometer (afhankelijk van het congestieniveau, zie Figuur 1). Met name op langere termijn zal de verbeterde doorstroming een aanzuigende werking hebben op het verkeer en zal de uitgespaarde reistijd op andere momenten worden benut. Dit zal leiden tot netto meer emissies (schatting: 50-100% meer bij doorstroming van 110 km/uur). De extra kilometers worden niet noodzakelijkerwijs op hetzelfde traject gemaakt. Ter plekke kan het daarom wel betekenen dat de emissies verminderen en dat de luchtkwaliteit verbetert (NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub>, SO<sub>x</sub>).

Zoals Spitsmijden is vormgegeven in de proef, wordt autorijden in principe niet onaantrekkelijker. Spitsmijders die net buiten de in de proef gedefinieerde spitsuren gaan rijden worden namelijk ook beloond. Verbeterde doorstroming als gevolg van een goed vormgegeven congestieheffing kan netto meer milieuwinst opleveren, zeker wanneer deze landelijk wordt ingevoerd. In dat geval wordt de auto minder aantrekkelijk en zal er meer modal shift plaatsvinden naar OV en de fiets.

## 6.3 Conclusie (Spitsmijden)

In de projectrapportage van Spitsmijden is gerapporteerd over de verschuivingen die plaatsvinden in tijden en modaliteiten door de deelnemers. Op grond hiervan kan een inschatting gemaakt worden van de emissiereducties van de deelnemers op dit traject. In de projectrapportage is echter geen rekening gehouden met de zeer belangrijke rebound volume-effecten. Zoals

---

<sup>4</sup> Op basis van de verdeling van de kilometers over de verschillende vervoerswijzen voor en tijdens het spits mijden (uit Spitsmijden) en de emissiefactor per km (CE, 2008) is de gemiddelde emissiefactor van de deelnemers op het traject voor en tijdens het spitsmijden bepaald. Hieruit is de afname in de emissies bepaald. Voor het reboundeffect is aangenomen dat de vermeden tijd (zie Figuur 14) wordt ingezet voor autoverkeer bij een gemiddelde snelheid van 45 km/uur.



aangegeven in Hoofdstuk 3 zal het mijden van de spits er echter toe bijdragen dat de vermeden reistijd wordt ingezet op tijden en trajecten waar de gemiddelde snelheid hoger ligt. De emissies per minuut zijn hier hoger dan in de spits. Vanwege het behoud van reistijd zullen de totale emissies daarom ook toenemen. Een eventuele modal shift naar OV zou kunnen bijdragen aan een emissiereductie, maar zoals blijkt uit de proef is de verschuiving naar OV zeer beperkt. De belangrijkste emissie-effecten die optreden bij Spitsmijden zijn samengevat in Figuur 15.

Een betere doorstroming met minder bijeffecten kan waarschijnlijk beter worden bereikt met een goed vormgegeven congestieheffing, die ook buiten de in de proef gedefinieerde spitsuren effect heeft bij voorkeur landelijk. In dat geval wordt de auto minder aantrekkelijk en zal er meer modal shift plaatsvinden naar OV en de fiets.

Figuur 15 Duurzaamheideffecten Spitsmijden

Effecten	Type Effect	Effect op emissies
Minder reizigers in spits ( <i>stop-and-go</i> )	2, 3c	-
Meer reizigers buiten spits	2a,b; 3b	+
Meer OV-reizigers, e.a.	1	+
Meer thuiswerken	2a-2	-
Meer vervoerswijzen zonder emissies	2a-2	-
Vermeden reistijd woon-werk (rebound)*	1, 2, 3c	+

## 6.4 Top-ups Bereikbare zorg en CASE

De beide top-ups zijn erop gebaseerd de kosten voor parkeren en transport 'voelbaar' te maken voor de werknemer. In het geval van 'bereikbare zorg' is onderzocht welke invloed de invoering van een (gedifferentieerd) parkeertarief voor medewerkers heeft op het parkeerplaatsgebruik door medewerkers.

In de studie 'CASE' is onderzocht welke effecten het heeft wanneer het mobiliteitsbudget binnen het bestedingsbereik van de werknemer wordt gebracht.

### 6.4.1 Effecten

Figuur 16 Duurzaamheideffecten Bereikbare zorg en CASE

Resultaat	Type effect	Invloed op emissies	Waarnemingen*
Reductie aantal ritten	2a	-	-8% (CASE)
Meer gebruik OV	1	+	
Reistijdreductie (CASE)	2	+	-28,6 % (CASE)
Minder parkeerruimtebeslag	2b	-	-49,8 % (CASE)
Verbeterde bereikbaarheid	2	+	
Kostenbesparing		+	

\* Bron: Eindrapportage Top-up: project CASE.

Door de betaling van mobiliteit en parkeren aan de werknemer over te laten (Bereikbare zorg en CASE) en besparingsmogelijkheden te geven bij efficiënt mobiliteitsgebruik, wordt er minder met de auto gereisd en komen er meer parkeerplaatsen beschikbaar. Daarnaast wordt er waarschijnlijk meer gebruik gemaakt van OV en fiets.

In CASE wordt geschat dat dit kan leiden tot 8% minder autobewegingen per werknemer (met of zonder auto). Er wordt niet aangegeven hoe deze ritten vermeden worden (door verschuiving naar OV, fiets of thuiswerken).

Het verminderen van het aantal autoritten, heeft tot gevolg dat auto-emissies voorkomen worden. De emissies die gemiddeld per kilometer worden vermeden staan vermeld in Figuur 17. Een deel van de vermeden reizen zal vervangen worden door OV-kilometers. De gemiddelde emissies per OV-kilometer staan ook vermeld in Figuur 17.

In een case voor de Erasmus Universiteit Rotterdam is geschat dat toepassing van CASE kan leiden tot 25% CO<sub>2</sub>-besparing. Het is niet exact duidelijk welke mobiliteitseffecten in deze schatting zijn meegenomen.

Het reboundeffect van de vermeden reizen is, net als in het geval van Spitsmijden, dat op de lange termijn de bespaarde reistijd gedeeltelijk zal worden benut (eventueel door anderen) om op een ander moment een reis te maken. Financieel is het echter aantrekkelijker geworden om met de fiets of het OV te reizen, wat de modal shift naar deze modaliteiten zal bevorderen. Een deel van de in de auto vermeden reistijd zal dus worden benut door meer de fiets en het OV te gebruiken.

**Figuur 17** Emissiefactoren (incl. emissies van brandstofproductie en elektriciteitsopwekking) voor gemiddelde woon-werkrit

Emissie	Emissiefactor auto (gram/km)	Emissiefactor OV gemiddeld (gram/km)
CO <sub>2</sub>	209	65,9
NO <sub>x</sub>	0,34	0,20
PM <sub>10</sub>	0,020	0,007
SO <sub>2</sub>	0,13	0,021

Bron: CE (2008), met name vermeden ritten auto: 75% in spits, 25% in dal. OV-emissies op basis van STREAM, met verdeling bus/tram/trein volgens CBS.

Het toenemen van het aantal beschikbare parkeerplaatsen (Bereikbare zorg en CASE) bij een bedrijf heeft behalve een betere bereikbaarheid gunstige invloed op de tijd die wordt besteed aan het zoeken van een parkeerplaats en daarmee een reducerend effect op de emissies. Het effect van het minder rondrijden is klein, maar kan ter plekke wel een belangrijke invloed hebben op de luchtkwaliteit.

In het geval van de top-up 'Bereikbare zorg' kan het beschikbaar komen van parkeerplaatsen doordat minder personeel er parkeert, er voor zorgen dat anderen (in dit geval patiënten en bezoekers) juist eerder voor het vervoer per auto zullen kiezen. De reden voor het opzetten van het project 'Bereikbare zorg' is namelijk o.a. dat de vraag naar parkeerplaatsen bij ziekenhuizen vaak veel groter is dan het aanbod. Het beschikbaar komen van parkeerplaatsen door werknemers zal op de langere termijn er waarschijnlijk toe leiden dat het bezoek per auto aantrekkelijker wordt en dus tot meer bezoek per auto zal



leiden. Een parkeerplaats die niet meer een hele dag door een werknemer wordt bezet kan verschillende malen dienst doen voor bezoekers en patiënten.

## 6.5 Conclusie (top-ups)

In de projectrapportages wordt in beperkte mate melding gemaakt van milieueffecten. Voor het CASE-project wordt gerapporteerd dat een aantal reizen en CO<sub>2</sub>-emissies worden vermeden en dat er minder parkeerruimte wordt gebruikt. In principe worden hierdoor door de doelgroep binnen het monitoringskader emissies vermeden. Ook hier wordt echter geen rekening gehouden met de volume reboundeffecten die deze maatregelen met zich meebrengen. Het netto effect van de top-ups is qua duurzaamheid moeilijk in te schatten. De reboundeffecten kunnen vaak veel van de vermeden emissies teniet doen, maar vinden vaak plaats buiten de invloedssfeer van de werkgever. Zo hebben ziekenhuizen minder invloed op de vervoerswijzen van patiënten en kan het meer reizen van werknemers buiten het woon-werkverkeer en extra aangetrokken verkeer door minder drukte op de weg niet door werkgevers voorkomen worden. Terwijl de activiteiten binnen de invloedssfeer van de werkgever duurzamer worden, zal dit deels teniet gedaan worden door activiteiten buiten de invloedssfeer van de werkgever. De effecten van de top-ups zijn samengevat in Figuur 18.

Figuur 18 Duurzaamheideffecten top-ups, Bereikbare zorg en CASE

Resultaat	Type effect	Invloed op emissies
Reductie aantal ritten	2a	-
Meer gebruik OV	1	+
Reistijdreductie (CASE)	2	+
Minder parkeerruimtebeslag	2b	-
Verbeterde bereikbaarheid	2	+

## 6.6 Verzekeren per kilometer

In het project Verzekeren per kilometer zijn testen uitgevoerd met een Blackbox in de auto die via GPS informatie registreert over het aantal gereden kilometers, het tijdstip van rijden en de snelheid. Aan de hand van het waargenomen rijgedrag wordt de verzekeringpremie vastgesteld. Risicomijdend rijgedrag en zuinig rijgedrag kunnen op deze manier beloond worden.

Door minder kilometers te rijden, niet te hard te rijden en de spits te mijden worden risico's op schade verlaagd. Tegelijkertijd heeft dit rijgedrag ook invloed op de emissies van auto's:

1. Het verminderen van het aantal gereden kilometers levert direct een reductie in emissies op.
2. Langzamer en gelijkmatiger rijden heeft twee voordelen: enerzijds zijn de emissies bij lagere snelheid minder, anderzijds neemt een reis gemiddeld iets meer tijd in beslag waardoor er gemiddeld genomen iets minder gereden wordt ( BReVer-wet, Hoofdstuk 2). Binnen het project wordt aangegeven dat bij beloning op gematigde snelheid, ongeveer 3% minder vaak meer dan 5% boven de toegestane snelheid wordt gereden (19% i.p.v. 22%).

Het is op basis van de resultaten in het project niet mogelijk kwantitatieve uitspraken te doen over de duurzaamheideffecten. Wel is te verwachten dat Verzekeren per kilometer overall leidt tot emissiereducties.

## 6.7 Conclusie (Verzekeren per kilometer)

In de projectrapportage worden weinig kwantitatieve data geven over de Duurzaamheideffecten van het project Verzekeren per kilometer. Het is te verwachten dat Verzekeren per kilometer zal leiden tot minder autokilometers en tot een langzamere en rustigere rijstijl. Deze effecten leiden tot een verlaging van de totale emissies. De belangrijkste effecten zijn opgesomd in Figuur 19.

Figuur 19 Duurzaamheideffecten Verzekeren per kilometer

(Beoogde) Effecten	Type effect	Invloed op emissies
Reductie kilometers	2	-
Langzamer rijden	2, 3b	-



# 7 Thema Ruimte

## 7.1 Uitgevoerde projecten

Onder het thema Ruimte vallen de projecten: 'Designing sustainable accessibility' (DESSUS) en 'Stations, vastgoedwaarde en bereikbaarheid'. Beide projecten richten zich op een betere afstemming tussen verkeer en vervoer (met name OV) en ruimtelijke ontwikkeling.

## 7.2 Beschrijving kwalitatieve effecten

Zoals aangegeven in de projectrapportages zijn de effecten die verwacht kunnen worden voor beide projecten dat een betere ruimtelijke ordening, rekening houdend met de bereikbaarheid, kan leiden tot meer reismogelijkheden. Dit kan leiden tot kortere reisafstanden om van A naar B en meer mogelijkheden om met het OV te gaan of collectief vervoer te organiseren. In de projectrapportages wordt niet direct vermeld wat de te verwachte impact van deze maatregelen kan zijn.

