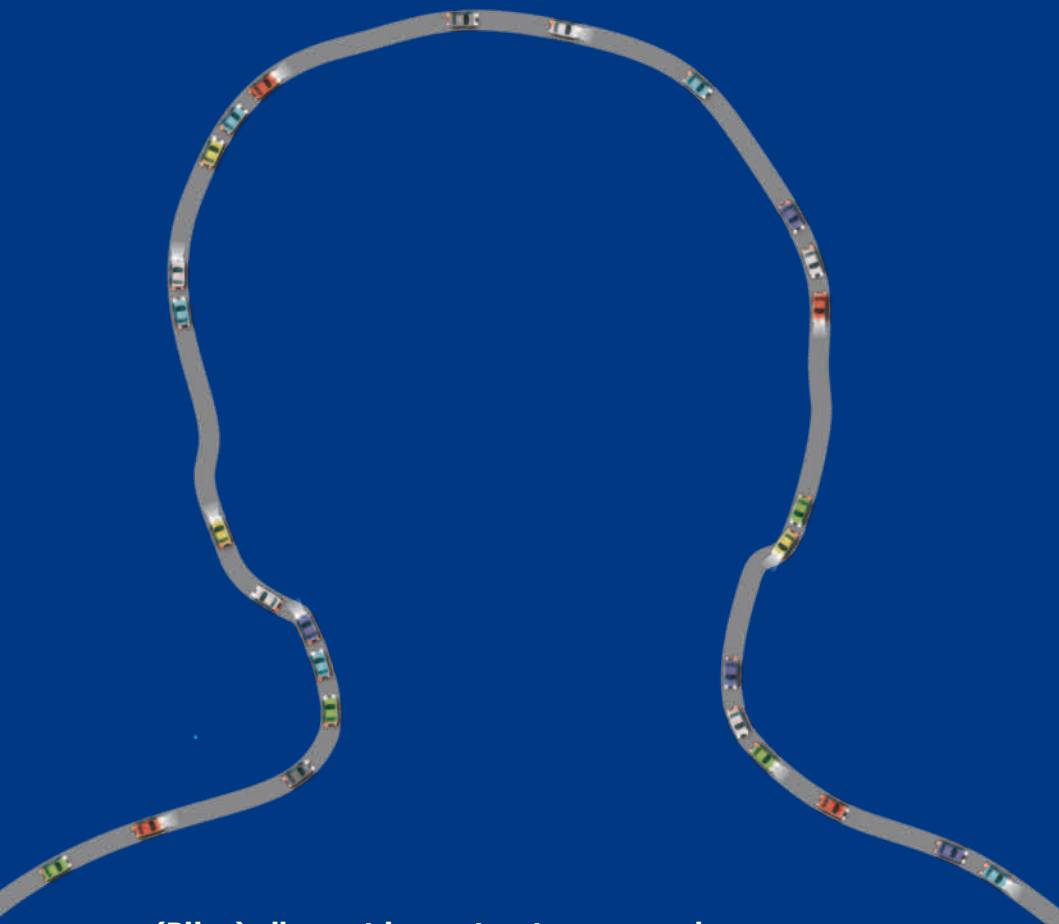
Hans van Lint & Vincent Marchau (red.)

De file, dat ben je zelf



(Bijna) alles wat je moet weten over verkeer en vervoer

De file, dat ben je zelf

Redactie:
Van Lint & Marchau

Website:
www.defiledatbenjezelf.nl

Uitgave:
Publikatieburo Bouwkunde
ISBN 9789052693941
Pb-bk@tudelft.nl

Delft, 2011

VOORWOORD

Neem iets eenvoudigs als ons ontbijt. Een voorzichtige schatting is dat hiervoor in Nederland iedere dag (!) ten minste 2500 grotere vrachtwagens met ieder 10 ton lading (brood, melk, beleg enzovoorts) van producenten naar supermarkten rijden[1]. En dan hebben we het nog niet over lunch en avondeten; over de spijkerbroeken uit Mexico die we dragen; over iPad's die in China worden gemaakt en via de VS worden verkocht; of over Nederlandse garnalen die in Marokko worden gepeld en in Nederland weer worden opgegeten.

Verkeer en vervoer spelen ook vaak een bepalende rol in hoe we ons persoonlijke leven inrichten. Waar gaan we wonen en werken? Waar gaan onze kinderen naar school? Bij welke supermarkt doen we in het weekend boodschappen? Wat voor activiteiten of plannen we ook hebben, hoe en of we ergens gemakkelijk kunnen komen, speelt een belangrijke rol in onze keuzes.

Vervoer is wellicht een abstract begrip, maar verkeer is juist heel zichtbaar en tastbaar. Verkeer is, na het weer, misschien wel het populairste onderwerp bij de koffiemachine. Dat komt vooral ook omdat verkeer veel ergernis, vervuiling en onveiligheid met zich meebrengt. We praten vaak over verkeer alsof het ons overkomt. Je zit vast in het verkeer, het verkeer was vreselijk! Maar hoe je het ook wendt of keert, verkeer is toch niets anders dan het zichtbare resultaat van al onze eigen vervoerbehoeftes en alle keuzes die we daarbij maken. De file, dat ben je zelf!

Wat weten we eigenlijk van verkeer en vervoer? Het antwoord is wellicht verrassend: bijzonder veel! We begrijpen behoorlijk

goed hoe files ontstaan, hoe we optimale dienstregelingen moeten ontwerpen, waarom en hoe mensen vervoerskeuzes maken en wat de effecten daarvan zijn op het totale vervoersysteem.
Maar misschien nog wel belangrijker is wat we (nog) niet weten. Dat is waar wetenschappers zich het liefste mee bezig houden. Bijvoorbeeld hoe verkeer en vervoer er in de toekomst uit gaat zien. Op welke technologieën kunnen we straks rekenen? Lossen de files vanzelf op? Kan het nou echt niet veel duurzamer?

We kunnen een aantal mogelijke scenario's schetsen, maar of die ook werkelijkheid worden, is erg onzeker. Wie had bijvoorbeeld het succes van internet of de mobiele telefoon voorspeld? De toekomst is ook sterk afhankelijk van keuzes die we hier en nu maken.
En dat brengt ons weer terug bij wat we *nu* weten over verkeer en vervoer. Zonder een gedegen kennis van verkeer en vervoer in het hier en nu, kunnen beleidsmakers en politici geen verstandige besluiten nemen over verkeer en vervoer van vandaag of morgen. Zonder die kennis kunnen ook journalisten, commentatoren en iedereen aan de koffie- en borreltafel niet goed beoordelen waar de schoen wringt.

Vanuit de wetenschap is het makkelijk (en ook regelmatig terecht) om kritiek te uiten op verkeers- en vervoersbeleid. Maar zou het niet veel beter zijn als iedereen die zich met verkeer en vervoer bemoeit, toegang zou hebben tot in elk geval de basiskennis over dit brede en complexe vakgebied?

Met dit boek heeft de TU Delft die handschoen opgepakt. Het initiatief voor dit boek stamt uit 2009. Professor Henk van Zuylen, destijds directeur van het Transport Research Center

Delft (onderdeel van de TU Delft) gaf ondergetekenden de opdracht om een voorstel te schrijven voor een boek dat als werktitel 'Verkeer en vervoer voor dummies' meekreeg en een laagdrempelige compilatie moest worden van de inzichten van iedereen die zich binnen de TU Delft bezighoudt met verkeer en vervoer[2].
Na een half jaar hadden we de beschikking over een flink aantal uitstekende stukken, over veiligheid, verkeersstroomtheorie, milieu-aspecten, keuzetheorie en verplaatsingsgedrag.

Het probleem was dat de meeste stukken op zich stonden. Waar was de rode draad en hoe moesten we dit alles tot een leesbaar geheel smeden? Na een korte impasse hebben we in 2010 gekozen voor een andere aanpak. Op welke vragen zouden lezers eigenlijk antwoord willen hebben?
Vanuit die gedachte ging het vervolgens snel. Moeten we anders gaan betalen voor mobiliteit? Waarom duren megaprojecten vaak zo mega lang? Wie of wat veroorzaakt files?

In dit boek pakken we deze vragen per hoofdstuk aan en zo wandelen we in zevenmijlslaarzen door 'bijna' het gehele vakgebied verkeer en vervoer. Bijna staat tussen aanhalingstekens want er blijft nog ontzettend veel kennis over die niet in dit boek is beland. Op de TU Delft wordt bijvoorbeeld ook onderzoek verricht naar luchtverkeer en -vervoer; naar volledig geautomatiseerde ondergrondse logistieke systemen; naar scheepvaartverkeer; naar het gebruik van *serious gaming* voor het plannen en ontwerpen van nieuwe steden; naar voertuigen op zonne-energie, en zo kunnen we nog wel even doorgaan. Genoeg stof voor meer boeken in deze serie!

Het mooie van ons vakgebied is dat het uiteindelijk gaat om mensenwerk. Verkeer en vervoer is een afgeleide van hoe

wij onze samenleving, de economie, onze wereld inrichten en gebruiken. En daarmee is de kennis die we nu hebben van verkeer- en vervoersystemen niet 'af'. Je zou zelfs kunnen zeggen dat we pas net beginnen! De wereld verandert en daarmee ook onze kijk op en begrip van verkeer en vervoer. Veel leesplezier met de huidige stand van zaken!

NOTEN/LITERATUUR:

1 *Zie bijvoorbeeld het rapport "De agrologistieke kracht van Nederland" uit 2009 (http://www.ndl.nl/files_content/publicaties/Agrologistieke-kracht-Nederland.pdf).*

2 *Binnen de TU Delft wordt op veel plekken onderzoek gedaan naar en onderwijs gegeven over bijna het gehele vakgebied van verkeer en vervoer. In sommige domeinen (bijvoorbeeld verkeersstroomtheorie, regeltechniek en intelligente transportsystemen) behoort de TU Delft daarbij tot de absolute wereldtop. Kijk bijvoorbeeld eens op www.transport.tudelft.nl voor een overzicht van al het transport (vervoer) gerelateerde onderzoek en onderwijs aan de TU Delft.*

VOORWOORD 3

1. ALLES HANGT MET ALLES SAMEN 8

2. GEDAAN MET DE RUST... HOE IS HET ZOVER GEKOMEN? 22

3. MOETEN WE ANDERS BETALEN VOOR ONZE MOBILITEIT? 37

4. ONTSTAAN FILES DOOR SLECHTE CHAUFFEURS? 76

5. WAAROM BESTAAT ER GEEN PERFECT TRANSPORTNETWERK? 101

6. LIGT HET ALLEMAAL AAN DIE BLAADJES OP DE RAILS? 121

7. WAAROM LOPEN MEGAPROJECTEN VAAK ZO MEGA UIT DE HAND? 146

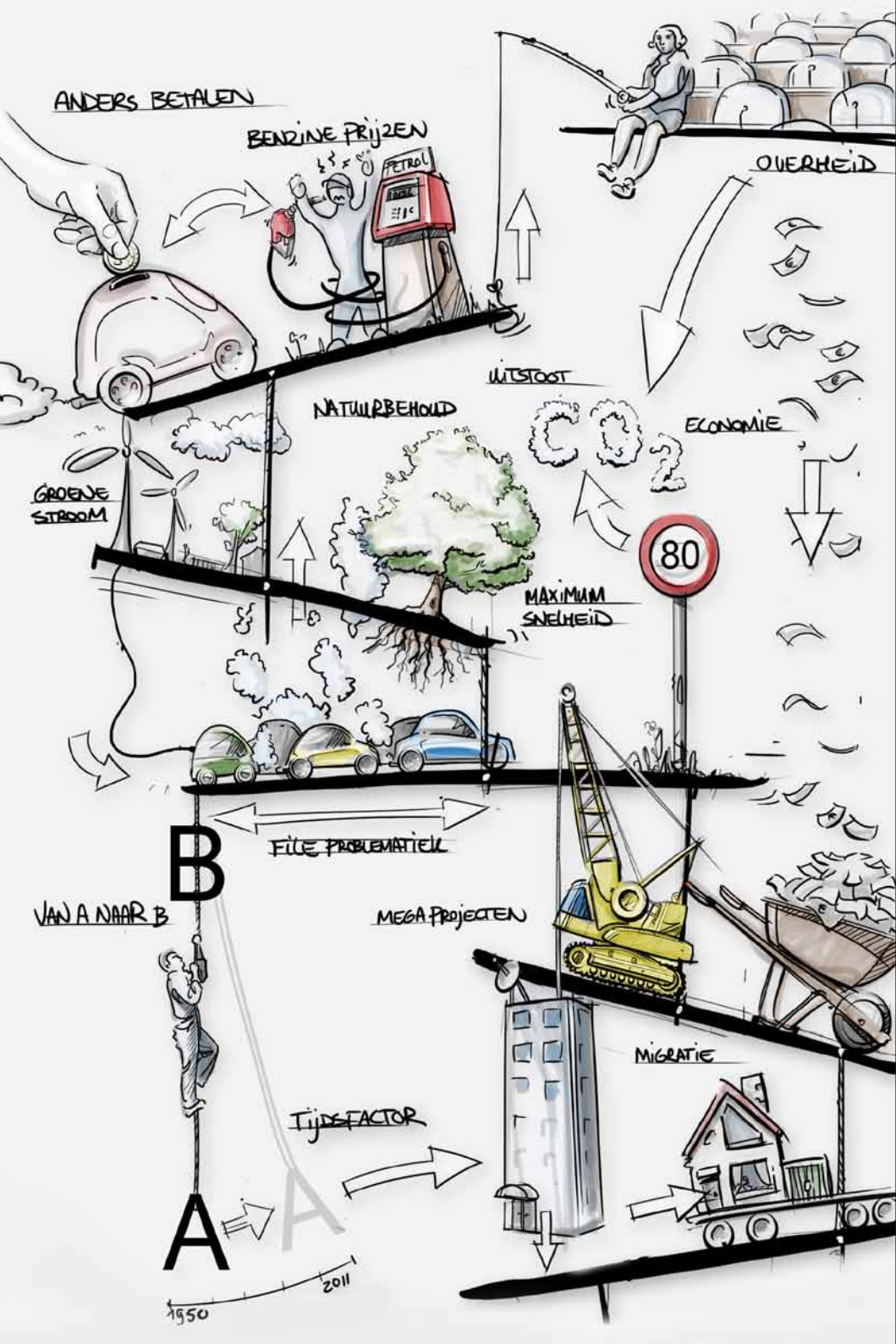
8. WAAROM GEEN 0 DODEN OP DE WEG? 164

9. MAG HET EEN ONSJE GROENER? 187

10. REGELT HET VERKEER ZICHZELF IN 2050? 207

NAWOORD EN DANKWOORD 227

AUTEURS 234


ANDERS BETALEN
BENZINE PRIJZEN
PETROL
OVERHEID
UITSTOOT
NATUURBEHOUD
ECONOMIE
GROENE STROOM
80
MAXIMUM SNELHEID
B
FILE PROBLEMATIEK
VAN A NAAR B
MEGA PROJECTEN
MIGRATIE
TIJDSFACTOR
A
1950
2011

ALLES HANGT MET ALLES SAMEN

Verkeer en vervoer zijn noodzakelijk om een maatschappij goed en plezierig te laten draaien maar brengen ook heel veel nadelen met zich mee. Files, verkeersonveiligheid, brandstofverbruik en de uitstoot van schadelijke gassen zijn bekende problemen. Het oplossen van deze problemen blijkt een taaie opgave. Een belangrijke reden is dat verkeers- en vervoerskunde niet door iedereen wordt gekend en begrepen. Verkeer en vervoer, ruimtelijke inrichting en activiteitenpatronen vormen een samenhangend, continu veranderend systeem met allerlei 'feedback-effecten' die elkaar soms versterken en soms afremmen. Aan één 'knop draaien' (infrastructuur bouwen, ruimtelijk herinrichten, een kilometerprijs of een duurder treinkaartje introduceren) leidt bijna altijd tot allerlei (bedoelde en onbedoelde) bij-effecten. Die effecten kun je vaak niet op de achterkant van een envelop uitrekenen of voorspellen. Daar is gespecialiseerde kennis voor nodig. Die kennis is er gelukkig en Nederland is bovendien internationaal een toonaangevend land op het gebied van verkeers- en vervoerswetenschappen.

Toch lijkt deze kennis maar moeilijk te 'landen' in de praktijk, de politiek en bij het brede publiek. Artikelen in kranten over verkeersproblemen bevatten vaak slordigheden of zelfs onjuistheden. Ook in de politiek worden soms onjuiste beslissingen genomen om de werking van verkeer en vervoer te verbeteren (bijvoorbeeld de Betuweroute) en blijken goedbedoelde maatregelen allerlei schijnbaar onverwachte bij-effecten te hebben (de 80 km/u zones) of is er grote maatschappelijke weerstand tegen effectieve maatregelen (bijvoorbeeld kilometerheffing). Met dit boek proberen we de wetenschappelijke kennis over verkeer en vervoer te vertalen voor een breder publiek dan de wetenschap zelf.

Dit boek is ingedeeld aan de hand van een aantal actuele en prikkelende vragen die men regelmatig in het nieuws tegenkomt

en die ook in de Tweede Kamer regelmatig de revue passeren. Moeten we anders gaan betalen voor mobiliteit? Worden files veroorzaakt door slechte chauffeurs? Waarom leggen we eigenlijk niet overal snelwegen aan met zes rijstroken en waarom duurt het bij megaprojecten vaak zo megalang voor ze worden uitgevoerd?
Aan de hand van die vragen lopen we met zevenmijlslaarzen door het vakgebied verkeer en vervoer heen. Het boek is zodanig opgezet en geschreven dat het met minimale voorkennis begrepen kan worden (voor wie meer wil weten zijn verwijzingen opgenomen naar zowel leesmateriaal als online bronnen)[1].

Dit boek is in de eerste plaats bedoeld voor iedereen die geïnteresseerd is in verkeer en vervoer en meer wil weten over de onderliggende mechanismen. Waarom en hoe ontstaan files, waarom reizen mensen, waarom zien transportnetwerken eruit zoals ze eruit zien en waarom moeten we echt gaan nadenken over een andere manier van betalen voor mobiliteit?
Maar eerst gaan we in dit eerste hoofdstuk terug naar de basisvraag:

WAAROM REIZEN WE EIGENLIJK?

Waarom verplaatsen mensen zich? En waarom verslepen we zoveel spullen over de hele wereld? Het kost immers veel tijd en geld.
We doen dat bijna altijd om allerlei activiteiten uit te kunnen voeren. Werken, wonen, familie bezoeken, boodschappen doen, spullen verkopen, productie draaien, ruwe grondstoffen omzetten in halffabrikaten enzovoorts, enzovoorts. Reizen is - althans in de meeste gevallen - geen doel op zichzelf. Personen en goederen gaan van A naar B omdat dit wenselijk wordt geacht en mogelijk is.

De kern van de zaak is dat mensen een afweging maken tussen de voordelen van reizen en de nadelen. Als die voordelen groter zijn dan de nadelen, dan gaan we op pad. Hetzelfde geldt voor het goederenvervoer: bedrijven laten goederen vervoeren als de voordelen groter zijn dan de nadelen.

Belangrijk zijn, uiteraard, de plekken waartussen we ons willen verplaatsen. Ligt ons kantoor bijvoorbeeld naast een station in het centrum van een grote stad waar je een auto moeilijk kwijt kan, dan zullen we eerder met de trein naar het werk reizen dan wanneer het kantoor aan de rand van de stad staat, nabij een op- en afrit van de snelweg, op een plek die is verstoken van openbaar vervoer. En is de basis- of middelbare school op korte afstand, dan zullen meer scholieren met de fiets of zelfs lopend naar school gaan, dan wanneer hun school vele kilometers van huis is.

Van waar naar waar mensen reizen, en met welk vervoermiddel, hangt dus mede af van de vraag hoe de landkaart eruit ziet: wat bevindt zich waar? Aan de hand van de landkaart wordt er een afweging gemaakt tussen de voor- en nadelen van verplaatsen. We zullen in dit boek ook meerdere malen zien dat de landkaart zélf ook verandert door al die verplaatsingen.

Hoeveel iemand reist, hangt sterk samen met zijn mogelijkheden en behoeften. Mogelijkheden hangen op hun beurt sterk met het inkomen samen: wie meer geld heeft, kan meer besteden, ook aan transport. Naast inkomen spelen ook andere mogelijkheden een rol. Denk aan de lichamelijke gesteldheid: iemand die slecht ter been is, loopt eenvoudigweg moeilijk.
Dan de behoeften. Dat gaat bijvoorbeeld om de vraag of mensen de behoefte hebben om ver op vakantie te gaan. Ook al heeft iemand het geld ervoor, als hij het niet prettig vindt om naar een verre bestemming op vakantie te gaan, zal hij dat niet doen.

Behoeften en mogelijkheden beïnvloeden elkaar: door een hoger inkomen worden we ons meer bewust van de mogelijkheden die we hebben en worden onze behoeften gestimuleerd. Iemand die het minimumloon verdient, is wellicht al blij als hij een goedkope tweedehands auto kan kopen en denkt wellicht niet eens na over een dure luxe auto. Maar gaat hij veel meer verdienen, dan staat hij er misschien wel bij stil.
Psychologen wijzen erop dat autokeuze ook een middel is om je identiteit mee te bevestigen. Mensen kopen soms dure auto's vanwege de status of om indruk te maken op buren, familie, vrienden of collega's. Of om emotionele redenen, zoals in het geval van oldtimers.

Samenvattend hangen de voordelen van reizen samen met de financiële en fysieke mogelijkheden van mensen en hun behoeften.... en welke offers we daar voor over hebben.
Maar er zijn natuurlijk ook:

NADELEN VAN REIZEN

Verplaatsen kost tijd, geld en moeite en is soms niet comfortabel. Bovendien is reizen niet zonder risico's. Er vallen in Nederland zo'n 750 verkeersdoden per jaar. Dat is heel veel, maar wel veel minder dan het is geweest. Begin jaren zeventig vielen er meer dan 3000 doden per jaar, terwijl we nu meer Nederlanders hebben, die ook nog eens veel mobieler zijn.
Het verkeersysteem is dus veel veiliger geworden: auto's zijn veiliger, wegen zijn veiliger ingericht, mensen rijden veiliger en de gezondheidszorg is verbeterd: je kan beter nu slachtoffer zijn van een aanrijding dan dertig jaar geleden. Maar toch blijven er risico's.
Nog een nadeel is dat mensen reizen soms 'gedoe' vinden. Zeker als het gaat om een reis die je niet eerder hebt gemaakt, moet

je vooraf het een en ander uitzoeken. Gelukkig is dat gedoe, zeker waar het gaan om informatie, veel minder dan vroeger. Vroeger hadden we een ingewikkeld spoorboekje dat maar weinig mensen begrepen; nu kijken we op de site van de NS of van OV9292. En ons navigatiesysteem in de auto maakt het vinden en volgen van de juiste route weg makkelijk. Zelfs het uitzoeken van een andere auto is via internet veel gemakkelijker dan vroeger.

De weerstand tegen verplaatsingen hangt dus af van de kosten van het reizen met de diverse vervoermiddelen; de kwaliteit van de diverse vervoermiddelen; de kwaliteit van de netwerken (wegen, openbaar vervoer, luchtvaartnetwerk) en overige zaken zoals veiligheid en comfort.

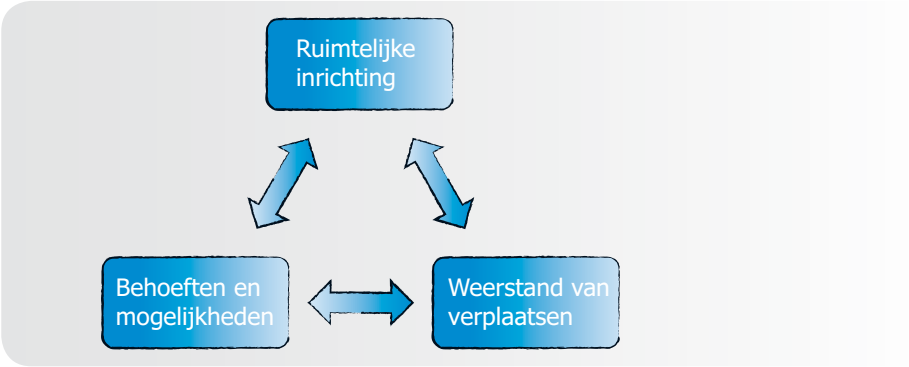
ALLES HANGT MET ALLES SAMEN

Om verkeer en vervoer te begrijpen, is het belangrijk te beseffen dat allerlei zaken die we net hebben beschreven, met elkaar samenhangen (zie figuur 1.1). Een voorbeeld uit de praktijk:

- Omdat steeds meer mensen een auto konden aanschaffen omdat ze meer zijn gaan verdienen, heeft de overheid meer (snel)wegen aangelegd, waardoor de reistijden korter werden.
- Door die extra snelwegen werd het voor meer mensen aantrekkelijk een auto te kopen en nam het autobezit en -gebruik toe.
- Omdat het snelwegennet goed werd ontwikkeld, vonden veel bedrijven het aantrekkelijk om een kantoor aan de rand van de stad te hebben, dicht bij een op- en afrit.
- Maar omdat er erg veel kantoren aan de rand van de stad kwamen en veel mensen daar met de auto naar toe zijn gaan reizen, is de filedruk toegenomen, en zijn de reistijden in de spits toegenomen.

- Steeds meer mensen hebben een auto. Ook het tweede autobezit nam toe. Veel mensen wilden mede daarom liever een huis in een ruimere buitenwijk, dan in het centrum.
- Omdat die buitenwijken vaak verder van het station liggen, wilden meer mensen een auto en kwamen er meer huishoudens met twee auto's.

Conclusie: in verkeer en vervoer hangt alles met alles samen!



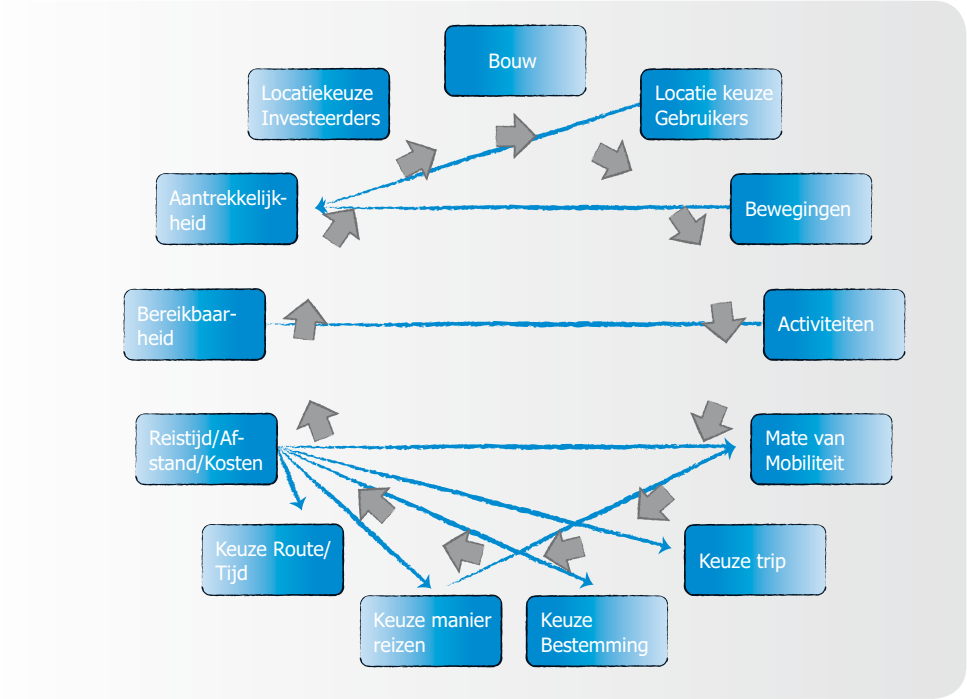
Figuur 1.1: Alles hangt met alles samen: behoeften, ruimtelijke inrichting en verplaatsingen.

Hoe werkt dat nu? De ruimtelijke inrichting leidt tot allerlei activiteiten. Die activiteiten leiden vervolgens tot verplaatsingen via allerlei transportsystemen. Die transportsystemen op hun beurt bepalen de bereikbaarheid van locaties en zijn vaak weer sturend in de ruimtelijke ontwikkeling, die dan weer nieuwe activiteiten mogelijk maakt, enzovoorts.

Als we die afhankelijkheid uitwerken in een schema komen we uit bij figuur 1.2. In dat plaatje zien we (als we van boven met de klok mee draaien) hoe de bouw van bijvoorbeeld een nieuwe wijk leidt tot een bepaald activiteitenpatroon en daarmee tot de

behoefte aan verplaatsingen. Om die verplaatsingen te realiseren moet men vervolgens allerlei keuzes maken: pakt men de bus of de auto, hoe laat en langs welke route gaat men op pad?

De consequentie van al die keuzes is bijvoorbeeld dat er file ontstaat op de snelweg die langs de wijk loopt of dat de bussen overvol zitten. Maar misschien blijven de straten juist volledig leeg of moet de spoorwegmaatschappij het boemeltreintje bij gebrek aan inkomsten opheffen. Op grond van al die consequenties kun je een oordeel vellen over de bereikbaarheid van onze woonwijk, die op termijn weer haar effect zal hebben op hoe de woonwijk zich verder ontwikkelt en verder zal worden ontwikkeld. Zo'n circulaire afhankelijkheid heet ook wel een feedbacklus.



Figuur 1.2: Alles hangt met alles samen, ook in de loop van de tijd.

DE FACTOR TIJD

Op welke tijdschaal speelt dit alles nu? Het is moeilijk om daar een duidelijk antwoord op te geven. Neem Zoetermeer, dat tussen 1962 en 1991 groeide van een dorp met 10.000 inwoners tot een stad met 100.000 inwoners inclusief grote winkelcentra, eigen sport- en recreatie-voorzieningen, een stedelijke binnenring en een comfortabel light-rail netwerk. Het is niet duidelijk hoeveel van de cirkels uit figuur 1.2 daarbij zijn doorlopen, maar zeker een flink aantal.

Ander voorbeeld: het Centraal Station in Rotterdam werd tegelijkertijd met de grondige herinrichting van het omliggende gebied voltooid in 1957. In 1968 werd de metro geopend; in de jaren tachtig startte de herinrichting van de Noordelijke Maasoevers (de Kubuswoningen en de 'Oude Haven') en in de jaren negentig verrees langzaam 'Manhattan aan de Maas', met als pronkstukken de Erasmusbrug en de nieuwe Kop van Zuid.
In 1993 werd het spoor tussen Rotterdam Centraal en Rotterdam Blaak volledig ondergronds opgeleverd en in 2004 is gestart met misschien wel de grootste ingreep: de herinrichting van het Centraal Station en het Stationsplein. Hoeveel feedbacklussen zijn hier wel niet doorlopen? Ook dat is niet met zekerheid te zeggen.

Een veilige gok is dat in Nederland een volledige feedbacklus (zoals die in figuur 1.2) een tijdschaal heeft in de ordegrootte van enkele tientallen jaren: de tijd die nodig is om een groot bouwproject (een wijk, een railsysteem, een belangrijk knooppunt) te ontwerpen, te realiseren en voldoende lang te gebruiken zodat de effecten op activiteitenpatronen, transportsystemen en bereikbaarheid meetbaar worden.
Het ingewikkelde is daarbij wel dat er vaak heel veel verschillende ruimtelijke en maatschappelijke ontwikkelingen door

elkaar spelen die allemaal effecten hebben op activiteitenpatronen, transportsystemen en bereikbaarheid.

Deze lange-termijn feedbacklus is echter niet de enige feedbacklus die een rol speelt in de ontwikkeling van verkeer en vervoer. En hier wordt de zaak pas echt ingewikkeld. Er zijn namelijk ook heel veel korte- en middellange-termijn feedbacklussen die elkaar kunnen versterken of juist tegenwerken. Deze zijn in de cirkel in figuur 1.2 aangeduid met extra pijlen die elk ook weer een feedbacklus voorstellen. Neem bijvoorbeeld de feedbacklussen van reistijd (aan de linkerzijde) naar de verschillende keuzeprocessen onderin in de figuur (route, vertrektijd, manier van reizen).