Binnen het project 'Stations, vastgoedwaarde en bereikbaarheid' is echter wel de mobiliteitskaart en de mobiliteitsscan ontwikkeld. De mobiliteitskaart maakt inzichtelijk wat de bereikbaarheid is van locaties in Nederland, door reistijdgebieden weer te geven. Daarnaast wordt ook aangegeven wat de gemiddelde CO<sub>2</sub>-uistoot van inwoners in een bepaalde regio is. Het is op deze manier dus mogelijk de CO<sub>2</sub>-uitstoot van mobiliteit in verband te brengen met de bereikbaarheid van de regio. In de mobiliteitsscan kunnen maatregelen op het gebied van bebouwing en mobiliteitsvraag worden ingevoerd en kan worden bekeken wat de invloed hiervan is op CO<sub>2</sub> en luchtvervuilende emissies. De effecten die in de achterliggende berekeningen van de scan zijn meegenomen zijn niet duidelijk en daarom moeilijk te beoordelen.

Te verwachten is dat bij een betere ruimtelijke planning de omstandigheden om gebruik te maken van langzaam verkeer (lopen/fietsen) en OV (en de combinatie) zullen verbeteren. Dit zal betekenen dat meer tijd lopend, op de fiets en in het OV wordt doorgebracht, wat reducties van emissies met zich mee zal brengen (Hoofdstuk 3, Figuur 6).

Een mogelijk reboundeffect is dat extra OV-mogelijkheden, behalve tot een overstap van auto naar OV, ook tot een overstap van langzaam verkeer naar het OV zullen leiden. Dit effect zal optreden wanneer OV-verbindingen in competitie gaan met langzaam verkeer door bijvoorbeeld een lage prijs, maar ook door een verbeterde bereikbaarheid (met name t.o.v. fiets).

Verbeterde reismogelijkheden kunnen ook leiden tot een in totaal grotere mobiliteitsvraag, wanneer de gemiddelde reissnelheid toeneemt.

Het totale effect van de initiatieven is moeilijk in te schatten. Te verwachten is in ieder geval dat ze bijdragen aan een relatief duurzame groei van een betere bereikbaarheid, omdat de projecten er op gericht zijn locaties beter te positioneren ten opzichte van het verkeer, in plaats van de snelheid van transport te verhogen. Er worden dus meer kansen gecreëerd om met de relatief langzamere modaliteiten sneller ter plekke te kunnen zijn.



### 7.3 Conclusie

In de projectrapportages van 'Designing sustainable accessibility' (DESSUS) en 'Stations, bereikbaarheid en vastgoedontwikkelingen' wordt kwalitatief aangegeven dat de projecten kunnen bijdragen aan duurzamer vervoer door het creëren van multimodale vervoerswijzen en het verbeteren van verbindingen. De projecten kunnen inderdaad bijdragen aan een betere bereikbaarheid zonder dat de gemiddelde snelheid van transport daarmee per se verhoogd wordt. Wanneer de snelheid inderdaad niet toeneemt, zal dit leiden tot een modal shift van auto naar OV, waarmee emissies bespaard worden. In het ideale geval worden dus de afstanden korter, blijft de reistijd naar bestemmingen gelijk en nemen de emissies dus af.

Van belang is te voorkomen dat OV ook aantrekkelijker wordt voor de gebruikers van de langzame vervoerswijzen, door bijvoorbeeld te lage prijzen. Gebeurt dit wel, dan zullen emissiereducties deels teniet gedaan worden door fietsers en lopers die ook meer van het OV gebruik zullen maken.

Wanneer de gemiddelde (gemotoriseerde) transportsnelheid wel toeneemt, zal er op langere termijn ook rekening gehouden moeten worden met een volumegroei van transport, die de vermeden emissies (deels) teniet kan doen. De effecten die mogelijk optreden zijn samengevat in Figuur 20.

Figuur 20 Duurzaamheideffecten thema Ruimte

(Mogelijke) effecten	Type effect	Invloed op emissies
Kortere afstanden	2b	-
Auto -> OV/collectief	1	-
Auto -> Fiets/lopen	1, 2a2-2b	-
Fiets/lopen -> OV/collectie	1	+
Grotere mobiliteitsvraag door sneller transport	2	+

# 8 Thema Verkeersmanagement

## 8.1 Uitgevoerde projecten

Binnen het thema Verkeersmanagement zijn de volgende projecten uitgevoerd:

- Transitie naar Duurzaam Verkeersmanagement (TRADUVEM);
- Advanced Traffic Management-Multi-Objective Decision aid for Regional Networks (ATMA MODeRN);
- Advanced Traffic Monitoring (ATMO);
- Gebiedsgericht Integraal Veiliger (GIV);
- Intelligent Vehicles (IV).

In het algemeen zijn bovenstaande projecten gericht op verandering van de huidige toepassing van verkeersmanagement en infrastructuurmanagement. In de projecten is onderzocht hoe kan worden gestuurd, niet alleen op het behouden of bevorderen van doorstroming (minimale reistijd), maar ook op andere doelen zoals maximale betrouwbaarheid, veiligheid of op minimale emissie van luchtverontreinigende stoffen.

### TRADUVEM

Binnen TRADUVEM wordt onderkend dat verkeersmanagement alleen kan worden toegepast als er genoeg regelcapaciteit is om te sturen. De capaciteit kan gaan over de beschikbare infrastructuur maar ook over de luchtkwaliteit. Als bijvoorbeeld de luchtkwaliteitsnormen in een grote omgeving worden overschreden, zal een omleiding van het verkeer ten behoeve van de luchtkwaliteit problemen op een andere locatie veroorzaken.

In TRADUVEM is daarom zowel gewerkt aan visies op de toepassing van duurzaam modaliteiten- en gebiedsoverschrijdend verkeersmanagement (netwerkmanagement) alsmede aan de transitiepaden die benodigd zijn voor het verwezenlijken van duurzaam netwerkmanagement. Belangrijke transities die door TRADUVEM beoogd worden voor netwerkmanagement zijn o.a.:

- focus op duurzaamheid (niet alleen doorstroming);
- netwerkbrede toepassingen (i.t.t. lokaal);
- tijd- en plaatsgebonden beprijzen (i.t.t. generiek).

Door de gebiedsoverschrijdende afstemming wordt verkeersmanagement in grotere gebieden mogelijk en kunnen suboptimale beslissingen (optimaal per beheersgebied) worden voorkomen.

### ATMA MODeRN

Zoals aangegeven kan er op meerdere doelen worden gestuurd. Deze hoeven echter niet in alle gevallen compatibel te zijn. Het kan zelfs voorkomen dat ze elkaar tegenwerken (trade-off). Zoals in het ATMA MODeRN-onderzoek aangegeven wordt, kan een veiligheidsmaatregel (afstand bewaren) een doorstromingsdoel in de weg staan vanwege het capaciteitsverlagende effect. Binnen ATMA MODeRN is gewerkt aan een systeem dat inzicht geeft in de mate waarin doelen elkaar versterken en/of tegenspreken en welke trade-offs mogelijk zijn. Door dit verhoogde inzicht kan beter gestuurd worden op milieu en veiligheid. De werking van duurzaam verkeersmanagement is gesimuleerd binnen het reeds bestaande TINA-project (Traffic Integrated Network Almelo). Binnen het ATMA MODeRN-onderzoek heeft ook een top-up-project plaatsgevonden in Nederland en Brazilië genaamd INFO RIO. Dit is een onderzoek naar de mogelijkheid om de kwaliteit van openbaar



vervoersystemen te verbeteren met behulp van een gepersonaliseerd informatieconcept voor openbaar vervoer. De OV-gebruiker krijgt bijvoorbeeld een paar minuten voor zijn reis via sms door wat het actueel verwachte tijdstip van aankomst van zijn bus is.

### **ATMO**

In het ATMO-project wordt aangegeven dat het niet mogelijk is om verkeersmanagement toe te passen zonder de benodigde informatie over de huidige toestand op de wegen. Huidige informatiesystemen worden als ontoereikend bestempeld: ze zijn onbetrouwbaar, inconsistent en incompleet in tijd en ruimte. Ook dient het effect van een maatregel in bredere zin in kaart te worden gebracht om zicht te krijgen op de bredere implicaties van een maatregel. Daarom is er binnen ATMO aandacht besteed aan het ontwikkelen van verkeersmodellen die verkeerscondities en reistijden op netwerkniveau kunnen voorspellen. Hierdoor wordt monitoring en sturen op de doelen schoon, veilig en betrouwbaar mogelijk gemaakt.

### **GIV**

Binnen het GIV-project is met name aandacht besteed aan het vergroten van het inzicht in de effecten van verkeersveiligheidsplannen. Enerzijds is hiervoor software ontwikkeld, anderzijds is aandacht besteed aan de wijze van besluitvorming rondom infrastructurele projecten en aan het gedrag en verwachtingspatronen van gebruikers.

### **IV**

Verkeersmanagementtrajecten kunnen op verschillende niveaus worden gerealiseerd. Bij verkeersmanagement vindt de beïnvloeding van het verkeer op het niveau van verkeersstromen plaats. Naast verkeersmanagement kan er ook ingezet worden op voertuiggebonden systemen die de doorstroming en veiligheid verhogen. Volgens het Intelligent Vehicles-programma zal een combinatie van weggebonden en voertuiggebonden management toegepast moeten worden om de huidige verkeersprestaties te verbeteren.

## **8.2 Beschrijving kwalitatieve effecten**

De milieueffecten van het inzetten van verkeersmanagement zijn afhankelijk van de resultaten waarop wordt gestuurd. Belangrijke doelstellingen die in dit thema aan de orde komen zijn doorstroming, emissiereductie en veiligheid.

### **Sturing op doorstroming**

Wanneer op doorstroming wordt gestuurd zal dit over het algemeen tot gevolg hebben dat het verkeer minder een *stop-and-go*-karakter zal hebben en dat de gemiddelde snelheid hoger zal zijn. Zoals aangegeven in Hoofdstuk 3 zal dit enerzijds zorgen voor lagere emissies per kilometer en anderzijds voor het genereren van extra verkeer. Op langere termijn zal het resultaat van deze maatregel zijn dat de totale emissies van het verkeer toenemen (zie Figuur 5). Plaatselijk kunnen de emissies echter wel afnemen. Wanneer de sturing gecombineerd wordt met beprijzing kan het effect van volumegroei teniet worden gedaan, wanneer de beprijzing leidt tot een modal shift naar modaliteiten met lagere emissies.

### **Sturing op emissiereductie**

Bij sturing op emissiereductie is het van belang hoe deze sturing wordt vormgegeven. Het verminderen van het *stop-and-go*-gehalte van (vervuilend) verkeer en het verbeteren van rijgedrag van de bestuurder met Intelligent



Vehicle-technieken kan de emissies per kilometer reduceren. Van belang hierbij is wel dat de gemiddelde snelheid van het verkeer niet toeneemt. Een toename van de snelheid zal er namelijk voor zorgen dat er op lange termijn meer gereden gaat worden (ter plekke of ergens anders, zie Hoofdstuk 3) waardoor de reductie per kilometer gedeeltelijk of geheel ongedaan kan worden gemaakt.

### **Sturing op veiligheid**

De emissie-effecten bij het sturen op veiligheid hangen af van de wijze waarop gestuurd wordt. In veel gevallen zal de sturing op veiligheid gepaard gaan met een lagere snelheid en met homogener rijgedrag. Dit levert zowel een reductie door lagere emissies per kilometer als door minder verkeersvolume (deels modal shift) op de langere termijn.

### **Overige effecten**

In de top-up Info-Rio is kwalitatief ingeschat dat het informeren van OV-klanten over de exacte vertrektijden van de bus op langere termijn bijdraagt aan het verminderen van CO<sub>2</sub>- en ozonemissies. De verwachting is dat meer reizigers door de betere informatievoorziening en kortere netto reistijd meer gebruik zullen maken van het OV in plaats van de auto of de motor. Deze verwachtingen worden door ander onderzoek bevestigd. In feite wordt door de informatievoorziening het voortransport efficiënter. Uit onderzoek van de NS (NS 2007) blijkt dat tijdsbesparing in het voor- en natraject een grotere invloed heeft op het aantal reizen met de trein (elasticiteit -0,9) dan tijdsbesparing tijdens de treinreis (elasticiteit -0,2). Eenzelfde effect kan verwacht worden wanneer via informatievoorziening een betere aansluiting met de bus verkregen kan worden. Een bijeffect waarmee wel rekening moet worden gehouden is dat ook een modal shift van lopers en fietsers naar OV verwacht kan worden.

## **8.3 Beschrijving kwantitatieve effecten**

De meeste projecten zijn met name gericht op visie- en instrumenten-ontwikkeling en geven geen informatie over effecten die verwacht worden. In het Intelligent Vehicles-project en het ATMA MODeRN-project zijn de kwantitatieve milieueffecten van verschillende voertuiggebonden systemen en netwerkmanagement ingeschat.

### **Kwantitatieve effecten Intelligent Vehicles-project.**

In Figuur 21 zijn de ingeschatte effecten van voertuiggebonden intelligente systemen weergegeven. De systemen leiden tot minder voertuigverliesuren en minder emissies per kilometer. Reboundeffecten van de toename in volume zijn bij deze schattingen niet meegenomen. Het beperken van de voertuigverliesuren zal gepaard gaan met lagere emissies per kilometer, maar zal op langere termijn ook meer verkeer opleveren. Dit reboundeffect kan resulteren in een netto stijging van de verkeersemissies (zie Hoofdstuk 3).