Hoewel veel forenzen vaste routes kiezen van huis naar het werk, is het mogelijk dat deze reizigers door de toenemende drukte, van route wisselen. De doorlooptijd van deze feedbacklus kan zeer kort zijn (dagen tot weken).
Het is verder een bekend fenomeen dat naarmate er meer verkeer komt, de spitsperiodes steeds vroeger beginnen en langer doorlopen. Dit komt omdat mensen ook hun vertrektijdstip aanpassen aan de omstandigheden. Dit proces heeft vaak een iets langere doorlooptijd, in de ordegrootte van weken, maanden tot één of enkele jaren.
In sommige gevallen kunnen de omstandigheden er toe leiden dat mensen van vervoerswijze wisselen: toch maar met de auto, of juist een OV-jaarkaart kopen? In een ander geval zullen mensen elders werk gaan zoeken of juist verhuizen. Deze doorlooptijd is gemiddeld weer iets langer, het gaat immers vaak om verstrekkende beslissingen.

DE FILE, DAT BEN JE ZELF

In de rest van dit boek maken we in feite een reis door de cirkel in figuur 1.2. In hoofdstuk 2 lopen we met zevenmijlslaarzen door de verkeers- en vervoersontwikkelingen van de afgelopen eeuwen heen en doorlopen daarbij de cirkel uit figuur 1.2 vele malen. We zullen zien dat het maken van verplaatsingen, het reizen, ons in het bloed zit. We spenderen er al eeuwen meer dan een uur per dag aan en besteden er een flink deel van ons inkomen aan.

In hoofdstuk 3 vragen we ons af of we – gegeven die reisbehoefte - niet anders zouden moeten gaan betalen voor mobiliteit en daarbij kijken we in feite naar de relaties (de bollen en pijlen) in het onderste gedeelte van figuur 1.2. We zullen zien dat anders betalen voor mobiliteit helemaal zo'n gek idee niet is, dat juist heel goed past bij ons collectieve reis- en rijgedrag.
In hoofdstuk 4 zoomen we nog verder in en kijken we als het ware in de 'bol' reistijd (files, kosten, vertraging!). Waarom en hoe ontstaan files eigenlijk en kunnen we zelf iets doen om ze te verminderen?
In hoofdstuk 5 en 6 verhuizen we naar het grensgebied tussen grondgebruik en transport en nemen we de daadwerkelijke infrastructuur, de transportnetwerken onder de loep en hoe we die gebruiken. Waarom leggen we eigenlijk niet overal zesstrooksnelwegen aan (hoofdstuk 5) en is het nou echt zo slecht gesteld met onze NS (hoofdstuk 6)?

Daar zullen we zien dat je vervoersystemen niet alleen goed moet ontwerpen maar ook goed moet managen omdat ze zichzelf anders in de soep draaien. Maar we zullen ook zien, net als in hoofdstuk 3, dat dit alleen maar kan als we ook onszelf (laten) managen en we bereid zijn om onze behoeften aan verplaatsingen aan te passen aan de beschikbare vervoersystemen.

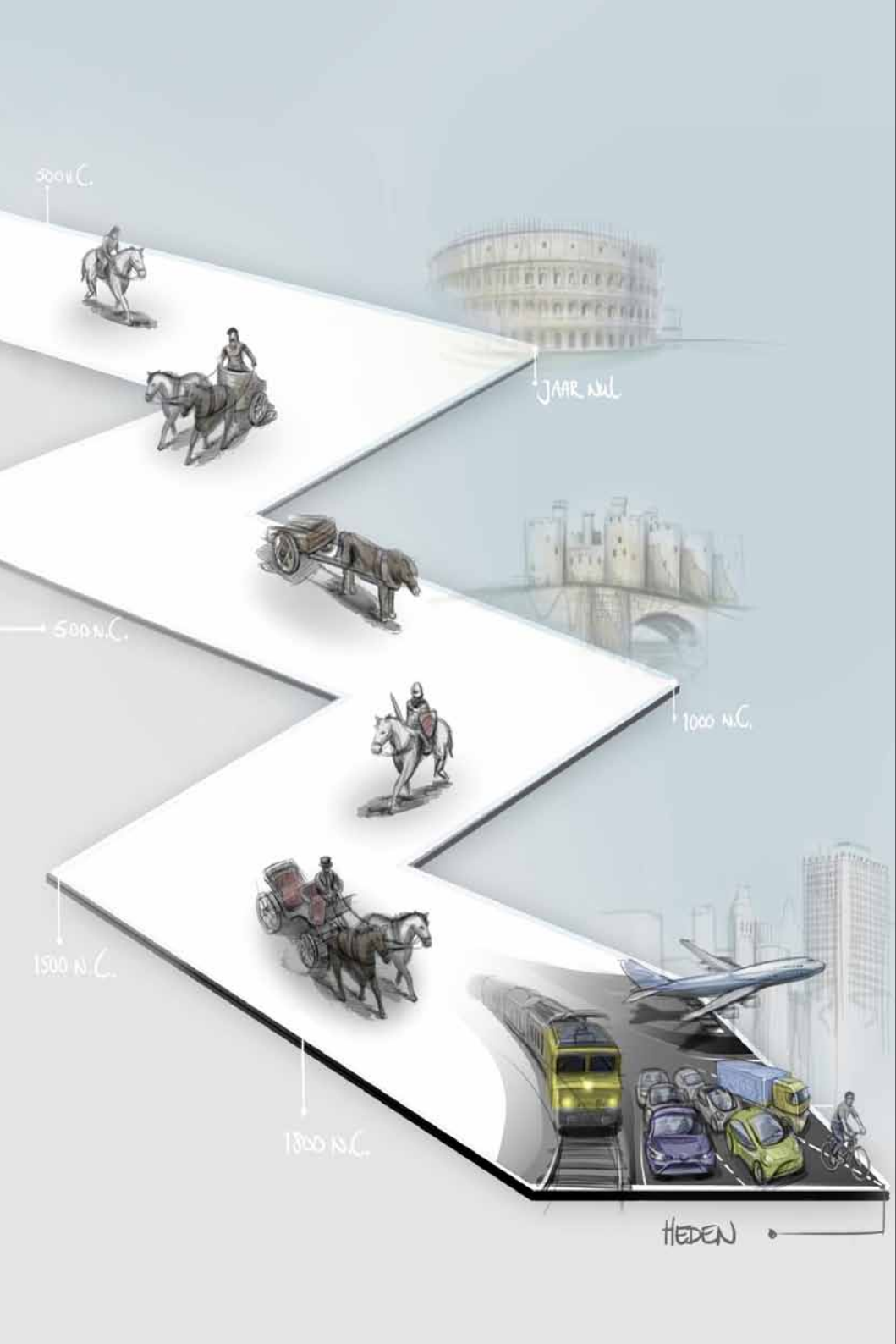
In hoofdstuk 7 maken we een uitstap naar de bovenzijde van figuur 1.2. Waarom lopen megaprojecten zoals de hogesnelheidslijn en de Noord/Zuidlijn ook vaak zo mega uit de hand? Hoe komt het dat we vaak veel te optimistisch zijn over de kosten en doorlooptijd van die projecten?
In de hoofdstukken 8 en 9 keren we weer terug naar de gehele cirkel en kijken we naar twee vaak onderbelichte gevolgen van verkeer en vervoer: onveiligheid en milieueffecten. Die kosten de maatschappij gezamenlijk veel meer dan de economische schade door files (!). En ook hier zien we weer die tegenstelling tussen het individuele en het collectieve belang. We willen eigenlijk mobiliteit voor iedereen, altijd en overal, maar hoe zit het met de effecten daarvan op de veiligheid en onze leefomgeving? Nemen we die op de koop toe of kunnen we er wat aan doen?
In hoofdstuk 10 ten slotte, doorlopen we weer een aantal rondes in de gehele cirkel, nu richting de toekomst. Regelt het verkeer zichzelf in 2050? Rijden of vliegen we dan rond in volledig geautomatiseerde elektrische voertuigen?
Wat we in elk geval zeker weten, is dat verkeer en vervoer nu, in het verleden, en in de toekomst een optelsom is van alle individuele keuzes die we maken. Waar we wonen en werken, hoeveel geld, moeite en energie we willen besteden aan al dat gereis, hoe laat we opstaan, welke routes we nemen, of we met de trein, fiets, auto of met onze 'personal helikopter' gaan.
Natuurlijk zijn we daarbij afhankelijk van heel veel zaken waar we individueel geen invloed op kunnen uitoefenen (de economie, de NS-dienstregeling, de beschikbare technologie) en soms zelfs niet eens als collectief (het weer, een natuurramp).
De *bottom line* is niettemin dat verkeer en vervoer ontstaat doordat wij activiteiten willen verrichten op verschillende plekken en daarvoor bereid zijn om flink wat te reizen en te betalen. In dit boek leggen we uit hoe de onderliggende mechanismen in elkaar zitten en hoe dit heeft geleid tot een wereld waarin we bijna van

elke plek binnen een dag naar elke andere plek kunnen reizen. We zijn vaak minder bereid om de consequenties van al dat gereis voor onze leefomgeving, onze gezondheid, de economie en onze samenleving daadwerkelijk mee te nemen in al die individuele beslissingen. In dit boek schetsen we daarom ook die consequenties en wat ze betekenen voor onze individuele en collectieve mobiliteit nu en in de toekomst. Want hoe je het ook wendt of keert, de file, dat ben je toch echt zelf…

Afbeelding 1.3: De auto: meer dan een vervoermiddel.

NOTEN/LITERATUUR:

1 *Natuurlijk is het materiaal in dit boek gebaseerd op heel erg veel bronnen, maar die konden we onmogelijk allemaal in het boek opnemen. De makkelijkste manier om meer aan de weet te komen en je opmerkingen te plaatsen is om te surfen naar naar www.defiledatbenjezelf.nl.*


500 v.C.
JAAR NUL
500 n.C.
1000 n.C.
1500 n.C.
1800 n.C.
HEDEN

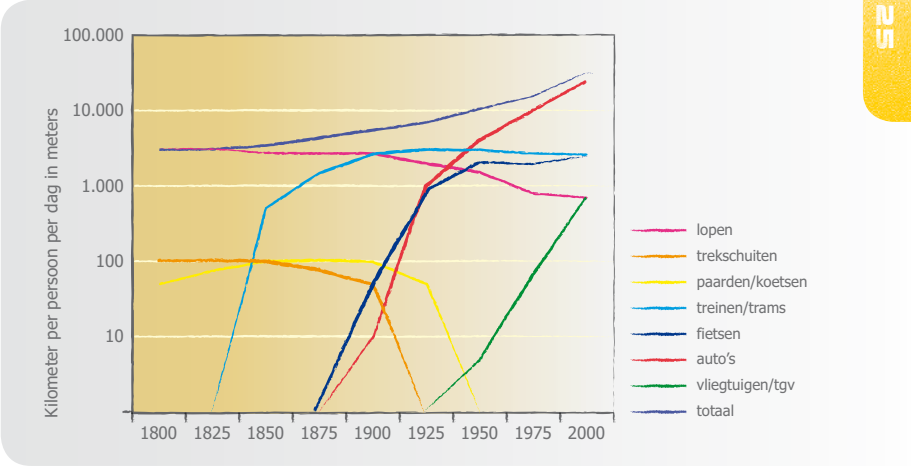
GEDAAN MET DE RUST... HOE IS HET ZOVER GEKOMEN?

In 1640 schilderde Jan Abrahamsz. Beerschoten De Dam met het oude Stadhuis (afbeelding 2.1); rond 1800 schilderde een onbekende De Dam gezien naar het Noorden' (afbeelding 2.2). Kijkend naar de schilderijen valt qua verkeer het volgende op: de mensen lopen, een man duwt een kruiwagen, een paard trekt wat vracht voort. Er lijkt niets veranderd in 160 jaar. Het verkeersbeeld is rustig, erg rustig zelfs…..

Afbeelding 2.1: Links: "De Dam met het oude stadhuis" , 1630 – 1650 (Jan Abrahamsz. Beerstraaten).[1]
Afbeelding 2.2: Rechts: "De Dam gezien naar het noorden", 1780 – 1799, kopie naar Simon Fokke (1712 - 1784).[2]

Maar dan begint de 19e eeuw. De techniekhistorici Mom en Filarski hebben de Nederlandse transporthistorie voor de periode 1800-2000 beschreven[3]. Hun twee prachtboeken hebben als ondertitels: 'De transportrevolutie' en 'De transportexplosie'. Het is duidelijk: na honderden, misschien wel duizenden jaren van langzame ontwikkeling in verkeer en vervoer, is het de afgelopen 200 jaar ineens gedaan met de rust.
Deze explosie van mobiliteit in de 19e en 20e eeuw geldt voor alle ontwikkelde landen. Onderzoeker Gruebler maakte een mooie

lange reconstructie van de ontwikkeling van het personenvervoer in Frankrijk. Geïnspireerd op zijn analyse is in figuur 2.2 geprobeerd om ook een lange-termijn trend voor de mobiliteit per persoon te schatten voor Nederland (let op: de verticale as is een logaritmische schaal.)

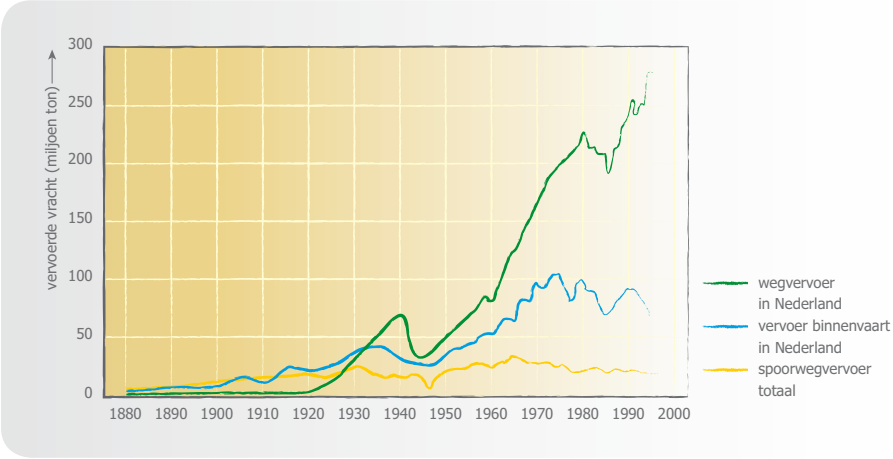


Figuur 2.3: Reconstructie op basis van Gruebler (1990) en meer recente bronnen (o.a. Kennisinstituut voor de Mobiliteit) van de langere termijntrends in het aantal reiskilometers per persoon per vervoersmodaliteit[4].

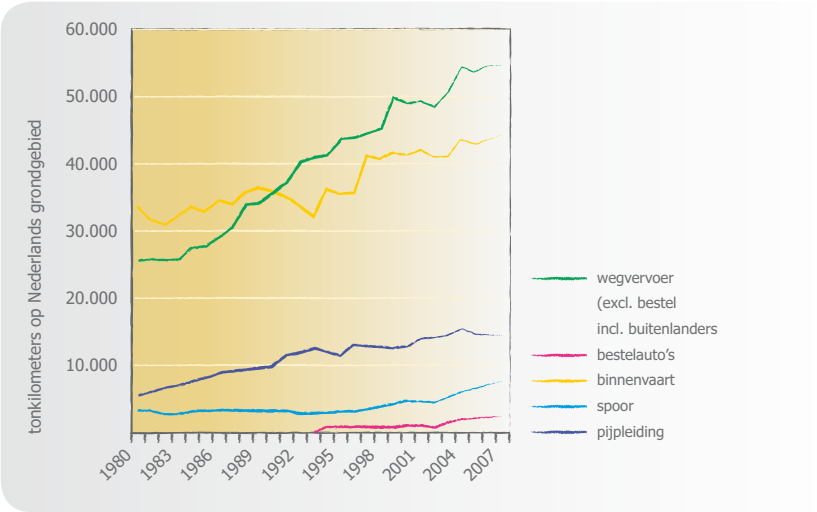
Gruebler schatte dat de mobiliteit in Frankrijk per persoon (dus het aantal afgelegde kilometers per dag) over een periode van 200 jaar met gemiddeld 4 % per jaar groeide. Figuur 2.3 vertoont voor Nederland een veel bescheidener groei: ruim 1% per jaar gedurende die 200 jaar.
De reden daarvoor is dat 'lopen' als een zeer belangrijke manier van personenvervoer in de Nederlandse analyse is meegenomen, terwijl Gruebler dit niet meenam. Hierdoor heeft hij wellicht het aantal afgelegde meters per persoon in de periode 1800–1900 zwaar onderschat.

Hoe dan ook, is het duidelijk dat de gemiddelde afgelegde afstand per persoon per dag gigantisch is toegenomen tussen nu en 1800. In Nederland van ongeveer 3 kilometer toen naar ongeveer 30 kilometer nu. Daarnaast is ook de bevolking enorm toegenomen: rond het jaar 1800 woonden er ongeveer 2 miljoen mensen in Nederland, in 2000 was dat verachtvoudigd tot ongeveer 16 miljoen. Voor Nederland is er in twee eeuwen dus sprake van een **vertachtigvoudiging** van de personenmobiliteit.

Die mensen gingen in de afgelopen 200 jaar ook veel meer goederen produceren, die bovendien over een steeds langere afstand werden vervoerd. Figuur 2.4 geeft een lange termijntrend van de vervoerde tonnen in Nederland: er is een vertwaalfvoudiging in het goederenvervoer tussen 1880 en 1995 opgetreden. En over de afgelopen kleine dertig jaar heeft ongeveer een verdubbeling van de tonkilometers (het aantal vervoerde tonnen maal de afgelegde vervoersafstand) plaats gevonden (figuur 2.5).



Figuur 2.4: Ontwikkeling vervoerde tonnen vracht in de periode 1880 – 1995[5].



Figuur 2.5: Vervoersprestatie in tonkilometers van diverse vervoerwijzen binnen Nederland, 1980 - 2007[6].

WE REIZEN NOG STEEDS 1,1 UUR PER DAG

Het verkeer- en vervoersysteem is compleet getransformeerd in de afgelopen 200 jaar. Transporttechnologieën kwamen op en verdwenen weer, zoals de trekschuit en de diligence. Een trekschuit en een diligence reisden rond 1800 met een snelheid van ongeveer 7 km/u.
De eerste stoomtreinen haalden 30 km/u. Het reizen met de auto vanaf de jaren vijftig van de 20e eeuw gaat met 70 tot 100 km/u, buiten de bebouwde kom. En tot slot gaat het steeds massalere gebruik van het vliegtuig vanaf de jaren zeventig gepaard met reissnelheden van minimaal 900 km/u. Toenemende snelheid telt blijkbaar in de geschiedenis. Nu blijkt interessant genoeg ook dat de totale hoeveelheid reistijd in een land of een grote regio de afgelopen decennia ongeveer constant blijft. Volgens onderzoeker Marchetti geldt deze

'wet' van constante gemiddelde reistijden al eeuwenlang. De wet gaat zelfs op voor gevangenen die, om de tijd te doden, per dag gemiddeld een uur gaan lopen! De gemiddelde reistijd ligt wereldwijd op **1,1 uur per persoon per dag**, ongeacht de economische, sociale en geografische situatie.

Nu is de wet van een constante reistijd ook weer niet heel erg hard. Zo hebben veranderingen in leefpatronen en een andere bevolkingssamenstelling er toe geleid dat Nederlanders in 2005 langer en ook vaker onderweg waren dan in 1975. Maar als je de wet van constante reistijd als een ruwe wetmatigheid ziet, dan hebben de steeds snellere vervoersmethodes de mens gemiddeld in staat gesteld om per dag steeds langere afstanden af te leggen.

ELF PROCENT VAN JE INKOMEN GAAT NAAR TRANSPORT

De nieuwe, snellere vervoerswijzen zijn wel duur. Dus naast tijd moet ook geld van belang zijn geweest voor de ontwikkelingen in het personenvervoer. Uit onderzoek blijkt dat mensen een vast deel van hun inkomen aan transport uitgeven. In de landen van de Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling (OESO) is dit voor autobezitters ongeveer tien tot vijftien procent van het inkomen. In Nederland geven particulieren gemiddeld al jaren ongeveer 11 % van hun inkomen uit aan transport.

Als de inkomens gemiddeld stijgen, en het transportaandeel (van bijvoorbeeld 11 %) blijft gelijk, dan kunnen dus steeds meer mensen geld besteden aan dure en snelle vervoerswijzen, zodat ze meer kilometers kunnen maken. En de afgelopen 200 jaar is dát precies gebeurd: de gemiddelde inkomens zijn sinds 1800 enorm gestegen en de vervoerstechnologie heeft steeds

sneller vervoer mogelijk gemaakt.
Toch is deze analyse niet helemaal bevredigend. Want de vraag blijft: waarom wil de Nederlander eigenlijk steeds langere afstanden afleggen? Waarom hield de gemiddelde Nederlander zijn reistijd- en geldbudget voor transport ruwweg constant? Hij had toch ook kunnen kiezen om met het snellere vervoer zijn reisafstanden gelijk te houden? Zodat er tijd vrijkwam om iets anders te doen? Of hij had toch ook kunnen kiezen om te bezuinigen op het transportbudget om zodoende andere leuke dingen te kopen of te doen?

Eerlijk gezegd is het antwoord op deze vragen niet goed bekend. Verschillende wetenschappers hebben verschillende verklaringen. Sommigen, zoals Marchetti, zoeken het in de antropologie. Volgens hem laat de geschiedenis vanaf de vroegste tijden zien dat de mens een territoriumdier is. En het basisinstinct van een territoriumdier is nu eenmaal om zijn of haar territorium uit te breiden.
Economen zoeken het in een andere verklaring. De kans is groot dat verder weg gelegen activiteiten een hoger nut opleveren. De kans is bijvoorbeeld groter dat iemand een aantrekkelijke baan of partner vindt in een gebied van dertig kilometer vanaf de woning, dan binnen drie kilometer.
Tot slot zijn er biologen die denken dat de mens ‘gewoon’ een genetische drang heeft om er op uit te trekken en de wereld te verkennen. In verschillende studies zijn ook daadwerkelijk aanwijzingen gevonden voor het bestaan van een speciaal gen dat is gekoppeld aan de behoefte tot verkennend gedrag.

Misschien moeten we concluderen dat zowel antropologische, economische als biologische redenen de drang van de mens verklaren om steeds langere afstanden te willen reizen. Met de mobiliteitsexplosie tot gevolg…

EN DE GOEDEREN DAN?

De verklaring van de enorme groei van het goederenvervoer in Nederland spreekt misschien iets minder tot de verbeelding. De Delftse onderzoeker Tavasszy geeft vier hoofdverklaringen[7]. De eerste is de groei van de economie en de groeiende vervlechting van de internationale economieën in de afgelopen twee eeuwen. In Nederland is het bruto binnenlands product per hoofd van de bevolking tussen 1815 en 2000 met ongeveer een factor 10 toegenomen. En uiteraard is er een sterke relatie tussen de omvang van een economie en de hoeveelheid goederenvervoer in die economie.
In de vervoerseconomie ging men lange tijd uit van de regel: 1 % economische groei betekent 1 % meer *goederenvervoer-prestatie* (dat is de hoeveelheid goederen maal de afgelegde afstand).
Maar de laatste decennia is dit verband wat zwakker geworden. Dit komt doordat de groei van de economie de laatste tijd vooral in de dienstensector zit, een sector die minder goederenvervoer vraagt.

Aan het einde van de 18e eeuw was er al veel binnenlandse en internationale handel en goederenvervoer in Nederland, zij het met veel belemmeringen. Zo moest de vervoerder nog bij iedere staatsgrens en stadspoort, in- en uitvoerrechten betalen. In de periode 1800-1868 werden veel van die handelsbeperkingen opgeheven en kwam er veel meer bestuurlijke eenheid en daadkracht. Nadien werden, met horten en stoten, steeds meer internationale handelsbeperkingen opgeheven, denk aan de Europese Unie.
Een tweede verklaring voor de sterke groei van het goederenvervoer, ligt in de zogenoemde ‘massa-individualisering’ en de opkomende 24 uurs-economie, vooral na 1950. De moderne

consument ging in de loop van de tijd steeds hogere eisen stellen aan producten. Daarnaast werden de huishoudens gemiddeld veel kleiner, wat ook leidde tot een toenemend individualisme van de consument. Deze trend wordt 'massa-individualisering' genoemd, die nog steeds doorzet.
Bedrijven moeten in toenemende mate op een flexibele wijze inspelen op de individuele en grillige consumentenwensen, steeds meer op elk uur van de dag. Voor de productie leiden deze veranderende consumptiepatronen tot een groeiend aanbod van goederen met een korte levertijd en een flexibele service. Deze trend vraagt om flexibiliteit en snelheid van het goederenvervoer, iets dat vooral het wegvervoer kan leveren.

Het goederenvervoer groeide ook door een grotere ruimtelijke spreiding (oorzaak nummer drie). De 'tonnen' worden in de loop der tijd over steeds meer kilometers versleept. Tot ver in de 20e eeuw was een groot deel van de productie en de consumptie lokaal, met kleine transportafstanden als gevolg. Maar na 1950 zijn in nagenoeg alle economische sectoren schaalvergroting- en concentratietrends te zien. Daarnaast concentreren bedrijven zich steeds meer op de zogenoemde 'kernactiviteiten', waar men goed in is. Dit betekent onder andere dat productie, assemblage en consumptie ruimtelijk steeds verder versnipperd zijn geraakt.
Tegenwoordig wordt onderdeel A van een product (bijvoorbeeld een auto) op plek 1 gemaakt; onderdeel B op plek 2; de assemblage van A en B op plek 3; en de consumptie van het product op plek 4.
Deze ruimtelijke versnippering betekent dat producenten steeds meer transportkosten moesten maken. Maar de efficiencywinst die zij maakten door centraal en specialistisch te produceren, weegt op tegen de verliezen aan extra transportkosten.

Temeer omdat die transportkosten door technische en logistieke innovaties steeds lager zijn geworden (oorzaak nummer vier van de groei van het goederenvervoer). Het gaat hierbij niet alleen om innovaties in de techniek van vervoer: van handkarren, paard en wagen, zeilschepen, naar binnenvaart, vrachtwagens, grote containerschepen, verharde wegen en snelwegen. Maar ook om innovaties in de logistiek, zoals het gebruik van de container (vanaf 1957) en informatie- en communicatietechnologie, vanaf ruwweg 1990. De transportkosten voor goederen zijn de laatste twee eeuwen dan ook drastisch gedaald.

Tot slot van dit stukje: verklaringen voor de groei van goederenvervoer liggen in economische groei, ruimtelijke spreiding, massa-individualisering en innovaties, maar er is uiteraard sprake van een **wisselwerking**: technologische en organisatorische innovaties in het goederenvervoer hebben op hun beurt ook bijgedragen aan die economische groei, individualisering en ruimtelijke spreiding.

GAAT DIT ZO DOOR?

Laten we even terugkeren naar het schilderij van de Dam uit 1800. Wat als we iemand uit dat schilderij een foto hadden kunnen laten zien van een drukke straat in Amsterdam in 2011? Mogelijk zou hij na een vluchtige blik snel zijn doorgelopen, omdat hij niet houdt van rare fantasten. Mogelijk zouden we zijn opgesloten als krankzinnig….
Speculeren over hoe mobiliteit er over 200 jaar uitziet, heeft geen zin. Het is onvoorstelbaar.
Over de meer nabije toekomst, zeg de komende 50 tot 100 jaar, kan al wat zinvoller worden gespeculeerd. Dit heeft de Duitse wetenschapper Andreas Schäfer bijvoorbeeld gedaan[8]. Hij verwacht op basis van wereldwijde trends in de periode

1950-2000 twee hoofdontwikkelingen voor personenvervoer: ten eerste een toename van het gemiddelde aantal afgelegde kilometers per persoon en ten tweede een verdere verschuiving naar snelle vervoerswijzen: bijvoorbeeld de hogesnelheidstrein en het vliegtuig.

Schäfer baseert zijn verwachting op de twee 'wetten' die we eerder tegenkwamen, die van constante reistijd en constant reisbudget. Vervolgens doet hij drie veronderstellingen. De eerste is dat de welvaart wereldwijd verder blijft toenemen zodat mensen zich steeds duurdere (en dus snellere) vervoerswijzen kunnen veroorloven. De tweede is dat overheden en marktpartijen de snellere vervoerswijzen steeds meer zullen aanbieden, en verder ontwikkelen.
Beide veronderstellingen zijn, gezien het verleden, niet zo gek. De omvang van de wereldwijde economie stijgt al twee eeuwen lang, ondanks recessies en crises. Waarom zou deze megatrend stoppen? Het verleden laat ook zien dat overheden snelle vervoerswijzen uiteindelijk altijd een steuntje hebben gegeven. Denk aan de aanleg van verharde wegen (begin 20e eeuw), de aanleg en exploitatie van spoorwegen (vanaf 1830), de aanleg van snelwegen (vanaf 1930), de aanleg en exploitatie van vliegvelden (vooral vanaf de Tweede Wereldoorlog) en de aanleg van hogesnelheidslijnen (vanaf 1995).

Deze rol van de overheid ging overigens niet gemakkelijk, ook niet in Nederland. Bij elke verandering naar een nieuwe en snellere vervoerswijze was er felle maatschappelijke en politieke oppositie. Ook recent is er bij een uitbreiding van snelle infrastructuur (nieuwe snelwegen, vliegvelden, hogesnelheidslijnen) altijd felle maatschappelijke weerstand, lange procedures en veel politieke frustratie.

SNELHEID WINT

Maar uiteindelijk is de conclusie: snelheid wint. Dus waarom zou de megatrend van aanbod van steeds snellere infrastructuur in de nabije toekomst stoppen? Het enige waar je twijfels bij kunt hebben, is het snelle verdwijnen van het openbaar vervoer dat Schäfer voorspelt.
Een wereldwijde trend is namelijk ook dat mensen steeds meer in (mega)steden gaan wonen. Rond 1850 woonde minder dan 10 procent van de wereldbevolking in megasteden en nu al ongeveer de helft. In zo'n omgeving kan een schijnbaar 'langzame' vervoerswijze als de tram, metro of trein, toch relatief snel zijn. Het lijkt dus best mogelijk dat een deel van dit 'langzame' OV nog lange tijd blijft bestaan.

Maar Schäfer had nog een derde veronderstelling. En die is dat zijn verwachting (steeds verder, steeds sneller) alleen uitkomt, als er geen grenzen aan de groei zijn. Raakt de olie bijvoorbeeld niet snel op? Zijn de vervangers (bijvoorbeeld elektriciteit of waterstof) probleemloos? Kan de snelle infrastructuur ruimtelijk worden ingepast? Kan het milieu verdere groei aan?

Dat zijn moeilijke vragen, waar moeilijk harde antwoorden op te geven zijn. Als we terugkijken naar het verleden, is er technologisch zeer veel verbeterd. Er zijn bijvoorbeeld schattingen van de relatie tussen energie en transport in 1800 in het Verenigd Koninkrijk. Om één reiziger 10 kilometer te verplaatsen was toen een hoeveelheid energie nodig die gelijk staat aan ongeveer 1000 liter benzine (in de vorm van bijvoorbeeld haver voor een paard). In 2000 kon een reiziger met die 1000 liter benzine al bijna 18000 kilometer afleggen, en dat ook nog eens tien keer zo snel.

Een ander voorbeeld van een sprong in technologie, is de respons van de Amerikaanse autoproducenten op de oliecrisis van begin jaren zeventig. De auto-industrie bleek in staat om personenauto's in korte tijd veel zuiniger te maken: een verbetering van 60 procent in twintig jaar. En door druk van Europees beleid zijn Europese auto's en vrachtauto's 60 tot 80 % schoner geworden tussen 1990 en nu. Kortom: er kan technisch veel in transport, zo blijkt uit het verleden.
Maar zijn deze technische oplossingen niet slechts tijdelijke oplossingen? Zal de zoektocht naar nóg meer snelheid op een bepaald moment niet tegen een grens aanlopen? Zoals Icarus die niet naar zijn vader Daedelus wilde luisteren, en steeds hoger en hoger vloog met zijn vleugels van hout, veren en was. Ten slotte stortte hij naar beneden en stierf, omdat de zon de was deed smelten.

De optimist zal hierover zeggen: de mensheid verzint altijd wel weer een oplossing. De pessimist zal naar Icarus verwijzen.

NOTEN/LITERATUUR:

1 *http://ahm.adlibsoft.com/ahmonline/advanced/dispatcher.aspx?action=search&database=ChoiceCollect&search=priref=38005*

2 *http://ahm.adlibsoft.com/ahmonline/advanced/dispatcher.aspx?action=search&database=ChoiceCollect&search=priref=38060*
Voor meer info: Amsterdam Historisch Museum, www.ahm.nl.

3 *G. Mom & R. Filarski (2008). Van Transport naar Mobiliteit. Walburg Pers.*

4 *A. Gruebler (1990). The Rise and Fall of Infrastructures: Dynamics of Evolution and Technological Change in Transport, Heidelberg. Physica-Verlag GmbH.*

5 *Bron: http://www.techniekinnederland.nl/nl/index.php?title=Effecten_van_de_mobiliteitsexplosie_in_de_20e_eeuw.*

6 *Bron: Kennisinstituut voor de Mobiliteit, 2009.*

7 *L.A. Tavasszy (2010). Goederenvervoer en logistiek: tijd voor beleid. Intreerede, TU Delft.*

8 *A. Schafer & D. Victor (1997). The past and future of global mobility. Scientific American, 227(4), blz. 36-39.*

10 € 5
25

MOETEN WE ANDERS BETALEN VOOR ONZE MOBILITEIT?

Uit een ANWB-enquête in 2010[1] blijkt dat Nederlanders (als de 400.000 respondenten tenminste een goede afspiegeling zijn) gemengde gevoelens hebben over Anders Betalen voor Mobiliteit, in de volksmond ook wel 'kilometerheffing' genoemd. Aanleiding voor de enquête was het voorstel van minister Eurlings van Verkeer en Waterstaat uit november 2009.
Een belangrijke uitkomst van de enquête is dat de meerderheid geen spitstarief wil. Een spitstarief is een hogere prijs per gereden kilometer tijdens de spitsuren dan daarbuiten. Toch ziet 68 procent wel heil in een andere (eerlijkere) manier van betalen voor mobiliteit, alhoewel onduidelijk is hoe zo'n systeem er dan uit moet zien.

Kijken we naar de reacties op de enquête op verschillende weblogs[2] dan blijkt bovendien dat het onderwerp de gemoederen erg bezighoudt. Zo maar een greep:

'… Ik ben werkelijk niemand tegengekomen die voor was … zo'n kastje wil je echt niet in je auto. Het ding kan werkelijk alles registreren … De KGB is er niets bij …'

'… De auto is al tientallen jaren een melkkoe en de Nederlander die krom heeft gelegen om ook een autootje te kunnen rijden kan hem nu wel aan de kant zetten…'

'… Zit Van Woerkom met een smile op z'n gezicht gewoon te verkondigen dat 68 % voor de kilometerheffing is … we zijn beduveld …'

Anders Betalen voor Mobiliteit (ABvM) lijkt op het eerste gezicht dus een controversieel principe, waar Nederland nog niet klaar voor is.

ZIJN ZE GEK?

Vanuit de wetenschap gezien, is dat teleurstellend. Want betalen voor automobiliteit op basis van de werkelijke maatschappelijke kosten, is wel degelijk een verstandig idee. Het is waarschijnlijk de enige manier om in een vrije-markteconomie structureel iets te doen aan de al maar groeiende files vol CO_2-, fijnstof- en NO_x-producerende voertuigen.

Die files zullen met alleen ABvM niet verdwijnen, daarvoor is meer nodig. Maar een systeem waarin de kosten van een rit direct worden teruggekoppeld naar de portemonnee van degene die de rit maakt, zorgt wel voor een mechanisme waarmee files veel beter vallen te managen dan nu. En daar wordt uiteindelijk iedereen beter van.
Zijn al die tegenstemmers dan gek? Zeker niet! Dat zien we als we iets verder kijken naar het onderzoek. De ANWB vat het zelf als volgt samen:

'Het spitstarief wordt als onrechtvaardig en niet effectief ervaren. Automobilisten hebben vaak geen alternatief (vanwege werktijden of ontoereikend openbaar vervoer) en wijzen het spitstarief daarom krachtig af. Het registratie-systeem vindt men te ingewikkeld, te kwetsbaar en te duur. De overgangsfase leidt tot langdurige onzekerheid over de autokosten en een sterk stijgende motorrijtuigenbelasting. Tegen deze onduidelijkheid en oneerlijkheid bestaat grote weerstand.'

De belangrijkste weerstand lijkt dus te stoelen op een sterk onrechtvaardigheidsgevoel (ik wil er niet op achteruit gaan!) en ten tweede op weerstand tegen het voorgestelde (ingewikkelde) systeem met kastjes in het voertuig (Big Brother is watching you!).

Die bezwaren zijn zeker niet ongegrond. Het probleem is echter dat in het publieke debat allerlei totaal verschillende facetten door elkaar worden gehaald. Alsof het om één pakketje maatregelen gaat waar je óf voor óf tegen bent.

In dit hoofdstuk zullen we eerst proberen duidelijk te maken waarom ABvM *in principe* een goed idee is en we zullen voorbeelden geven die dat stevig onderbouwen. Vervolgens keren we terug naar het onrechtvaardigheidsgevoel en zullen laten zien dat – of we het leuk vinden of niet – onrechtvaardigheid in ons huidige verkeer- en vervoersysteem zit ingebakken.
Ten slotte zullen we ingaan op 'het systeem'. Gegeven dat ABvM nog niet zo'n gek idee is, kan het dan worden ingevoerd zonder Big Brother op de achterbank?

WAAROM STAAN WE EIGENLIJK IN DE FILE?

Vergelijk een ritje met de auto van Amsterdam naar Rotterdam op zondagochtend met dezelfde rit in een drukke ochtendspits. De reistijd in het eerste geval is in 95 procent van de gevallen minder dan 52 minuten. In het tweede geval doet 5 procent van alle reizigers er meer dan 122 minuten over.
Dat is bijna 2,5 maal zo veel! Meer autoverkeer betekent meer reistijd. Als we de rit met het openbaar vervoer hadden gemaakt, zouden we op zondagochtend 65 tot 72 minuten onderweg zijn en op donderdagochtend niet meer dan 42 minuten!
Het lijkt er op dat voor openbaar vervoerdiensten meer verkeer juist tot een kortere reistijd leidt. Dat komt omdat een grotere verkeersvraag het mogelijk maakt om snellere en frequentere vervoersdiensten aan te bieden.

Voor autoverkeer geldt dus grofweg: meer verkeersvraag = meer ellende; terwijl voor collectieve vervoerssystemen (zeg maar het openbaar vervoer) juist geldt: meer verkeersvraag = betere service. Een buitenaardse waarnemer zal zich ongetwijfeld sterk verbazen over het feit dat we desondanks in de Randstad, in Athene, Beijing of Los Angeles en masse kiezen voor de auto en niet voor het openbaar vervoer.

Hoe komt dat dan? Eén argument zou kunnen zijn dat de verkeersvraag in de afgelopen decennia veel sterker is gegroeid dan de capaciteit van beschikbare infrastructuur. Het is dus volstrekt logisch dat de zaak vast staat!
Dat argument snijdt natuurlijk hout. Als er zoveel autoverplaatsingen gewenst zijn, waarom zouden we deze dan niet tegemoet komen met voldoende infrastructuur, zodat niemand in de file staat? Een tweede argument is dat die autoverplaatsingen zeker niet zouden worden gemaakt, als tegenover al die vertraging door files niet een even grote winst (geld, nut of andere voordelen) zou staan. Deze baten zijn voor onze buitenaardse waarnemer niet direct zichtbaar. Denk aan werkgelegenheid, volle winkelschappen en groei in een flink aantal technologie- en dienstensectoren. Dat argument snijdt per definitie hout – het is immers de basis onder ons economische systeem.

We komen alleen ons bed uit als er iets te verdienen, te eten of te genieten valt. En wordt het toch te gek, dan breiden we de infrastructuur gewoon verder uit, waarmee we weer terug bij het eerste argument zijn.

OVER ZES RIJSTROKEN IN DE FILE

Er is een aantal belangrijke problemen met deze redenering. In de eerste plaats is het zo dat infrastructuurverbetering zelf

ook kan leiden tot groei van de verkeersvraag. Zodanig zelfs dat de oorspronkelijke reistijdwinst van de verbetering volledig teniet wordt gedaan.
Uitbreiding of verbetering van infrastructuur – hoe zinvol en wenselijk in veel gevallen ook – is daarmee altijd een tijdelijke oplossing. In Los Angeles staan forenzen dagelijks in de file, ook op stukken snelweg met inmiddels zes rijstroken of meer. Dit hangt samen met het merkwaardige fenomeen uit hoofdstuk 2 dat reizigers overal op de wereld en al eeuwenlang, een vaste hoeveelheid tijd aan reizen besteden (zo rond de 1,1 uur per dag) en tegelijkertijd ook bereid zijn om een vast gedeelte van hun inkomen te spenderen aan reizen.
In Nederland ligt dat al jaren zo rond de 11 procent van wat we verdienen. De consequenties van deze 'wetten van behoud van reistijd en reisbudget' zijn verstrekkend en bevestigen de economische theorie: als het sneller of goedkoper kan, dan gaan we meer reizen en langere afstanden afleggen! Als je een file oplost, zal dat in de meeste gevallen leiden tot meer verkeersvraag en dus op termijn tot nieuwe files, met meer reizigers.

De samenhang tussen verkeersvraag en reistijd is dus dat de eerste toeneemt als de tweede afneemt. Dit zou nog niet zo ongunstig uitpakken als we net zo snel infrastructuur zouden kunnen bouwen, als de verkeersvraag groeit. En als er geen bezwaren zouden zijn tegen de continue uitbreiding en verbetering van onze infrastructuur.

Dat laatste is, zeker met de groeiende belangstelling voor natuur en landschap niet het geval. En hoewel er veel te zeggen valt voor het versnellen van infrastructuuraanleg, is het totaal onhaalbaar om het infrastructuur-bouwtempo af te stemmen op de toename in reistijd. We zullen zo zien waarom.

Bovendien is vertraging niet de enige maatschappelijke kostenpost die we kunnen verbinden aan files. Onveiligheid, welzijn en milieu zijn andere factoren, die in tegenstelling tot reistijdverlies niet vanzelf worden terugverdiend.
Er is ten slotte nog een reden waarom het simpelweg volgen van de verkeersvraag, geen verstandige strategie is voor wegtransportnetwerken. Die heeft te maken met de betrouwbaarheid en robuustheid van verkeersnetwerken. Verkeersnetwerken hebben de bijzondere eigenschap dat ze erg onbetrouwbaar worden bij hoge belasting. Hoe meer verkeer je op een wegennetwerk toelaat, hoe groter de kans wordt dat de zaak in de soep loopt.

Laten we nu eerst eens wat dieper ingaan op de vraag:

WAT KOST EEN FILE EIGENLIJK?

Je kunt de kosten van een file grofweg in verschillende brokken opdelen. In de eerste plaats zijn er de kosten die direct volgen uit het maken van de verplaatsing: brandstof, motorrijtuigenbelasting en de afschrijving en onderhoudskosten van de voertuigen die in de file staan. Dit zijn kosten die je direct ziet, voelt en ook zelf kunt meten. Ze spelen voor verladers een grote rol, maar voor automobilisten blijken ze verrassend genoeg veel minder effect te hebben, tenminste als we kijken naar het effect van die kosten op het reisgedrag.
Dat komt onder meer omdat er veel directe kosten zijn die je (los van de hoeveelheid kilometers die je aflegt en het aantal files) *toch* maakt, zelfs als de auto stil staat.

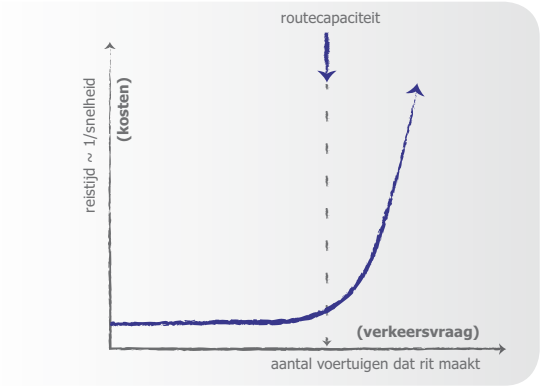
Maar ook de brandstofprijs heeft een minder direct effect op ons reisgedrag dan je zou vermoeden. Uit een zeer uitgebreide wetenschappelijke studie[3] blijkt dat voor elke 10 procent

prijsstijging in de brandstof, de verkeersvraag met maar ongeveer 1 procent afneemt. En op de lange termijn tot maximaal 3 procent.
De studie laat zien dat er een veel groter (maar nog altijd klein) effect van de brandstofprijs is op de manier waarop we rijden. Het blijkt dat we voor elke 10 procent prijsstijging, per jaar 2,5 procent minder brandstof gaan gebruiken met een lange-termijneffect van maximaal 6 procent.
Reizigers zijn dus eerder bereid om dezelfde hoeveelheid kilometers of reistijd *zuiniger* af te leggen dan om minder te gaan reizen.

VERTRAGING KOST OOK GELD

De tweede categorie kosten van files bestaat uit de extra reistijd die de file veroorzaakt. Op donderdagochtend 'kost' de file tussen Rotterdam en Amsterdam elke reiziger volgens die redenering 122-52 = 70 minuten.
We kunnen dat ook uitdrukken in *echt* geld als we weten wat een (gemiddelde) reiziger per uur waard is, bijvoorbeeld wat hij verdient. Op die manier zou je kunnen uitrekenen wat de totale 'vertragingskosten' van files in Nederland zijn (in 2006 geschat op ongeveer 2 miljard euro[4]).

Zodra er file ontstaat, gaat de gemiddelde snelheid (vaak dramatisch) omlaag en daarmee de reistijd omhoog (de precieze mechanismen bespreken we later in hoofdstuk 4). Figuur 3.1 laat de samenhang zien tussen de reistijd op een bepaalde weg van A naar B en het aantal voertuigen dat die trip maakt (de zogenaamde verkeersvraag).



Figuur 3.1: Reistijd als functie van het aantal voertuigen dat op een bepaalde route een rit maakt.

Wat opvalt is dat de reistijd boven een bepaalde waarde (de *routecapaciteit*) enorm snel stijgt. Dat wil zeggen: voor elk extra voertuig is de toename in reistijd groter dan bij het vorige extra voertuig. En dit is nu precies de reden dat het – zelfs al zouden we het willen – onmogelijk is om de capaciteit in de pas te houden met de gemiddelde reistijd. Want zodra het eenmaal vastloopt, stijgt de reistijd buiten proportie met elke extra reiziger die zijn auto instapt en op pad gaat. Zelfs de Chinezen zouden dat bouwtempo niet kunnen bijhouden……

Figuur 3.1 verklaart ook dat als we in de buurt komen van de routecapaciteit (het kritische punt), er enorme uitschieters in het aantal files kunnen voorkomen. De verkeersvraag en de routecapaciteit zijn immers heel erg veranderlijk. Dit omdat ze beide het resultaat zijn van collectieve menselijke keuzes en rijgedrag.
In het geval dat de routecapaciteit door omstandigheden laag is en de verkeersvraag tijdelijk juist heel groot (bijvoorbeeld bij heel slecht weer) dan ontstaan er – ondanks het feit dat het gemiddeld wel mee lijkt te vallen - *toch* enorme files (zie ook afbeelding 3.2). De zaak wordt nog interessanter als we niet naar een enkele route kijken (een stuk snelweg bijvoorbeeld) maar naar een heel netwerk, want daar gaat het soms:

VAN KWAAD TOT ERGER

Een file neemt natuurlijk ruimte in, dat horen we iedere dag op de radio: twee kilometer file op de A2, 10 kilometer file op de A13. Als op een bepaald stuk weg file staat, dan kan het voorkomen dat deze file zo lang wordt, dat hij ook andere routes gaat blokkeren. We noemen dat wel fileterugslag.
Een file op de ring Rotterdam kan terugslaan naar de A13 van Den Haag naar Rotterdam waardoor er ook verkeer in de file staat dat er eigenlijk al ruim *voor* de ring Rotterdam af wilde. De file zal nu ook nog eens veel sneller groeien omdat de instroom nu hoger is. Zonder op details in te gaan (dat doen we later in hoofdstukken 4, 5 en 10), kun je dus concluderen dat het van kwaad tot erger gaat.

Als je een verkeersnetwerk zwaar belast en er ontstaat file, dan kan het probleem zich snel 'als een olievlek' over het netwerk verspreiden. Een verkeersnetwerk draait zichzelf als het ware in de soep, en alleen door de verkeersstromen actief te managen (bijvoorbeeld door de instroom te beperken en voertuigen op bepaalde plekken tegen te houden), kun je hier iets aan doen.

De file top 10 van drukste spitsen aller tijden

Uitgegeven: 25 maart 2008 09:49
Laatst gewijzigd: 25 maart 2008 09:51

AMSTERDAM - De ANWB komt met een top 10 van langste files.

975 kilometer - 8 februari 1999, sneeuwval en gekantelde vrachtwagens, ochtendspits
888 kilometer - 25 maart 2008, winterweer, ochtendspits
810 kilometer - 25 november 2005, sneeuwval, avondspits
760 kilometer - 26 februari 2004, winterweer, ochtendspits
660 kilometer - 6 maart 2006, sneeuw en einde Krokusvakantie, ochtendspits
594 kilometer - 13 november 2006, regen, ochtendspits
592 kilometer - 16 november 2006, regen, avondspits
571 kilometer - 29 januari 2004, sneeuwval en zware windstoten, ochtendspits
569 kilometer - 15 november 2005, regen, ochtendspits
567 kilometer - 10 februari 1999, winterweer met sneeuwval, ochtendspits

Afbeelding 3.2: De file top 10 (maart 2008)[5]. De nummer 1 staat nog altijd, ook in 2011, maar inmiddels is op nummer 3 met stip binnengekomen 29 november 2010: de drukste avondspits ooit met 870 km file.

Afbeelding 3.2 laat ter illustratie de file top tien aller tijden zien (althans, de tussenstand in 2008[6]). In alle tien van deze uitzonderlijke gevallen was er sprake van extreme condities (slecht weer, ongelukken) die er voor zorgden dat de routecapaciteit sterk verminderde. Wat ook opvalt is dat acht van de tien gevallen *in de afgelopen vijf jaar* plaatsvond. We zitten op dit moment dus duidelijk in de buurt van onze netwerkcapaciteit.

BUFFERKOSTEN

Er is nog een derde categorie filekosten en die heeft alles te maken met de onbetrouwbaarheid van een wegennet bij hoge belasting. Het is aannemelijk dat een vrachtwagenchauffeur die dagelijks in de file staat en op maandagochtend voor 10 uur zijn goederen in de binnenstad van Amsterdam moet afleveren, uit voorzorg een iets langere route neemt of vroeger vertrekt. In beide gevallen maakt hij extra kosten (tijd, kilometers, ongemak). De reistijdkosten zoals we tot nu toe beschreven, bevatten alleen de werkelijke reistijden en niet de extra buffertijd die een vrachtwagenchauffeur, of iemand die op sollicitatiegesprek gaat, of iemand die een vliegtuig wil halen, incalculeert. Verder heb je nog de kosten door het te vroeg of juist te laat komen, zelf. In het extreme geval van een gemiste vlucht of een gesloten binnenstad kan dat flink in de papieren lopen. Door buffertijd aan de reistijd toe te voegen, 'kopen' reizigers en verladers als het ware zekerheid. Hoe onzekerder de reistijd op een bepaald traject is, hoe groter de buffertijd die je moet incalculeren en hoe groter de bijbehorende kosten.

Net als bij reistijd kun je de totale 'buffertijdkosten' uitrekenen. Het Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid heeft berekend dat er in 2006 naast de 2 miljard euro directe reistijdkosten, nog eens maximaal 1,6 miljard euro bovenop komt door deze buffertijd.

Bij het goederenvervoer zien we dat die kosten uiteindelijk terechtkomen in de prijs van producten en diensten. Uit onderzoek blijkt dat zowel reizigers als verladers deze onzekerheid inderdaad als erg vervelend (en dus kostbaar) ervaren. Vooral goederenverladers kiezen liever voor een zekere, maar iets langere reistijd dan een gemiddeld kortere, maar onzekere reistijd.

En dan hebben we het hier nog niet gehad over twee andere kostenposten door files. Dat zijn de kosten door milieuvervuiling en verkeersonveiligheid. Omdat hier zoveel andere facetten een rol spelen, besteden we hier in aparte hoofdstukken nader aandacht aan (hoofdstuk 8 en 9).

We kunnen concluderend wel vaststellen dat een optimale doorstroming niet samengaat met een optimale betrouwbaarheid van je reistijd. De prijs voor een tot de laatste druppel benut verkeersnetwerk, is dat dit verkeersnetwerk instabiel en onbetrouwbaar wordt. Alleen verregaande automatisering van zowel voertuigen als snelwegen zou hier een echt fundamentele verandering in teweeg kunnen brengen (dat bespreken we in hoofdstuk 10).
Een belangrijk gevolg van dat slechte huwelijk tussen doorstroming en betrouwbaarheid, is dat het heel erg moeilijk (zo niet onmogelijk) is om te voorspellen waar en wanneer er problemen gaan ontstaan.
We zullen zien dat dit ook belangrijke gevolgen heeft voor Anders Betalen voor Mobiliteit (ABvM). Maar voor we dat doen, kijken we naar de andere kant van de medaille: de baten (!) van files. Aan de hand daarvan leggen we uit waarom ABvM in principe een goed idee is.

LEVERT HET OOK IETS OP, ZO'N FILE?

Het zou tegen alle macro-economische wetten ingaan als we al mopperend dag in, dag uit al die brandstof-, reistijd- en bufferkosten zouden betalen, zonder enige vorm van compensatie. Er moeten ook baten tegenover staan. Maar hoe zit dat dan met files?
We hebben al gezien dat de reistijd scherp toeneemt als de verkeersvraag toeneemt. Hoe meer verkeer, hoe hoger de reistijd. Je kunt ook kijken naar de omgekeerde relatie. Dus naar hoeveel reizigers bereid zouden zijn om een trip van A naar B te maken bij een bepaalde reistijd. Bijvoorbeeld: hoeveel mensen zouden per auto van Amsterdam naar Rotterdam reizen als de reistijd een uur bedraagt? En hoeveel als die reistijd 70, 80 of 100 minuten bedraagt?
Als je dit verder uitwerkt, kom je tot een evenwichtspunt tussen vraag en kosten. Als je veronderstelt dat zo'n evenwicht bestaat, zou je dus kunnen zeggen dat de gemiddelde hoeveelheid files die we dagelijks in Nederland ervaren (ergens tussen de 200 en 400 km) zo'n beetje de kosten zijn die we voor lief nemen bij het maken van al onze verplaatsingen.
Met dit evenwichtsmodel kun je ook voorzichtige voorspellingen doen wat er zou gebeuren als je een infrastructuurnetwerk verbetert. De winst blijkt hem dan bijna volledig te zitten in het feit dat **meer** mensen verplaatsingen kunnen maken tegen nagenoeg dezelfde prijs. Dit geeft wel aan waarom het zo lastig is om files te verminderen door de aanleg en verbetering van infrastructuur.

Het ligt heel anders als ook de **verkeersvraag** verandert, dat wil zeggen als mensen kritischer worden (bijvoorbeeld omdat alle reiskosten direct aan de rit zijn gekoppeld) en daardoor minder reistijd bereid zijn te betalen. Dan verandert

het evenwicht op een manier waarbij de kosten voor iedereen scherp dalen. **Het is niet zo moeilijk een maatregel te bedenken die zoiets zou bewerkstelligen: ABvM. Daarom geldt in principe:**

ANDERS BETALEN VOOR MOBILITEIT IS EEN GOED IDEE

Netwerken van wegen gaan slechter presteren als de verkeersvraag groter wordt en al helemaal als deze in de buurt komt van de routecapaciteit (het kritische punt). Het verkeersysteem wordt dan instabiel, de reistijd wordt onbetrouwbaar, en er ontstaan (soms extreem lange) files.
We hebben ook gezien dat een file veel meer kost dan alleen de brandstof die je tankt. Files kosten de maatschappij geld, tijd, moeite, en ze beïnvloeden onze gezondheid, ons leefmilieu en ons sociale en psychologische welzijn.

Daar staat tegenover dat we al die kosten kennelijk voor lief nemen, want anders zouden we die verplaatsingen gewoon niet maken. Wij maken allerlei keuzes (waar we wonen en werken, of we de auto of de trein nemen, hoe laat we naar ons werk vertrekken en welke routes we nemen) en die leiden er uiteindelijk toe dat we in de file staan (of niet).
Hoe je het ook wendt of keert, die file representeert dus ook een grote economische en maatschappelijke waarde: alle economische en sociale activiteiten die mogelijk worden gemaakt door die verplaatsingen. Je zou kunnen zeggen dat de baten die we dagelijks ondervinden van onze verplaatsingen gemiddeld wel opwegen tegen de gemiddeld 200 tot 400 km file waar we dagelijks in staan.
Sterker nog, onderzoek laat zien dat zodra we de kwaliteit van mogelijke verplaatsingen verbeteren (bijvoorbeeld door wegen

aan te leggen) de verkeersvraag juist weer toeneemt. Minder file betekent kennelijk dat er weer ruimte ontstaat voor nieuwe (of meer van dezelfde) verplaatsingen. Het resultaat is dan, dat we na verloop van tijd weer in dezelfde file staan, maar met meer mensen!

De belangrijkste conclusie is dat het beïnvloeden van de verkeersvraag (bijvoorbeeld door middel van een realistischer prijskaartje) een onmisbare maatregel is om files te bestrijden. En dat uitsluitend iets doen aan de aanbodzijde (dus aan de infrastructuur) op termijn geen soelaas biedt.

HET IS EN, EN!

Natuurlijk zijn aanpassingen aan de 'aanbodzijde', zoals infrastructuur bouwen en slim verkeersmanagement toepassen, daarmee niet zinloos – integendeel. De verkeersvraag neemt immers ook toe door allerlei andere redenen, bijvoorbeeld door de toename in welvaart (en daarmee autobezit en goederenstromen). Het is dan redelijk om daar periodiek je beschikbare wegennet op aan te passen, mits je er maar voor zorgt dat die verbetering niet direct wordt 'opgevreten' door nog meer verkeersvraag.

Als je dan toch dure infrastructuur bouwt, is het trouwens een verstandige investering om die zo betrouwbaar, efficiënt en slim mogelijk te benutten door verkeersmanagement (verkeerslichten, dynamische snelheidslimieten, routebegeleiding).
Er is geen enkele commerciële onderneming die een dure fabriek neerzet en vervolgens de werknemers maar zelf laat uitzoeken hoe en wanneer ze gebruik maken van alle machines, vooral niet bij grote drukte. Het is dus én, én; niet het één, of het ander. Zonder verkeersmanagement en voldoende capaciteit draait een verkeersnetwerk zichzelf op de korte termijn in de soep, maar

zonder beheersing van de verkeersvraag valt er op de langere termijn ook niets meer te managen en draait ons verkeersysteem zichzelf alsnog in de soep.

En nu de crux: *het meest logische middel voor beheersing van de verkeersvraag is een andere manier van betalen voor mobiliteit!* Als we er voor zorgen dat elke reiziger niet alleen zijn eigen kosten (brandstof, reistijd, buffertijd) zou betalen, maar ook de extra kosten die hij veroorzaakt voor iedereen (de zogenoemde *marginale kosten*), dan hoeft de verkeersvraag niet te groeien bij een verbetering van de infrastructuur, in elk geval niet zodanig dat dezelfde files weer terugkeren.
In theorie hoeft ABvM zelfs niet te leiden tot meer kosten (reistijd, ongemak) per reiziger. Als iedereen zijn keuze om op een bepaald tijdstip van A naar B te gaan, af zou stemmen op de keuzes van alle andere reizigers, zouden we er mogelijk allemaal op vooruit kunnen gaan.
Dit is nu precies de reden waarom op een andere manier betalen voor mobiliteit (waarbij we alle kosten voor de verplaatsing direct koppelen aan de verplaatsing zelf) *in principe* een goed idee is. En in een markteconomie als de onze, zeer waarschijnlijk het enige idee dat echt structureel ons verkeersysteem betrouwbaarder en efficiënter kan maken.

VOORSPELLINGEN

De wetenschap vertelt ons dus dat ABvM, mits goed bedacht en georganiseerd, een verstandig plan is. De vraag is nu of er een ABvM-systeem is te bedenken dat precies de marginale kosten, dus de extra kosten die hij veroorzaakt voor iedereen, doorberekent aan de reiziger.
Wat betekent het eigenlijk om voor iedere rit precies de marginale kosten te betalen die zo'n rit met zich meebrengt? Kunnen

we dat überhaupt uitrekenen?
Laten we het voorbeeld van een maandagochtendrit van Amsterdam naar Rotterdam nemen en veronderstellen dat iemand een afspraak in Rotterdam heeft om kwart voor negen. Stel dat achteraf is gebleken dat deze persoon om 8 uur vertrokken is en om 9:30 uur op zijn bestemming aankwam.
In een ideale wereld hadden we hem voorafgaand aan de rit kunnen vertellen dat de marginale prijs per minuut reistijd een kwartje zou bedragen en de rit dus € 22,50 (even als rekenvoorbeeld). Maar we zouden, in diezelfde ideale wereld, ook hebben kunnen voorspellen dat deze reiziger bij vertrek om 7 uur, precies een uur later in Rotterdam aan zou komen en dat in dat geval de marginale prijs per minuut slechts een dubbeltje (weer even als voorbeeld) zou bedragen (en de rit dus zes euro). De persoon in kwestie had nu kunnen kiezen: vroeg vertrekken, veel te vroeg arriveren en weinig betalen, of lekker uitslapen, te laat komen en veel meer betalen.

Stel nu eens dat de reiziger op grond van die voorspellingen voor de eerste optie had gekozen, dus vroeg vertrekken, minder betalen en op de koop toe nemen dat hij te vroeg zou zijn gearriveerd. Kloppen de voorspellingen dan nog wel? Want omdat onze reiziger niet in de latere, lange file terechtkomt, zou zowel de marginale kostprijs als de reistijd bij vertrek om 8 uur wel eens anders kunnen uitpakken. Zeker in het geval dat er naast onze reiziger ook andere reizigers zijn die vanwege de voorspellingen en de bijhorende prijskaartjes, hun keuzes zouden aanpassen. Hier lopen we aan tegen:

EEN FUNDAMENTEEL PROBLEEM!

Als we perfect zouden kunnen voorspellen welke omstandigheden iemand gaat ondervinden tijdens zijn rit van A naar B (dus

welke reistijd en prijskaartje) en we gebruiken die voorspelling om de keuze van die persoon te beïnvloeden, dan is het goed mogelijk dat daardoor die voorspellingen juist weer om zeep worden geholpen!

Het kernprobleem is dus dat een individuele reiziger pas een keuze kan maken als hij kennis heeft van alle andere individuele keuzen omdat die mede bepalen wat de reistijd en kosten precies bedragen. Gaan er weinig mensen om 8 uur de deur uit, dan is die optie prima, maar als meer reizigers dat bedenken, dan wordt een uur eerder waarschijnlijk voordeliger (afhankelijk natuurlijk van de kosten van te vroeg of te laat arriveren). Het is eigenlijk niet mogelijk om in een open en complex systeem als verkeer en vervoer dit zogenaamde *consistentieprobleem* op te lossen. We zullen in de volgende paragraaf twee extreme concepten voor ABvM bespreken ('Big Brother' en 'Utopia'), waarin dit probleem tot op zekere hoogte wordt opgelost, zij het tegen een onacceptabele prijs.

ALTERNATIEF 1: BIG BROTHER

De eerste mogelijkheid om het consistentieprobleem aan te pakken, is dat reizigers inderdaad alwetend en helderziend worden, omdat ze een mega-intelligent apparaatje (laten we het even MIA noemen) in hun jaszak dragen dat verbonden is met een centrale computer (Big Brother) die ook informatie krijgt van MIA's van alle andere reizigers.
De prijs die reizigers voor die helderziendheid en alwetendheid betalen, is dat ze nog maar beperkt zelf mogen beslissen wat ze met die informatie mogen doen. Elke keuze die een reiziger maakt (bestemming, route, vervoerswijze, vertrektijdstip) voert hij ruim op tijd in op zijn MIA, waarna Big Brother die keuze combineert met die van alle andere reizigers en nauwkeurig

voorspelt welke consequenties al die keuzes bij elkaar hebben op de reistijden en marginale kosten.

MIA is niet vrijblijvend – een reiziger mag (bij wijze van voorbeeld) vanaf 1 uur tot aan het ingevoerde vertrektijdstip niet meer afwijken van de ingevoerde keuzes. Bovendien: vol is vol en te laat is te laat. Wie weet hoe streng Big Brother zou moeten zijn om de zaak echt werkend te krijgen?
Stel nu dat onze reiziger opteert voor maandagochtend 8 uur, dan zal zijn auto ook echt pas starten om 7:50 uur voor zijn deur en zal de dichtstbijzijnde oprit op de snelweg hem pas groen licht geven om klokslag 8 uur. Het goede nieuws is, dat onze reiziger nu precies de reistijd en de marginale kosten zal ondervinden die hij met MIA heeft afgesproken. Dat kan alleen als Big Brother ook in staat is om reizigers het 'tijdslot' van 8 uur te weigeren, als die dat te laat kenbaar maken.