Figuur 21 Duurzaamheideffecten van voertuiggebonden intelligente systemen

Techniek	Effect
Friction Monitoring	-
File assistent	30-60% minder voertuigverliesuren in file bij inzet van 10-50% van de voertuigen
Rij assistent	10-12% minder CO <sub>2</sub> -uitstoot
Decentrale besturing	19% minder voertuig verliesuren
Bestuursgedrag kruispunten	-
Snelheidsondersteuning	-
In car information	-

*Kwantitatieve effecten ATMA MODeRN-project.*

Binnen het ATMA MODeRN-project is onderzocht hoe de samenhang is tussen doelstellingen op het gebied van verkeersveiligheid, klimaat, luchtkwaliteit en geluid. Uit het onderzoek blijkt dat sturing op luchtkwaliteit en doorstroming hand in hand gaan, terwijl geluid en veiligheid niet beter worden. Verbeterde doorstroming en klimaat kunnen ook hand in hand gaan, maar dit lijkt af te hangen van de wijze waarop de maatregelen worden ingezet.

In een simulatie voor Almelo is gebleken dat het mogelijk is de luchtkwaliteit met 35% te verbeteren, terwijl veiligheid (10%) en doorstroming (7%) ook verbeteren.

In de simulaties wordt het verkeersvolume constant verondersteld. Zoals aangegeven in Hoofdstuk 3 zal een verbeterde doorstroming op langere termijn echter wel leiden tot een toename van verkeersvolume en daarmee tot meer emissies. Voor het geval van Almelo kan ingeschat worden dat de verminderde reistijd van 7% op termijn zal leiden tot een toename van het verkeersvolume van 7% (elasticiteit ca.1, zie Hoofdstuk 3) en daarmee tot een reboundeffect van 7% meer CO<sub>2</sub>- en luchtvervuilende emissies ten opzichte van de berekende emissies. Deze toename van verkeer zal echter niet alleen in de regio Almelo, maar ook elders plaats kunnen vinden.

De resultaten binnen ATMA laten echter ook zien dat wanneer wordt toegestaan dat doorstroming iets afneemt (met 1-3%) het mogelijk is op alle andere fronten te verbeteren. Bij sturing op klimaat neemt de reistijd met 1% toe, blijft het aantal letselgevallen gelijk en nemen de CO<sub>2</sub>-uitstoot (-7%), de NO<sub>x</sub>-uitstoot (-1%), de PM<sub>10</sub>-uitstoot (-2%) en het geluid (-1%) af. Gezien de 1% toename in reistijd kan daarbovenop op langere termijn nog een volumedaling worden verwacht die de uitlaat emissies met nog een enkele procent doet afnemen.

## 8.4 Conclusie

Zowel binnen het Intelligent Vehicles-project als het ATMA MODeRN-project zijn inschattingen over de milieueffecten gerapporteerd.

Het gaat hier om eerste orde milieueffecten en er is zoals aangegeven geen rekening gehouden met reboundeffecten door volumegroei. Afhankelijk van de wijze waarop verkeersmanagement wordt ingezet kunnen verkeersemissies toe- of afnemen. Emissies kunnen worden gereduceerd wanneer gestuurd wordt op verbetering van klimaat of luchtkwaliteit bijvoorbeeld door het verminderen van het *stop-and-go*-gehalte van het verkeer. Deze emissiereducties kunnen echter (deels) teniet worden gedaan, of worden overgecompenseerd wanneer de maatregel de gemiddelde





transportsnelheid doet toenemen en daarmee volumegroei tot gevolg heeft (zie Hoofdstuk 3). Deze volumetoename kan voorkomen worden door de maatregel te combineren met bijvoorbeeld beprijzing (andere modaliteiten worden dan interessanter) of wanneer wordt gewaarborgd dat de gemiddelde snelheid niet toeneemt (bijvoorbeeld met snelheidsbeperkingen). Wanneer de gemiddelde snelheid door verkeersmanagementmaatregelen afneemt, worden de emissies behalve per kilometer ook door volume-effecten gereduceerd. Het Info-Rio top-up-project draagt bij aan het aantrekkelijker maken van OV en daarmee aan het verminderen van emissies door modal shift van auto en motor naar OV. In Figuur 22 zijn de mogelijke effecten samengevat.

Figuur 22 Duurzaamheideffecten thema Verkeersmanagement

Mogelijke effecten	Type effect	Invloed op emissies
Gelijkmatigere snelheid/minder <i>stop-and-go</i>	3	-
Hogere gemiddelde snelheid (betere doorstroming)	2, 1	+
Lagere gemiddelde snelheid	2, 1	-
Betere aansluiting voortransport op OV door informatievoorziening	1	-





# 9 Bestuurlijke Processen

## 9.1 Uitgevoerde projecten

Binnen Transumo zijn de volgende projecten in het thema Bestuurlijke Processen uitgevoerd:

- Transumo A15; Van Maasvlakte naar achterland;
- TransPorts; deelprojecten Pro-Access en Dutch mainports in transition;
- Netlipse NL;
- Transitie naar hindervrij en duurzaam bouwen.

Zowel het Transumo A15-project als het Transports-project is gericht op verbetering van de concurrentiepositie van de Nederlandse mainport (lucht)havens.

Het Transumo A15-project is gericht op verduurzaming van de achterlandverbinding van de Mainport Rotterdam. Hierbinnen staat de verwachte groei in transportvraag van 11 naar 33 miljoen TUE in relatie met de huidige capaciteit van de vervoersverbindingen centraal. Er wordt binnen dit onderzoek gekeken hoe die groei kan worden opgevangen door capaciteitsuitbreiding (Oranjetunnel), met behulp van de modaliteiten binnenvaart en trein en door transportpreventie van zowel personen- als goederenvervoer. Dit is belangrijk aangezien de normen op het vlak van luchtkwaliteit, geluid en externe veiligheid van de A15 bijna geen groei meer toelaten. Daarnaast speelt de klimaatimpact van de achterlandverbinding volgens het A15 project ook steeds meer een rol. Binnen het project is een model ontwikkeld, waarbij effecten van ruimtelijke maatregelen op het gebied van verkeer en milieu op een innovatieve manier worden gemodelleerd: emissieconcentraties die verwacht worden voor het jaar 2020 en 2033 zijn gepresenteerd. De methode heeft de ambitie uit te groeien tot een interactief besluitvormingstool, die de ruimtelijke effecten van de ontworpen oplossingspakketten *real time* zichtbaar maakt.

Binnen het Transports-deelproject Pro-Access ligt de aandacht op het verbeteren van de duurzame bereikbaarheid van de haven van Rotterdam om daarmee de duurzame concurrentiepositie van de Mainport Rotterdam te versterken.

Er is gekozen het deelproject Dutch Mainports in Transitions niet mee te nemen in de analyse, aangezien het gericht is op beleidprocessen en er geen duidelijke aanknopingspunten zijn voor analyse van milieueffecten.

Het Netlipse-project is gericht op het verbeteren van de realisatie van grote infrastructurele projecten. Binnen dit project wordt vooral gekeken naar de verbetering van het ontwikkelingsproces van dergelijke complexe projecten. Het programma richt zich dus op het proces dat moet leiden tot de creatie van adequate infrastructuur. Daarbij is tevens gekeken naar ruimtelijke inpassingsvraagstukken, omdat deze sterk van invloed zijn op de maatschappelijke acceptatie van infrastructuuringrepen.



Het Transitie naar hindervrij en duurzaam bouwen-project richt zich op de aspecten welke bij kunnen dragen aan hindervrij en duurzaam bouwen en de verdere doorontwikkeling hiervan. Voor de transitie wordt er aandacht besteed aan een viertal onderwerpen.

1. Aandacht voor doorstroming bij aanbestedingen via de EMVI (Economisch Meest Voordelige Inschrijving) aanbestedingsprocedure.
2. Uitdragen van het succes dat reeds behaald is met mobiliteitsmanagement bij grote bouwprojecten.
3. In kaart brengen op welke wijze bouwtechnische innovaties kunnen bijdragen aan de vermindering van hinder van bouwprojecten en kunnen worden meegenomen in het besluitvormingsproces.
4. Verdere vormgeving van de transitie naar hindervrij bouwen met behulp van de ervaring en inzichten uit andere Transumo-projecten.

## 9.2 Transumo A15 en Pro-Access

De projecten Transumo A15 en Pro-Access zijn beide gericht op de versterking van de achterlandverbindingen van de haven van Rotterdam. Primaire doelstelling is om middels een goede achterlandbereikbaarheid de concurrentiekracht van de Rotterdamse haven te versterken. Secundaire doelstelling daarbij is om de prestatie van de meer duurzame modaliteiten spoor en binnenvaart te verbeteren om deze een groter deel van de verwachte groei in transport volumes te laten behalen<sup>5</sup>.

Voor de analyse van optredende effecten is de context waarin deze verbetering van de achterlandverbindingen worden geplaatst, bepalend. Als de verbetering van de achterlandverbindingen wordt afgezet tegen de huidige situatie zal er naast een effect in de doorstroming en de modal split vooral een volume-effect optreden door de sterke volumegroei van het verkeer. Vanwege de groei-doelstelling van de haven van Rotterdam is het echter realistischer om de situatie waarbij de groei-doelstelling wordt gerealiseerd en deze groei hoofdzakelijk wordt ingevuld met wegtransport als referentie te nemen.

### 9.2.1 Beschrijving kwalitatieve effecten ten opzichte van te verwachten groei

Binnen Transumo A15 en Pro-Access wordt ingezet op verbetering van de achterlandverbindingen via een pakket aan maatregelen. De soorten maatregelen zijn:

- Modal Shift (A15 en Pro-Access): Groter aandeel goederenvervoer via rail en binnenvaart via containertransferia en het beprijsen van wegtransport (o.a. via terminal slotveiling).
- Efficiënter vervoer (A15 en Pro-Access): o.a. door combineren van logistieke processen van verschillende bedrijven en door optimaliseren van retour transport containers (o.a. door inklapbare containers).
- Capaciteitsmaatregelen (m.n. A15): enerzijds uitbreiding door aanleg Oranjetunnel (Transumo A15), nachtelijke distributie, voertuiggeleiding en doelgroepstroken, anderzijds voorkomen van uitbreiding door terugdringen personenvervoer via beprijsen in de spits en belonen van o.a. carpools en uitbreiding OV-net.
- Schonere technieken (A15).

De effecten van de maatregelen worden hieronder toegelicht.

---

<sup>5</sup> Dit sluit aan bij de doelstelling van het Havenbedrijf Rotterdam om toe te werken naar een aandeel binnenvaart van 45% en een aandeel spoor van 20% in 2020.



### **Modal shift**

Doordat er gestuurd wordt op een betere benutting van de capaciteit van het spoor en de binnenvaart kan zich een daling voordoen in de gemiddelde emissiefactoren per ton vervoerde vracht. Voor een gelijke lading zijn namelijk de emissiefactoren per tonkilometer van met name spoor gemiddeld genomen lager dan die van wegtransport. In het geval van binnenvaart zijn de emissies niet vanzelfsprekend lager. Hoe binnenvaart scoort ten opzichte van de weg is afhankelijk van de grootte van het schip en de belading (zie Hoofdstuk 4).

Bij kortere afstanden moet er ook rekening worden gehouden met het feit dat overslag van goederen energiegebruik en eventueel extra vrachtautokilometers met zich meebrengt. De CO<sub>2</sub>-emissies van overslag in een containerterminal staan ongeveer gelijk aan 25 kilometer transport over de weg<sup>6</sup>.

### **Efficiënter vervoer**

Binnen de doelstelling om de meer duurzame modaliteiten spoor en binnenvaart te verbeteren wordt er gestreefd naar een betere belading en minder lege kilometers. Een betere benutting van spoor en binnenvaart, maar ook van vrachtauto's zal direct leiden tot minder emissies per tonkilometer.

### **(Minder) capaciteitsuitbreiding weg**

Maatregelen die de capaciteit van de weg vergroten hebben in principe een aanzuigende werking op verkeer en zorgen daarmee voor extra emissies van CO<sub>2</sub>-luchtvervuilende stoffen en geluid. Plaatselijk, bijvoorbeeld op de A15 kunnen de gevolgen voor luchtkwaliteit en geluid wel positief zijn, wanneer het de verkeersdrukke daar lager wordt. In o.a. deliverable D15 van Transumo A15 worden deze effecten ook uitgebreid beschreven en ingeschat.

Beprijzing kan de aanzuigende werking van extra wegcapaciteit teniet doen en ook dat is een van de genoemde maatregelen in Transumo A15. Belangrijk is wel dat de beprijzing niet alleen tijdens de spits plaatsvindt, maar ook rondom de spits, om te voorkomen dat alle automobilisten rondom de spits gaan rijden. Ook andere maatregelen worden genoemd om het aantal personenauto's op de weg te verminderen. Deze maatregelen zullen over het algemeen de emissies verminderen. Ook wanneer verplaatsing van personenvervoer naar OV plaatsvindt, zullen gemiddeld genomen de emissies van zowel CO<sub>2</sub> en luchtvervuilende stoffen afnemen (Hoofdstuk 4). Het verminderen van de transportvraag kan er ook toe leiden dat de wegcapaciteit niet hoeft worden uitgebreid wat zou leiden tot extra transportvraag. Met het voorkomen van wegcapaciteitsuitbreiding worden dus ook extra emissies door personenverkeer vermeden.

### **Schonere technieken**

Het toepassen van schonere technieken heeft direct invloed op de emissies. Voor vrachtauto's zullen luchtvervuilende emissies in de toekomst sterk afnemen door de aanscherping van de emissie-eisen (Euroklassen). Een grote verbetering kan met name behaald worden binnen de binnenvaart door aanscherping van de eisen ten aanzien de inzet van schonere motoren en brandstoffen

---

<sup>6</sup> De jaarlijkse CO<sub>2</sub>-emissies van een haventerminal met een doorzet van 1,6 mln. TEU bedraagt 50 kton per jaar (TNO, 2006). Dit komt neer op 3,1 kg CO<sub>2</sub> per ton (10 ton per TEU). CO<sub>2</sub>-emissies van vrachtauto's bedragen ca. 0,12 kg/tonkm (Hoofdstuk 4).



## 9.2.2 Beschrijving kwantitatieve effecten Transumo A15

Binnen het Transumo A15-project zijn inschattingen gedaan naar de volume-effecten die plaats zullen vinden op de A15 voor de verschillende maatregelen. Voor de maatregelen is goed aangegeven welke (rebound)effecten van verkeerstoename optreden wanneer de doorstroming verbeterd. Voor de Oranjatunnel is ook geschat hoe groot dit effect is.

Figuur 23 De in Transumo A15 benoemde maatregelen en effecten

Effect op omvang verkeer A15			
'Aangescherpte' Maatregelen Modern Klassiek Plus 2020/2033	Goederen- verkeer	Personen- verkeer	Toelichting
Oranjatunnel	-14	-14	Totale verkeersvolume groei met 5 procent
Innov. Personenverkeer	+3	-20	Beprijzen/belonen realiseren het grootste effect
Innovatieve modal shift	-16	+3	Containertransferia realiseren het grootste effect
Aparte stroken	+2	+2	Verbeterde doorstroming, lichte toename verkeer
Nachtdistributie	0	+3	Vooral effect op spits, lichte toename verkeer
Totaal	-25	-26	

Thema's 3D 2033	Verkeerseffecten		Toelichting
	Vracht	Personen	
Duurzame doorvoer	-5%	+1%	Minder congestie, inzet binnenvaart neemt toe
Transportpreventie	-5%	-4%	Minder transportbewegingen
Ruimtelijke ordening	0	-1%	Minder emissie en geluid
Duurzaamheidsmarkt	-4%	0	Efficiëntere logistiek
Organisatorisch innovatief	-	-	Maakt innovaties mogelijk
TOTAAL 2033	-14%	-4%	

Bron: Deliverable D15, Transumo A15.

Met behulp van het programma 'Urban Strategy' zijn de effecten van de maatregelen doorgerekend en zijn de effecten voor verkeersintensiteiten, lucht, geluid en externe veiligheid uitgebreid weergegeven in GIS-kaarten (Deliverable D17, Transumo A15). De effecten zijn doorgerekend rondom het wegennet van de A15 ten opzichte van twee *business as usual* scenario's voor 2020 en 2033.

De berekeningen laten een verbetering van de luchtkwaliteit op de A15 zien. Zo werd berekend dat de NO<sub>2</sub>-concentratie langs de snelweg met 1-5µg/M<sup>3</sup> zal dalen en de PM<sub>10</sub>-concentratie met 0-1,0µg/m<sup>3</sup>. Ook gaven de berekeningen aan dat er verslechtingen op kunnen treden op andere trajecten doordat de vrachtvervoerstromen ook worden omgebogen. Voor CO<sub>2</sub> werd voor het wegverkeer in regio Rijnmond een daling van 12-20% ingeschat.

In de berekeningen van CO<sub>2</sub> en luchtverontreinigende stoffen is geen rekening te zijn gehouden met emissies van de extra binnenvaartbewegingen (en spoorvervoer). Dit betekent dat de positieve effecten van modal shift voor de A15 (van weg naar binnenvaart) kan betekenen dat op andere plaatsen problemen ontstaan.

De CO<sub>2</sub>- en SO<sub>2</sub>-emissies per tonkm van binnenvaart zijn op de kortere afstanden gemiddeld genomen 25-50% lager dan die van wegverkeer, de NO<sub>x</sub>-emissies zijn 10-40% lager, PM<sub>10</sub>-emissies zijn een factor 1,2 tot 2 hoger (zie Hoofdstuk 4). Het effect van de luchtvervuilende emissies zal nauw samenhangen met de locatie waar het uitgestoten wordt. De beladingsgraad van het binnenvaart transport ten opzichte van het wegverkeer zal uiteindelijk

bepalend zijn of emissies hoger dan wel lager zijn bij een overstap naar binnenvaart.

Ook voor modal shift naar personenvervoer lijkt geen rekening gehouden te zijn met de uitstoot die wordt veroorzaakt door het gebruik van OV (tenzij over de weg). Deze emissies zijn van belang om het totaaleffect van de maatregelen, met name op CO<sub>2</sub>-uitstoot, te kunnen beoordelen.

De effecten van volumegroei die genoemd worden in verband met maatregelen die voor capaciteitsuitbreiding zorgen (Deliverable D15), lijken in de berekeningen van de milieueffecten in zoverre te zijn meegenomen als dat ze invloed hebben op het traject rondom de A15. Een overall inschatting van de milieueffecten (ook elders) is niet gemaakt.

De effecten van de maatregelen zijn desalniettemin goed in beeld gebracht en in ieder geval zijn alle reboundeffecten kwalitatief ingeschat of benoemd. Ook worden maatregelen voorgesteld die eventuele reboundeffecten kunnen voorkomen zoals beprijzen.

### 9.2.3 Conclusie effecten Transumo A15 en Pro-Access

Binnen het thema bestuurlijke processen zijn voor het project Transumo A15 inschattingen gemaakt over de effecten op de luchtkwaliteit rondom de snelweg en de CO<sub>2</sub>-uitstoot van wegverkeer in Rijnmond.

De effectinschattingen voor luchtkwaliteit zijn uitgebreid weergegeven in GIS-kaarten.

De inschattingen zouden verbeterd kunnen worden door ook rekening te houden met de uitstoot die wordt veroorzaakt door andere modaliteiten en met name binnenvaart. Gemiddeld genomen zal binnenvaart wel iets milieuvriendelijker zijn als het gaat om CO<sub>2</sub>- en NO<sub>x</sub>-emissies, maar juist vervuilender als het gaat om de PM<sub>10</sub>-emissies. Daarnaast zou een inschatting van de overall-effecten van met name CO<sub>2</sub>-emissies toegevoegde waarde kunnen leveren op het onderzoek. Op deze manier worden de rebound-effecten die ook buiten de Rijnmond kunnen optreden ook worden meegenomen.

In het algemeen kan voor de maatregelen binnen het thema Bestuurlijke Processen worden geconcludeerd dat de beoogde modal shift van wegtransport naar binnenvaart, maar vooral naar spoor, luchtverontreinigende en CO<sub>2</sub>-emissies besparen. Het gebruik van transferia zal een deel van dit effect teniet doen doordat de goederen vaker dienen te worden overgeslagen. De CO<sub>2</sub>-emissies van overslag in een containerterminal staan ongeveer gelijk aan 25 kilometer transport over de weg. Daarnaast zal bij versterking van spoor en binnenvaart geen uitbreiding nodig zijn van de wegcapaciteit, waarmee voorkomen wordt dat extra emissies door personenverkeer worden veroorzaakt. Ook de maatregelen die binnen Transumo A15 worden genoemd om het volume van het personen wegvervoer terug te dringen, zoals beprijzen, zijn zeer effectief. In Figuur 23 zijn de effecten opgesomd.



Figuur 24 Duurzaamheideffecten Transumo A15 en Pro-Access

Effecten	Type effect	Invloed op emissies
Modal shift	1	- / +
Efficiënter vervoer	2	-
Minder wegcapaciteit (voorkomen groei)	2	-
Meer wegcapaciteit	2	+

### 9.3 Netlipse

#### 9.3.1 Beschrijving kwalitatieve effecten Netlipse NL

Binnen het project Netlipse worden geen planet-effecten gerapporteerd. In het algemeen kan worden geconcludeerd dat door de creatie van aanvullende infrastructuur of door te sturen op de verbetering van infrastructuur, al dan niet vanuit milieuoogpunt, er extra verkeersvolume wordt aangetrokken. Infrastructurele verbeteringen op de weg zullen op de langere termijn in ieder geval leiden tot extra emissies (zie Hoofdstuk 3), tenzij de snelheid of het volume actief wordt beperkt door aanvullende maatregelen. Voor andere modaliteiten, zoals de trein, is het milieueffect afhankelijk van de emissies van de modaliteit en de vraag in hoeverre het extra volume zorgt voor minder volume op de weg. Enerzijds zullen emissies vermeden kunnen worden door een modal shift van weg naar spoor. Anderzijds kan uitbreiding van het spoor zorgen voor meer mobiliteitsvraag, dan wel op het spoor door de grotere capaciteit, dan wel op de weg door de betere doorstroming van personenauto's door het kleiner aantal vrachtauto's op de weg. Door prijsstelling kan de extra mobiliteitsvraag beperkt worden.

#### 9.3.2 Conclusie (Netlipse NL)

In Netlipse-project worden geen resultaten gegeven wat betreft de milieueffecten. Door de aanleg de verbetering van infrastructuur valt echter te verwachten dat in veel gevallen de emissies zullen toenemen door toenemend verkeersvolume. Te verwachten effecten zijn samengevat in Figuur 25.

Figuur 25 Duurzaamheideffecten Netlipse NL

(Beoogde) Effecten	Type effect	Invloed op emissies
Doorstroming (gelijkmatigere snelheid)	3c	-
Modal shift	1	+ / -
Mobiliteitsvraag	2	+

### 9.4 Transitie naar hindervrij en duurzaam bouwen

Het project 'Transitie naar duurzaam en hindervrij bouwen' richt zich op het waarborgen/verbeteren van de doorstroming tijdens de werkzaamheden.

De effecten kunnen worden onderscheiden op effecten tijdens de bouw en blijvende effecten, door gedragsverandering.



#### 9.4.1 Beschrijving kwalitatieve effecten

De effecten die te verwachten zijn bij een transitie naar hindervrij en duurzaam bouwen zijn een modal shift, een stijging van de bezettingsgraad in auto's en een verbetering van de doorstroming.

##### Modal shift

Bouwwerkzaamheden dragen er in principe toe bij dat de gemiddelde snelheid van met name het verkeer lager wordt en dragen daarmee ook bij aan minder emissies. Ook al zijn de werkzaamheden tijdelijk, regelmatig zijn er werkzaamheden en de impact die deze hebben op de doorstroming bepaald de aantrekkelijkheid van de vervoerswijze. Het is niet wenselijk in termen van people en profit (wel voor planet) om de hinder die ontstaat bij wegwerkzaamheden compleet niet aan te pakken.

Wanneer reizen niet kan worden vermeden is het vanuit planet-oogpunt een goede oplossing de hinder op te lossen met OV- en fietsalternatieven. Overstap naar OV en fiets zullen, zoals toegelicht in Hoofdstuk 4 (Figuur 7-Figuur 9), in ieder geval tijdens de werkzaamheden een reductie van de emissies met zich meebrengen.

Zoals blijkt uit de projectrapportage hebben in een aantal gevallen de maatregelen een blijvend effect gehad. In het geval van werkzaamheden aan de Muiderbrug op de A1 bleek de modal split na de werkzaamheden te zijn veranderd ten opzichte van de periode voor de werkzaamheden. Het aandeel van auto's is gedaald van 52 naar 47% ten gunste van het OV. In dat geval zal er een blijvend positief effect zijn voor de CO<sub>2</sub>- en luchtvervuilende emissies. De wegwerkzaamheden kunnen dan worden aangegrepen om schonere alternatieven voor de auto te promoten.

##### Bezettingsgraad

In de projectrapportage worden ook initiatieven als de inzet van vanpools en personeelsbussen genoemd. Initiatieven zoals filemijden kunnen in principe ook carpools bevorderen. Het verhogen van de bezettingsgraad van auto's vermijdt zeer effectief emissies. Terwijl de reistijd voor de reizigers vrijwel gelijk blijft worden de emissies per persoon een stuk lager.

##### Doorstroming

Mobiliteitsmanagement maatregelen zoals informatieverschaffing over alternatieve routes, actuele reistijdinformatie en spitsmijden<sup>7</sup> zorgen voor betere doorstroming. Deze maatregelen zijn daarmee vaak geen goede maatregelen wat betreft het terugdringen van verkeersemissies. Hoewel de emissies per kilometer vaak lager zullen zijn door gelijkmatigere doorstroming, zal dit overgecompenseerd worden door toenemend volume (zie Hoofdstuk 3). Door de betere reistijden worden er in principe meer kilometers met de auto gemaakt dan wanneer deze maatregelen niet worden toegepast. Wanneer de doorstromingsmaatregelen een blijvend effect hebben zal het rebound van effect van volumegroei nog groter zijn. Deze effecten kunnen met beprijzing voorkomen worden. Dit betekent in het geval van spitsmijden dat ook rondom de spits prijsdient te worden.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> Zoals beschreven in het project Spitsmijden veroorzaakt het Spitsmijden met name een verschuiving het rijden in de spits naar tijden rondom de spits. Modal shift-effecten zijn vaak geringer.