LUCHTVAART

Dit rigide Big Brother-systeem met MIA's is overigens geen bizarre fantasie. In de luchtvaart wordt een dergelijk systeem al heel lang toegepast. In de luchtvaart werkt dit omdat alle betrokkenen (luchtvaartmaatschappijen, reizigers, de politiek) het veiligheidsprobleem onderkennen.
Als er een ongeluk met vliegtuigen plaatsvindt, zijn de gevolgen doorgaans desastreus. Daarom is de luchtvaart totaal gereguleerd. Je kunt niet zomaar een beetje rondvliegen, landen en opstijgen waar je wilt. Ten tweede is de aard van het luchtverkeer natuurlijk volstrekt anders dan die van autoverkeer. Het is veel voorspelbaarder en er is – letterlijk – veel meer ruimte.

Zou een dergelijk rigide systeem in principe ook kunnen werken voor autoverkeer? Er is geen reden om daar direct

nee op te zeggen, mits we maar voldoende bufferruimte in ons netwerk inbouwen en geen zware files toestaan. Om dat te kunnen garanderen zullen we – zeker op snelwegen - via verregaande automatisering van zowel voertuigen als infrastructuur de rijtaak grotendeels uit de handen van bestuurders moeten nemen, zodat zowel de verkeersvraag als de capaciteit veel voorspelbaarder worden.
In het uiterste geval ontstaat een soort openbaar vervoer 'plus'. Je haakt met je privé-vervoermiddel aan bij de 'trein' van onderling communicerende voertuigen en kijkt pas weer op van je krant als je (bijna) op je bestemming bent gearriveerd.

En zelfs dan is de voorspelbaarheid van al die verkeersstromen nog niet gegarandeerd! Er is immers nog steeds sprake van een complex dynamisch systeem dat bij hoge belasting mogelijk instabiel en dus onbetrouwbaar en onvoorspelbaar wordt. Zelfs als we als maatschappij bereid zouden zijn op een dergelijk systeem voor personenmobiliteit over te stappen, dan nog wordt de daadwerkelijke invoering erg lastig.

Verder rijst de vraag of dit nu een eerlijk systeem is. Dat hangt natuurlijk sterk af van de manier waarop het wordt ingevoerd. Je zou in een gereguleerd systeem als 'Big Brother' gemakkelijk de prijs voor verplaatsingen naar draagkracht kunnen verdelen en allerlei voordelen kunnen verzinnen waardoor het systeem de beschikbare mobiliteit eerlijk verdeeld tussen bijvoorbeeld arm en rijk, jong en oud, economisch en sociaal belangrijk enzovoort.
De prijs die we daar collectief voor betalen is zeer hoog en de recente geschiedenis leert dat dit soort samenlevingen vaak niet succesvol zijn….

Laten we eens nader kijken naar:

ALTERNATIEF 2: 'UTOPIA'

Waar MIA onze samenleving zou veranderen in een volkomen gereguleerde staat, gaat het tweede alternatief juist uit van een Utopia waarin elke burger volledige keuzevrijheid heeft maar zich daarbij wel coöperatief opstelt (d.w.z. eerlijk handelt) en zonder mokken de consequenties van zijn keuzes accepteert. Elke dag weer nieuwe prijzen en kansen!

In zekere zin wordt een rit nu een verhandelbaar goed (net zoals een aandeel op de beurs), waarbij de prijs bij toenemende belangstelling omhoog gaat, precies zoals we hierboven hebben beschreven. En die prijs bestaat niet alleen uit de individuele kosten van een verplaatsing, maar omvat alle marginale kosten, want we zijn allemaal bereid om de werkelijke prijs te betalen. Ook hier speelt MIA een belangrijke rol, maar nu als 'makelaar' tussen de verkeersvraag (de mensen die op pad willen) en het beschikbare aanbod aan infrastructuur (inclusief de reizigers die al hebben gekozen).
Op maandagochtend om 7 uur krijgen we via MIA te horen dat de rit naar Rotterdam momenteel 6 euro 'doet'. Wachten we, dan zal de prijs waarschijnlijk snel omhoog gaan. Als we nu op weg gaan, dan zou de aanbieder van MIA ons die prijs bijvoorbeeld kunnen garanderen.

Het wordt veel interessanter als er naast MIA ook andere aanbieders van ritten en informatie zijn. Wellicht in combinatie met openbaar vervoerdiensten. Of als er aanbieders zijn die een gedeelte van de infrastructuur exploiteren en – tegen meerprijs – garanderen dat daar geen opstoppingen op voorkomen. Op ons wegennet krijgen we dan uiteindelijk een volledig door de vrije markt gestuurd systeem, waarin aanbieders van infrastructuur en vervoersdiensten samen met alle reizigers de daarvoor

te betalen (marginale) kostprijs bepalen, waarin ook alle kosten voor milieu, veiligheid en betrouwbaarheid zijn verwerkt.
Een ritje met een hybride voertuig is dan veel goedkoper dan eentje met een SUV, maar duurder dan een rit over kortere afstand met voor- en natransport via een of ander openbaar vervoersysteem (tenzij er daar sprake is van zeer zware opstoppingen).
Uiteraard zal de prijs periodiek (of misschien wel continu) moeten worden bijgesteld om er voor te zorgen dat het geld dat in totaal wordt omgezet ook echt voldoende is om alle maatschappelijke kosten te dekken.
Een belangrijk verschil met 'Big Brother' is dat we het consistentieprobleem op deze manier in feite omzeilen. Immers, als aanbieders van trips hun beloften niet nakomen (bijvoorbeeld omdat ze slecht kunnen voorspellen) zal dit in een vrije markt leiden tot een lager marktaandeel. Alle aanbieders en klanten moeten dan wel beschikken over alle informatie en die informatie moet ook kloppen met de werkelijkheid.
Opnieuw kunnen we de vraag stellen of dit systeem gaat werken. Een belangrijke eerste kanttekening is dat een dergelijk systeem met vrij kiezende en volledig geïnformeerde reizigers helemaal niet automatisch hoeft te leiden tot de kortste reistijd voor iedereen. Dit gaat sterk in tegen onze intuïtie, maar is een wetenschappelijk aantoonbare realiteit.
Een beetje sturing (door *Small Brother*) lijkt dus wel zinvol te zijn. Je zou ook kunnen stellen dat je het verkeersnetwerk anders zou moeten ontwerpen. Het is niet te zeggen of dat in principe mogelijk is.

FRAUDEURS

Een tweede kanttekening is dat het systeem zeker niet gaat werken als niet iedereen daadwerkelijk meewerkt. Een paar

fraudeurs of malafide MIA-leveranciers zijn genoeg om de zaak flink te verstieren.
Is dit dan wel een eerlijk systeem? Op papier lijkt dat wel zo, mits alle partijen coöperatief zijn. Dat wil zeggen dat iedereen bereid moet zijn om de maximale bereikbaarheid van A en B tegen een acceptabele maatschappelijke prijs voor te laten gaan boven het individuele belang: een zo kort mogelijke reistijd tegen een zo laag mogelijke prijs.

Het ligt echter erg voor de hand dat er in een volledig vrije, ongereguleerde wereld allerlei diensten en producten ontstaan waar sommigen flink mee zullen gaan verdienen ten koste van anderen. In de spits rijden zou best wel eens het privilege van een selectie mobiele en goed bemiddelde reizigers kunnen worden. En er zijn voorbeelden genoeg waarin op een vrije markt allerlei handel ontstaat waar de gemiddelde consument niet bepaald beter van wordt. Om dat te voorkomen zullen we dan toch weer moeten gaan reguleren.

Ten slotte is er nog een belangrijk psychologisch aspect dat in Utopia onderbelicht blijft en dat heeft te maken met de veronderstelling dat iedereen alle mogelijkheden (routes, vertrektijdstippen) kent en op grond daarvan zijn keuzes maakt. Het aantal keuzemogelijkheden in een beetje realistisch verkeersnetwerk is namelijk al gauw bizar groot. Maar zelfs al beperken we ons tot een veel, veel kleiner aantal mogelijkheden (bijvoorbeeld alleen die over de hoofdwegen), dan nog zouden we er vele mensenlevens voor nodig hebben om al die mogelijkheden tegen elkaar af te wegen.
We weten uit de psychologie dat reizigers dat niet (willen) doen. Reizigers zijn gewoontedieren en hebben in veel gevallen geen behoefte om iedere dag de markt op te gaan om het beste vertrektijdstip, de beste route, de beste combinatie van

eigen en publiek vervoer tegen de laagste reistijd en kostprijs uit al die mogelijkheden te kiezen. En als we al behoefte zouden hebben aan de beste keuze, dan laten we dat graag over aan een intelligente agent (een navigatiesysteem), wat ons weer terugbrengt bij Big Brother. Zo'n intelligente agent kan die beste keuze immers alleen maar berekenen als hij kan voorspellen wat de consequenties zijn van alle keuzes.

UTOPIA VERSUS BIG BROTHER

We kunnen constateren dat een (wetenschappelijk) ideaal systeem voor ABvM alleen bestaat in een wereld vol coöperatieve 'engeltjes' of eentje waar Big Brother het voor het zeggen heeft. Het Big Brother systeem is weliswaar heel erg *effectief* maar totaal *onacceptabel*.
Wij gaan onze vrijheid nooit vrijwillig zo rigoureus inleveren voor een perfect georganiseerd vervoersysteem.

Utopia daarentegen is meer dan acceptabel: zou het niet geweldig zijn, zo'n wereld vol coöperatieve engeltjes! Helaas is de effectiviteit hiervan zeer beperkt omdat er in zo'n systeem maar een paar valsspelers en fraudeurs hoeven op te staan, om de zaak te verstieren. Ogenblikkelijk zien we dan Big Brother weer om de hoek komen met regels en wetten, toezicht en controle.
Nadenken over die twee extreme vormen van prijsbeleid, is toch heel nuttig omdat het inzicht geeft in welke richtingen we de oplossing zouden moeten zoeken, en welke problemen we kunnen verwachten als we te ver doorslaan.

In de volgende paragraaf kijken we eerst naar ABvM-systemen die op allerlei plekken in de wereld (waaronder Nederland) zijn uitgetest en ingevoerd. In het laatste deel van dit hoofdstuk

zullen we een voorzichtig antwoord geven op de vraag hoe wij in Nederland anders zouden kunnen betalen voor mobiliteit.

WAT KUNNEN WE AL LEREN UIT DE ABVM-PRAKTIJK?

Betalen voor mobiliteit bestaat in vele soorten en maten en al heel lang. We kennen natuurlijk de tolwegen in Frankrijk en Italië en de toltunnels onder de Westerschelde en door de Alpen. Het principe is eenvoudig: we willen van A naar B via een duur stuk infrastructuur en dus kopen we een kaartje of een abonnement. Een ander voorbeeld is het betalen van parkeergeld. Er zijn in Nederland weinig binnensteden waar je vrij kunt parkeren. Leuk of niet, betalen voor parkeren is een succesvolle beleidsmaatregel om het autobezit en -gebruik in binnensteden te managen. Maar er zijn inmiddels wereldwijd veel andere prijsmaatregelen bedacht en uitgeprobeerd.
We zullen nu kort een aantal internationale voorbeelden van prijsmaatregelen de revue laten passeren, ontleend aan een zeer compleet en gedetailleerd Nederlands adviesrapport[7] uit 2004. Daarna kijken we naar de resultaten van een aantal unieke proeven die tussen 2006 en 2009 in Nederland zijn gedaan met een systeem waarin reizigers juist werden beloond als ze hun gedrag zouden aanpassen. We zullen zien dat bij al deze systemen telkens weer de balans tussen Big Brother en Utopia de kop op steekt: hoe effectief kan het systeem zijn, maar wordt het dan nog wel geaccepteerd?

TOLWEGEN

Tolwegen zijn de oudste en bekendste vorm van een prijsmaatregel. Veel Nederlanders komen ze regelmatig tegen in Frankrijk, Spanje en Italië. De tol wordt gebruikt om de investering terug

te verdienen en in sommige gevallen zelfs om de infrastructuur te exploiteren.
Het concept is meestal simpel: er is een vast tarief dat vaak wel wordt gevariëerd naar voertuigtype (personenvoertuigen, vrachtverkeer, bussen, taxi's). De meest besproken tolwegen zijn waarschijnlijk de Scandinavische tolringen, die een heel ander doel dienen, namelijk om geld te genereren voor nieuwe, andere infrastructuurprojecten. De prijs werd daarbij betrekkelijk laag gehouden, variërend tussen een halve en anderhalve euro voor een tolkaartje.
De effecten van die Scandinavische tolwegen zijn uitvoerig geanalyseerd. In Bergen (vanaf 1986 de eerste stad ter wereld met een tolring) nam de hoeveelheid verkeer niet af maar nam wel de *groei* in die vraag af met 6 tot 7 procent. Een klein effect dus, dat wel in lijn lag met de verwachting. Het ging immers om geld genereren en niet om vraagreductie.
In Oslo (1990) en Trondheim (1991) werden vergelijkbare tolringen ingesteld met zo mogelijk nog minder effecten op de verkeersvraag. Alhoewel in Oslo wel duidelijk was dat de tolmaatregel vooral het recreatieve verkeer (dus geen woon-werkverkeer) aanzette om alternatieve routes of vervoerswijzen te vinden.

SINGAPORE

Bij een tweede soort van prijsmaatregelen, *congestiebeprijzing*, gaat het niet om financiering van de infrastructuur zelf, maar om het verminderen van files in hele wegennetwerken. Ze komen voor onder vele namen: rekeningrijden, spitstarieven en variabele kilometerheffingen.

In Singapore werd al in 1976 congestiebeprijzing geïntroduceerd, waarbij al het inkomende verkeer in een cordon rond

de binnenstad een tarief betaalt dat afhankelijk is van tijd en voertuigtype. In Londen wordt sinds 2003 een vergelijkbaar systeem gehanteerd, waarbij iedereen binnen een gebied in de binnenstad tussen zeven uur 's ochtends en half zeven 's avonds een vaste prijs betaalt.
De effecten van die maatregelen zijn tamelijk spectaculair. In Singapore nam de intensiteit (het aantal voertuigpassages per uur) door het cordon rond de binnenstad af met 47 procent (althans, dat was de stand in 1994) en nam het carpoolen en het aantal busverplaatsingen sterk toe: van 8 naar 19 procent en van 33 naar 46 procent respectievelijk.
De drie belangrijkste onderliggende gedragsveranderingen zijn: verandering van routes (liever omrijden dan betalen), verandering van vervoerswijze (de bus i.p.v. de auto) en ten derde een verandering in vertrektijdstip.

In Londen daalde de verkeersdrukte in en uit het beprijsde gebied met 10 tot 15 procent en nam het aantal files met zo'n 30 procent af. Hier speelde een verandering van vertrektijdstip geen grote rol (15 tot 25 procent); de prijsmaatregel geldt immers de hele dag. De reductie werd vooral veroorzaakt door een overstap naar het openbaar vervoer (50 tot 60 procent) en een verandering van routes om het cordon heen (20 tot 30 procent). De verbetering van openbaar vervoer was voor deze verschuiving waarschijnlijk wel belangrijk.

VERENIGDE STATEN

In de Verenigde Staten zien we nog een derde categorie prijsmaatregelen, het zogenaamde *value pricing*, waarbij een prijs wordt gehangen aan een parallel stuk infrastructuur.
Het bekendste voorbeeld vinden we in San Diego, waar men tegen betaling gebruik kan maken van een zogenaamde

expressway, langs de bestaande I-15 freeway.
Carpoolers mogen gratis gebruikmaken van deze expressway, maar al het andere verkeer betaalt een prijs die afhankelijk is van de mate van filevorming op de gewone I-15. Als het daar dus helemaal vaststaat kun je – tegen betaling – de file omzeilen en gebruikmaken van de expressway. Hoe zwaarder de file, hoe hoger de prijs.

Het aandeel carpoolers is na de opening van een andere expressway (langs de I-95 in Orange County, Californië) gestegen met 40 procent, terwijl ook het gebruik van de expressway met 40 procent steeg. Een interessant effect is dat de gebruikers van de expressway gemiddeld zo'n 15 tot 30 minuten later vertrokken dan voorheen. Reizigers betalen kennelijk graag voor een kortere reistijd en een later vertrektijdstip. Inmiddels zijn er ook andere expressways geopend in Houston (langs de I-10 en de US-290).
Uit deze en vele andere voorbeelden, kunnen we een aantal belangrijke conclusies trekken. Ten eerste hebben prijsmaatregelen duidelijke effecten op verplaatsingsgedrag. Wat gaan we doen en hoe gaan we er komen: een (variabele) prijs hangen aan mobiliteit heeft daarop invloed.
Ten tweede zien we dat reizigers wel heel verschillend reageren op prijsmaatregelen. Sommigen kiezen voor andere routes; anderen staan vroeger of juist later op en weer anderen kiezen voor andere vervoerswijzen (de bus, de trein) of heroverwegen zelfs hun geplande verplaatsingen.
Ten derde, en dat is voor ons verhaal belangrijk, die individuele gedragswijzigingen hebben een (soms groot) effect op de uiteindelijke verkeersomstandigheden. Met andere woorden: prijsmaatregelen beïnvloeden inderdaad files en reistijden!
Ten slotte is variatie van de prijs naar plaats, tijd en omstandigheden heel belangrijk voor de uiteindelijke acceptatie

en effectiviteit. In veel gevallen zien we dat reizigers vooral kunnen en willen variëren met hun vertrektijdstip. Er zit als het ware 'ruimte in de tijd': reizigers zijn bereid te betalen voor een kwartiertje later vertrekken. In 2006 bracht dat een aantal partijen in Nederland op het idee om de zaak eens om te keren: zouden reizigers ook hun vertrektijdstip aanpassen als ze zouden worden beloond als ze juist heel erg vroeg zouden opstaan of als ze hun verplaatsing zouden *uitstellen* tot ruim na de spitsperiode:

SPITSMIJDEN: WAT ALS IK THUISBLIJF?

In de periode september-november 2006 is een eerste proef uitgevoerd met ruim 300 deelnemers die regelmatig tijdens de ochtendspits over de A12 van Zoetermeer richting Den Haag rijden. De reizigers werd een klein bedrag beloofd (een paar euro) voor elke keer dat ze de spitsperiode zouden ontwijken. Met camera's en geavanceerde software voor kentekenherkenning werd gecontroleerd wie er wel of niet op het traject reed in de spits. De resultaten van deze eerste proef waren zo positief dat er hierna een aantal vervolgproeven werden georganiseerd en inmiddels zijn er vele plannen om het concept veel breder 'uit te rollen'. Een groot gedeelte van de reizigers die betaald kregen, passeerde ook daadwerkelijk vroeger het meetpunt, zowel de reizigers die 3 euro kregen, als die 7 euro kregen. Met andere woorden, door reizigers een klein bedrag voor te spiegelen, vinden we ook hier de bereidheid om het vertrek tijdens de proefperiode uit te stellen.

Ook hier lopen we helaas tegen het bekende dilemma 'Big Brother versus Utopia' aan. De basisgedachte van het spitsmijden is immers dat reizigers bepaalde verplaatsingen *zouden* gaan maken en dat ze van gedachten kunnen veranderen zodra daar een financiële vergoeding tegenover staat.

Op kleine schaal kun je op een traject zoals de A12 vooraf prima in kaart brengen wie er gemiddeld genomen welke ritten maakt en hoe laat. Maar zou je dit beloningssysteem landelijk en voor alle verplaatsingen willen invoeren, dan moet je van alle reizigers altijd weten wat ze van plan zijn: waar vandaan en waar naartoe, wanneer en hoe laat. Dat gaat alleen werken als we iedereen blind kunnen vertrouwen of als we de vrijheid (na gemaakte keuzes) flink inperken.
Ondanks de beperkte 'opschaalbaarheid' van het spitsmijden, kunnen we veel leren van de resultaten. Kennelijk is er ook in dit geval 'ruimte in de tijd'. Er zijn reizigers die wel degelijk bereid zijn om hun vertrektijdstip aan te passen. Ten tweede is het bedrag dat met de beloning gemoeid is, opvallend laag (3 tot 7 euro).

In het laatste deel van dit hoofdstuk zullen we wat voorstellen doen voor 'anders betalen' die wél opschaalbaar zijn en die ergens het midden houden tussen de twee extremen uit de vorige paragraaf.

TERUG NAAR DE ANWB

We keren nu terug naar het kabinetsvoorstel voor Anders Betalen voor Mobiliteit (ook wel kilometerheffing genoemd) zoals dat in de ANWB-enquête aan het begin van dit hoofdstuk werd beoordeeld. We kijken of dit systeem überhaupt kans van slagen heeft. Vervolgens zullen we kort een paar alternatieve mogelijkheden verkennen, die ingaan op de twee belangrijkste bezwaren die in de ANWB-enquête naar voren kwamen.
Hoe moeten we het ABvM-voorstel van minister Eurlings uit 2009 beoordelen? Kort samengevat, moet in het plan elk voertuig worden voorzien van een registratiekastje dat kan meten hoeveel, waar en wanneer iemand zijn auto gebruikt.

Dat wordt een bewerkelijke operatie, die zo'n vijf jaar in beslag gaat nemen.
Eerst zullen de vrachtwagens zo'n registratiekastje geïnstalleerd krijgen en vervolgens, stapsgewijs, de personenauto's.
In eerste instantie betaalt iedereen een vaste kilometerprijs, waarbij op sommige trajecten een spitstarief zal gelden. Daarmee bevat dit ABvM-voorstel inderdaad een andere manier van betalen voor exact dezelfde mobiliteitskosten die we nu ook kennen, met twee verschillen:

- De huidige vaste kosten (de wegenbelasting en de BPM) worden direct gekoppeld aan de hoeveelheid kilometers die we rijden, vergelijkbaar met de brandstof.
- Op een paar trajecten is er sprake van congestiebeprijzing: een spitstarief. Je zou ook kunnen zeggen dat reizigers op alle andere trajecten en tijden korting krijgen (op dezelfde manier zoals de NS dat doet met zijn kortingskaart).

Is dit nu Big Brother of Utopia? Het voorstel heeft van beide niet veel weg. Maar zou dit systeem kunnen werken? Mits de invoering en uitvoering vlekkeloos verloopt, zal het op zijn minst even goed en waarschijnlijk beter functioneren dan ons huidige 'systeem', waarin we behalve brandstof en een enkele tolweg geen enkele terugkoppeling hebben van ons reisgedrag naar onze portemonnee. 'Iets' is in dit geval beter dan niets.
Bovendien hebben we bij het spitsmijden gezien dat mensen ook in Nederland daadwerkelijk bereid zijn om voor een klein bedrag hun vertrektijdstip aan te passen. De invoering van de voorgestelde spitstarieven appelleert precies aan dat gedrag, en is tot op zekere hoogte opschaalbaar, bijvoorbeeld naar alle snelwegen rondom de grote steden.
Omdat het voorgestelde systeem een hele grove 'voorspelling' maakt voor wanneer en waar de spitsperiode plaatsvindt, zullen de spitstarieven wel periodiek moeten worden bijgesteld.

ZO GEK NOG NIET.....

Het ABvM-voorstel is samenvattend 'zo gek nog niet'. Het systeem is zeker niet optimaal. Er is immers geen sprake van marginale prijzen en er is ook geen directe koppeling tussen de echte reistijd en het te betalen tarief, maar het is een stap in de goede richting.
Is dit systeem nu ook eerlijk? Deze vraag is veel moeilijker te beantwoorden. We weten om te beginnen nauwelijks hoeveel we nu betalen voor onze mobiliteit. Laten we even veronderstellen dat het zou lukken om de spits- en daltarieven zo vast te stellen dat we gemiddeld niet meer gaan betalen.
Het ligt dan voor de hand dat reizigers die 'ruimte in de tijd' hebben, beter af zullen zijn dan nu. Zij kunnen de spitstarieven vermijden en in goedkopere periodes hun ritten maken. Reizigers die deze keuzevrijheid niet hebben, zullen waarschijnlijk duurder uit zijn dan nu. Oneerlijk? Als de maatstaf is dat geen enkele reiziger er in prijs op mag achteruit gaan, is het antwoord: ja.
Als de maatstaf is dat we er als maatschappij in prijs voor onze automobiliteit niet op achteruit mogen gaan, is het antwoord waarschijnlijk nee. Opnieuw botsen hier acceptatie (het individuele belang) en efficiency (het publieke belang). Maar die beide maatstaven zijn wel heel erg gericht op ons korte-termijn keuzegedrag: het systeem grijpt immers vooral in op de verplaatsingen die we nu maken over de routes en op de vertrektijdstippen die ons nu goed uitkomen.

Waar het politieke en maatschappelijke debat vaak blijft steken in die korte-termijn belangenafweging, leert de wetenschap ons dat we die afweging niet goed kunnen maken zonder ook te kijken naar de langere termijn. Een file ontstaat immers niet uit de toverhoed van een kwade genius maar is het resultaat van

onze eigen korte- en lange-termijn keuzes en die van alle andere mensen waar we ons wegennetwerk mee delen. De file, ben je zelf!
Waar willen we wonen en werken? Doen we een tweede auto of een OV-jaarkaart? Vrijdag thuiswerkdag? Eerst boodschappen doen en dan naar huis, of gaan we uit eten?
Op het moment dat een ander systeem voor het betalen van mobiliteit wordt ingevoerd, worden we geconfronteerd met de consequenties van al de keuzes die we hebben gemaakt, waarvan sommige wellicht nu niet meer zo goed uitkomen. Dat lijkt oneerlijk, want we zouden die keuzes anders hebben gemaakt als we van te voren wisten welke consequenties ze zouden hebben in een nieuw systeem. Maar als we zo redeneren, is er maar één oplossing: doorgaan op de huidige voet en voor lief nemen dat ons vervoersysteem zichzelf periodiek in de soep draait …

KAN HET ANDERS EN BETER?

De wetenschap heeft geen sluitend argument om die 'nul-oplossing' (niets doen) af te serveren. Dat is de taak van de politiek. Maar door goed te kijken naar welke (technische) mogelijkheden er zijn en te leren van eerdere ervaringen, is het wel mogelijk om iets te doen aan het andere grote bezwaar uit de ANWB-enquête: de weerstand tegen het ingewikkelde systeem met kastjes in het voertuig: Big Brother is watching you! (Het eerste bezwaar was dus dat sommigen vrezen er op achteruit te gaan.)

Het is in de eerste plaats belangrijk om vast te stellen dat in een systeem waarbij de kosten afhankelijk zijn van het reisgedrag, je dat gedrag *moet* meten. Als er niets wordt gemeten, valt er ook niets af te rekenen. Dat kun je doen langs de kant van de weg, maar het ligt toch veel meer voor de hand om dat met moderne GPS-technologie in het voertuig te doen.

Daarmee hoeft niet noodzakelijk een privacy-probleem te ontstaan. Mits het kastje de reisgegevens goed registreert, zou één keer per kwartaal elektronisch aangifte doen door de gegevens uit het kastje te uploaden naar de 'wegenbelastingdienst', voldoende moeten zijn om het systeem te laten werken. De meeste burgers zijn met zo'n systeem wel bekend voor de normale belastingaangifte. Dat soort registratiesystemen worden in de zakelijke transportsector ook al jaren gebruikt.

Natuurlijk ligt fraude dan op de loer, maar dat geldt ook voor de kilometerteller en de eigendomspapieren. Je zou naast een driemaandelijks afrekenmoment, ook de actuele ritgegevens per dag of zelfs *real-time* uit zo'n kastje op vrijwillige basis en 'geanonimiseerd' kunnen verzamelen, zodat de wegbeheerders met die gegevens beter inzicht kunnen krijgen in de verkeersafwikkeling. Met de (anonieme) gegevens zouden ook commerciële partijen, zoals aanbieders van verkeersinformatie of entertainment, betere services kunnen aanbieden die de aanschaf van een kastje in de auto ook op andere gronden de moeite waard kunnen maken. Dat is goed voor de reiziger, en de economie. Ook dat gegeven is niet nieuw: TomTom doet dat al enige jaren; telefoonproviders doen het al veel langer (zonder dat gebruikers daar veel van merken).

Het bewaken van privacy hoeft technisch gezien dus geen groot probleem op te leveren. Het lijkt erop dat het sleutelwoord in dit geval 'transparantie' is. Afrekenen moeten we allemaal en dus moeten we registreren. Maar dat kan op dezelfde manier als we dat bij heel veel andere diensten allang doen (denk aan de belastingdienst, de KPN en de hypotheek).
Daarnaast kunnen we nog veel meer leuks met de gegevens doen, waar de reiziger zelf ook voordeel van heeft. En dat kan en moet op vrijwillige en in elk geval anonieme basis.

TARIEF?

Het op eerlijke en transparante wijze bepalen van het tarief is een belangrijke puzzel die moet worden opgelost. We moeten daarvoor inzicht krijgen in wat Nederland per hoofd van de bevolking op jaarbasis nu eigenlijk over heeft voor een goed personenvervoersysteem. Dat is een ingewikkelde rekensom, omdat hierbij ook de externe kosten (milieu, veiligheid) moeten worden meegenomen. En moet die vraag niet worden uitgebreid naar openbaar vervoersystemen? Wat hebben we daar eigenlijk voor over?

Hoe dan ook, we zullen het eens moeten worden over de prijs die we bereid zijn te betalen voor onze ritten van A naar B. Dat hebben we tot nu toe eigenlijk gedaan via de wegenbelasting en de BPM en dat zullen we nu moeten doen per kilometer en/of per tijdseenheid die we spenderen.
Dat is niet oneerlijk maar wellicht wel confronterend. Vervolgens moeten we op basis van dat totale bedrag gaan bedenken hoe de afrekening moet gaan plaatsvinden. Eén oplossing is het zogenaamde taxi-model, waarbij je een ritprijs betaalt die gekoppeld is aan zowel reistijd, verplaatsingsafstand en mogelijk nog allerlei andere kenmerken (brandstofgebruik, voertuiggewicht, rijgedrag). Net als in een taxi zouden de tarieven afhankelijk kunnen worden gemaakt van de locatie (snelweg, in de stad) en de tijd (in of buiten de spits). En net als in een taxi, zou je die informatie direct in de auto teruggekoppeld kunnen krijgen. Een soort kilometerteller 'plus' dus. Veel voertuigen doen al iets dergelijks met het brandstofverbruik.

Er is ook veel te winnen voor reizigers. Big Brother mag dan meer aan de weet komen door ABvM, dat geldt ook en waarschijnlijk veel sterker voor de reiziger zelf. Behalve een veel beter inzicht in de persoonlijke verplaatsingspatronen, kunnen

reizigers veel beter kijken naar wanneer en waar ze de auto moeten pakken, en wanneer ze dat beter kunnen laten.
En dat is niet alleen goed voor de eigen portemonnee maar ook voor die van de buren. Techniek en wetenschap kunnen hierbij helpen om een vinger aan de pols houden. Op basis van de vele gegevens die nu al beschikbaar zijn, is behoorlijk nauwkeurig te bepalen hoe de verkeerssituatie op onze wegen er uit ziet en hoe deze zich ontwikkelt over de langere termijn.

DUS.....

Het is niet vol te houden dat variabele beprijzing van automobiliteit geen oplossing is voor het fileprobleem. Wie dat zonder nuancering roept, ontkent vele decennia aan wereldwijd onderzoek naar ons collectieve reis- en rijgedrag en de consequenties daarvan op onze economie, de ruimte en onze samenleving.
In al dat onderzoek komt telkens weer naar boven dat om zo'n beprijzingssysteem te laten slagen, een subtiele balans moet worden gezocht tussen effectiviteit en acceptatie. Er is een rigide Big Brother systeem te bedenken, waarin door verregaande automatisering en regulering de individuele reiziger bijna al zijn keuzevrijheid inlevert ten faveure van het systeem. Dat is erg effectief maar onacceptabel.
Aan de andere kant is een vervoersysteem vol coöperatieve engeltjes te bedenken waarbij de vrije markt de zaak van A tot Z regelt. Erg acceptabel maar zeer ineffectief, want een enkele fraudeur of malafide aanbieder van diensten kan dit systeem instabiel maken. De waarheid ligt dus in het midden.