#### 9.4.2 Conclusie (Transitie naar hindervrij bouwen)

Verkeersmanagement ten behoeve van hindervrij bouwen is gericht op het waarborgen van de doorstroming tijdens bouwwerkzaamheden. In de projectrapportage worden geen resultaten gegeven die een kwantitatieve analyse van de milieueffecten mogelijk maken. De voorgestelde maatregelen hebben modal shift, een betere bezettingsgraad of een betere doorstroming tot gevolg. Modal shift en een hogere bezettingsgraad zullen een positief effect hebben op het milieu. Het verbeteren van de doorstroming zal uiteindelijk leiden tot het aantrekken van meer wegverkeer. De eventuele lagere emissies per kilometer zullen in dit geval waarschijnlijk teniet worden gedaan door toename in verkeersvolume (zie Hoofdstuk 3). Beprijzing kan deze volumegroei voorkomen.

Figuur 26 Doorstroming (Gelijkmatigere snelheid) 3c

Mogelijke effecten	Type effect	Invloed op emissies
Modal shift	1	-
Bezettingsgraad	2a1	-
Doorstroming	3c	+

# 10 Thema Ketenintegratie

## 10.1 Uitgevoerde projecten

Binnen Transumo zijn de volgende projecten in het thema (logistieke) Ketenintegratie uitgevoerd:

- PROTECT: Beveiliging in de logistieke keten;
- Effective Closed loop supply chain Optimization (ECO);
- Ketensynchronisatie in logistieke netwerken;
- Prognostic Integrated Logistics (PILOT);
- DIPLOMA.

Binnen het thema Ketenintegratie is de aandacht gericht op het optimaal inrichten van de transportketens middels nogal uiteenlopende maatregelen.

Het PROTECT-project richt zich op de relatie tussen het beveiligen van de transportketen en het functioneren van dergelijke ketens. Bij beveiliging gaat het hier om het voorkomen van negatieve invloeden van terrorisme en criminaliteit.

In het ECO-project wordt aandacht besteed aan de onbalans in (grensoverschrijdende) vervoerstromen, transportpreventie en hoogwaardig hergebruik van afvalstoffen. Het project richt zich onder andere op het terugdringen van de lage beladingsgraad van de retour gezonden containers, door containers met reststromen te vullen. Met de inzet van reststromen richt het project zich ook op het reduceren van het gebruik van schaarse primaire grondstoffen.

De nadruk in het Ketensynchronisatieproject ligt op het afstemmen van productie en distributie op de onzekere marktvraag, om efficiënte goederenstromen te ontwikkelen. Het project richt zich zowel op individuele optimalisatie als netwerkoptimalisatie en de implementatie hiervan.

Het PILOT-project richt zich op het ontwikkelen van nieuwe informatietechnieken die de technische status van logistieke systemen, zoals vliegtuigen en transportbanden kunnen voorspellen. Door inzet van deze systemen moet het mogelijk worden de logistieke systemen beter in te zetten en onderhoud beter in te plannen, zodat operationele problemen zoveel mogelijk vermeden kunnen worden. Verwacht wordt dat onnodig transport door toepassing van PILOT kan worden vermeden.

Het DIPLOMA-project is gericht op het ontwikkelen van Multi Agent systemen voor logistieke processen. Met behulp van deze systemen moet het mogelijk zijn een betere afstemming te krijgen tussen transportvraag en aanbod te komen. Het systeem moet het mogelijk maken logistieke processen van verschillende bedrijven beter te combineren, multimodaal transport beter te stroomlijnen, beladingsgraden te verhogen en wachttijden te verlagen.



## 10.2 Beschrijving kwalitatieve effecten

Binnen het thema Ketenintegratie kan een veelvoud aan effecten optreden doordat de projecten niet alleen een directe invloed hebben op het logistieke deel maar ook bijvoorbeeld op de verwerking van reststromen zoals in het project ECO. In dit project wordt ingegaan op milieuwinsten die geen directe relatie hebben met transport en sterk afhankelijk zijn van het vervoerde materiaal. Hier is ervoor gekozen de analyse te beperken tot het logistieke deel. De effecten die hier te verwachten zijn hebben betrekking op de beladingsgraad, modal shift, transportvraag en doorstroming.

### **Beladingsgraad/transportkilometers**

De meeste projecten binnen het thema ketenintegratie zijn er op gericht goederenstromen te optimaliseren door transporten waar mogelijk te combineren. De inzet is om de beladingsgraad van de voertuigen te verbeteren. Een stijging van de beladingsgraad zal zich vertalen in een reductie van de gemiddelde emissies per tonkm oftewel in een vermindering van het aantal transportkilometers. Het voorkomen van lege retourritten door end-of-life producten voor hergebruik te transporteren naar bijvoorbeeld China verhoogt in principe ook de beladingsgraad, maar wanneer deze transportstromen extra worden gecreëerd leveren ze in principe geen verlaging van de transportemissies. De emissies zullen juist iets toenemen door de zwaardere last. Wanneer deze transporten echter leiden tot *extra* recycling, zullen in veel gevallen de extra transportemissies (ruimschoots) kunnen worden gecompenseerd.

### **Modal shift**

Door ketensynchronisatie (project ketensynchronisatie en DIPLOMA) kunnen ook modal shifts optreden. Aangezien er door ketensynchronisatie een verhoogd inzicht is in de keten, is men in staat te kiezen voor een modaliteit welke het beste bij de randvoorwaarden van het transport past. Een verbeterd inzicht in de marktvrage kan er toe leiden dat vaker voor langzamere en zuinigere vervoerswijzen wordt gekozen in plaats van het flexibelere (snellere) vervoer per vrachtauto. Met name een modal shift naar spoor zal de emissies per tonkm doen dalen (zie Hoofdstuk 4). In het geval van de binnenvaart is het effect afhankelijk van de belading en beladingsgraad van weg en binnenvaart.

### **Transportvraag (rebound)**

Door de optimalisatie van logistieke processen zal er op korte termijn een daling plaatsvinden in het aantal transportkilometers en de totaal afgelegde afstanden.

Om de reductie in transportvraag duurzaam te laten zijn is het van belang dat de efficiëntere wijze van transport geen kostenverlaging met zich meebrengt. Dit kan bijvoorbeeld via de kilometerheffing. Indien er wel kostenbesparingen optreden is een groei van de transportvraag in tonkm te verwachten. Het netto effect hangt dan af van de prijselasticiteit. Daarnaast kan het verminderen van vrachtverkeer op de weg leiden tot een toename van het personenverkeer. Ook dit kan worden voorkomen door beprijzen.

Bij de beveiliging van de transportketens worden extra randvoorwaarden gesteld aan de wijze waarop transportprocessen plaatsvinden. Hiervan wordt verwacht dat dit een negatief effect heeft op de mogelijkheden tot optimalisatie van de logistieke processen.



### **Doorstroming (emissies per km)**

Er zal worden bespaard op transport, zowel op het aantal voertuigbewegingen als op de afstanden, door betere planning en door het inspelen op het verloop van processen. Indien ketenintegratie op grotere schaal toegepast gaat worden in de markt, zal dit leiden tot betere doorstroming van het verkeer over de weg (zowel vracht als personenverkeer) en daarmee tot lagere emissies per kilometer.

Binnen het project DIPLOMA is ook gekeken naar een betere doorstroming van de binnenvaart. Het omleiden van pleziervaart voorkomt wachttijden bij de sluisen. Ook hiermee zullen de emissies per tonkm verminderen. Het omleiden van pleziervaart zal naar verwachting niet tot veel extra emissies leiden. De afstanden die de pleziervaart aflegt zijn eerder afhankelijk van de tijd die men wil besteden aan varen dan van een bepaalde bestemming.

## **10.3 Beschrijving kwantitatieve effecten**

Binnen het project 'Ketensynchronisatie in logistieke netwerken' wordt aangegeven dat door bij dynamisch programmeren rekening te houden met de praktische beperkingen (files, rijtijdenbesluit, etc.) van transport, winst voor het milieu kan worden behaald. Hiermee kan een daling worden bereikt van 18% in het benodigde aantal voertuigen. Gemeten in verreden kilometers zal deze wijze van programmering een daling van circa 5% kunnen veroorzaken. Voor de emissies zal dit eenzelfde reductie betekenen.

Bij case MASSCO (DIPLOMA) worden ketenspecifieke besparingen gegeven binnen de bouwsector voor de toepassing van Multi Agent-systemen bij de beleving van droge mortel aan bouwplaatsen. Er wordt aangegeven dat het aantal verreden kilometers per levering van droge mortel tot 80% kan worden teruggedrongen door de toepassing van Multi Agents op de bouwplaatsen welke automatisch de voorraad bijhouden. De CO<sub>2</sub>- en luchtvervuilende emissies zullen daarmee ook met ca. 80% kunnen dalen voor deze transporten. Voor de deelprojecten PAT en MASSCO worden ook rekenmodellen opgeleverd die emissiebesparingen in beeld brengen. Het is nog niet bekend welke resultaten deze modellen leveren.

## **10.4 Conclusie**

Binnen het thema Ketenintegratie zijn weinig data gerapporteerd die een kwantitatieve inschatting van de milieueffecten mogelijk maken. In het project Ketensynchronisatie in logistieke netwerken wordt gerapporteerd dat 5% van de kilometers kunnen worden bespaard door dynamische planning. Voor de case MASSCO is geschat dat 80% van de kilometers voor de beleving van droge mortel aan silo's kan worden vermeden.

In het algemeen kan worden geconcludeerd dat logistieke optimalisatie een goede bijdrage kan leveren aan het verminderen van emissies. Op de lange termijn kan een deel van de deze reductie echter teniet worden gedaan wanneer de transportvraag stijgt door lagere transportkosten. Daarnaast kan het verminderen van vrachtverkeer op de weg leiden tot een toename van het personenverkeer. Met maatregelen zoals de kilometerheffing kunnen dit soort reboundeffecten voorkomen worden. De effecten zijn samengevat in Figuur 27.



Figuur 27 Duurzaamheideffecten thema Ketenintegratie

Mogelijke effecten	Type effect	Invloed op emissies	Waarnemingen
Hogere beladingsgraad/ minder transport- kilometers	2a	-	-5%/-80%
Modal shift naar binnenvaart en spoor	1	-/+	
Modal shift naar spoor	1	-	
Toename transportvraag (rebound)	2	+	
Betere doorstroming (emissies per km)	3	-	



# 11 Thema Netwerkintegratie

## 11.1 Uitgevoerde projecten

De volgende projecten in het thema (logistieke) Netwerkintegratie zijn binnen Transumo uitgevoerd:

- Europese Logistieke Netwerken 2;
- Nationale Netwerken;
- Transitie naar duurzame stedelijke distributie.

Het Europese Logistieke Netwerken 2-project richt zich op de herinrichting van grensoverschrijdende logistieke ketens. Middels herinrichting wordt gestuurd op transportpreventie en verschuiving naar milieuvriendelijkere modaliteiten. Binnen het project speelt een inter-modale inrichting van de logistieke keten een belangrijke rol. Daarnaast wordt er in dit onderzoek ook aandacht besteed aan de invloed van betrouwbaarheid van transportketens en de invloed op modal shift.

De centrale doelstelling van het projectprogramma 'Nationale Netwerken (in de bouw)' is het optimaliseren van het ontwerp, de besturing en de beheersing van transportnetwerken in de Nederlandse bouw met aandacht (1) voor de inzet van multi-modaal vervoer en innovatieve vervoerstechnieken, (2) verschillende configuraties van productielocaties, op- en overslagpunten en bouwplaatsen in het transport netwerk en (3) dynamische afgiftepunten, d.w.z. de steeds wisselende locaties van bouwprojecten waar de finale verwerking van bouwproducten plaats vindt.

Het project 'Transitie naar duurzame stedelijke distributie' richt zich op het ontwikkelen van een innovatief stedelijk distributieconcept waarbij de nadruk ligt op bestuurlijke en organisatorische processen. De aandacht binnen is hierbij uitgegaan naar het concept van Binnenstadservice. De distributiecentra van Binnenstadservice werken als een gemeenschappelijk ontvangstadres en opslagadres van waaruit gebundelde stromen met milieuvriendelijke voertuigen de goederenstroom in de binnenstad worden geleverd.

Aangezien de inhoud van de projecten wezenlijk van elkaar verschilt worden de te verwachten effecten apart behandeld.

## 11.2 Beschrijving kwalitatieve effecten (Europese Netwerken 2)

Binnen Europese Netwerken 2 is een aantal belangrijke effecten te verwachten op de doorstroming, de modal split en op de transportvraag.

### **Doorstroming**

Door gebruik te maken van inter-modale transportketens kan er een verbetering van de doorstroming worden bereikt. De capaciteiten van vrachtverkeer vergroten door bijvoorbeeld binnenvaart of spoorvervoer beter te benutten, zal de doorstroming op de weg verbeteren. Een verbeterde doorstroming zal de gemiddelde emissie per kilometer omlaag brengen. Ook zal er een positief effect zijn op de doorstroming door de toepassing van bundeling en transportpreventie. Hierdoor wordt ook de noodzaak van ontwikkeling van nieuwe infrastructuur geremd.



Over het algemeen zal de stimulering van inter-modaliteit en transportpreventie een reducerend effect hebben op de emissiefactoren.

### **Modal shift (Europese Netwerken 2)**

Door inter-modale vervoersketens te bevorderen, zal er voor grotere of kleinere delen van een reis een modal shift worden veroorzaakt. Het doel van Europese netwerken is een modal shift naar duurzame vervoerswijzen te bevorderen.

Wel moet er bij bundeling en inter-modale inrichting van vervoerstromen rekening gehouden worden met de emissies die door de extra overslag-handelingen worden veroorzaakt. De afgelegde afstand van een goederenstroom zal bepalend zijn of de emissies die veroorzaakt worden door de extra overslag (meer dan) gecompenseerd worden door de lagere emissies van het vervoer zelf.

Binnen Europese netwerken is gewerkt aan de totstandkoming van een computerapplicatie (Inter-modale 3P-module) die de effecten van inter-modale vervoersketens beter inzichtelijk maakt. De applicatie maakt het mogelijk actief op de verschillende logistieke prestaties (doorlooptijd, kosten, milieubelasting, etc.) te sturen. Hierdoor worden vervoerders in staat gesteld actief te sturen op het minimaliseren van de milieu-impact per ton/km. Deze applicatie kan een modal shift op bepaalde routes bevorderen. De daadwerkelijke impact van een dergelijk tool is echter afhankelijk van de adoptie in de markt en de specifieke prestaties waarop gestuurd wordt.

### **Transportvraag (Europese Netwerken 2)**

Transportpreventie zal leiden tot een lagere mobiliteitsvraag en daarmee tot lagere emissies. Voorbeelden die gegeven worden binnen Europese Netwerken 2 zijn het verbeteren van de belading door betere afstemming op de wensen van de klant en ook het korter maken van de transportlijnen (bijvoorbeeld niet meer vanuit Maastricht via Aalsmeer naar de Benelux bloemen vervoeren). De directe emissiereductie is sterk afhankelijk van uitgespaarde vervoersafstanden. Indien transportpreventie en modal shift leiden tot een betere doorstroming bijvoorbeeld in de spits, zal de ontstane ruimte op de weg op langere termijn gedeeltelijk leiden tot extra personenvervoer en of goederenvervoer. Daarmee zullen de vermeden emissies gedeeltelijk ongedaan worden gemaakt.

Als voorbeeld van transportpreventie wordt als voorbeeld ook het hoogwaardige lokaal verwerken van oud papier in plaats van transporteren naar en recyclen in China aangehaald. Dit initiatief zal wat betreft recycling en ook transport milieuvordelen met zich meebrengen. Er moet echter rekening mee worden gehouden dat wanneer het transport gebruik maakt van leeg retour transport, de milieuvordelen op het gebied van transport beperkt zullen zijn. De zeevaartschepen naar China moeten immers toch terug.

Zoals aangegeven in pilot 3 kan het gebruiken van lokale luchthavens in plaats van Schiphol weggelaten worden. Het in gebruik nemen van lokale luchthavens kan op langere termijn ook leiden tot veel extra transport, omdat de verbinding naar de klant goedkoper en sneller wordt. Dit reboundeffect zal zeker meegewogen moeten worden.





### 11.3 Kwantitatieve effecten (Europese Netwerken 2)

Voor enkele cases binnen Europese Netwerken 2 zijn schattingen gemaakt van de kwantitatieve effecten op kilometers en klimaat.

- Berekend is voor sinaasappeltransport vanuit Spanje een lijndienst van zes zeeschepen wekelijks 7.000 trucks op de weg kan besparen. Hieruit kan afgeleid worden dat de CO<sub>2</sub>-emissies van dit transport met ca. 75% kunnen dalen en de NO<sub>x</sub>-emissies met ca. 30% (zie Hoofdstuk 4). Lokaal zal uitstoot van luchtvervuilende emissies volledig worden vermeden. Hierbij is geen rekening gehouden met eventueel transportgeneratie op de weg.
- In de pilot Perishables is berekend dat een efficiëntere logistiek van bloemen en planten uit Afrika kan leiden tot 500.000 minder wegkilometers en 250 minder lege vluchten van Maastricht naar Luxemburg per jaar. Voor de weg komt dit neer op het vermijden van ca. 30 kton CO<sub>2</sub>, 75 ton NO<sub>x</sub>, 1 ton PM<sub>10</sub> en 5 ton SO<sub>x</sub>. Wat betreft de besparingen op vliegbewegingen komt dit neer op het vermijden van ongeveer 34 ton CO<sub>2</sub>, 229 kg NO en 0,4 kg PM<sub>10</sub>.

### 11.4 Conclusie (Europese Netwerken 2)

Enkele cases binnen Europese Netwerken 2 geven aan dat grote milieuvordelen behaald kunnen worden door transportpreventie. In het algemeen kan worden geconcludeerd dat de initiatieven in het project kunnen leiden tot transportpreventie en modal shift naar duurzamere vervoerswijzen. Hierdoor kunnen de totale emissies (luchtverontreinigende en broeikasgassen) behoorlijk dalen.

Bij bundeling en inter-modale inrichting van vervoerstromen moet wel rekening gehouden worden met de emissies die door de extra overslag-handelingen worden veroorzaakt.

Daarnaast moet bij de berekening van de effecten worden bekeken of transportpreventie ook daadwerkelijk wordt gerealiseerd en dat het niet leidt tot meer leegtransport.

Tenslotte zal extra capaciteit op de weg gedeeltelijk leiden tot extra personenverkeer en bijbehorende emissies. De effecten zijn samengevat in Figuur 28.

Figuur 28 Duurzaamheideffecten Europese Netwerken 2

(Beoogde) Effecten	Type effect	Invloed op emissies
Transportpreventie	2	-
Doorstroming (gelijkmatigere snelheid)	3c	-
Modal shift naar schonere modaliteiten	1	-
Extra overslag	1	+
Toenemende transportvraag (rebound)	2	-/+

## 11.5 Beschrijving kwalitatieve effecten (Transitie naar duurzame stedelijke distributie)

Door de toepassing van duurzame stedelijke distributie zijn er effecten te verwachten op de modal shift, de beladingsgraad en de doorstroming.

### Modal shift

Traditioneel rijden distributiebedrijven met de vrachtwagen tot aan de afnemer in de binnenstad voor de levering van goederen. In de nieuwe situatie worden deze goederen afgeleverd op het distributiecentrum. Vanuit dit distributiecentrum zal het vervolgvervoer naar de afnemer winkel of consument deels plaatsvinden met de vrachtfiets en deels met een milieuvriendelijke vrachtwagen/bestelauto (gas of elektrisch). Toepassing resulteert dus in een beperkte modal shift. Door de toepassing van milieuvriendelijke vrachtwagens en zeker door de toepassing van fietsen zullen de emissies in de stad afnemen.

### Beladingsgraad

Distributeurs dienden zich voorheen aan krappe venstertijden te houden maar door de komst van dergelijke distributiecentra is het mogelijk de hele dag bij distributiecentra goederen af te leveren. Hierdoor kunnen de transportmiddelen efficiënter worden ingezet. Een vrachtwagen hoeft nu niet zelf meer de adressen in de stad aan te doen en heeft hierdoor meer tijd voor het uitvoeren van distributieritten. Deze ruimte stelt hem in staat een groter aantal adressen aan te doen. Aangezien op deze wijze meer goederen door één voertuig kan worden afgeleverd is de verwachting dat de beladingsgraad van de voertuigen zal toenemen. Het is zelfs mogelijk dat grotere vrachtwagens/bestelauto's ingezet gaan worden omdat meer winkels via de distributiecentra kunnen worden bevoorrad. Beide ontwikkelingen hebben tot gevolg dat er minder kilometers gereden hoeven te worden bij eenzelfde totale leveringsomvang, hierdoor zullen de emissies afnemen.

### Mobiliteitsvraag

Zoals hierboven aangegeven zal het aantal kilometers dat gemaakt wordt voor stedelijke distributie verminderen door bundeling van goederen en het gebruik van andere modaliteiten. Daartegenover staat dat door de verbeterde doorstroming op de toegangswegen van de stad in de spits op langere termijn extra personenverkeer gegenereerd kan worden met bijbehorende emissies.

### Doorstroming

Doordat goederen niet direct in de binnenstad worden afgeleverd en worden gebundeld op het distributiecentrum zal het aantal voertuigen in de binnenstad afnemen. De doorstroming in de binnenstad maar ook zeker op de toegangswegen naar de binnenstad zal verbeteren. Door de bundeling wordt veel start-stop-verkeer bij de aflevering van goederen in de binnenstad voorkomen. Dit zal een positief effect hebben op de luchtkwaliteit in de binnenstad. Op de wegen naar het distributiecentrum is mogelijk wel een relatieve verslechtering te verwachten van de doorstroming en de lokale luchtkwaliteit. Daarnaast kan als reboundeffect een verbeterde doorstroming extra verkeer in de binnenstad genereren.



## 11.6 Beschrijving kwantitatieve effecten (Transitie naar duurzame stedelijke distributie)

In het Stedelijke Distributie-project zijn met behulp van een verkeersmodel berekeningen uitgevoerd om de invloed van het binnenstadservice filiaal in Nijmegen te bepalen. Uit de berekeningen kwam naar voren dat bij een gedeeltelijke adoptie van het concept door winkeliers het aantal vrachtwagens in de stad afneemt. De afname is niet heel sterk aangezien vervoerders voor niet aangesloten winkels toch de stad aan moeten doen. Het aantal zware vrachtwagens dat de binnenstad aandoet daalt wel sterk.

Het systeem heeft volgens de berekeningen grote reductie potentie bij een brede adoptie van het aangepaste bevoorradingsstelsel. De maximale reductie die BBS in Nijmegen bij het winkelbevoorradend verkeer kan veroorzaken is een reductie in het aantal afgelegde kilometers met 32% en een daling van de reistijd met 25%.

Op het gebied van luchtkwaliteit is de reductie veel minder prominent aanwezig. Kortom het stadsdistributiecentrum heeft geen sterke invloed op de concentraties van luchtverontreinigende stoffen in de binnenstad. Dit wordt veroorzaakt doordat een groot gedeelte van de luchtverontreiniging achtergrondconcentratie is en doordat winkelbevoorrading slechts een klein deel (15%) van de totale transportbewegingen in de stad vertegenwoordigt. Daarnaast is het ook nog eens niet gewenst dat alle winkelbevoorradingen (voertuigen met een hoge beladingsgraad) via het distributiecentrum verlopen.

## 11.7 Conclusie (Transitie naar duurzame stedelijke distributie)

In de projectrapportage van Transitie naar duurzame stedelijke distributie worden enkele kwantitatieve milieueffecten gerapporteerd. Te verwachten is een daling van de verkeersemissies in de binnenstad door de toepassing van milieuvriendelijke alternatieven voor stedelijke distributie. Zoals aangegeven vertaald deze daling zich vanwege de achtergrondconcentratie en de geringe omvang van het winkelbevoorradende verkeer niet duidelijk in een daling van de concentraties van luchtverontreinigende stoffen. Door de bundeling van goederenverkeer zal ook het verkeersvolume afnemen. Bij volledige benutting van de mogelijkheden van het stadsdistributiecentrum is zelfs een sterke daling in het verkeersvolume te verwachten. In de spitsuren zal dit leiden tot een betere doorstroming waarbij de emissies per kilometer zullen afnemen, maar anderzijds is op de langere termijn een toename van personenverkeer te verwachten. De reductie door betere distributie zullen naar verwachting hoger uitkomen dan de eventuele reboundeffecten die alleen in de spits plaatsvinden. De effecten zijn samengevat in Figuur 29.

Figuur 29 Duurzaamheidseffecten Transitie naar duurzame stedelijke distributie

(Beoogde) Effecten	Type effect	Invloed op emissies
Doorstroming (gelijkmatigere snelheid)	3c	-
Modal shift	1	-
Beladingsgraad	2a1	-
Mobiliteitsvraag distributie	2a2	- (max-32%)
Mobiliteitsvraag rebound	2	+



# 12 Thema Collectief Vervoer

## 12.1 Uitgevoerde projecten

Binnen het thema Collectief Vervoer zijn zes verschillende onderzoeken uitgevoerd, vier direct op het gebied van collectief vervoer, twee op het gebied van elektrisch vervoer:

### **Collectief vervoer**

- ROVBECO;
- Betrouwbaarheid Transportketens (BTK);
- People Movers op Weg (PMoW);
- Personal Rapid Transit (PRT).

### **Elektrisch vervoer**

- De Integratie van Elektrische Mobiliteit in de Gebouwde Omgeving (DIEMIGO);
- C,mm,n 2.0 (incl. Actieplan Elektrisch rijden).

Het ROVBECO-project is gericht op de herkomstzijde van transport. De aandacht gaat uit naar het afstemmen van het openbaar vervoeraanbod op de potentiële vraag in specifieke gebieden. Hierin wordt de bereikbaarheid van een gebied meegenomen, maar ook de socio-economische en gedragskenmerken van de bewoners. Met gerichte marketingmaatregelen wordt geprobeerd te sturen op de vervoerswijze van mensen.