Het Anders Betalen voor Mobiliteit-voorstel dat anno 2011 bevroren in een la van de minister ligt, is in die zin een prima startpunt maar lijkt vooral te zijn gestrand door een derde sentiment: het privacy-probleem.

Dit is echter gemakkelijk technisch op te lossen. Wat overblijft is het aloude vraagstuk of het een eerlijk systeem is. We willen er immers niet op achteruit gaan! Hier kunnen techniek en wetenschap alleen argumenten aanreiken op grond waarvan de politiek en de samenleving hun keuzes moeten maken.
Files kosten veel meer dan alleen de brandstof en de extra vertragingen die ze opleveren. Denk aan veiligheid, gezondheid, milieu en onbetrouwbare reistijden. Maar ze leveren nog veel meer op; anders stonden ze er niet. Mensen verplaatsen zich alleen als er iets te verdienen of te genieten valt en daarvoor maken ze allerlei korte- en lange-termijn keuzes.
Is het eerlijk dat reizigers in een ander systeem voor beprijzing worden afgerekend op keuzes die ze in het verleden hebben gemaakt, keuzes die niet direct kunnen worden veranderd?

Wellicht niet, maar moeten we dan maar tevreden zijn met de huidige situatie, waarin ons verkeersysteem zich periodiek in de soep draait? Op de langere termijn lijkt een vorm van variabel betalen voor mobiliteit onafwendbaar. Door dat geleidelijk, stapsgewijs en transparant in te voeren, moet ook het 'eerlijkheidsprobleem', kunnen worden opgelost.
Het zou een enorme gemiste kans zijn als we dat opnieuw door onvoldoende kennis van het verkeer- en vervoersysteem, overambitieuze technische plannen en korte-termijn sentimenten, op de lange baan moeten schuiven.

NOTEN/LITERATUUR:

1 *Een uitgebreide verslaglegging van zowel de opzet als de resultaten van deze enquête, die veel media-aandacht kreeg, is te downloaden via http://www.anwb.nl/binaries/pdf/auto/dossier-kilometerprijs/complete-onderzoeksrapport-ledenpeiling.pdf .*

2 *Google maar eens op 'ANWB enquête kilometerprijs' of op 'anders betalen voor mobiliteit'. Wat resulteert zijn vele achtergrondstukken, commentaren en blogs waar je het volledige spectrum aan mogelijke reacties tegen zult komen.*

3 *P. Goodwin, J. Dargay & M. Hanly (2004). Elasticities of Road Traffic and Fuel Consumption with Respect to Price and Income: A Review. Transport Reviews, 24(3), blz. 275–292.*

4 *Kennis Instituut voor Mobiliteitsbeleid (KIM) (2008). File-Facts, KIM. (Als je zoekt op 'File-facts KIM' vind je een pdf met de getallen die hier worden gebruikt).*

5 *Bron: http://www.nu.nl/algemeen/1495201/de-file-top-10-van-drukste-spitsen-aller-tijden.html).*

6 *Er zijn vele file top-10 lijstjes op o.a. www.nu.nl, bij de verkeersinformatie-dienst (www.vid.nl) en bij de ANWB (www.anwb.nl). Een informatieve link is ook te vinden op: http://nl.wikipedia.org/wiki/File_(verkeer).*

7 *Verhoef, Koopmans, Bliemer, Bovy, Steg & Van Wee, Vormgeving en Effecten van Prijsbeleid op de Weg. Effectiviteit. Efficientie en Acceptatie vanuit een multidisciplinair Perspectief. Rapport uitgebracht aan: Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal Personenvervoer, September 2004.*

TOET TOET
TOET TOET
TOET!

ONTSTAAN FILES DOOR SLECHTE CHAUF-FEURS?

Na het weer, zijn files misschien wel het meest besproken onderwerp aan de koffietafel. Iedereen heeft een mening, maar slechts weinig mensen begrijpen echt hoe en waarom files ontstaan. Ligt het aan slechte chauffeurs? Komt het door slechte infrastructuur en hoe is het mogelijk dat de wegbeheerder dan ook nog eens maatregelen instelt die de zaak verergeren?

Neem nou de 80 km-zones die in 2005 onder meer rond Amsterdam en Rotterdam werden ingesteld. Deze hadden als belangrijkste doel om de gemiddelde concentraties NO_2 en fijnstof in de buurt van autosnelwegen te verminderen.
Het idee om dit te doen door een verlaging van de maximumsnelheid naar 80 km/u en die te handhaven via trajectcontrole, is tussen 2003 en 2005 uitgebreid getest op de A13 tussen vliegveld Zestienhoven en knooppunt Kleinpolderplein.

Dat stuk snelweg doorkruist een woonwijk (in Overschie), waar al jaren werd gelobbyd voor maatregelen tegen stank en geluidsoverlast. Als de 80 km-zone daar geen negatieve effecten zou opleveren voor de doorstroming, zou de maatregel ook kunnen worden ingevoerd op andere plekken. En dat bleek inderdaad het geval (het verkeer stroomde gewoon door).
In 2005 is dan ook besloten om de maatregel in te voeren op vier andere trajecten in de Randstad (op de A10, de A12 en de A20). Dit besluit werd ondersteund door positieve resultaten uit zogenaamde simulatie-studies (daarover later meer).

EUFEMISTISCH

Direct na de invoering heeft het ministerie van Verkeer en Waterstaat een onderzoek uitgevoerd naar de effecten van die nieuwe 80 km-zones. Dat onderzoek[1] concludeert:
… dat de maatregel niet op alle locaties heeft geleid tot

(de verwachte) positieve effecten voor de afwikkeling van het verkeer. Op trajecten met complexe weefvakken en invoegingen is sprake van een minder effectief gebruik van de wegcapaciteit na invoering van de snelheidsverlaging.

Dit is nogal eufemistisch uitgedrukt! De daadwerkelijke effecten op de verkeersafwikkeling waren in sommige gevallen ronduit dramatisch. Binnen een aantal weken na de invoering van de 80 km-zones, rapporteerden de ANWB en de verkeersinformatiedienst (VID) een sterke toename van de files, wat in de studie van het ministerie later ook wordt bevestigd. Het blijkt dat de filedruk op de A20 en A12 met 40 procent tot zelfs 100 procent is toegenomen. (De filedruk is het totale aantal kilometers file).
De vraag is natuurlijk *waarom* dit het geval was. Wat veroorzaakte nu die (voor sommigen onverwachte) groei in de filedruk en de dramatische achteruitgang in capaciteit? Misschien nog wel belangrijker is de vraag waarom men er vooraf kennelijk zo ver naast zat. Hadden we dat nou niet van te voren kunnen bedenken?
Waren de omstandigheden bij de succesvolle pilot op de A13 anders dan bij de andere 80 km-zones? En hoe zit dat met die simulatiemodellen die gebruikt zijn om vooraf de maatregel door te rekenen? Die zijn dus kennelijk niet erg realistisch!

DE ENE FILE IS DE ANDERE NIET

In dit hoofdstuk gaan we die vragen beantwoorden. Om dat goed te kunnen doen, zullen we eerst uitleggen hoe ons individuele rijgedrag in elkaar zit. Hoe ontstaan files en wat heeft dat te maken met de manier waarop we zelf rijden?
We zullen zien dat het antwoord zit in de zogenaamde volgtijd die we op elkaar durven aan te houden. En dat, als het maar

druk genoeg is, files onvermijdelijk zijn. Vervolgens zullen we iets dieper ingaan op de dynamica van files, want de ene file is de andere niet. Waarom lijkt het bijvoorbeeld zo vaak alsof we 'voor niets' in de file staan?
Bovendien blijken files zichzelf te verergeren: het duurt veel langer om een file van 10 km op te lossen dan om er eentje van 10 km te laten ontstaan. En dan is er ook nog het fenomeen dat een file op plek A vaak ook files op heel veel andere plekken kan veroorzaken.

Aan het eind van het hoofdstuk keren we terug naar de 80 km-zones en leggen we uit waarom die – in dit geval – zo'n negatief effect hadden op de doorstroming en waarom men daar vooraf zo naast zat. We zullen ten slotte ook kort kijken naar andere maatregelen die het fileprobleem mogelijk kunnen verhelpen en ingaan op de vraag wat je als automobilist zelf kunt doen om het fileleed (voor een ander!) te verzachten.

VRACHTWAGEN OF FERRARI?

Laten we maar beginnen bij het begin: een bijna lege weg met zo af en toe een auto. Heerlijk! Op zo'n lege weg zal elke bestuurder rijden met een snelheid die voor hem het prettigst aanvoelt. Precies de maximumsnelheid, rustig aan, of juist zo hard als het maar gaat.
Deze zogenaamde *wenssnelheid* verschilt heel sterk van persoon tot persoon. Dat heeft bijvoorbeeld te maken met het voertuig (vrachtwagen of Ferrari), de reden van de reis en factoren als geslacht, leeftijd en ervaring. Er is dus een brede verdeling van wenssnelheden die ook nog eens afhankelijk is van plaats en tijd. Want zelfs een Ferrari-rijder zal bij een zware regenbui anders rijden dan in een stralende zon.

Zodra het drukker op de weg wordt, kan niet elke bestuurder meer rijden met zijn wenssnelheid. Er zijn dan twee mogelijkheden. Of de bestuurder houdt een zekere afstand tot degene die voor hem rijdt óf de bestuurder passeert het voertuig en heeft de weg weer even voor zichzelf.
Je hebt dus twee typen bestuurders in een verkeersstroom: volgers en leiders. Natuurlijk zal een bestuurder regelmatig van rol verwisselen zodra de gelegenheid zich daartoe voordoet. Net zoals de wenssnelheid (van 'leiders') is ook het volggedrag (van 'volgers') sterk persoonsafhankelijk en dus heel erg variabel.

VOLGERS EN LEIDERS

Toch is er een aantal factoren dat voor iedere automobilist een rol speelt. In de eerste plaats speelt ook de wenssnelheid bij het 'volgen' een belangrijke rol. Als die erg hoog ligt, dan zal een automobilist vaker actie moeten ondernemen, harder moeten remmen en sneller moeten optrekken.
In de tweede plaats speelt de afstand tot de voorligger een rol. Als die afstand klein is, dan zal een automobilist zijn rijgedrag sterk en vaak moeten aanpassen. Maar als het leidende voertuig nog ver weg is, zal deze nauwelijks invloed hebben op de volger. Natuurlijk speelt ook het snelheidsverschil met de voorligger een belangrijke rol. Stel een voertuig komt met 120 km/u aangereden en ziet hoe de afstand met zijn voorligger steeds kleiner wordt. Als deze voorligger 119 km/u rijdt, zal de bestuurder wellicht wat gas terug nemen en rustig gaan volgen. Is het verschil veel groter (de voorligger rijdt bijvoorbeeld 90 km/u) dan zal hij proberen deze in te halen (maar misschien is er geen ruimte).

Stel nu eens dat iedereen zich keurig aan de regel 'twee seconden afstand houden' houdt. Bij een snelheid van 100 km/u (dat is 28 meter/seconde) is de gemiddelde volgafstand tussen

voertuigen van bumper tot bumper dan 2 (seconde) × 28 (meter/seconde) = 56 meter. Bij 120 km/u is die afstand 67 meter en bij 90 km/u is de afstand 50 meter. Uit deze berekening zien we dat de volgafstand tussen voertuigen wordt bepaald door zowel de volgtijd als de snelheid. Want volgafstand = volgtijd × gemiddelde snelheid.
Als voertuigen bij gelijke snelheid dichter op elkaar gaan rijden (kleinere volgafstand) wordt de volgtijd uiteraard ook kleiner. Dan kunnen er meer voertuigen per tijdseenheid worden verwerkt. Die hoeveelheid voertuigen per tijdseenheid noemen we ook wel de *intensiteit* en is gelijk aan één gedeeld door de gemiddelde volgtijd (intensiteit = 1/gemiddelde volgtijd).

Je zou denken dat de intensiteit altijd groter moet worden als je de volgafstand verkleint bij gelijke snelheid. Of als je de snelheid opvoert, bij gelijke volgafstand. Dat is echter niet zo!
Dat komt omdat de hoeveelheid afstand die we houden tot onze voorliggers juist groter wordt bij toenemende snelheid. Het omgekeerde geldt ook: bij een steeds kleiner wordende volgafstand blijken we onze snelheid juist te verlagen. Dit heeft te maken met de reactietijd. Mensen zijn immers geen machines. Er gaat tijd overheen voordat een bestuurder visuele informatie (afstand, snelheidsverschil, inhaalmogelijkheden) kan verwerken en omzetten in een besluit (volgen, inhalen) en de uitvoering daarvan.

FORMULE-1

De reactietijden zijn sterk afhankelijk van de bestuurder en zijn voertuig. Vergelijk een Formule-1 coureur met iemand die net zijn rijbewijs heeft gehaald.
Dat onze hersens tijd nodig hebben om informatie te verwerken, speelt een nog veel grotere rol als ze ook nog allerlei andere

zaken moeten regelen (een telefoontje plegen, een sigaret opsteken of een adres in je navigatiesysteem intypen). Er zijn natuurlijk altijd waaghalzen die een hele korte tijd, heel kort op hun voorligger durven te rijden (de welbekende bumperklevers), maar gemiddeld genomen is er een minimale volgtijd die bestuurders aanhouden en die is gelijk aan of ietsje groter dan de reactietijd.

Het blijkt dat die reactietijd in Nederland, onder ideale omstandigheden, gemiddeld rond de anderhalve seconde ligt. Gemiddeld duurt het dus anderhalve seconde voordat een automobilist actie onderneemt. Het ligt dan ook voor de hand dat (verstandige) bestuurders op zijn minst anderhalve seconde volgtijd zullen aanhouden op hun voorligger en bij voorkeur nog ietsje meer.
Als de volgafstand door toenemende drukte steeds kleiner wordt, is er dus maar één oplossing om de volgtijd binnen de perken te houden en dat is de snelheid verminderen. Remmen dus!

Dat er een minimale volgtijd is, kunnen we trouwens rechtstreeks afleiden uit metingen. Op ons snelwegennet liggen om de 500 meter zogenaamde inductielussen in de weg, die de intensiteit (en dus de volgtijd) en snelheid meten van het verkeer.
Uit die metingen blijkt dat er een 'optimale' combinatie van snelheid, volgafstand en volgtijd is, waarbij de volgtijd minimaal is en daarmee de intensiteit maximaal. **De 'optimale' snelheid blijkt in Nederland op snelwegen zo rond de 85 à 90 km/u te liggen.** Bij die snelheid durven Nederlandse bestuurders gemiddeld nog zo'n 1,6 seconde volgtijd aan te houden, wat neerkomt op een maximale intensiteit van zo'n 2250 voertuigen per uur per rijstrook. Je kunt uitrekenen dat onder die omstandigheden de gemiddelde volgafstand 40 meter bedraagt.

JIJ BEPAALT DE CAPACITEIT VAN DE WEG

Deze maximale intensiteit wordt de *capaciteit* van een stuk (snel)weg genoemd. Die capaciteit is het resultaat van menselijk gedrag (!) en niet een eigenschap van een stuk asfalt.
Je zou kunnen zeggen dat bumperkleven de capaciteit (tijdelijk) vergroot, maar deze 'winst' gaat weer verloren door de sterk toegenomen onveiligheid, instabiliteit en onbetrouwbaarheid van de verkeersstroom. Daarover straks meer.
Capaciteit is dus de uitkomst van menselijk gedrag en dat is ook de reden waarom de capaciteit zo sterk wordt beïnvloed door verschillende omstandigheden. In slecht weer rijden mensen gemiddeld met grotere volgafstanden en/of lagere snelheden. Datzelfde zie je bij wegversmallingen en langs wegwerkzaamheden.

Daarbij spelen veel zaken mee die de reactietijd van bestuurders onbewust beïnvloeden. Denk aan de zwaardere rijtaak door slechter zicht of minder comfort, een andere inschatting van het risico op botsen of slippen of simpelweg onbekendheid met de situatie. De capaciteit verschilt daarnaast natuurlijk voor verschillende wegtypen met verschillende verkeersregels, indelingen en maximumsnelheden.
Onderzoek laat ook zien dat de capaciteit sterk afhangt van sociaal-culturele verschillen. In China is de snelwegcapaciteit bijvoorbeeld ruim 20 procent lager dan in de Randstad, wat onder andere te maken heeft met de verschillen in rijvaardigheid, rijstrookverdeling en reactietijden.

FILES EN FLESSENHALZEN

Kunnen we nu ook verklaren hoe een file ontstaat? Jazeker! Bedenk maar eens wat er gebeurt bij een oprit. Stel dat de

intensiteit op de hoofdrijbaan hoog is en de voertuigen dicht op elkaar rijden. Stel vervolgens dat de intensiteit op de oprit ook hoog is. Die voertuigen moeten allemaal invoegen op de hoofdrijbaan, waar de ruimte (door kleine volgafstanden) toch al beperkt is.

Door in te voegen, worden de volgafstanden tijdelijk nog kleiner. Vaak zie je dat automobilisten bij de invoegstrook zelf, nog wel bereid zijn om een heel korte tijd heel dicht op elkaar te rijden. Maar een klein stukje verder proberen de meeste bestuurders weer terug te keren naar een veiliger volgafstand zodat de volgtijd weer groter is dan de reactietijd.
Dat kan dus alleen door de snelheid te verlagen, dus door te remmen. Vervolgens ontstaat er een kettingreactie. Het voertuig dat het remmende voertuig volgt, zal ook remmen, vaak nog net iets harder om ook zijn volgafstand weer terug te brengen naar een veilige marge. Het voertuig daarachter doet hetzelfde, enzovoorts, enzovoorts.
Het resultaat is dat de golf remlichten zich snel verplaatst tegen de richting van het verkeer in, terwijl de snelheid van het verkeer zelf sterk naar beneden gaat, soms zelfs tot volledige stilstand. De verkeersafwikkeling 'stort in', zoals dat heet.

Je kunt dit op heel veel plekken in Nederland ook gemakkelijk *live* bekijken. Bijvoorbeeld om een uur of vier 's middags op de brug over de A13 bij de afslag Delft-Noord. Als er 'benedenstrooms' iemand op de rem stapt en er file ontstaat, bewegen de remlichten zich als een soort golf naar achteren.

GOLVEN

De term 'golf' is overigens niet voor niets gekozen. In de jaren vijftig is de zogenaamde kinematische golftheorie ontwikkeld[2]

waarmee verkeersstromen als golven kunnen worden beschreven. De kern van de theorie is de zogenaamde 'wet van behoud van voertuigen', die vrij vertaald als volgt luidt:

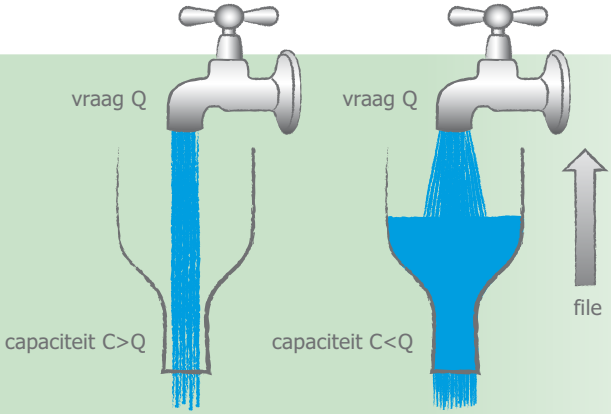
Aantal voertuigen (straks) = Aantal voertuigen (nu) + instroom (nu) – uitstroom (nu)

Als je in plaats van 'Aantal voertuigen' de termen 'Hoeveelheid water' invult, is het niet zo moeilijk om in te zien dat deze formule ook beschrijft wat er in een omgekeerde fles gebeurt als we deze onder een openstaande kraan zetten (zie kader). Verkeerskundigen maken dan ook vaak gebruik van de overeenkomst tussen verkeersstromen en vloeistofstromen om berekeningen te kunnen maken over files.

De *golfsnelheid*, dat is de snelheid waarmee verschillen in volgafstand en snelheid zich verplaatsen, blijkt af te hangen van de gemiddelde volgafstand. Als er eenmaal file ontstaat dan gaan deze golven tegen het verkeer in. Dit is precies wat we zien op de brug bij Delft-Noord: de remlichten bewegen zich tegen de richting van het verkeer.

VERKEERSSTROMEN EN OMGEKEERDE FLESSEN

We kunnen het ontstaan van files goed vergelijken met wat er gebeurt als we een fles zonder bodem ondersteboven onder een waterkraan te houden zoals in de figuur. Zodra we meer water uit de kraan laten stromen (intensiteit) dan er door de flessenhals heen kan (capaciteit), neemt het waterniveau in de fles toe tot deze overstroomt. Er ontstaat a.h.w. file in de fles, waarbij de snelheid van het water in de fles boven de flessenhals sterk afneemt. Het beweegt zich nog wel richting de flessenhals maar veel langzamer dan in de flessenhals zelf. Draaien we de kraan nu zo ver dicht dat er minder water in de fles bij komt dan er door de flessenhals weer uit kan, dan zal de file in de fles 'oplossen', oftewel, de fles loopt leeg. Blijft er meer water uit de kraan komen dan er door de flessenhals heen kan, dan stroomt onvermijdelijk de fles over.



File in een omgekeerde fles. Als de intensiteit Q groter is dan de capaciteit C van de flessenhals ontstaat er file, die pas weer oplost als Q kleiner wordt dan C.

In het echte verkeer spreken we ook vaak van flessenhalzen (bottlenecks), bijvoorbeeld bij opritten, waar bijvoorbeeld drie rijstroken samen voegen tot twee rijstroken. Als in dat geval de som van de intensiteit op de hoofdrijbaan en de oprit groter is dan de capaciteit van de hoofdrijbaan dan ontstaat er file, en die file blijft groeien totdat die som van deze intensiteiten kleiner wordt dan de capaciteit van de hoofdrijbaan. Het onderliggende mechanisme is dat bestuurders een minimale veilige volgtijd (of volgafstand) kiezen, wat bij een te grote intensiteit alleen maar mogelijk is door op de rem te trappen. De analogie tussen verkeersstromen en hydrodynamica (de wetenschap die zich bezighoudt met de dynamica van vloeistoffen) komt verkeerskundigen goed van pas. Veel van het rekengereedschap waarmee we beschrijven hoe files zich ontwikkelen, lijken heel erg op hydrodynamische modellen. Maar voorzichtigheid is geboden, want de analogie gaat maar heel beperkt op, bijvoorbeeld:

- Voertuigen houden – in tegenstelling tot watermoleculen - niet van botsen
- Er zijn veel, maar dan ook echt heel veel meer watermoleculen in een fles dan voertuigen in een file. Er zijn zelfs heel veel meer watermoleculen in een fles dan voertuigen op de hele aardbol. Dit betekent dat begrippen als de gemiddelde dichtheid, intensiteit en snelheid in een fles water heel anders moeten worden geïnterpreteerd dan in een verkeersysteem.
- Voertuigen en hun bestuurder hebben een eigen willetje en zorgen voor een grote variabiliteit in individueel gedrag. Capaciteit is bijvoorbeeld een variabele die sterk wordt bepaald door rijgedrag, in tegenstelling tot de capaciteit in het waterflesvoorbeeld, die (bij gelijke druk) een fysieke eigenschap is van de 'infrastructuur' (de fles).
- Voertuigen nemen relatief aan het macroscopische fenomeen (de file) veel ruimte in, ook nog eens afhankelijk van hun snelheid. Watermoleculen zijn verwaarloosbaar klein ten opzichte van de file in de fles.

Het blijkt bovendien dat de golfsnelheid in files behoorlijk constant is en op Nederlandse snelwegen tussen de 15 en de 20 km/u ligt. Dat betekent dus dat een file in een uurtje tijd 15 tot 20 km kan groeien.
De golftheorie voorspelt ook hoe files weer oplossen en met welke snelheid dat gebeurt (we zullen dat niet in detail uitleggen). Belangrijk is dat files aan de voorzijde oplossen maar aan de achterzijde altijd groeien, zelfs al neemt de intensiteit sterk af. Je kunt dit goed zien bij een verkeerslicht. Zelfs al staat het licht op groen, dan nog zal de wachtrij groeien.
De vrij eenvoudige golftheorie beschrijft en verklaart heel aardig wat er gebeurt in een file. Er moet uiteraard één automobilist de eerste zijn die een verstoring veroorzaakt om een file te laten ontstaan. Maar dat is onvermijdelijk en het kan zowel een hele goede als een slechte chauffeur zijn.
Iedereen heeft een minimale reactietijd en accepteert dus niet minder dan een bepaalde minimale volgtijd. Als een file eenmaal ontstaat, wordt deze niet meer door individueel rijgedrag bepaald, maar hoofdzakelijk door het collectieve rijgedrag. We zullen later in dit hoofdstuk nog zien dat er wel aanpassingen in rijgedrag mogelijk zijn die het fileleed zouden kunnen beperken.

Er zijn ten slotte natuurlijk ook veel dingen die niet helemaal of zelfs helemaal niet worden verklaard door de golftheorie. Wat het model bijvoorbeeld niet verklaart, is het volgende fenomeen:

FILES VERERGEREN ZICHZELF

Stel je eens voor dat de intensiteit op de hoofdrijbaan en de invoegstrook samen net een stukje lager zijn dan de capaciteit van de hoofdrijbaan. Dan zou het dus allemaal nét moeten kunnen. Maar dan gaat er iemand, door een plotselinge invoeging of een onverwachte rijstrookwisseling, toch ineens hard op de rem staan.

Als de verstoring maar groot genoeg is, volgt ook nu een kettingreactie en ontstaat er file. Deze file zou eigenlijk snel moeten oplossen; de totale instroom is immers kleiner dan de capaciteit. Geen probleem dus!

Helaas, in de werkelijkheid gebeurt dat niet. Het blijkt dat de file zich soms toch (met constante snelheid) uitbreidt. Dat kan alleen maar als de capaciteit waarmee de file aan de voorzijde oplost, plotseling kleiner is geworden dan de hoeveelheid voertuigen die er aan de achterzijde bij komt.
En dat blijkt inderdaad zo te zijn. Dat komt in de eerste plaats omdat voertuigen *vanuit stilstand* (of vanuit een hele lage snelheid) de file uitrijden. Daarbij accelereren ze en zijn de opvolgtijden vaak flink groter dan als de verkeersstroom zich met hoge snelheid verplaatst.
Zodra voertuigen in een file zijn beland, gaat bovendien ook de reactietijd omhoog. Mensen rijden als het ware meer relaxed (of minder oplettend) de file uit, dan dat ze de file inrijden.
Om de analogie met de waterkraan nogmaals te hanteren: zodra de intensiteit uit de kraan groter wordt dan de capaciteit van de flessenhals, wordt de flessenhals direct smaller en stroomt de fles nog sneller over dan je in eerste instantie zou verwachten.
Dit leidt onherroepelijk tot gemiddeld grotere volgtijden en dus tot een lagere (afrij)capaciteit. Het resultaat is dat een file zichzelf ogenblikkelijk verergert. We praten niet over een paar procent maar over een capaciteitsreductie van 15 procent tot soms zelfs 50 procent.
Dit curieuze fenomeen, de zogenaamde ‘capaciteitsval’, is uniek aan verkeersystemen. Die capaciteitsval zorgt er voor dat files zo langzaam oplossen en maakt het mogelijk dat er filegolven ontstaan, die regelmatig over vele kilometers tegen het verkeer in bewegen, groeien in lengte en zelfs extra files veroorzaken

bij het 'passeren' van stroomopwaarts gelegen flessenhalzen (invoegingen of samenvoegingen).

KIJKFILES

Filegolven kun je als automobilist dagelijks observeren. Soms kom je in een file terecht waarin je een periode heel langzaam rijdt, waarna je plotseling en zonder aanwijsbare reden, weer kan wegrijden. Dan ben je een filegolf gepasseerd, die mogelijk veel verder en een tijd geleden is veroorzaakt.
Filegolven ontstaan meestal als er al sprake is van lichte filevorming, waarbij voertuigen heel dicht op elkaar rijden met een snelheid van rond de 40-50 km/u. Onder die omstandigheden kan een enkele verstoring (een rembeweging) voldoende zijn om de verkeersstroom tot volledige stilstand te brengen.

Maar de meest curieuze file is toch wel de kijkfile, die ontstaat omdat op de andere rijbaan een ongeluk plaatsvindt. Met opnames vanuit een helikopter en geavanceerde beeldverwerkingstechnieken, is de afgelopen jaren duidelijk geworden welk mechanisme hier achter schuilt.
Het blijkt dat de reactietijd van bestuurders die voorbij een ongeluk rijden, tot wel tweemaal zo groot kan worden. Zowel op de rijbaan waar het ongeluk plaatsvond als op de rijbaan de andere kant op. Door even opzij te kijken, worden bestuurders dus tot twee keer trager in hun reacties.
De bijhorende capaciteitsreductie bedraagt (*aan beide zijden!*) dan ook vaak meer dan 50 procent. Er valt natuurlijk wel iets tegen te doen, bijvoorbeeld door schermen te plaatsen zodat de afleiding beperkt blijft. Wat ook helpt, is de rijbaan weer zo snel mogelijk op te ruimen, maar het zal duidelijk zijn dat dit niet altijd gaat. Ten slotte zouden automobilisten ook zelf wel iets kunnen doen om in elk geval filegolven tegen te gaan.

Maar voordat we dat bespreken, keren we eerst, zoals beloofd:

TERUG NAAR DE 80 KM-ZONES

Verkeersstromen zijn kwetsbaar als ze flink worden belast. Zodra er file ontstaat, gaat de capaciteit van het systeem achteruit en gaat het van kwaad tot erger. Door fileterugslag en filegolven breidt een file zich vervolgens als een olievlek uit over een verkeersnetwerk. Dit effect wordt bovendien groter als de rijtaak door allerlei afleidingen, zoals een incident, slecht weer, of andere zaken, zwaarder wordt. Hier hebben we dan ook gelijk de twee hoofdredenen te pakken waarom de 80 km-zones zulke ernstige consequenties voor de verkeersafwikkeling hadden:

- De 80 km-zone kan zelf een actieve flessenhals bevatten
- De rijtaak wordt zwaarder: automobilisten moeten nu immers beter opletten dat ze geen bon krijgen!

Het maakt nogal uit waar je een 80 km-zone instelt. We hebben gezien dat een file kan ontstaan als er op dat stuk weg zelf een flessenhals (een oprit of een samenvoeging) overbelast raakt. Een file kan ook ontstaan door fileterugslag en filegolven, die verderop zijn ontstaan bij flessenhalzen.

Als de file hoofdzakelijk wordt veroorzaakt door fileterugslag van een flessenhals verderop, dan zal de 80 km-zone geen groot effect hebben op de filedrukte. Stel dat we een 80 km-zone instellen op een 'normale' plek. In dat geval zal de doorstroming daar waarschijnlijk iets omlaag gaan. De reden is dat 80 km/u net iets lager ligt dan de optimale snelheid (85-90 km/u) waarbij de grootste capaciteit ontstaat. (We zullen zo nog uitleggen dat er in het geval van de 80 km-zones nog meer aan de hand is).
De iets lagere capaciteit heeft echter geen grote consequenties, omdat de file verderop ontstaat. De file zal dus niet eerder ontstaan en hooguit een klein beetje langzamer oplossen.

Dit is precies wat men ook vond bij de pilot op de A13. Daar ontstaat namelijk file door terugslag vanaf de Noordring rond Rotterdam. De 80 km-zone had op de A13 dus geen groot effect op de doorstroming omdat het stuk weg niet zelf de oorzaak van die file (de flessenhals) bevatte!

Heel anders wordt het verhaal:

ALS DE 80 KM-ZONE WEL EEN ACTIEVE FLESSENHALS BEVAT

In dat geval zal de file niet alleen langer worden, maar ook eerder ontstaan en langzamer oplossen. En dit is precies wat er gebeurde bij het invoeren van de 80 km-zone op de A20. Door invoering werd de flessenhals daar iets nauwer en ontstond daar eerder file, die ook nog eens langzamer oploste. Omdat deze file terugslaat op de A13, bleek ook daar de situatie stevig te zijn verergerd.

Hadden we dit nou niet van te voren kunnen voorspellen?
Ja! Door niet alleen te kijken naar de A13, maar ook goed te analyseren waarom daar file ontstaat, had men van te voren inderdaad kunnen bedenken dat je alleen op basis van de A13-pilot niet kan concluderen dat een 80 km-zone geen effect op de doorstroming heeft. Men had dus beter moeten kijken naar de netwerkeffecten (zeker omdat dit onderdeel is van de basiscolleges verkeersstroomtheorie!).
Maar dit is niet het hele verhaal….