In het tweede project, Betrouwbare Transportketens, kijkt men vooral naar hoe de kwaliteit van het huidige openbaar vervoer aanbod verbeterd kan worden. In het project 'Betrouwbaarheid Transportketens' wordt de aandacht gericht op het interesseren van mensen om met het openbaar vervoer te reizen. Hierbij staat onder andere het verbeteren van betrouwbaarheid (efficiënter gebruik infrastructuur en capaciteit) van het openbaar vervoer centraal. Hiertoe is binnen het project software ontwikkeld om de rijwegconflicten op het spoor automatisch te detecteren en in kaart te brengen. Daarnaast is een prototype systeem ontwikkeld dat bij optreden van conflicten op zeer korte termijn binnen de randvoorwaarden een alternatief plan kan opstellen om de dienstregeling te hervatten. Een ander belangrijke focus van het onderzoek is gericht op het beter afstemmen van de perceptie/waardering van betrouwbaarheid bij de klant met de werkelijke situatie.

Bij het People Movers op Weg-project wordt gekeken hoe het openbaar vervoernetwerk uitgebreid kan worden tot een sluitend netwerk met behulp van automatische voertuigen. Er wordt hiermee gericht op individuele vervoerstromen op de laatste en de eerste kilometer.

Bij het Personal Rapid Transport-project is er geanalyseerd of Personal Rapid Transport-systemen een rol kunnen vervullen in het ontsluiten van met openbaar vervoer moeilijk bereikbare gebieden.

Het doel van DIEMIGO-onderzoek is de Integratie van elektrische mobiliteitsconcepten in de gebouwde en (rand-) stedelijke omgeving, waarbij rekening gehouden wordt met de daar aanwezige mobiliteit problematiek. Hiervoor is aandacht besteed aan de ontwikkeling een methodologie om vanuit toekomstige stedenbouwkundige ontwikkelingen en toekomstig



gebruikersgedrag te komen tot inzicht in de verwachte mobiliteitsbehoefte en mobiliteitspatronen binnen een specifieke stedenbouwkundige context. De methodologie is toegepast op Schiphol om tot duurzame gebiedsontwikkeling te komen. Door deze activiteiten wordt getracht het transitieproces naar elektrische mobiliteit te verbeteren en te versnellen.

Het C,MM,N 2.0-project (incl. Actieplan Elektrisch rijden) is gericht op het forceren en versnellen van een grootschalige invoering van duurzame mobiliteit. Hierbij wil het project actief mensen betrekken en motiveren om zelf vorm te geven aan duurzame mobiliteit. Binnen dit project zijn verschillende activiteiten uitgevoerd, ten eerste is het actieplan Elektrisch Rijden gelanceerd, een beleidsbeïnvloeding document gericht op het stimuleren van een soepele en omvangrijke (20 miljoen voertuigen in 2020) introductie van elektrische auto's in Nederland. Daarnaast wordt er binnen dit project gewerkt aan de een open source elektrisch voertuig (super zuinig, stil en schoon) om de industrie uit te dagen sneller te innoveren.

## 12.2 Beschrijving kwalitatieve effecten (Collectief Vervoer)

Door het aanbod van het openbaar vervoer te verbeteren en aan te laten sluiten op de behoeften van de (potentiële) klant, wordt een aantrekkelijker OV-systeem gecreëerd. De verbetering van het openbaar vervoer kan daarom tot een modal shift leiden. Bij een verandering in de modal split ten gunste van het OV kunnen er belangrijke effecten optreden op de emissies van luchtverontreinigende en broeikasgassen. Daarnaast is een effect te verwachten op de bezettingsgraad, de doorstroming en op de transportvraag.

### Modal shift

Door verbeteringen van kwaliteit (verhoogde betrouwbaarheid) van het openbaar vervoer en de betere aansluiting van de service op de behoefte, zullen door de verhoogde tevredenheid, meer mensen gebruik gaan maken van deze diensten. Hieronder wordt ook de ontsluiting van gebieden welke voorheen slecht bereikbaar waren met het openbaar vervoer verstaan. De groei van de openbaarvervoersdiensten zal deels ten koste gaan van andere modaliteiten. Hierbij moet gedacht worden aan een verschuiving van de auto en taxi naar het openbaar vervoer (inclusief automatische vervoerssystemen). Dit is een gunstige ontwikkeling aangezien de gemiddelde emissiefactor van openbaar vervoer lager is. Aan de andere kant is het ook denkbaar dat er verschuivingen optreden van mensen die lopen of fietsen naar de bus. De kans op een dergelijke verschuiving is met name aan de orde bij de toepassing van people movers aangezien deze toegespitst is op individuele vervoerstromen. Bij de ontsluiting van moeilijk met het openbaar vervoer bereikbare gebieden door middel van openbaar vervoer zijn ook verschuivingen van bijvoorbeeld de fiets naar het openbaar vervoer te verwachten. Verschuivingen ten koste van lopen of fietsen zullen de gemiddelde emissiefactoren doen stijgen en daarmee de hiervoor beschreven gunstige effecten door een modal shift deels ten niet doen. De verhouding tussen overstappen de autogebruikers en overstapper uit de langzame modes zal bepalen of de modal shift gunstig is of niet.

### Bezettingsgraad

Door de beoogde modal shift zal een groter aantal personen gebruikmaken van de openbaar vervoersdiensten. Indien de netwerken goed worden ingericht zal de bezettingsgraad toenemen. Een hogere bezettingsgraad is vanuit milieuoogpunt gunstig; het zal de gemiddelde emissiefactoren per personenkilometer doen dalen. Indien verhoging van de bezettingsgraad wordt



veroorzaakt door overschakeling van lopende of fietsende personen, zal het uitmonden in een minder gunstige modal split geredeneerd vanuit milieuoogpunt.

### Verbruik

In het project 'Betrouwbare transportketens' wordt aangegeven dat het vroegtijdig detecteren van rijwegconflicten op het spoor, aanpassingen in het reisschema beter vormgeven kunnen worden. Dit houdt onder andere in dat de rijsnelheid van de trein in veel gevallen verlaagd kan worden. Dit leidt tot minder emissies per kilometer.

### Mobiliteitsvraag

De verbetering in doorstroming op het spoor die optreedt, zal leiden tot extra mobiliteitsvraag (reboundeffect) op het spoor en bij een effectieve modal shift ook gedeeltelijk op de weg. De snellere reistijd op spoor (en weg) creëert extra vraag (zie Hoofdstuk 3). Dit effect hangt samen met de modal split verandering ten koste van de slow modes. Het effect kan versterkt worden door de toepassing van gerichte marketingmaatregelen waarmee de perceptie van de (potentiële) klanten over kwaliteit en kosten van het spoor verbeterd wordt.

## 12.3 Conclusie (Collectief Vervoer)

In het thema Collectief Vervoer worden geen kwantitatieve milieu- of volume-effecten gerapporteerd. Te verwachten is dat de betere aansluiting van de diensten van het openbaar vervoer bij de wensen en perceptie van de klant en verbeterde betrouwbaarheid per saldo het openbaar vervoer aantrekkelijker zullen maken voor automobilisten. De overstap van de auto naar OV zal een reducerend effect hebben op de totale emissies, door de lagere emissiefactoren in het OV ten opzichte van de weg. Op bepaalde tijdstippen kan ook een groei in de mobiliteitsvraag worden veroorzaakt door overstap van de langzame modes (lopen en fietsen) naar OV.

Figuur 30 Duurzaamheideffecten thema Collectief Vervoer

(Beoogde) Effecten	Type effect	Invloed op emissies
Doorstroming (Gelijkmatigere snelheid)	3c	-
Modal shift	1	-
Mobiliteitsvraag	2	- / +

## 12.4 Beschrijving kwalitatieve/kwantitatieve effecten (DIEMIGO, C,MM,N)

In zowel het DIEMIGO project als het C,MM,N (actieplan elektrisch rijden) project staat elektrisch vervoer centraal. Aangezien de projecten zich beide richten op een sterke en versnelde introductie van elektrisch vervoer zijn de te verwachten effecten samen beschreven. Er is een verandering te verwachten op gebied van techniek (emissies per km), de modal split en de mobiliteitsvraag.



## Techniek

De voorgestelde overschakeling van conventionele aangedreven voertuigen naar elektrisch aangedreven voertuigen zal naar verwachting de emissies van zowel CO<sub>2</sub> als luchtverontreinigende stoffen per km doen dalen. Zo wordt in de rapportage een CO<sub>2</sub>-emissiereductie (well-to-wheel<sup>8</sup>) van 50% ten opzichte van conventionele technieken ingeschat onder behoud van de huidige vervoersvraag. Een bijkomend voordeel van de toepassing van elektrische aandrijving is dat luchtvervuilende well-to-tank emissies over het algemeen buiten de bebouwde kom worden geëmitteerd en dat ter plaatse de emissies dus volledig worden vermeden.

In de projecten wordt aangegeven dat bij inzet op grootschalig gebruik van duurzame energie (zonne- en windenergie) de emissie van CO<sub>2</sub> en luchtverontreinigende stoffen nog verder worden teruggedrongen. Er wordt uitgegaan van een well-to-wheel emissiereductie die op kan lopen tot maximaal 90% ten opzichte van conventionele technieken.

Met de inzet van 100% duurzame energie kan inderdaad een flinke CO<sub>2</sub>-reductie behaald worden, maar het is niet te verwachten dat de elektriciteitsvoorziening op korte termijn zo sterk zal verduurzamen. De inzet van duurzame elektriciteitsopwekking hangt voornamelijk af van de doelstellingen in de Europese Richtlijn Hernieuwbare Energie (20% hernieuwbaar in 2020) en de manier waarop het Nederlandse beleid hierop wordt afgestemd.

Wanneer wordt uitgegaan van de gemiddelde elektriciteitsvoorziening wordt voor elektrische auto's inderdaad een CO<sub>2</sub>-reductie van ongeveer 50% bereikt. De CO<sub>2</sub>-emissies zullen echter afhangen van de vraag hoe de extra elektriciteitsvraag zal worden opgewekt. Als dit met kolenstroom is (bv. 's nachts laden) zijn de CO<sub>2</sub>-emissies van een elektrische auto vergelijkbaar met de huidige auto. Bij aardgasstroom (bv. overdag) kan de CO<sub>2</sub>-uitstoot met meer dan 50% worden gereduceerd ten opzichte van de huidige auto.

De elektriciteitssector valt samen met andere grote industrieën onder het 'European Union Greenhouse Gas Emission Trading System' (EU ETS). Dit betekent dat de extra elektriciteitsvraag voor elektrische auto's binnen de ETS-sectoren niet zal leiden tot extra CO<sub>2</sub>-emissies, omdat deze emissies zijn begrensd door een vastgesteld plafond. Het is wel aannemelijk dat de CO<sub>2</sub>-emissies van elektriciteitsopwekking toenemen door de extra stroomvraag van elektrische auto's (o.a. door extra kolenstroom 's nachts). Deze emissies kunnen namelijk waarschijnlijk goedkoper door andere sectoren het ETS-systeem worden vermeden.<sup>9</sup> De extra elektriciteitsvraag veroorzaakt daarmee dus meer druk op het ETS-plafond.

Gemiddeld genomen kunnen de CO<sub>2</sub>-emissies van elektrische auto ten opzichte van de emissies van de huidige auto dus met 0-50% afnemen afhankelijk van wanneer geladen wordt. De extra elektriciteitsvraag door elektrische auto's zal binnen de ETS-sectoren niet leiden tot extra CO<sub>2</sub>-uitstoot, maar de gemiddelde CO<sub>2</sub>-uitstoot van elektriciteit zal naar waarschijnlijk ook niet dalen.

De introductie van elektrisch vervoer kan wel bijdragen aan het behalen van de duurzame energie doelstellingen. Door slim gebruik te maken van elektrische voertuigen kunnen ze toegepast worden als een elektriciteitsbuffer voor het elektriciteitsnetwerk. Met behulp van dergelijke buffers kan

<sup>8</sup> Inclusief de emissies van brandstofproductie en transport en energieproductie

<sup>9</sup> Zie CE (2010) voor een uitgebreide analyse van de emissies van elektrisch vervoer.





duurzame energie beter worden ingepast in het elektriciteitsnetwerk doordat het vraag en aanbod beter op elkaar af kan stemmen. Een dergelijke buffer wordt ook in het DIEMIGO-project beschreven onder de naam Park & Charge.

#### Mobiliteitsvraag en modal shift

De projecten richten zich op een versnelde ontwikkeling van elektrisch vervoer. Voor de introductie van elektrisch vervoer moeten nog een aantal barrières worden overwonnen, zoals de hoge kosten van accu's (zowel door beperkte levensduur als hoge productiekosten). Daar staat tegenover dat de energiekosten van het gebruik erg laag zijn (30-50% van huidige brandstofkosten per km (CE, 2008c) en fiscale regelingen tot dusver gunstig. Belangrijk voor de toekomst is om in de gaten te houden dat wanneer de barrières van het gebruik en van hoge aanschafkosten worden overwonnen, de gebruikerskosten van een elektrische auto niet veel lager worden dan die van de huidige auto. Lagere kosten zullen er namelijk toe leiden dat de auto aantrekkelijker wordt en dat er meer gereden zal worden ten koste van onder andere OV en de langzame vervoerswijzen. De lage kosten kunnen dus leiden tot volume groei en modal shift naar de auto. Een kilometerbeprijzing kan dit effect tegengaan of doen afnemen.