HELP EEN BON!

We hebben gezien dat de snelheid waarbij de capaciteit maximaal is, zo rond de 85-90 km/u ligt. Een 80 km-zone in

een flessenhals zal de capaciteit dus hoogstwaarschijnlijk iets verkleinen. Maar dat feit alleen, is niet voldoende om de enorme afname in capaciteit te verklaren. Ook bij 80 km/u moet, in theorie, nog een hoge capaciteit te realiseren zijn.
Het extra effect zit in het feit dat de rijtaak door de 80 km-zone fors zwaarder wordt voor automobilisten:

Ten eerste is er nauwelijks meer een aanleiding om van rijstrook te wisselen en zo plaats te maken voor invoegend verkeer. Waarom zou je van rijstrook wisselen als toch iedereen 80 km/u rijdt? Dit zorgt dus voor een zeer onevenredige verdeling van verkeer op de rijbaan, waarbij de meeste automobilisten rechts blijven rijden, terwijl nu juist daar ruimte moet worden gemaakt voor invoegend verkeer.

Ten tweede is er de automatische handhaving met camera's. De Nederlandse wet is helder over een snelheidsgebod; dat is een maximum waar je niet boven mag komen. Punt. De uiteindelijke gemiddelde snelheid op de 80 km-zones lag dan ook ver beneden de 80 km/u. Op sommige plekken zelfs beneden de 70 km/u (bijvoorbeeld op de A12 in Den Haag).
Bij zulke lage snelheden is geen hoge capaciteit meer mogelijk, zeker niet als de linkerrijstrook wordt onderbenut. Het resultaat is (achteraf) duidelijk: een forse afname van de capaciteit met alle gevolgen van dien.

Hadden we deze verandering in rijgedrag ook vooraf kunnen voorspellen? Het antwoord hierop is ingewikkeld. De simulatiemodellen waarmee 80 km-zones vooraf zijn getest en nagebootst, doen allerlei veronderstellingen over hoe automobilisten rijden (welke volgafstanden automobilisten aanhouden bij welke snelheden en hoe ze zich over de rijstroken verdelen).
Die veronderstellingen zijn echter gebaseerd op historische

gegevens, bijvoorbeeld uit de lussen op het snelwegennet. Achteraf is het dus gemakkelijk praten. We kunnen nu gewoon meten dat het rijgedrag op een aantal punten heel anders is op een 80 km-zone dan voor een normaal stuk snelweg. Maar vooraf was deze wijsheid niet zomaar uit gegevens te halen. Het ging immers om een nieuwe maatregel, waarvan men niet wist hoe deze zou gaan uitpakken!
Dit lijkt te leiden tot een kip-en-ei dilemma, want om maatregelen zoals de 80 km-zones van te voren te kunnen testen, moeten we deze wel testen via computersimulaties. Het is immers veel te duur – en onveilig! – om dit soort zaken in het echt te testen en dan na een maand te zeggen: 'jongens, we stoppen er mee'.
Tegelijkertijd zien we dat er grenzen zijn aan wat we kunnen voorspellen. Verkeersstromen zijn het resultaat van collectief menselijk gedrag en in die zin veel moeilijker na te bootsen en voorspellen dan bijvoorbeeld waterstromen in een omgekeerde fles.

Gelukkig zijn veel wetenschappers bezig met het oplossen en ontrafelen van dat gedrag waarbij gebruik wordt gemaakt van geavanceerde rijsimulatoren. Met zo'n rijsimulator kunnen we testen hoe het rijgedrag door allerlei maatregelen verandert en welke gevolgen dat heeft voor de verkeersafwikkeling.

RIJTIPS TER VERZACHTING VAN HET FILELEED (ACHTER ONS)

Verkeersstromen zijn het resultaat van zowel individueel als collectief menselijk rijgedrag. Zodra er file ontstaat, gaat de capaciteit van het verkeersysteem achteruit en gaat het van kwaad tot erger.
Dit effect wordt bovendien groter als de rijtaak door allerlei

afleidingen zwaarder wordt, bijvoorbeeld een file in de andere rijrichting, een incident, een telefoontje of door angst voor een bekeuring in zo'n vermaledijde 80 km-zone.
Het ligt voor de hand om na te denken of we – door zelf iets anders te gaan rijden – iets zouden kunnen doen om er voor te zorgen dat files minder snel ontstaan, en als ze al ontstaan, zich minder snel als een olievlek over een heel verkeersnetwerk uitbreiden.
Het goede nieuws is: ja dat kan! Het slechte nieuws is dat we daar vooral de mensen achter ons in de file mee helpen en dat we zelf afhankelijk zijn van de goede wil van onze voorliggers. Tot slot van dit hoofdstuk daarom de top 3 van rijtips voor het verzachten van het fileleed (van onze achterliggers).

TIP 1: Rij met een constante snelheid die dicht bij die van het andere verkeer ligt

We kennen deze tip ook nog van de rijles: rij met het verkeer mee. We voegen hier aan toe: rij zo constant mogelijk en versnel (of verlangzaam) heel geleidelijk. Files ontstaan immers door verstoringen in een verkeersstroom.
Nauwkeuriger gezegd: files worden geboren omdat er verschillen ontstaan in de volgafstand, die er voor zorgen dat er ook verschillen ontstaan in de volgtijd. Als die volgtijd voor sommige bestuurders kleiner wordt dan de minimale volgtijd (ongeveer anderhalve seconde), dan heeft die persoon maar één optie, en dat is remmen.
Als we allemaal zo constant mogelijk met ongeveer dezelfde snelheid blijven rijden dan zullen de verschillen in volgafstand en volgtijd ook klein blijven, waarmee we de kans vergroten dat er pas file ontstaat als het echt niet anders kan, dat wil zeggen als iedereen zo'n beetje aan zijn minimale volgtijd zit.
Dat lijkt makkelijker gezegd dan gedaan, want hiervoor zouden

bestuurders eigenlijk altijd moeten weten hoe snel iedereen gemiddeld rijdt en geleidelijk, naarmate het drukker wordt, de snelheid ietsje moeten terugnemen.
Nu blijkt dat we dit van nature al (ongeveer) doen! In de verkeersstroomtheorie wordt dit wel synchronisatie genoemd. Naarmate het drukker wordt, synchroniseren bestuurders hun snelheid met die van voertuigen die in de buurt rijden, ook over verschillende rijstroken.
Toch zouden we nog wel winst kunnen halen door dit nog veel beter te doen. Let wel, door beter de snelheden af te stemmen wordt de capaciteit niet groter. Als het maar druk genoeg is, zal er dus altijd file ontstaan.
Maar in die file kunnen we wel – door constant te rijden – voorkomen dat er filegolven ontstaan en dat kan veel winst opleveren. We zouden hier gebruik kunnen maken van geavanceerde technische oplossingen. Meer daarover bij tip 3. Nu eerst:

TIP 2:Voeg laat in en laat ruimte voor de invoegers

Rijkswaterstaat voert al jaren campagne om ons beter te laten 'ritsen' bij invoegingen en samenvoegingen. De kernboodschap is 'zo laat mogelijk invoegen' en 'laat ruimte voor de invoeger'. Toch worden late invoegers vaak met de nek aangekeken (want dat is toch asociaal) en zelfs dwarsgezeten. Maar door vroeg in te voegen, verplaatsen we in feite 'de flessenhals' op een weg naar voren, waardoor er eerder file ontstaat. Door invoegers te dwarsbomen verergeren we het probleem. Door weinig ruimte te laten, vergroten we de kans dat er te weinig volgafstand overblijft om de huidige snelheid te kunnen aanhouden. Door invoegers te dwarsbomen, verkleinen we in feite de flessenhals en vergroten we de kans op file. Voeg dus zo laat mogelijk in en laat ruimte voor degenen die dat doen.

Alhoewel deze tip qua veiligheid veel winst kan opleveren, moeten we wel constateren dat het effect voor de doorstroming vrij klein zal zijn. We blijven immers mensen met beperkte reactietijden en dus bepaalde volgtijden en volgafstanden. Als we werkelijk de capaciteit willen vergroten, dan zullen we een deel van onze rijtaak moeten automatiseren. Daarom:

TIP 3: Ga een krant lezen achter het stuur

De capaciteit van een weg wordt bepaald door de minimale volgafstand die bestuurders nog op elkaar durven aan te houden bij een bepaalde snelheid. Die volgafstand is gelijk aan de volgtijd maal de snelheid. De volgtijd mag niet kleiner worden dan de reactietijd die mensen minimaal nodig hebben en dus zijn er grenzen aan de capaciteit.

Er wordt al zeker twintig jaar heel druk geëxperimenteerd met het automatiseren van voertuigvolg en –inhaalgedrag (zie afbeelding 4.1). Door voertuigen uit te rusten met intelligente systemen die de snelheid van het voertuig, de volgafstand tot voorliggers en de positie op de weg meten en deze systemen vervolgens met elkaar te laten communiceren, is het mogelijk om veel hogere capaciteiten te realiseren. Dit omdat de reactietijd van dit soort systemen veel lager ligt dan die van de mens, terwijl ook de respons (remmen, accelereren) veel nauwkeuriger is.
Misschien nog wel belangrijker dan de winst in capaciteit, is de mogelijke winst in stabiliteit van de verkeersstroom en daarmee in de betrouwbaarheid van ons verkeer- en vervoersysteem. In het experiment dat TNO in het voorjaar van 2010 organiseerde bij Helmond, werden twintig voertuigen uitgerust met intelligente, met elkaar communicerende apparatuur. Daar bleek dat je op die manier het ontstaan van filegolven kunt voorkomen.

4 automatisch volgende voertuigen in San Diego 1994

8 automatisch volgende voertuigen in San Diego 1997

20 automatisch volgende voertuigen op de A270, Helmond, 2010

Afbeelding 4.1: Drie voorbeelden van proeven met samenwerkende geautomatiseerde voertuigen. Dit zou de capaciteit sterk kunnen vergroten en de verkeersstroom veel stabieler kunnen maken, waardoor er geen filegolven meer hoeven te ontstaan.

MINORITY REPORT

We zagen in hoofdstuk 3 al dat zo'n mega-intelligent kastje in onze voertuigen ook veel eerlijker en nauwkeuriger vast kan stellen wat voor externe effecten (vervuiling, extra reistijd) iedere automobilist veroorzaakt en welk prijskaartje er daarmee aan een rit hangt. Dat is mooi, maar hiervoor zullen we dan wel een stukje van onze vrijheid moeten inleveren.
Als we science-fiction films, comics en boeken zien als spiegels voor onze toekomst, dan lijkt automatisering van het personenvervoer onvermijdelijk (een van de mooiste sci-fi toekomstbeelden voor mobiliteit, vinden we in de film Minority Report uit 2002). Op de toekomst van mobiliteit komen we trouwens in hoofdstuk 10 nog terug.

Wetenschap en de industrie zijn het er over eens dat we tip 3 ter harte zouden moeten nemen. Er wordt op dit moment wereldwijd zeer veel onderzoek en ontwikkeling gedaan naar

zogenaamde coöperatieve systemen, waarin intelligente voertuigen communiceren met intelligente infrastructuren[3].

Maar er is nog veel werk te doen voor we allemaal veilig kunnen gebruikmaken van dat soort systemen. Zolang niet ieder voertuig is voorzien van een intelligent communicerend kastje, zal zo'n systeem ook moeten werken in een gemengde verkeersstroom met zowel 'intelligente' als 'domme' voertuigen.
Hoewel er dus veel geld en moeite wordt gestoken in het bedenken en testen van intelligente voertuigen en snelwegen, is er maar weinig bekend over hoe je zo'n geleidelijke introductie technisch zou moeten realiseren.

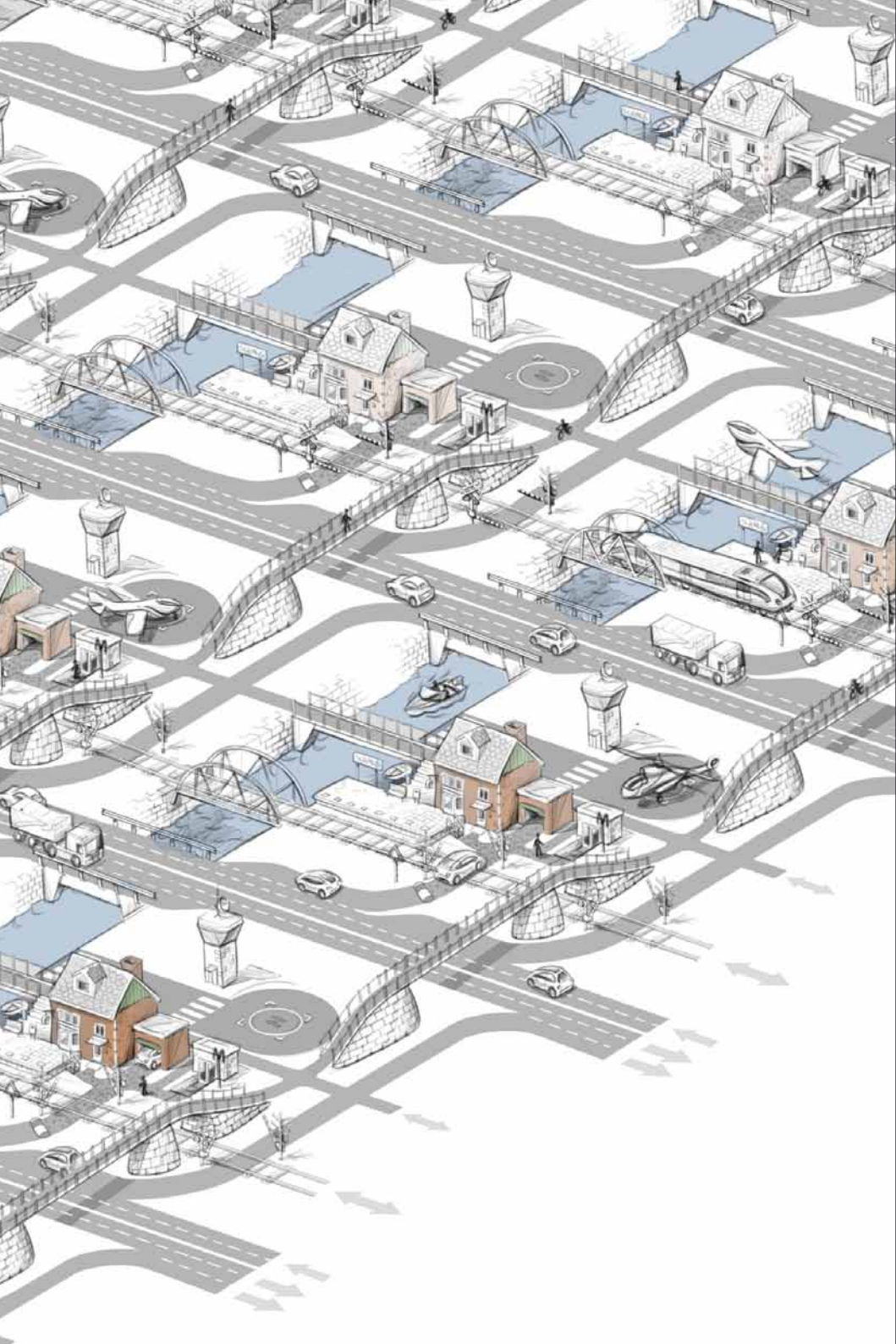
Ten tweede rijst de vraag waar je begint met communiceren. Vanaf de voordeur, alleen op (speciale) snelwegen, of ook in de steden? En hoe zit het met de raakvlakken tussen verschillende transportnetwerken en vervoerswijzen. Moeten voetgangers, fietsers, bussen en trams ook voorzien worden van dit soort systemen? Los van het technische vraagstuk, dat al enorm is, vergt het organisatorische vraagstuk wellicht nog meer onderzoek en ontwikkeling. Bovendien, het verkeer- en vervoersysteem kent in feite geen grenzen. Vanaf Scheveningen zitten we in minder dan een uur in België en in twee uur in Duitsland. Dat vraagt nogal wat aan coördinatie en standaardisering.
Het meest ingewikkelde vraagstuk is wellicht het juridische vraagstuk. Volgens de wet zijn we nu persoonlijk aansprakelijk bij een ongeluk en is precies vastgelegd onder welke omstandigheden wiens verzekering moet betalen. Hoe zit dat op het moment dat we een deel van de rijtaak uitbesteden aan een geautomatiseerd systeem? Wie is dan aansprakelijk? En wat als het misgaat; bij wie ligt dan de bewijslast?

NOTEN/LITERATUUR:

1 *De officiële studie ('Evaluatie 80 km zones') werd in oktober 2006 uitgevoerd door de Adviesdienst Verkeer en Vervoer (AVV) van Rijkswaterstaat door Stoelhorst en collega's. Later dat jaar is door een afstudeerster (Hilke Harms) op de TU Delft een tweede uitgebreide studie gedaan: '80 km/u vertraagt? De oorzaken van de toename in filezwaarte na invoering van de 80 km/u maatregel'. Het feitenmateriaal in dit hoofdstuk is grotendeels gebaseerd op beide rapporten.*

2 *De zogenaamde kinematische golftheorie werd ongeveer tegelijkertijd bedacht door de heren Lighthill en Witham ("On Kinematic Waves II: A theory of traffic flow on long crowded roads", Proc. R. Soc A 229(1178): 317-345, 1955) en Richards ("Shock waves on the highway", Operations Research 4: 42–51, 1956). Sindsdien zijn er vele uitbreidingen en verfijningen op dit eerste dynamische model voor wegverkeer bedacht en toegepast. Overigens waren Lighthill, Witham en Richards niet de eersten die zich met de verkeerstroomtheorie bezighielden. Begin jaren dertig publiceerde de Amerikaan Bruce Greenshields het eerste verkeersmodel, dat hij baseerde op een serie foto's van passerende voertuigen. Aardige startpunten voor meer informatie over de verkeerskunde en files zijn http://nl.wikipedia.org/wiki/Verkeerskunde en http://nl.wikipedia.org/wiki/File_(verkeer).*

3 *Bijvoorbeeld in Nederland (google maar eens op CCC en SPITS), in Europa (de CVIS- en COOPERS-projecten) en in de Verenigde Staten (het IntelliDrive project).*



WAAROM BESTAAT ER GEEN PERFECT TRANSPORT-NETWERK?

H5

Als transportnetwerken zo vreselijk belangrijk zijn, waarom mankeert er dan toch zo vaak van alles aan? Waarom zijn er bijvoorbeeld nergens sneltreindiensten die elke vijf minuten bij elk station stoppen? En waarom leggen we niet gewoon overal zesstrooks-autosnelwegen aan?

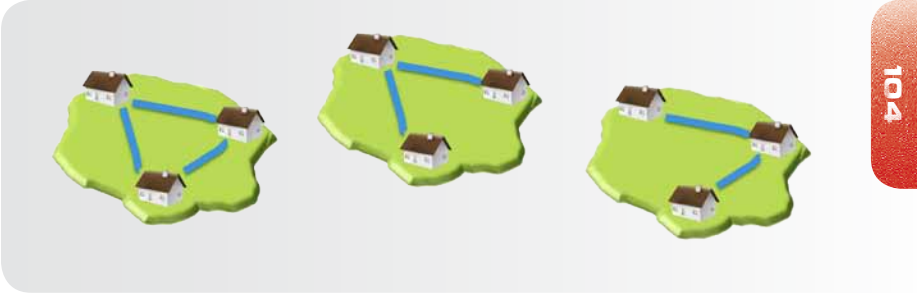
Dat ligt nog een stuk gecompliceerder dan je misschien zou denken. In dit hoofdstuk zullen we zien dat we bij het ontwerpen van transportnetwerken elke keer tegen dilemma's aanlopen die het onmogelijk maken om hét perfecte netwerk te ontwerpen voor iedereen. Transportnetwerken zitten daardoor altijd vol compromis-oplossingen. Bovendien staat de wereld niet stil en is een vandaag uitstekend functionerend transportnetwerk, over een paar jaar vaak niet meer toereikend.
We zagen in hoofdstuk 3 al dat het onmogelijk is om de aanleg van infrastructuur in de pas te houden met onze behoefte daaraan. In dit hoofdstuk zullen we zien dat zelfs als je zes autosnelwegringen aanlegt met elk genoeg rijstroken om het gehele Nederlandse autopark te kunnen stallen (zoals in Beijing), de zaak onherroepelijk vastloopt als je niet goed nadenkt over de structuur van zo'n netwerk en de manier waarop je het gebruikt.

EEN TRANSPORTNETWERK KOMT NIET UIT DE LUCHT VALLEN

Dat moet ontworpen worden en vervolgens gebouwd. Omdat de wereld niet stilstaat, zal dat netwerk in de loop van de tijd worden uitgebreid of juist ingekrompen of zelfs compleet worden opgedoekt. In al die fasen spelen dilemma's, die ervoor zorgen dat er telkens compromissen moeten worden gevonden tussen de kosten, het ruimtebeslag en de snelheid van zo'n netwerk. Er zijn vier belangrijke dilemma's die spelen bij het ontwerpen van transportsystemen:

Dilemma 1: Hoe groter het aantal schakels in een netwerk, hoe korter de reistijd, maar hoe duurder

Stel we hebben een eiland met twee huizen, één in het westen en één in het oosten. Om bij elkaar op bezoek te gaan, is er een voetpad tussen beide huizen. Dan hebben we al een transportnetwerk.
Stel dat er nu een derde huis op het eiland wordt gebouwd. Als dat derde huis nu op het midden van het eiland staat, is het eenvoudig aan te sluiten op het bestaande voetpad. We kunnen deze schakel eenvoudig opknippen en een extra toegangspunt toevoegen.



Afbeelding 5.1: De kortste route of omlopen? In het eerste geval betaald de wegbeheerder (meer asfalt), in het tweede geval betalen de bewoners (meer reistijd).

Lastiger wordt het als het derde huis aan de noord- (of zuid) kant staat. Dat betekent dat in ieder geval één extra schakel nodig is, bijvoorbeeld een voetpad van west naar noord. Maar misschien is het wel zo prettig als de bewoners van het derde huis ook gemakkelijk naar het oostelijk huis kunnen gaan. Dit betekent dat er flink wat voetpad bij moet.
Een andere mogelijkheid is het bestaande voetpad opheffen. Om van west naar oost te gaan, loop je dan altijd via noord.
Een vierde optie is een voetpad maken van het noorden naar

het midden van het eiland en dat met een knooppunt aansluiten op het oost-westvoetpad. In dat geval moeten de mensen van en naar het noordelijk huis altijd wat omlopen, maar de lengte aan nieuw voetpad is wel een stuk korter.

Dit eenvoudige voorbeeld laat zien dat netwerken uit drie onderdelen bestaan: **toegangspunten** (daar kan je het netwerk op of af), **knopen** (daar kan je van de éne schakel naar de andere) en **schakels** (de verbinding tussen twee knopen en toegangspunten).

Bij drie huizen of bestemmingen is er al een groot aantal mogelijke netwerkvormen. We hebben er in het voorbeeld vier genoemd maar er zijn er nog veel meer. Je kunt je gemakkelijk voorstellen dat dit aantal bij meer bestemmingen enorm toeneemt. En dat de keuze van het 'beste' netwerk erg moeilijk wordt omdat het uitmaakt vanuit welk perspectief je kijkt: vanuit de bewoners of vanuit de partij die de voetpaden moet aanleggen en onderhouden.

Daar hebben we dus het eerste dilemma te pakken. In ons voorbeeld moeten we een compromis vinden tussen de lengte van het voetpad (het aantal schakels) en de reistijden. In het driehoeksnetwerk zijn alle drie de huizen direct met elkaar verbonden en is de looptijd minimaal, maar is de lengte van de voetpaden maximaal, en daarmee ook de kosten voor aanleg en onderhoud.
In het laatste netwerk (het T-netwerk) is de lengte van de voetpaden het kleinst, maar moet wel flink worden omgelopen. De kosten liggen dan dus bij de bewoners. We zullen zo nog een paar dilemma's tegenkomen die er voor zorgen dat je nooit iedereen kunt blij maken met een enkel transportnetwerk.

Dilemma 2: Meer netwerken betekent meer veiligheid en efficiency maar ook meer ruimtebeslag en complexere organisaties

Als op het eiland wat huizen dicht bij elkaar komen te staan, ontstaan er eigenlijk twee soorten netwerken: een netwerk voor verplaatsingen binnen het groepje huizen en een netwerk naar andere (groepjes) huizen. Het eerste netwerk wordt vaak ontsluitend netwerk genoemd en het tweede het verbindende netwerk. Bij voetgangersnetwerken zijn de verschillen tussen beide typen netwerken niet zo groot, maar bij netwerken voor autoverkeer hebben we het bijvoorbeeld over de straten in het dorp aan de ene kant en de provinciale weg tussen twee dorpen aan de andere kant.

Het eerste netwerk is bedoeld voor korte afstanden; langzaam rijden is dus niet zo'n probleem. Voor het tweede netwerk is juist het overbruggen van afstanden belangrijk en dus zijn hogere snelheden gewenst. Om echt grote afstanden te overbruggen, is nog een ander type verbindend netwerk gewenst met een nog hogere snelheid, bijvoorbeeld een autosnelweg.
Door de hogere snelheid worden autosnelwegen natuurlijk erg aantrekkelijk. In Nederland maken ze slechts 2 tot 2,5 procent van de wegen in Nederland uit (in kilometers weglengte) maar er wordt meer dan 50 procent van alle voertuigkilometers op afgelegd.
Het tweede dilemma gaat over de vraag in *hoeveel* van die netwerken je de infrastructuur nu eigenlijk moet opdelen. In Nederland is dat allemaal sterk gereguleerd en georganiseerd. We hebben een autosnelwegen-netwerk, een provinciaal wegennetwerk, stedelijke wegennetwerken en daarbinnen weer netwerken van ontsluitingswegen tot en met fietspaden, aparte busbanen en woonerven.

3D-DOOLHOF

Maar op heel veel plekken in de wereld is dat heel anders. Een typisch straatbeeld in landen als India, China, Egypte en Kenia laat langzaam en snel, kwetsbaar en zwaar verkeer zien dat allemaal concurreert om ruimte op dezelfde wegen. Het gevolg is een inefficiënt en zeer onveilig netwerk.
Het ligt dan voor de hand om te pleiten voor aparte fietspaden, het uit elkaar halen van doorgaand en plaatselijk verkeer, aparte busbanen en het omleiden van bijvoorbeeld zwaar vrachtverkeer. Maar de consequenties van het scheiden van die netwerken zijn groot en verstrekkend. Ten eerste zijn er consequenties voor het beheren, organiseren en managen van al die netwerken. Als automobilist merk je er niet veel van, maar bij een rit vanuit een parkeergarage op Schiphol naar bijvoorbeeld de TU Delft, rijd je over wegennetwerken en allerlei infrastructurele kunstwerken die beheerd en onderhouden worden door heel veel verschillende organisaties (Schiphol NV, de gemeente Haarlemmermeer, de provincie Noord-Holland, Rijkswaterstaat, de provincie Zuid-Holland en de gemeente Delft).

Die deelnetwerken moeten allemaal naadloos op elkaar aansluiten. Denk maar aan alle verkeersregels die moeten worden gehandhaafd en alle verkeersborden, verkeerslichten en de onderliggende regeltechniek die moeten worden onderhouden en beheerd. En dan hebben we het nog niet over parkeren, openbaar vervoer of zaken als leefkwaliteit (geluids- en stankoverlast). Hoe meer deelnetwerken, hoe duurder en complexer de zaak wordt. Het toppunt van complexiteit zien we waarschijnlijk in Tokyo. Daar zien we gelijk ook de tweede consequentie van heel veel netwerken: ruimtebeslag en kosten. Het verkeersnetwerk in Tokyo kunnen we zonder overdrijven een 3D-doolhof noemen, waar bushaltes op de zesde verdieping van wolkenkrabbers zijn

gebouwd en snelwegen soms driedubbel over elkaar heen zijn gebouwd. Tel daarbij het zeer uitgebreide metro-netwerk op en de 3D-puzzel is compleet.
Hoe meer netwerken, hoe groter de druk om binnen beperkte ruimte alle toegangs- en knooppunten voor elk van die netwerken te bouwen en er ook nog voor te zorgen dat je via netwerk A bij netwerk B terecht kunt komen.

EN DE SPOORWEGEN..?

Tot nu toe hebben we het steeds gehad over wegverkeersnetwerken. Ook het openbaar vervoer is een transportnetwerk. OV-netwerken zijn echter wel verschillend van die voor de auto, de fiets of de voetganger.
Neem bijvoorbeeld de Nederlandse Spoorwegen. De infrastructuur (de rails en wissels) van de NS wordt beheerd door ProRail. Maar er zijn meerdere aanbieders van vervoersdiensten op dat netwerk. NS Reizigers is verreweg de grootste, maar daarnaast exploiteren ook Arriva, Connexxion, Syntus en Veolia Transport verschillende regionale treindiensten.

Zou het niet ideaal zijn als alle intercity's, sneltreinen en boemeltreinen zouden rijden op een eigen railnetwerk? Elke vijf minuten rechtstreeks en zonder veel stops van Amsterdam naar Rotterdam! Het is niet moeilijk om te raden wat dat voor de prijs van een treinkaartje zou betekenen. Dat is volstrekt onbetaalbaar.
En dus wordt er met al die verschillende dienstregelingen op hetzelfde railnetwerk gereden. Dat betekent dat er flink moet worden gerekend en slim moet worden geregeld om er voor te zorgen dat er zoveel mogelijk treinen, elk met verschillende snelheden (aantal stops), tegelijkertijd veilig op kunnen rijden. En dat is extra moeilijk omdat er zowel met het materieel als met de infrastructuur regelmatig iets misgaat (hierover meer in hoofdstuk 6).

Dilemma 3: Meer toegangspunten betekent betere toegang tot het netwerk maar gaat ten koste van de snelheid

We weten nu dus dat we transportnetwerken kunnen (en moeten) organiseren in deelnetwerken, elk met een eigen snelheid. Bij wegennetwerken moeten we daarbij een compromis vinden tussen de hoeveelheid netwerken en anderzijds de kosten en het ruimtebeslag.
Bij railnetwerken zien we juist vaak dat wel dezelfde infrastructuur wordt gebruikt, maar dat er verschillende dienstregelingen (stoptreinen, sneltreinen, intercity's) op datzelfde netwerk door elkaar lopen. Het vraagstuk is dan: hoeveel verschillende treindiensten moeten er überhaupt op het railnetwerk worden aangeboden?

Zo kun je bijvoorbeeld een netwerk ontwerpen met heel veel lijnen; in het extreme geval een lijn van elk station naar elk ander station, die elk met hele lage frequenties rijden. Je kunt ook een netwerk bedenken met veel minder lijnen die met veel hogere frequenties rijden. Ook dit is weer een dilemma. Optie 1 betekent zonder overstappen naar je bestemming maar wel een lange wachttijd, terwijl optie 2 reizen met een omweg en overstap betekent, maar met kortere wachttijden.
Bovendien spelen economische overwegingen een belangrijke rol. Er moet immers voldoende vraag zijn (voldoende reizigers) om een treindienst rendabel te maken. Als het technisch al mogelijk zou zijn om elke vijf minuten de intercity van Rotterdam naar Leeuwarden te pakken (en dat is het zeer zeker niet), dan zouden die intercity's vooral heel leeg zijn.

Ook in de dienstregelingen zien we dus dat het model met deelnetwerken, het beste compromis oplevert. Vanuit Delft

nemen we de sneltrein naar Leiden, de intercity naar Utrecht, en de stoptrein naar Houten, als we daar bijvoorbeeld op familiebezoek willen. Het ontwerpvraagstuk is dan: hoe vaak moeten treinen stoppen voor we het een stoptrein noemen en wanneer noemen we het een intercity?
In feite zien we hier hetzelfde als bij wegennetwerken. Hoe meer toegangspunten een bepaald netwerk heeft, hoe trager de transportdienst die daarop rijdt. Als iedereen dicht bij een snelwegoprit woont, dan zijn er meer opritten dan stukken snelweg. Een bushalte dichtbij is natuurlijk erg prettig, maar als iedereen een halte vlakbij heeft, staat de bus vaker stil dan dat hij rijdt. De keuze hier is tussen korte loop/fiets/reisafstanden naar de langzame bus of trein of langer onderweg zijn naar een snellere bus of de intercity. Met andere woorden, hoe hoger de snelheid van een bepaald transportnetwerk, des te kleiner het aantal toegangs- en knooppunten kan zijn.

Dilemma 4: Hoe beter de bereikbaarheid van een netwerk, hoe duurder

We weten nu: hoe hoger de snelheid van een transportnetwerk, hoe minder toegangspunten het kan hebben. We hebben het echter nog niet gehad over *waar* je dan precies de toegangspunten tot de snelle transportnetwerken zou moeten plaatsen. Waarom zien we niet op- en afritten voor snelwegen samengebundeld bij de grote treinstations? Een snelweg van het centrum van Amsterdam naar het centrum van Utrecht, Den Haag of Rotterdam?
Het is duidelijk dat als we daar nu aan zouden beginnen, al die steden de eerstkomende vijftig jaar veranderen in hele grote bouwputten. Hier spelen de astronomische kosten van al die infrastructurele kunstwerken en het ruimtebeslag een grote rol. Maar ook leefkwaliteit en ruimtelijke ordening spelen mee.

We willen helemaal geen driedubbeldeks-snelweg in het centrum van Amsterdam!

De vraag is waarom Tokyo wél heeft gekozen voor een dergelijke structuur en Europa (Amsterdam, Parijs, Londen) juist infrastructuur heeft in ringen rondom de steden. In de Verenigde Staten zien we daarentegen juist veelal grid-vormige verkeersnetwerken. Om die verschillen in 'ontsluitingsstructuur' te begrijpen, moeten we kijken naar:

DE ONTSTAANSGESCHIEDENIS VAN STEDEN EN TRANSPORTNETWERKEN

De verkeersnetwerken in de wereld zijn deels gegroeid vanuit de historische ontwikkeling en deels ook gepland. De eerste netwerken in Nederland en Europa zijn langzaam gegroeid. In de late Middeleeuwen moesten mensen hun spullen vervoeren naar de markt en logischerwijs ontstond er zo een patroon van paden naar de marktplaats of de haven.
Dat is immers de plaats om geld te verdienen, het weer uit te geven en andere mensen te ontmoeten. Naarmate er meer mensen in de buurt van deze markt gingen wonen, werden huizen langs deze paden gebouwd: het dorp krijgt een *radiaal* patroon.

Groeit het dorp, dan wordt het op een bepaald moment onhandig om steeds via de marktplaats of haven te moeten lopen of rijden, en wordt het interessant een ringweg of een deel daarvan aan te leggen. Dit proces herhaalt zich dan door de geschiedenis een aantal maal, met als resultaat een zogenaamd ring-radiaal netwerkpatroon, zoals goed te zien is in Amsterdam. Een radiale netwerkstructuur zorgt ervoor dat in feite alle wegen richting het centrum gaan, terwijl de ringen (de grachtengordels en veel later de snelwegringen in Amsterdam en

Utrecht bijvoorbeeld) ervoor zorgen dat er ook verplaatsingen mogelijk zijn die haaks op die richting staan.
De prijs die we betalen voor een dergelijk historisch gegroeid verkeersnetwerk, is dat het dringen wordt in het centrum. Terwijl vroeger de bedrijvigheid juist daar plaats vond, zien we tegenwoordig dat de bedrijvigheid juist aan de randen van steden plaatsvindt. In het centrum is er ook bedrijvigheid, meestal in de vorm van recreatie, toerisme, horeca en winkelen en is ook de woonfunctie belangrijk. Heel veel mensen die in de centra wonen, werken elders en vaak zelfs in andere steden. In zekere zin is er dus een dubbele druk op het centrum. Woon-werkverkeer en bevoorrading van alle winkels en horeca 's ochtends en 's avonds en de hele dag door een onafgebroken stroom van toeristen en zakenmensen.

De consequenties van deze historisch gegroeide structuur zijn verstrekkend. In Nederland zou je kunnen zeggen dat veel wegen voortborduurden op die radiale structuur. In de loop van de tijd zijn de wegen die veel werden gebruikt, wel steeds verder verbeterd. We hebben in Nederland veel autosnelwegen die als het ware recht op de stad afgaan, waardoor de automobilist op de rand van de stad opeens links- of rechtsaf moet om via autosnelwegen de stad te passeren; kijk maar naar de A13 bij Rotterdam of de A2 bij Eindhoven.
Het tweede gevolg is dat door het steeds maar verbeteren van de drukste weg, het onderliggende wegennet eigenlijk niet is veranderd. Het verschil in kwaliteit tussen de autosnelwegen en de andere routes is erg groot. Van Delft naar Rotterdam ga je óf via de snelweg A13 of ... ja, via welke weg eigenlijk…..?
Als er iets aan de hand is op het autosnelwegennet, kan je als automobilist eigenlijk niets anders doen dan op de snelweg blijven. Want er zijn geen alternatieve routes via het onderliggend netwerk.

Derde punt is dat het aantal aansluitingen op een autosnelweg erg groot is. Dat zie je bijvoorbeeld op de A12, waar je om de 4 tot 5 kilometer een aansluiting hebt, terwijl het op de A4 bij Den Haag zelfs om afstanden tussen de 2 en 3 kilometer gaat. Theoretisch gezien zou een afstand van 10 kilometer beter passen bij een weg die is bedoeld voor lange afstanden. Dat het ook anders kan, zie je bijvoorbeeld in Frankrijk, waar je parallel aan de tolwegen vaak de Route National aantreft. Deze oude routes gaan wel nog vaak door stadskernen, wat nu leidt tot allerlei verkeersremmende maatregelen en dus tot lagere snelheden. Daarmee wordt het eigenlijk steeds minder geschikt als alternatief.

MET EEN SCHONE LEI

Hoe dan ook, als je met een schone lei zou beginnen, ligt het voor de hand om een heel andere structuur van transportnetwerken te bedenken. Eentje die veel beter zou aansluiten op al die in de geschiedenis gegroeide activiteiten.
Eén optie is om te kiezen voor raster-netwerken. In de Verenigde Staten heeft men vrij snel prioriteit gegeven aan een handige opdeling van het land in de vorm van rasters, alhoewel je in de oudste steden aan de oostkust (bijvoorbeeld Boston) ook nog wel elementen terugziet van 'Europese' indelingen. Op rechthoekige lappen grond kun je in ieder geval gemakkelijker bouwen dan op de rare taartpunten die je bij een radiaal netwerk terugziet. De directe consequentie is dat er ook een raster of gridvormig transportnetwerk ontstaat.

Als het gaat om een wegennetwerk, dan heeft een rasternetwerk een groot voordeel boven een radiaal netwerk. Het verkeer wordt beter over het netwerk verdeeld. Dit betekent dat de wegen rond het centrum dan wat minder druk zijn. Bijna alle grote

Amerikaanse steden zoals Los Angeles, Philadelphia, Houston en New York hebben rastervormige netwerken.
Voeg je aan een rasternetwerk diagonalen toe dan krijg je dezelfde drukte rond het centrum. De kruispunten kunnen dan erg onoverzichtelijk worden, zoals je in Den Haag kunt zien. Nog sterker is dit in Washington DC, waar systematisch een patroon van radialen is gebruikt. Rasternetwerken hebben grote voordelen voor autoverkeer maar bij OV-netwerken zijn radiale netwerken juist erg handig, omdat er nu eenmaal veel mensen van en naar het centrum willen. Ringlijnen zijn alleen in grote steden effectief, bijvoorbeeld de ringlijn van de metro in Amsterdam. Maar ook in die steden zijn het vooral de radiale verbindingen die de meeste passagiers vervoeren. Misschien is dat één van de oorzaken dat Openbaar Vervoer in Europa een veel belangrijkere rol speelt dan in de VS, zeker voor verplaatsingen tussen steden.

WAAROM LEGGEN WE NIET OVERAL SNELWEGEN MET ZES RIJSTROKEN AAN?

We weten het niet zeker, maar die vraag zou best eens door de hoofden van de autoriteiten in Beijing kunnen hebben gespeeld in de jaren tachtig. Vanaf 1982 is het transportsysteem in Beijing in een onvoorstelbaar tempo uitgebreid (zie afbeelding 5.2).
In 1982 werd de ‘tweede ringweg’ rondom het centrum en de naastgelegen districten geopend. Deze ringweg volgt de oude (grotendeels gesloopte) stadsmuren. De nummering (tweede ringweg) heeft waarschijnlijk te maken met de geschiedenis, maar in feite is deze ringweg, de eerste ringweg.
In 1994 kwam daar de bijna 50 km lange derde (dus eigenlijk tweede) ringweg bij, op gemiddeld zo’n 2,5 km afstand van de eerste. Eind jaren negentig werd het eerste gedeelte van

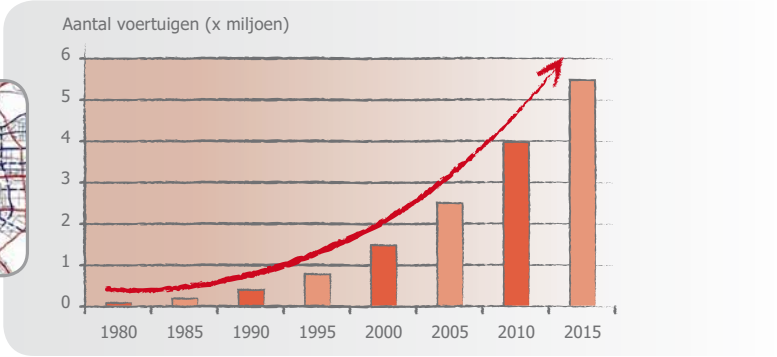
de vierde (derde!) tweemaal vierstrooks ringweg opgeleverd, gemiddeld zo'n 8 km vanuit het centrum en inmiddels (2010) heeft Beijing niet minder dan vijf ringwegen (genummerd 2 t/m 6) die als cirkels om het centrum heen liggen!

Al deze ringwegen zijn vergelijkbaar met onze snelwegen, met minimaal twee maal drie rijstroken. De snelheidslimiet ligt rond de 80 of 100 km/u, er zijn geen verkeerslichten maar op- en afritten en veel ongelijkvloerse kruisingen met andere infrastructuur.

Ook Beijing heeft een systeem met deelnetwerken. De ringwegen worden 'gevoed' door een stelsel hoofdwegen met een ontwerpsnelheid van 60 km/u, die vaak parallel aan de ringwegen lopen. Daarnaast is er een stelsel brede, doorgaande stadswegen die weer aansluiten op deze hoofdwegen en ten slotte is er een maas van brede en smalle straten die weer aansluiten op deze stadswegen.
Bij de start van het megabouwproject in Beijing in 1980 reden er een paar honderdduizend auto's rond in Beijing. Eind jaren negentig waren dat er al meer dan een miljoen. In 2004 was dat getal al verdubbeld en inmiddels verviervoudigd. Vier miljoen auto's dus rond 2011 en het einde is bij lange na niet in zicht, met (voorzichtige) schattingen van 10 procent groei per jaar.

Beijing kraakt in zijn voegen. De gemiddelde snelheid op alle ringwegen tijdens de ochtendspits bedraagt 35 km/u, en 23 km/u op de hoofdwegen. En dat terwijl ze ontworpen zijn voor snelheden van 80-100 km/u. 's Avonds is de zaak nog ernstiger. De gemiddelde snelheid op de ringen bedraagt dan iets meer dan 30 km/u en een kleine 20 km/u op de hoofdwegen. Die getallen zijn dus gemiddelden over langere periodes. Een groot deel van de spitsperiodes is, vooral op de derde ring (afbeelding 5.3), het best te vergelijken met een onafzienbare

parkeerplaats van door elkaar kruipende auto's, bussen en vrachtwagens.



Afbeelding 5.2 : Het wegennetwerk in Beijing (links) en een grafiekje dat de explosieve groei in het aantal auto's laat zien (rechts).

MISÈRE

Snel bouwen heeft voordelen, maar dan moet het ontwerp van zo'n wegennetwerk wel goed zijn. De belangrijkste oorzaken van de file-misère in Beijing hebben dan ook te maken met ontwerpfouten.
In de eerste plaats is er een grote onbalans tussen de verschillende deelnetwerken. Grofweg geldt dat voor elke kilometer snelweg, je twee kilometer hoofdweg nodig hebt en voor elke kilometer hoofdweg weer twee kilometer stadsweg, enzovoorts. In Beijing is de verhouding tussen snelwegen, hoofdwegen, stadswegen en toevoerende wegen 1:4:3:9, in plaats van 1:2:4:8. Het gevolg is dat je bij een verplaatsing in no time op een hoofdweg zit en dat er nauwelijks ruimte is op de stadswegen.

Dat is des te erger omdat deze hoofdwegen bijzonder breed zijn: gemiddeld drie, maar meestal vier of vijf rijstroken. Bedenk maar eens wat dat voor kruispunten oplevert. Voetgangers moeten twee maal vijf rijstroken oversteken voor ze aan de

andere kant zijn beland! Het gevolg is dat de verkeersregelingen zeer lange cyclustijden hebben en dat de kruispunten gevaarlijk en erg onoverzichtelijk worden.
Het grootste probleem zit hem in de aansluitingen tussen de hoofdwegen en de 'snel'wegen. Kijk maar eens goed naar afbeelding 5.3. De uitvoegstrook van de snelweg naar de hoofdweg is precies 20 meter lang. Zodra uitvoegen niet lukt (omdat de hoofdweg volstaat) ontstaat er ogenblikkelijk file op de snelweg. Tel daarbij de curieuze locaties van bushaltes op (precies voor in- en uitvoegingen), en het leed is niet te overzien.

Afbeelding 5.3: Dagelijkse kost op de derde ring in Beijing (foto's: Luyi Weng[1]). Let op de lengte van de invoegstroken en de locatie van de bushaltes: niet zo handig om het voorzichtig uit te drukken …

In hoofdstuk 4 hebben we uitgelegd dat files ontstaan bij zogenaamde flessenhalzen en dat zodra er files ontstaan, de capaciteit afneemt en het van kwaad tot erger gaat. Nu blijkt dat hetzelfde ook geldt voor verkeer in steden zoals Beijing. Zodra er in steden files ontstaan, bestaat de kans dat deze files zover terugslaan dat ze ook andere routes en toegangspunten gaan blokkeren. Het gevolg is dat ook op die andere plekken files ontstaan, die op hun beurt weer andere routes en wegen gaan blokkeren. Ook in steden zoals Beijing gaat het dus van kwaad tot erger, zeker als het ontwerp niet in orde is.

WAT NU? OPLOSSINGEN VOOR VERKEERSNETWERKEN

In de eerste plaats zullen ze in Beijing wat moeten doen aan de problemen die we net beschreven hebben. Vooral aan de kruispunten op de hoofdwegen en de veel te korte en slecht ontworpen op- en afritten op de ringwegen. Bovendien moeten ze nadenken over de hoeveelheid op- en afritten. Voor een netwerk dat gebouwd is voor snelheid, kan dat aantal flink naar beneden. Als de infrastructuur eenmaal op orde is, valt er veel te winnen met verkeersmanagement, we komen daar in hoofdstuk 10 nog op terug. We zullen daar laten zien dat we moeten zorgen dat een verkeersnetwerk niet te zwaar wordt belast, want daar worden de problemen alleen maar erger van.

Hoe? Bijvoorbeeld door mensen aan de randen van het netwerk tegen te houden, of alternatieve routes om het netwerk aan te bieden. Een tweede optie is de verkeersvraag beter te spreiden over de dag. In stedelijke netwerken speelt behalve rijgedrag namelijk ook de keuze voor tijdstip en route een grote rol. Bepaalde keuzepatronen kunnen *gridlock* voorkomen of juist veroorzaken. Vaak is het een kwestie van afstemming tussen de verschillende netwerkbeheerders, en sinds een paar jaar ook met aanbieders van navigatiesystemen zoals TomTom.

Deze commerciële partijen stellen in de media dat ze niets met verkeersmanagement te maken (willen) hebben en uitsluitend een goed product voor automobilisten willen leveren. Toch worden deze aanbieders - of dit nu de bedoeling is of niet – straks de grootste en belangrijkste verkeersmanagers van Nederland en daarbuiten.
Het collectieve routekeuze-gedrag leidt immers tot een verdeling van verkeer over een netwerk: in het beste geval tot een

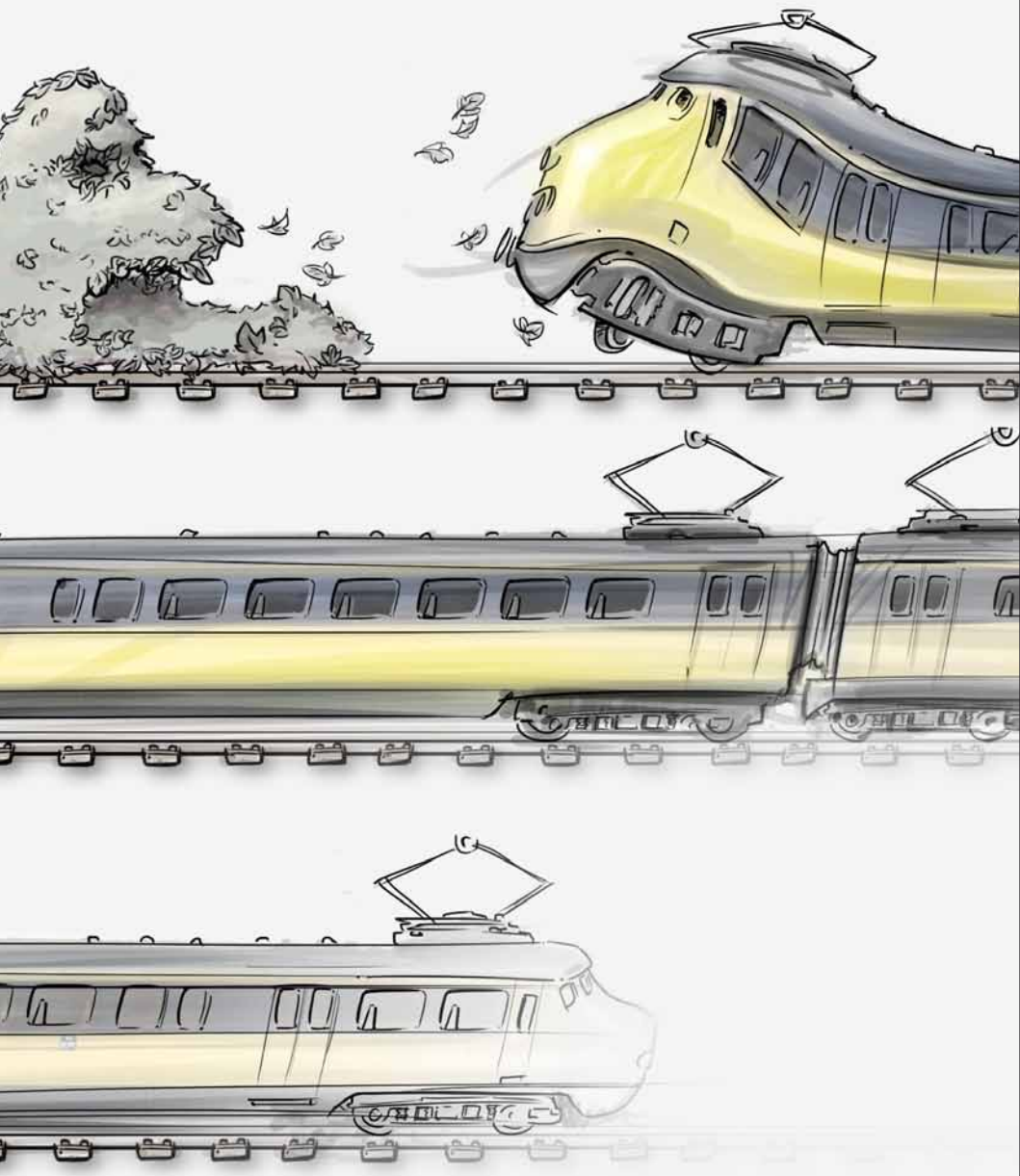
optimale doorstroming; in het slechtste geval tot gridlock. Een duidelijker voorbeeld van verkeersmanagement door de inzet van dynamische maatregelen (route-adviezen) is nauwelijks denkbaar. Het mes snijdt hier natuurlijk ook aan twee kanten. Door routekeuzes slim op elkaar af te stemmen, kan een voor iedereen gunstigere reistijd worden bereikt en daarmee ook betere verkeersinformatie en route-adviezen.

DRACONISCH?

De grootste winst is evenwel te behalen door de verkeersvraag te managen door niet alleen naar de wegennetwerken te kijken, maar ook naar alternatieve vervoerswijzen. Niet alleen voor de efficiency maar ook met het oog op de gezondheid van iedereen die in Beijing leeft en werkt.
In 2008 werden tijdens de Olympische Spelen in Beijing zeer rigoureuze maatregelen genomen. In korte tijd werd een aantal snelle metrolijnen gebouwd, en tijdens de Spelen zelf werd simpelweg de helft van alle automobilisten gedwongen om een andere manier van reizen te vinden. Fabrieken werden zelfs gesloten om de luchtkwaliteit op orde te brengen.
Die maatregelen – hoe draconisch ook – hadden een verbijsterend effect op zowel de verkeersafwikkeling als de lucht- en leefkwaliteit. Jammer genoeg – maar begrijpelijk – is de situatie inmiddels heel anders.
Net als zeer veel metropolen wordt Beijing geteisterd door een grauwe sluier van smog en staat het wegennetwerk tijdens de spits vooral stil. Door beter te ontwerpen en slim te managen, is veel winst te behalen. Maar dat pad houdt een keer op als niet ook iets wordt gedaan aan de ongebreidelde groei van de verkeersvraag. En dan zijn we weer terug bij hoofdstuk 3 …

NOTEN/LITERATUUR:

1 *Luyi Weng is in 2010 afgestudeerd aan de TU Delft en heeft een zeer complete studie gedaan naar de verkeersproblematiek in Beijing en vooral ook naar mogelijke oplossingen. Je kunt dit afstudeerverslag downloaden via de TU Delft repository op www.library.tudelft.nl*



LIGT HET ALLEMAAL AAN DIE BLAADJES OP DE RAILS?

Nederlanders klagen graag en geen dankbaarder onderwerp dan de spoorwegen. Iedereen maakt wel eens mee dat een trein een fikse vertraging heeft en dit wordt langer onthouden dan de keren dat het wél goed gaat. **De punctualiteit van de Nederlandse treinen is erg goed vergeleken met het buitenland.** Aan de andere kant: áls het fout gaat, dan kan het ook goed fout gaan….waarom is dat?

Het spoorwegsysteem vormt een complex geheel met als belangrijke componenten: infrastructuur (stations, sporen, wissels, seinen), treinen, een dienstregeling, verkeersleiding en spoorwegpersoneel. Dat moet allemaal gecoördineerd samenwerken.
Een probleem bij één van de componenten, kan in het totale systeem grote problemen veroorzaken. En dan hebben we het nog niet gehad over de omgevingsinvloeden (het weer, koeien, spoorlopers) en *reizigers*. Critici verzuchten regelmatig dat de Nederlandse Spoorwegen het liefst met lege treinen rijden, zonder de verstorende invloeden van reizigers die slecht zijn voor de punctualiteit. Dit hoofdstuk geeft een kijkje in het Nederlandse spoorwegsysteem met als doel een verklaring te geven voor de hoge gevoeligheid voor storingen. Maar we kijken ook naar andere vormen van openbaar vervoer. In Nederland geeft de overheid elk jaar ongeveer een miljard euro uit voor het laten rijden van bussen, metro's en trams. En dan tellen we nog niet eens mee dat daar allemaal rails, tunnels en bruggen voor moeten worden aangelegd, en wat dat kost. Waarom doet de overheid dat eigenlijk? Dat verschuift door de tijd, maar belangrijke overwegingen zijn het milieu, de ontlasting van het wegverkeer en transport voor iedereen die geen auto heeft. Dat zijn de beloftes van het openbaar vervoer waar veel politici gebruik van willen maken. Maar die belofte is niet overal even sterk. Op het platteland is het aanbieden van af en toe een bus relatief, duur. De grote stad zou daarentegen helemaal niet zonder openbaar vervoer kunnen.

	Verplaatsingen		Kilometers	
	Auto	**OV**	**Auto**	**OV**
Nederland	51%	5%	81%	14%
Stedelijk	37%	12%	63%	25%

Figuur 6.1: Auto versus openbaar vervoer in Nederland.

Ter illustratie: als we de deur uit gaan, gebruiken we in de helft van de keren de auto en maar in 5 % van de keren het openbaar vervoer (zie figuur 6.1). Voor de totale afstand die we dagelijks afleggen gebruiken we voor ruim 80 procent de auto en voor bijna 15 procent het openbaar vervoer. Maar in de grote steden gebruiken we het openbaar vervoer meer dan twee keer zo veel en reizen we ook bijna twee keer zoveel kilometers met het openbaar vervoer. Voor de grote steden is het openbaar vervoer dus essentieel. Maar we beginnen met de trein en stellen de vraag:

IS HET NOU ZO DRUK OP HET SPOOR?

Als je bij een spoorlijn gaat staan en de opvolgtijd meet tussen twee treinen, dan is die vaak een kwartier of langer en in het gunstigste geval toch nog enkele minuten. Dat lijkt niet echt druk. **Maar toch heeft Nederland het meest intensief benutte spoornetwerk ter wereld** (volgens studies van het onderzoeksinstituut NYFER in 2002 en het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) in 2009).
Spoorgebruik kan worden gemeten als de totale afstand die alle treinen op een netwerk afleggen, de zogeheten *treinkilometers*, waarbij zowel reizigers- als goederentreinen worden meegerekend. Om een internationale vergelijking te kunnen maken, worden deze treinkilometers gedeeld door de *spoorlengte*. Nederland heeft met een benutting van 21 treinkilometers

per spoorkilometer per jaar wereldwijd het drukste nationale spoornet en presteert hiermee ongeveer twee keer zo veel als het EU-gemiddelde (2006). Ook met een vervoersprestatie van 2,4 miljoen passagierskilometers per spoorkilometer per jaar is Nederland koploper in de Europese Unie (2006).

Toch is het aandeel van het spoor in het totale personenvervoer met 7 % (de zogenoemde *modal split*) in Nederland niet hoog. De verklaring voor de intensieve benutting in Nederland is dan ook de geringe hoeveelheid spoor per inwoner.
Blijft de vraag: hoe goed is de Nederlandse spoorbenutting? Kunnen er nog meer treinen rijden? Hoeveel treinen kunnen er maximaal rijden en welk aandeel daarvan wordt nu gebruikt? Voordat we daar een antwoord op kunnen geven, moeten we eerst schetsen hoe het spoorwegsysteem in Nederland in elkaar zit, te beginnen met de:

CAPACITEIT VAN HET SPOORWEGENNET

De *capaciteit* van spoorinfrastructuur is het maximaal aantal treinen per tijdseenheid dat over een gegeven spoorinfrastructuur kan rijden. Capaciteit hangt, naast de infrastructuur, ook af van het rijdend materieel. Bepalend zijn de optrek- en remcapaciteit, de maximumsnelheid en de treinlengte. Voor de infrastructuur zijn uiteraard van belang het aantal sporen en perronsporen, de onderlinge verknoping hiertussen via wissels, en de lokale maximumsnelheden. Maar ook het seinstelsel is een onderdeel van de infrastructuur dat erg bepalend is voor het aantal treinen dat verwerkt kan worden.

Spoorvervoer is erg efficiënt vanwege de lage rolweerstand van het contact tussen het stalen wiel en de rails. Dit betekent echter ook dat de remweg van een trein erg lang is. Om te

voorkomen dat een trein achterop een voorganger botst, is het spoor daarom opgedeeld in *blokken* van minimaal de remwegafstand. In een blok mag hooguit één trein zitten.
De blokken worden beveiligd met hoofdseinen, die aangeven of het volgende blok vrij of bezet is. Als een sein op rood staat, dan is het achterliggende blok bezet en moet een trein voor het sein wachten totdat het blok vrij komt. Zoals gezegd, staat een trein niet zomaar stil. Daarom wordt in het voorgaande blok met een voorsein aangegeven of een trein moet remmen en rekening houden met een stop voor het volgende sein.
In het Nederlandse *blokstelsel NS'54*, daterend uit 1954, is een bloksein zowel een hoofdsein voor het volgende blok als een voorsein voor het daarop volgende blok. De seinen kunnen dan drie kleuren tonen: rood, geel en groen. Groen betekent dat het achterliggende blok en het daarop volgende blok beide vrij zijn, zodat op volle snelheid mag worden gereden. Geel betekent dat het achterliggende blok vrij is maar het daarop volgende blok niet, zodat de machinist vanaf het sein moet afremmen tot 40 km/u en vervolgens op zicht rijden en mogelijk stoppen voor een rood sein. De betekenis van rood is duidelijk: stoppen vóór het sein. Als een trein een blok inrijdt, springt het voorliggende sein automatisch op rood via de *treindetectie* in de baan.

De lengte van een blok wordt bepaald door de remweg van een trein. Omdat ook de zwaarste en slechtst remmende trein op tijd moet kunnen stoppen, is de bloklengte minimaal gelijk aan de remwegafstand van een *worst case* trein, plus een marge voor de reactietijd. Op een spoorlijn met een baanvaksnelheid van 140 km/u staan de seinen op een minimale afstand van 1200 meter. Als treinmaterieel slechter remt dan deze bloklengte, dan is de maximale snelheid daarvan begrensd, zodat de remweg toch voldoet.

AUTOMATISCHE TREINBEÏNVLOEDING (ATB)

De NS'54 blokbeveiliging is in Nederland aangevuld met ATB (Automatische Treinbeïnvloeding). Dit systeem controleert of de machinist de opdrachten van de seinen ook inderdaad opvolgt. Als de machinist niet reageert op een sein om de snelheid te beperken, dan grijpt ATB in met een snelremming tot volledige stilstand. De stand van seinen wordt doorgegeven aan de ATB-boordapparatuur via een code in de spoorstroomlopen.
Het spoor is opgedeeld in spoorsecties waarin wisselstroom circuleert voor de *treindetectie*. Als een trein een spoorsectie binnenkomt, dan gaat de stroom via de eerste as en wielen van de trein lopen, waardoor de spoorstroom wordt onderbroken en de spoorsectie 'bezet' wordt gemeld.
Met een code in de wisselstroom wordt de toegestane snelheid aangegeven; hiervoor wordt de wisselstroom met een bepaalde frequentie onderbroken waarbij verschillende frequenties verschillende snelheden aangeven. ATB bewaakt de maximumsnelheid in grote stappen, namelijk voor 40, 60, 80, 130 en 140 km/u.
Voor 40 km/u is er geen code. Andersom gezegd: als er geen code is, mag de trein maximaal 40 km/u rijden. Bij een trein die een geel sein passeert, valt de ATB-code weg, wat aangeeft dat de trein moet afremmen tot 40 km/u. ATB grijpt dus niet in als een trein met maximaal 40 km/u door een rood sein rijdt.
Vanaf 2009 is ATB bij een groot aantal seinen uitgebreid met ATB-vv (verbeterde versie) dat er wél voor zorgt dat een trein automatisch stopt voor een stoptonend sein. ATB (of ATB-vv) ligt op de meeste spoorlijnen in Nederland, maar het is niet het enige systeem. Op veel regionale spoorlijnen ligt ATB-NG (Nieuwe Generatie). Ook ATB-NG voorkomt dat treinen door

rode seinen rijden en werkt op basis van bakens tussen de rails die de toegestane snelheid doorgeven. Bovendien kan dit systeem alle snelheden bewaken met stappen van 10 km/u, inclusief 0 km/u. De ATB-NG boordcomputer berekent een veilige remcurve waar de machinist onder moet blijven op basis van het gewicht en remvermogen van de trein. ATB-NG was aanvankelijk bedoeld om ATB te vervangen maar ze worden nu naast elkaar gebruikt in afwachting op het nieuwe ETCS (European Train Control System), dat extra mogelijkheden biedt op het gebied van communicatie en informatie.

VOLGAFSTAND EN OPVOLGTIJD

We hebben nu gezien dat er tussen twee treinen minimaal twee blokken moeten zitten, om ongehinderd te kunnen rijden. Immers, als een trein een voorsein nadert dan moet dit groen zijn, anders moet de trein afremmen. De minimale *volgafstand* tussen twee treinen is daarom gedefinieerd als twee maal de bloklengte (achter het voorsein en het hoofdsein) plus de zichtafstand van het voorsein en de treinlengte. Bij een baanvaksnelheid van 140 km/u, zichtafstand 300 meter en treinlengte van 100 meter, hebben treinen een minimale volgafstand van bijna drie kilometer (2800 meter)!