De emissies van elektrische auto's zijn mogelijk lager dan van OV, maar de emissies van elektrische vormen van collectief vervoer of elektrische fiets zullen altijd lager zijn.

## 12.5 Conclusie (DIEMIGO & C,MM,N)

De grootschalige introductie van elektrische voertuigen zal waarschijnlijk een positief effect hebben op de milieubelasting. De mate waarin hangt af van de wijze waarop de extra benodigde elektriciteit wordt opgewekt. Afhankelijk van of dit kolenstroom of gemiddelde stroom varieert de CO<sub>2</sub>-emissiereductie van 0-50%.

De elektrische voertuigen zullen ook bijdragen aan het aanscherpen van CO<sub>2</sub>-reducties binnen de EU ETS-sectoren. De extra elektriciteitsvraag zal er toe leiden dat er extra inspanningen binnen de EU ETS-sectoren zullen moeten worden gedaan om de doelstelling te halen. Daarnaast kan grootschalige introductie van elektrische voertuigen bijdragen aan het behalen van de doelstellingen op het gebied van duurzame energie. Door elektrische voertuigen als buffer te laten fungeren zijn er ook meer mogelijkheden om duurzame energie in te passen in het elektriciteitsnetwerk.

Een mogelijke risico is dat bij een geslaagde introductie van elektrische auto's, autorijden veel goedkoper wordt door de lagere energiekosten. In dat geval kan de mobiliteitsvraag over de weg sterk toenemen. Beprijzen kan dit effect tegengaan of doen afnemen. In het geval van elektrisch collectief vervoer of elektrische fietsen juist een gunstige modal shift bereikt worden.

Figuur 31 Duurzaamheidseffecten DIEMIGO & C,MM,N

(Beoogde) Effecten	Type effect	Invloed op emissies
Techniek	3a	0/-
Modal shift	1	+ (-)
Mobiliteitsvraag	2	+



# 13 Conclusies en aanbevelingen

## 13.1 Conclusies

Transumo is gestart met de behoefte mobiliteit duurzamer te maken met het oog op de drie P's van people, profit en planet. Geconstateerd is dat binnen een aantal Transumo-projecten de planet-effecten goed zijn uitgewerkt, maar dat in een aantal andere projecten met name people- en profit-effecten veel aandacht hebben gekregen maar planet-effecten niet. Enerzijds ontbreekt het in deze projecten vaak aan een complete visie op de planet-kanten, anderzijds zijn de planet-effecten vaak ook niet gekwantificeerd.

In de oorspronkelijke projectvoorstellen van Transumo-projecten is in de regel slechts summier en tamelijk opportunistisch aandacht besteed aan planet-impacts. Voor de mid-term review is op programmaniveau geconstateerd dat veel projecten tekort schoten op de analyses van de planet-kant en zijn verschillende acties ondernomen, waaronder het inschakelen van CE Delft om de mogelijkheid te bieden om projecten te begeleiden in het verbeteren van hun (inschatting/visualisatie van) planet-impacts. In de eindrapportages van een aantal projecten zijn de planet-effecten uitgebreid uitgewerkt, in een aantal andere projecten wordt echter nog steeds slechts oppervlakkig aandacht besteed aan planet-aspecten. De manier waarop de planet-aspecten in deze projecten gerapporteerd worden voegt in veel gevallen niet of nauwelijks iets toe aan de beschrijvingen zoals die aan het begin van de projecten zijn gegeven in de projectvoorstellen.

In aanvulling op de projectrapportages zelf, zijn door CE Delft inschattingen gemaakt van de planet-effecten van de Transumo-thema's. Dit is gedaan op basis van de projectrapportages en eigen inzichten. In veel gevallen zijn deze inschattingen kwalitatief, omdat de projecten onvoldoende kwantitatief inzicht geven in de effecten op vervoer- en verkeersprestaties, zodat (kwantitatieve) effectberekening voor het planet-aspect onmogelijk is. Waar mogelijk zijn effecten wel gekwantificeerd. In een aantal gevallen zijn binnen de projecten tools opgeleverd, die de kwantitatieve effecten van maatregelen doorrekenen. In dat geval is het voor CE Delft moeilijk te beoordelen welke effecten zijn meegenomen in de achterliggende berekeningen.

Over het algemeen kan worden opgemerkt dat veel projecten zich richten op een betere bereikbaarheid en efficiëntere logistiek en minder op de milieueffecten. Milieueffecten die worden gerapporteerd gaan vaak over de primaire effecten zoals emissiereducties door het uitsparen van kilometers en tijd en modal shift. In veel gevallen is geen rekening gehouden met belangrijke reboundeffecten die de primaire effecten in veel gevallen geheel of gedeeltelijk overschaduwen.

Het belangrijkste reboundeffect dat kan optreden is dat wanneer de reissnelheid toeneemt, bijvoorbeeld door een betere doorstroming op de weg, het verkeersvolume op langere termijn zal toenemen. Dit geldt in principe voor alle modaliteiten en met name voor het personenvervoer. De extra emissies door de toename in volume kan de emissiereducties geheel ongedaan maken. In principe kan dit reboundeffect voorkomen worden door flankerend beleid, zoals beprijzing, maar ook door snelheidslimieten. In het project



Transumo A15 zijn deze effecten goed inzichtelijk gemaakt en wat betreft verkeersvolume ook gekwantificeerd. De effecten komen echter niet allen tot uiting in de emissieberekeningen binnen het project, omdat deze zijn toegespitst op de emissies rondom de A15 en het gebied Rijnmond.

Projecten waar grote reboundeffecten verwacht kunnen worden indien er onvoldoende flankerend beleid wordt gevoerd, zijn Spitsmijden en Netlipse. Beide projecten zijn er op gericht om de doorstroming te verbeteren. De betere doorstroming en de reistijdbesparing voor personenverkeer door deze maatregelen zullen leiden tot meer verkeersvolume op de langere termijn en dit kan de emissiereducties door een zuinigere rijstijl geheel ongedaan maken of zelfs overcompenseren.

Voorbeelden van projecten binnen Transumo waar weinig reboundeffecten verwacht worden zijn Verzekeren per kilometer en de projecten binnen het thema Ruimte. Bij deze projecten ligt de nadruk niet op sneller vervoer en in het geval van kilometer verzekeren kan zelfs verwacht worden dat snelheid afneemt. De emissiereducties door modal shift naar schonere en zuinigere modaliteiten en het toepassen van een schonere rijstijl worden in deze gevallen dus niet ongedaan gemaakt door reboundeffecten van meer verkeersvolume.

Bij andere projecten speelt het reboundeffect van de toename van verkeersvolume in meer of mindere mate een rol. Met name projecten die gericht zijn op het ontlasten van de spits zullen te maken krijgen met een groot reboundeffect. Maatregelen binnen de thema's Ketenintegratie en Netwerkintegratie, die gericht zijn op efficiënter goederentransport en transportpreventie brengen ook reboundeffecten met zich mee, maar de reboundeffecten in de transport sector zijn deels gebaseerd op economische groei, waarbij relatief minder transport voor nodig is. In een pakket van maatregelen met o.a. beprijzing, zoals ook voorgesteld in Transumo A15, zullen de maatregelen optimaal effect kunnen hebben, met minimale reboundeffecten.

Elektrisch vervoer kan als techniek een grote bijdrage leveren aan het reduceren van emissies. Luchtvervuilende emissies kunnen zeer efficiënt vermeden worden in bebouwde gebieden door introductie van de elektrische auto. De reductie van de CO<sub>2</sub>-emissies is afhankelijk van de wijze waarop voorzien wordt in de extra elektriciteitsvraag en zal variëren van 0-50%. Ook met de introductie van elektrisch auto's is het van belang te voorkomen dat dit een volumegroei met zich meebrengt. Elektrisch vervoer zal de meest optimale bijdrage kunnen leveren wanneer ook stevig wordt ingezet op elektrisch collectief vervoer.

## 13.2 Aanbevelingen

Het verdient aanbeveling om in programma's die voortbouwen op het erfgoed van Transumo nadrukkelijker, structureler en minder vrijblijvend aandacht te besteden aan de planet-kant van duurzame mobiliteit. Hierbij dienen zowel directe als indirecte effecten op verkeersemissies te worden meegenomen en in het bijzonder ook de reboundeffecten.

Dit kan door op diverse momenten aandacht te besteden aan de planet-kant:

- bij het opstellen van de visie op programmaniveau;
- bij het opstellen en beoordelen van individuele projectvoorstellen;
- bij het ontwerpen van rapportageformats, bij de beoordeling van rapportages; en
- bij de overige verantwoordingsmechanismen die in het programma-management worden ingebouwd.

Gegeven de complexiteit van de materie en daaruit voortvloeiende methodologische uitdagingen ligt het voor de hand de betrokken kennisinstellingen een sterkere rol te geven in het kwantificeren of anderszins visualiseren/concretiseren van bijdragen aan planet-doelen.





# Literatuurlijst

## **CE, 2008a**

L.C. (Eelco) den Boer, F.P.E. (Femke) Brouwer, H.P. (Huib) van Essen  
STREAM 'Studie naar TRansport Emissies van Alle Modaliteiten'  
Delft : CE Delft, 2008

## **CE, 2008b**

R. (Richard) Smokers  
De planet-kant van duurzame mobiliteit. Top-down visievorming ten behoeve van Transumo  
Delft : CE Delft, 2008

## **CE, 2008c**

B.E. (Bettina) Kampman, M.B.J. (Matthijs) Otten, R.T.M. (Richard) Smokers  
Duurzamer Leasen  
Delft: CE Delft, 2008

## **CE, 2009**

M.B.J. (Matthijs) Otten, H.P. (Huib) van Essen  
Langzamer is Zuiniger  
Delft : CE Delft, 2009

## **CE, 2010**

B.E. (Bettina) Kampman, C. (Cor) Leguijt, D. (Dorien) Bennink,  
L.M.L. (Lonneke) Wielders, A.G. (Xander) Rijkee, A. (Ab) de Buck,  
W.C.A. (Willem) Braat  
Green Power for Electric Cars  
Delft : CE Delft, 2010

## **EC, 1999**

G.C. de Jong, L. Biggiero, P. Coppola, H.F. Gunn, O. Tegge, A. De Palma,  
E. de Villemeur, H. Duchateau & S. Gayda  
Elasticity handbook: Elasticities for prototypical contexts (Deliverable 5, TRACE)  
Brussels : European Commission, Directorate-General for Transport, 1999

## **Hupkes, 1977**

G. Hupkes  
Gasgeven of Afremmen: Toekomstscenario's Voor Ons Vervoerssysteem  
Deventer : Kluwer, 1977

## **Lawton, 2001**

T. Keith Lawton  
The urban Structure and Personal Travel: an analysis of Portland, or Data and Some National and International Data, E-vision 2000, conference  
City of Portland : Travel Forecasting, Transportation Department, 2001  
<http://www.rand.org/scitech/stpi/Evision/Supplement/lawton.pdf>

## **Levinson and Kumar, 1995**

D. Levinson, A. Kumar  
Activity, Travel, and the Allocation of time  
In : APA Journal, vol. 28, no. 2 (1995); p. 458-470



**Litman, 2007**

T. Litman

Generated Traffic and Induced Travel : Implications for Transport Planning  
Victoria (Ca) : Victoria Transport Policy Institute, 2007

**NS, 2007**

R. Haaijer, M. Pol, B. Vaessens

Trein in de OV-keten

Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 2007

Antwerpen : 22 en 23 november, 2007

**Pfleiderer, 2003**

Rudolf Pfleiderer, Dr. Martin Dieteric

Speed Elasticity of Mileage Demand

In : World Transport Policy & Practice, vol. 9 (4), pp. 21-27, 2003

**TNO, 2006**

H. Oonk

Emission to air due to activities on container terminals and future  
developments as a result of autonomous developments and additional  
measures

Apeldoorn : TNO, 2006

**TNO, 2008**

R. de Lange, N.E. Ligterink

Versit+ emissiefactoren voor Standaard rekenmethode 1 en Nederlandse  
snelwegen- 2008 update

Delft : TNO, 2008

**TML, 2009**

Filip Vanhove

Impact van maximumsnelheid op autosnelwegen

Rapport in opdracht van: Bond Beter Leefmilieu

Leuven : Transport & Mobility Leuven, 2009

**Van Wee, 1998**

B. van Wee, R. van den Brink

Environmental impact of congestion and policies to reduce it

In : 'Traffic congestion in Europe' round table 110 (ERC)

Paris : ECMT, 1998

**Van Wee, 2006**

Bert van Wee, Piet Rietveld and Henk Meurs

Is average daily travel time expenditure constant? In search of explanations for  
an increase in average travel time

In : Journal of Transport Geography, vol. 4, iss. 2 ( 2006); p. 109-122