De *bloktijd* van een blok is de tijd dat een blok gereserveerd is voor een trein, vanaf de zichtafstand voor het voorsein tot de vrijgave van het blok. De bloktijd bestaat uit de zicht- en reactietijd, de toenaderingstijd, de rijtijd in het blok, de ontruimingstijd en een schakeltijd voor het omzetten en vrijgeven van wissels en seinen. Bij dezelfde waarden als bij de bovenstaande berekening van de minimale volgafstand, bedraagt de bloktijd 72 seconden.

De *minimum opvolgtijd* tussen twee treinen op een baanvak wordt bepaald door het kritieke blok (dat met de langste bloktijd). Kritieke blokken bevinden zich vaak aan het begin of einde van het baanvak waar de treinen nog aan het optrekken of aan het afremmen zijn en dus nog niet op volle snelheid rijden, waardoor de bloktijd toeneemt.
Bovendien geldt in een station vaak een lagere maximumsnelheid. Dit doordat wissels niet met hoge snelheid mogen worden bereden. Bij het in- en uitrijden van een station geldt dan ook vaak een maximumsnelheid van 40 km/u, wat de bloktijd ter plekke veel langer maakt. Bij tussentijdse stops op haltes langs het baanvak, schiet de minimum opvolgtijd nog verder omhoog. Afremmen, halteren langs het perron en weer optrekken tot de maximale snelheid kost al snel twee minuten extra, waardoor een minimum opvolgtijd van meer dan drie minuten geen uitzondering is.
Capaciteit hangt ook af van:

DE DIENSTREGELING

Twee treinen met precies hetzelfde snelheidsprofiel kunnen achter elkaar rijden met de minimum opvolgtijd. Maar in de praktijk rijden snelle en langzame treinen met verschillende stops afwisselend over een spoorlijn. Daarom is de *effectieve capaciteit* gedefinieerd als het maximaal aantal treinen per tijdseenheid dat over een gegeven spoorinfrastructuur kan rijden voor een gegeven *dienstregelingpatroon*.
Effectieve capaciteit hangt dus af van de mix van verschillende treinseries met hun eigen karakteristieken (snelheid, stops, frequentie) en de volgorde waarin ze over een baanvak rijden en de heterogeniteit van het railverkeer. Bij de minimum opvolgtijd die puur door bloktijden ontstaat, komt nu ook het rijtijdverschil tussen de treinen tot aan ieder blok. Een intercity die achter een

stoptrein aanrijdt en er tien minuten sneller over doet tot het volgende passeerpunt, kan niet eerder vertrekken dan die tien minuten plus de kritieke bloktijd na de stoptrein.
Eerder vertrekken betekent dat de intercity ergens op het baanvak gehinderd zal worden door de langzamer rijdende en vaker stoppende stoptrein. Bij heterogeen treinverkeer wordt de minimum opvolgtijd dus bepaald door het maximum van de bloktijd plus het rijtijdverschil tot aan de zichtafstand voor het voorsein over alle blokken.
Voor homogeen verkeer, zoals een metro waarin alle voertuigen dezelfde snelheid en haltes hebben, is de minimum opvolgtijd gelijk aan de maximale bloktijd. Homogeen verkeer heeft dan ook de grootste effectieve capaciteit.

In de praktijk moet ook capaciteit worden gereserveerd voor de bijsturing door de railverkeersleiding om verstoringen het hoofd te kunnen bieden. De *capaciteitsbenutting* is de som van de minimum opvolgtijden over alle achtereenvolgende treinen in de dienstregeling gedeeld door de geplande tijd, uitgedrukt in percentage.
Voor bijvoorbeeld een homogene dienstregeling met twaalf treinen die elkaar met drie minuten opvolgtijd kunnen volgen, is de effectieve capaciteit 60/3 = 20 treinen per uur en de capaciteitsbenutting is dan 36/60 = 60 %. Voor een heterogene dienstregeling met zes stoptreinen en zes intercity's die elkaar afwisselend kunnen volgen met twee en zes minuten opvolgtijd, is de effectieve capaciteit 60/4 = 15 treinen per uur en de capaciteitsbenutting is 48/60 = 80 %.
Merk op dat in de homogene dienstregeling meer treinen kunnen rijden dan in de heterogene dienstregeling terwijl de capaciteitsbenutting toch lager kan zijn. De Internationale Unie van Spoorwegen (UIC) adviseert voor gemengd treinverkeer een capaciteitsbenutting van maximaal 60 % gedurende de dag en

75 % gedurende de piekuren. Er wordt dus aangeraden om 40 % buffertijd in de dienstregeling aan te houden en in de piekuren ook nog 25 %. Dat gaat ten koste van het aantal treinen dat kan rijden. Dat lijkt wel erg veel en je kunt je afvragen of dat wel nodig is.

HET SNEEUWBALEFFECT

Een dienstregeling moet voldoende robuust zijn om een betrouwbare dienstuitvoering te kunnen garanderen. De rijtijd tussen stations en de halteertijd op een station variëren altijd iets, afhankelijk van een groot aantal factoren. De rijtijd hangt bijvoorbeeld af van het rijgedrag van de machinist, het materieeltype, de lengte van de trein en de weersomstandigheden. De halteertijd fluctueert onder andere door wisselende aantallen in- en uitstappers, ondersteuning van gehandicapten, en in een grijs verleden, doordat conducteurs vriendelijk bleven wachten op late, aanstormende reizigers.

Om te zorgen dat een kleine uitloop niet direct een (zogenaamde *primaire*) vertraging veroorzaakt, wordt minimaal 5 % speling toegevoegd aan de minimum technische rij- en halteertijden. Nog grotere overschrijdingen van rij- en halteertijden zorgen er toch voor dat vertragingen ontstaan, net als incidenten zoals sein- en wisselstoringen, defect materieel, een koe op de rails of problemen met zwartrijders. De speling in rij- en halteertijden kan dan gebruikt worden om de vertraging weg te werken door sneller te rijden en korter te halteren.
Een vertraagde trein kan een volgende of kruisende trein in de weg zitten, die daardoor ook vertraagd raakt. Evenzo kan een vertraagde trein een vertraging doorgeven aan een wachtende, aansluitende trein om een overstap veilig te stellen. Daarbij kan het ook gaan om overstappend rijdend personeel (machinist

en conducteurs) en materieelaansluitingen zoals materieelkoppelingen en keringen waarbij een trein overgaat in de kerende richting of een andere treinserie.
Dit soort vertragingen, die dus ontstaan door interactie tussen treinen onderling, worden *secundaire vertragingen* genoemd. Een eenmaal vertraagde trein kan op zijn beurt weer een andere trein vertragen, die vervolgens weer een andere trein kan hinderen, enzovoorts, enzovoorts.

Deze vertragingsvoortplanting wordt ook o*lievlekwerking, domino-effect*, of *sneeuwbaleffect* genoemd. Om te voorkomen dat kleine vertragingen direct doorwerken op andere treinen wordt in de dienstregeling *buffertijd* toegevoegd aan minimum opvolgtijden, overstaptijden en keertijden. Buffertijd voorkomt en/of vermindert dus secundaire vertragingen. Let op het verschil tussen rijtijdspeling en buffertijd: rijtijdspeling voorkomt *primaire* vertragingen en bouwt bestaande vertragingen af, terwijl buffertijd secundaire vertragingen voorkomt of vermindert.
Buffertijd kost capaciteit, maar is wel essentieel voor een stabiele dienstregeling. Als een trein moet afremmen en een ongeplande stop voor een rood sein moet maken, dan nemen niet alleen de rijtijd maar ook de bloktijden vóór en na het sein toe. Dat laatste betekent een groter capaciteitsgebruik dan gepland, waardoor andere treinen in het gedrang kunnen komen. Vooral bij knelpunten waar de capaciteitsbenutting al erg hoog is, is dit een ongewenst effect, want juist hier zitten treinen elkaar in de weg. Dit geeft een vicieuze cirkel: door schaarse capaciteit ontstaat hinder, waardoor de capaciteit nog schaarser wordt. Om dit te voorkomen moet dus genoeg buffertijd worden toegevoegd tussen de passages van treinen, zodat de treinen bij kleine afwijkingen nog steeds volgens plan door kunnen rijden.

Dan is er nog de rol van de verkeersleiders. Bij grote verstoringen en vertragingen moeten zij de dienstregeling aanpassen, zodat reizigers zo min mogelijk last ondervinden. Het gaat hier bijvoorbeeld om het veranderen van de vertrekvolgorde van treinen, wachten op aansluitingen, maar ook maatregelen met grotere impact zoals treinen laten uitvallen, of kortkeren waarbij de trein niet helemaal naar het eindstation rijdt maar al een station eerder keert zodat de vertraging niet doorwerkt in de retourrichting. Reizigers die het eindstation als bestemming hebben, moeten dan echter wel uitstappen en een volgende trein nemen, zodat zij een extra vertraging krijgen. De kunst van een goede bijsturing is dan ook een goede balans te vinden tussen vermindering van een verstoorde treinenloop en korte reistijden van reizigers.

BLAADJES OP DE RAILS

Berucht bij alle treinreizigers zijn blaadjes op de rails in de herfst en sneeuw in de winter. In de herfst valt vaak binnen een paar dagen al het blad van de bomen, dat dan gedeeltelijk op het spoor terecht komt. Die blaadjes maken het spoor glad waardoor machinisten voorzichtiger optrekken en remmen om te voorkomen dat wielen slippen of blokkeren. Hetzelfde geldt voor sneeuw. Het gevolg laat zich raden: rijtijden nemen toe waardoor primaire vertragingen ontstaan. Maar ook de bloktijden nemen toe en daarmee de opvolgtijden waardoor de capaciteit omlaag gaat.
Op drukke baanvakken en bij knelpunten ontstaan dan ook secundaire vertragingen. Van het een komt het ander, en binnen korte tijd zijn overal in het land fikse vertragingen en treinuitval. Daardoor gaan ook materieelaansluitingen en personeelsoverstappen de mist in waardoor nog meer treinen secundair vertraagd raken en de chaos is compleet. Kan dat anders?
Een eerste mogelijkheid is *voorkomen* van het probleem.

Voor bladeren op de rails kunnen treinen worden uitgerust met remzand of een gel die op de rails wordt gespoten waardoor deze weer stroef wordt. Voor sneeuw is het allereerst belangrijk dat wisselverwarmingen het doen en worden aangezet. Daarnaast kan extra personeel wissels sneeuwvrij houden, wat vooral van belang is bij stuifsneeuw.
In landen als Zwitserland, Canada en Zweden blijven treinen in sneeuwstormen gewoon rijden. De infrastructuur is daar tegen bestand en dat kan ook in Nederland. Dit kost echter wel geld. Het is aan ProRail en de overheid om een afweging te maken hoeveel geïnvesteerd wordt voor weersomstandigheden die hier zelden voorkomen. Door jarenlange zachte winters is de prioriteit van winterhard spoor omlaag gegaan. Als de winters weer strenger worden, moet het beleid wellicht worden herzien.

Een andere maatregel is *anticiperen* op de problemen. In feite wijken alle treinen door de langere rijtijden en het grotere capaciteitsgebruik zo af van de dienstregeling dat die niet meer in stand te houden is. Er moet dan met een aangepaste dienstregeling worden gereden die wel weer haalbaar is. Dit geeft uiteraard overlast voor reizigers omdat het aanbod anders is dan normaal.
Met goede dynamische reizigersinformatie kan het nieuwe plan echter bij de reiziger bekend worden gemaakt zodat onzekerheid – de grootste bron van ergernis – verdwijnt als sneeuw voor de zon. De reiziger stelt zich in op de nieuwe situatie en als de aangepaste dienstregeling inderdaad betrouwbaar blijkt te zijn, net als de reizigersinformatie, dan is een wereld gewonnen. Belangrijk is wel dat de aangepaste dienstregeling van goede kwaliteit moet zijn en uiteraard niet onnodig ingezet wordt.

Na de slechte prestaties bij de sneeuwval in de winter van 2009, waar reizigers zelfs drie dagen achter elkaar werd afgeraden

om met de trein te reizen, hebben NS en ProRail de koppen bij elkaar gestoken. Hieruit kwam ook een plan van een aangepaste nooddienstregeling rollen. Op een mooie *zomerdag* in 2010 werd de landelijke nooddienstregeling een dag lang geoefend met goed resultaat, behalve voor de reizigers die die dag tot twee uur extra reistijd hadden, maar dan geheel volgens plan. In dit plan pendelen treinen tussen de grote stations. Er rijden dus veel minder treinen en reizigers moeten een aantal keer overstappen van pendel op pendel om uiteindelijk hun bestemming te bereiken. Mocht er een storing zijn op een bepaald traject dan blijft die verstoring beperkt tot de pendeldienst. Belangrijk is natuurlijk ook dat versperringen snel weer verholpen worden, zodat de pendeldiensten kunnen worden hervat. Vanuit treinen geredeneerd is dit een effectieve manier om het sneeuwbaleffect te voorkomen. Reizigers zijn echter een stuk minder enthousiast met een veel slechter aanbod en veel overstappen in de kou. De reistijd voor de reiziger neemt hier substantieel toe en dat zonder vertragingen!

Een dergelijke dienstregeling is alleen geschikt in een uiterste noodsituatie, zoals hevige storm waarin over het hele land bomen op het spoor vallen. In andere situaties is het de taak van de verkeersleiding om met maatoplossingen te komen op het moment dat dat nodig wordt en op plekken waar dat nodig is.

DE TOEKOMST: HET KAN BETER

We weten nu dus ongeveer hoe het Nederlandse spoorwegsysteem werkt. Meestal lopen de zaken redelijk goed, maar het kan (in de toekomst) beter.
Het is moeilijk om in te schatten hoe vertragingen en verstoringen uitwerken op het railverkeer, zeker in een systeem met

weinig speelruimte. De vele interacties tussen treinen via de infrastructuur, de dienstregeling en de logistieke processen van rollend materieel en personeel, zorgen voor een complex dynamisch systeem dat echter wel goed beschreven kan worden door wiskundige modellen. Deze modellen kunnen eenvoudig het effect van vertragingen en verstoringen doorrekenen en daarmee verkeersleiders ondersteunen.

Typisch onderdeel van dit soort ondersteuning is *conflictdetectie*: een voorspelling dat twee treinen tegelijkertijd dezelfde infrastructuur willen gebruiken. Door deze conflicten in beeld te brengen, kunnen treindienstleiders of verkeersleiders gericht naar oplossingen zoeken, zoals een alternatieve rijweg instellen of een volgorde bij een wissel veranderen. Ook bij het dienstregelingontwerpproces kan conflictdetectie worden gebruikt om conflictvrije dienstregelingen te ontwerpen. **In Nederland wordt conflictdetectie, zowel in de planning als bij de bijsturing, nog niet toegepast.**

Een stap verder gaat *dynamisch verkeersmanagement*, dat automatisch mogelijke maatregelen langsloopt en de beste maatregelen of een aantal verschillende opties aan de verkeersleider presenteert, inclusief een prognose van de verkeersafwikkeling als de maatregelen worden toegepast. Analoog worden online optimaliseringsystemen ontwikkeld voor de bijsturing van materieel en personeel.
Deze systemen zijn internationaal volop in ontwikkeling en worden op kleine schaal al toegepast of getest. Belangrijk hierbij is ook een goede informatievoorziening aan de machinisten.
Een machinist moet weten wat van hem verwacht wordt. Als de dienstregeling geactualiseerd wordt of een bijsturingmaatregel geactiveerd is, dan moet dit ook worden doorgegeven aan de relevante machinisten zodat alle neuzen dezelfde kant op wijzen.

Ook in de treinbesturing en -beveiliging zijn ontwikkelingen. In Europees verband is het *European Rail Traffic Management System (ERTMS)* in ontwikkeling, met als belangrijkste component het *European Train Control System (ETCS)*. ETCS is een geïntegreerd systeem voor automatische treinbeïnvloeding en *cabinesignalering*. Daarbij wordt in de cabine aan de machinist getoond tot hoever de trein mag doorrijden: de *Movement Authority* – met de bijbehorende snelheidsgrenzen.
ETCS bewaakt ook continu de snelheid van de trein. Als de trein de toegestane snelheid of de treingebonden remcurve aan het einde van een *Movement Authority* overschrijdt, dan volgt een snelremming. ETCS berekent een treinafhankelijke remcurve waardoor de trein pas op remafstand van het einde van het blok hoeft te beginnen met remmen, in plaats van aan het begin van een blok. Treinen kunnen dus langer met hogere snelheid doorrijden waardoor bloktijden en daarmee opvolgtijden korter worden.

Dit heeft vergaande consequenties voor de capaciteit. Bovendien zijn lichtseinen langs de baan niet meer nodig, waardoor de locaties van blokgrenzen niet meer gebonden zijn aan bijvoorbeeld een goede zichtbaarheid van seinen. De blokgrenzen kunnen daarom beter worden gedimensioneerd en ook korte blokken zijn eenvoudig te implementeren.
ERTMS bevat naast ETCS ook de communicatie tussen trein en interlocking (beveiliging). Een derde component is de *European Traffic Management Layer (ETML)*, dat voorziet in een daadwerkelijk verkeersmanagementsysteem voor optimalisatie van het railverkeer, wat betreft capaciteitsbenutting, punctualiteit, en verkeersafwikkeling bij verstoringen.
ERTMS biedt in de toekomst dus een communicatie- en informatieplatform voor dynamisch verkeersmanagement voor snel, betrouwbaar en efficiënt spoorvervoer.

HOE ZIT HET MET DE WC'S IN DE TREINEN?

De overheid stelt bepaalde eisen aan het openbaar vervoer. De Tweede Kamer heeft bijvoorbeeld aan de minister gevraagd of ze met de NS wil regelen dat er wc's in nieuwe treinen komen. De minister heeft gezegd dat ze het er met de NS over zal hebben. De NS heeft toen uitgerekend dat het 90 miljoen euro zou gaan kosten. Waarop de minister aan de Kamer meldde dat het te duur werd. Wat weer de woede van verschillende Kamerleden opwekte. Wie gaat er nu eigenlijk over die wc's?

Wat er op het spoor moet gebeuren, heeft de minister vastgelegd in de concessie. En in die concessie wordt de NS in redelijk algemene termen opgedragen om een adequaat service-niveau te leveren en de treinen voor iedereen toegankelijk te maken. Je zou kunnen stellen dat 'adequaat' betekent 'inclusief wc'. De trein is daarmee bruikbaar voor mensen met een zwakke blaas. In dezelfde concessie staat ook dat de NS het voor eigen rekening en risico doet. De NS probeert daarom zoveel mogelijk reizigers te trekken en tegelijk de kosten te beperken. Daarbij stelt de concessie dat de NS moet zorgen voor voldoende zitplaatsen en een schone trein. Dat zou een reden kunnen zijn om de ruimte en viezigheid van de wc om te ruilen voor extra schone zitplaatsen.
En daar wordt het spannend. De NS zegt dat ze het voor eigen rekening en risico doet en dat de overheid dan niet moet komen met extra eisen. Zo kan de NS geen zaken doen. Zij hebben voor eigen rekening en risico de afweging gemaakt. Als de reizigers het prima vinden zonder wc, blijven ze komen. Als de reizigers het vervelend vinden, blijven ze weg en zal de NS misschien toch wc's inbouwen.
Toch vindt de Tweede Kamer dat die wc's er moeten komen. In de volgende concessie, die ingaat in 2015, zou men prima

kunnen stellen dat er wc's moeten zitten in alle treinen die vanaf dat moment worden ingekocht voor gebruikt op het Nederlandse hoofdrailnet. Dan weet de NS wat de spelregels zijn voor die concessie. Voor de huidige concessie blijft het een kwestie van interpretatie of 'adequate service' een toilet in de trein vereist of dat een toilet op het perron voldoende is.
Daarbij is het de vraag of de NS de concessie voor eigen risico kan laten rijden, en dan wel de spelregels veranderen door wc's verplicht te stellen in alle treinen.
De overheid betaalt de NS niet direct voor het rijden van treinen en daarom stelt de NS dat zij ruimte moet krijgen om zelf te kiezen hoe ze de treinen laat rijden, met of zonder wc's. Maar de NS krijgt het spoor wel onder de kostprijs, en daarom stelt de Tweede Kamer dat zij invloed moet hebben op hoe de NS haar werk doet. De minister staat er tussenin en mag de knoop doorhakken.

WAAROM BEMOEIT DE OVERHEID ZICH ER ZO MEE?

Als de Tweede Kamer zich zelfs met de wc's in onze treinen bemoeit, dan vindt de overheid openbaar vervoer wel degelijk belangrijk. Helaas is een goed niveau van openbaar vervoer niet rendabel. Er is voor Nederland wel eens uitgerekend dat als er geen subsidie zou worden gegeven, ongeveer 40 procent van al het openbaar vervoer zou verdwijnen.

Zou dat erg zijn? In Groot-Brittannië hebben ze het gewoon geprobeerd! In 1985 schroefde minister-president Margaret Thatcher de invloed van de overheid in het openbaar vervoer terug naar nul en mochten de busbedrijven het verder zelf uitzoeken.
Maar ook Thatcher durfde het niet volledig los te laten.

Vervoerders kregen goedkope diesel, armlastigen geld om te besteden aan reizen in het openbaar vervoer en in Londen hield Thatcher de bussen en metro helemaal in eigen handen. Kennelijk is loslaten lastig, ook voor de IJzeren Dame.
Dus betaalt de overheid, en ze bepaalt ook nogal veel. De reden daarvoor is simpel: wie betaalt, bepaalt, en de kosten van het openbaar vervoer worden voor ongeveer 60 procent gedekt door subsidies.

Dus bepaalt de overheid. Tegelijk is de belofte van het openbaar vervoer kwetsbaar. Alleen als bussen, trams, metro's en treinen aardig vol zitten, dragen ze bij aan het bestrijden van de congestie. Alleen als ze op groene stroom rijden of nippen van de diesel of liever nog waterstof, zijn ze schoon. Alleen als er maar zeer zelden een trein ontspoort, is het veilig. Alleen als je zo'n beetje overal kan komen, is het openbaar vervoer een alternatief voor hen die niet zelf kunnen of willen sturen. Dus stelt de overheid:

EISEN AAN HET OPENBAAR VERVOER

De overheid reguleert het openbaar sterk. Er worden veel eisen gesteld aan de veiligheid, aan hoeveel, waar en hoe laat er gereden moet worden, aan welk type bussen moet worden gebruikt en aan hoe schoon de motoren moeten zijn.
Hoe de overheid zich ermee bemoeit, is voor verschillende vormen van openbaar vervoer anders. Voor de treinen is het simpel. De NS mag tot 2015 de treinen op de belangrijkste lijnen (het hoofdrailnet) laten rijden. Dat net wordt beheerd door ProRail.
De minister heeft haar eisen over het vervoer op dat net op papier gezet en als de NS aan die eisen voldoet, mogen ze die treinen laten rijden, voor eigen kosten en risico.

In de grote steden is het ongeveer hetzelfde geregeld. GVB, HTM en RET onderhandelen met de lokale overheid over wat ze willen om hun stad leefbaar, schoon en bereikbaar te houden en wat dat mag kosten. Doet de vervoerder niet goed zijn best, dan kan de lokale overheid besluiten om op zoek te gaan naar een andere vervoerder.

De lokale overheid in en rond de grote steden is trouwens wel een beetje raar. In zo'n stadsregio werken ongeveer tien gemeenten samen met de grote stad, ook voor het openbaar vervoer.
In de afgelopen jaren zijn GVB, HTM en RET rap omgebouwd van trage molochs naar veel efficiëntere bedrijven. Ze voelden de hete adem van de stadsregio in hun nek: als de vervoerders hun best niet deden, zouden de regio's op zoek gaan naar een ander. Dat leidde tot meer en goedkoper vervoer in alle drie steden. In de rest van Nederland bepalen de provincies en de stadsregio's (denk aan samenwerkende gemeenten rond Utrecht, Eindhoven, Arnhem en Enschede) wat voor openbaar vervoer er komt. Ze doen dat anders dan de minister voor het belangrijkste spoor en de stadsregio's voor Amsterdam, Rotterdam en Den Haag. De provincies en stadsregio's kiezen elke paar jaar, meestal acht, een nieuwe vervoerder via een aanbesteding. Ze schrijven op wat ze graag willen en vragen vervoerders om mooie beloftes in offertes.

Ze doen dat op twee verschillende manieren. Bij de eerste manier schrijft de overheid precies voor welke bussen ze waar willen hebben en op welke tijden. De vervoerder met de goedkoopste offerte mag dat dan de komende jaren doen. En daar krijgt hij een vast bedrag per jaar voor.
Bij de tweede manier zegt de overheid wat ze belangrijk vindt aan openbaar vervoer, maar laat het aan de vervoerder om

te bedenken waar en wanneer de bussen moeten rijden. De vervoerder komt daarvoor met een plan en ook een prijs. De vervoerder met het beste plan mag dat dan de komende jaren doen. De vervoerder krijgt er een vast bedrag per jaar voor en mag ook nog houden wat wij uitgeven aan openbaar vervoer aan strip en chip.

NARIGHEID

De aanbestedingen, zoals hierboven beschreven, zijn in de afgelopen jaren regelmatig bronnen van narigheid gebleken. Het moet van Europa, anders waren we er waarschijnlijk niet aan begonnen, want het is nogal ingewikkeld.
Regelmatig treffen vervoerders en overheden elkaar voor de rechter als een vervoerder vindt dat de overheid niet eerlijk heeft gekozen of als een overheid van een vervoerder vindt dat die zich in de periode van acht jaar niet aan zijn beloften houdt.
Ook het wisselen van vervoerders is nogal eens problematisch gebleken. Een aantal jaar geleden kregen de vervoerders Arriva en Veolia iets meer dan drie weken om hun bussen, personeel en dienstregeling klaar te maken om te gaan rijden in Noord-Brabant. Het werd een grote bende.
Tegelijk gingen er veel aanbestedingen goed. Er kwamen snel nieuwe bussen met lage vloeren en schone motoren. De bussen reden meer, voor minder geld. De reizigers waardeerden het openbaar vervoer beter.

Een buitenbeentje is overigens de hogesnelheidslijn naar Antwerpen en Parijs. Het laten rijden van treinen op die lijn is ook aanbesteed. HSA won dat. Trouwens, ook het bouwen en onderhouden van het spoor werd, aan een ander bedrijf, aanbesteed (Infraspeed). Dat bleek niet goed te werken,

de techniek in de treinen van HSA en de techniek in het spoor van Infraspeed werkten maar matig samen. Met de nodige vertragingen tot gevolg….

DE ELLENDE VAN DE OV-CHIPKAART

In 1980 was het nog makkelijk om een kaartje voor de bus te bemachtigen. Je kocht het gewoon bij de chauffeur. Het was wel makkelijk, maar duurde ook lang als iedereen zo'n kaartje kocht in de bus. Dat kon beter. Het verhaal gaat dat een Boskoopse buschauffeur iets anders bedacht: de strippenkaart.

Met de strippenkaart hoefde iedere reiziger slechts af te stempelen. De blauwe strook kocht je vooraf bij de sigarenboer en Nederland werd verdeeld in zones. Voor elke zone waar je zou reizen, stempelde je een strip af, plus eentje extra. Zo kon je met één kaartje in elke bus, tram of metro in Nederland stappen.
Een op zich goed idee, heeft dan ook weer zo zijn nadelen. Vóór de introductie van de strippenkaart, kwam het geld voor een kaartje direct in handen van het busbedrijf; de chauffeur nam het netjes mee naar zijn baas.
Met de komst van de strippenkaart ging het geld naar de sigarenboer, of de verkoopbalie van de vervoerder waar je toevallig de kaart kocht. Maar niet per sé naar degene die je van A naar B bracht. Dus ging elk jaar in november een zwerm studenten de bussen in om te tellen. En de vervoerder met de meeste mensen in de bus in november, kreeg het meeste geld uit de pot van dat jaar. Er ontstond een enorme machinerie die geld rondpompte. En daarbij had de minister de machinerie naar zich toe getrokken en bepaalde wat de prijs was. Allerlei regio's hadden plannen voor goedkopere of handiger kaartjes, maar dat mocht niet, van de minister.

Dat kon beter……

Het idee van de OV-chipkaart bracht uitkomst. Het was eigenlijk niets anders dan slim afstempelen. Je kon vooraf betalen, als het moest bij de sigarenboer, en de kaart hield bij wie, waar overal gereisd had. En met welke vervoerder.
Geen enquêterende studenten de bus meer in, een eerlijke verdeling van de pot en je kon er poortjes mee openen tegen zwartrijden. Voor de reiziger was het bovendien handig dat hij, met automatisch opladen, niet meer naar de sigarenboer hoefde, een overzicht van al zijn reizen kon krijgen en niet meer in de rij hoefde bij de kaartautomaat van de NS. Maar…

Een op zich goed idee, heeft dan ook weer zo zijn nadelen. Alle regio's verzonnen allerlei kortingen, tarieven en abonnementen, waardoor het voor de reiziger nauwelijks meer te bevatten was, wat een reis nou precies gaat kosten. Je ziet pas achteraf wat je eigenlijk betaalt voor een ritje.
De kaart blijkt bovendien te hacken, waardoor op sommige ritjes gratis gereisd kan worden. Althans, zolang de ov-bedrijven de beveiliging niet verbeteren. Sommige ritten die vroeger binnen één zone vielen, zijn duurder geworden (wat veel aandacht kreeg). Dit terwijl korte ritten over een zonegrens juist weer goedkoper werden (wat weinig aandacht kreeg).

Tegelijk is het zwartrijden in de Rotterdamse en Amsterdamse metro's drastisch gedaald. En reizigers die zijn overgestapt, vinden de ov-chipkaart meestal wel een prettig ding.
Maar al met al is het natuurlijk wel een rommeltje geworden, waarbij het lijkt dat niemand zich werkelijk verantwoordelijk voelt.

LIGT HET AAN DIE BLAADJES?

Soms zou je denken dat het openbaar vervoer een speeltje is van overheden en vervoerders en dat OV-dienstverleners er een potje van maken bij een enkele sneeuwvlok of een paar blaadjes op de rails. En inderdaad: als het misgaat, dan gaat het soms ook goed mis door een opstapeling van problemen. Maar het is ook goed om je te realiseren dat er dagelijks alleen al bij het GVB Amsterdam 800.000 mensen instappen die met zijn allen op die dag zo'n 2,7 miljoen kilometer met het GVB afleggen. En dat de NS één van de drukste spoornetwerken van Europa runt en dat doorgaans doet met een uitstekende punctualiteit. Bovendien liggen er veel innovaties in het verschiet die het Nederlandse openbaar vervoer in de komende jaren nog veel verder vooruit kunnen brengen, tenminste, als de overheid bereid is om zich daar – los van de wc's in treinen – blijvend voor in te zetten....

VIJZELGRACHT ONDER LUCHTDRUK UITGEGRAVEN..

WAAROM LOPEN MEGA-PROJECTEN VAAK ZO MEGA UIT DE HAND?

Met de aanleg van grote infrastructurele projecten, zoals tunnels, wegen of spoorlijnen, is veel geld gemoeid. Dergelijke projecten kosten vaak honderden miljoenen euro's, of zelfs miljarden. Zo heeft de Betuweroute bijna 5 miljard euro gekost. De aanleg van zulke projecten blijkt achteraf vaak veel meer gekost te hebben dan vooraf gedacht. Hoe komt dat nu? En: *hoeveel* duurder vallen die projecten (gemiddeld) uit?

Een interessante studie daarover komt van de Deense onderzoeker Bent Flyvbjerg[1]. Hij onderzocht 258 projecten uit twintig landen: 181 in Europa, 61 in Noord-Amerika en 16 in andere landen. Het betreft spoorwegen (58), wegen (167) en bruggen en tunnels (33). De projecten zijn voltooid tussen 1927 en 1998. Flyvbjerg vergeleek de geschatte constructiekosten toen het besluit werd genomen om het project aan te leggen, met de werkelijke constructiekosten op het moment dat het project werd geopend.

In **86 procent** van de projecten kwamen kostenoverschrijdingen voor. **De gemiddelde kostenoverschrijding bedroeg 28 procent**. De grootste overschrijdingen komen voor bij railprojecten (gemiddeld 45 procent), gevolgd door bruggen en tunnels (34 procent) en wegen (20 procent).

In 2004 werd een ander onderzoek gepubliceerd[2], naar kostenoverschrijdingen bij de aanleg van wegen in Noorwegen in de periode 1992-1995. De gemiddelde overschatting bedroeg daar 8 procent. Opvallend is dat de gemiddelde kostenoverschrijding met 8 procent veel lager is dan die Flyvbjerg vond voor Europese wegenprojecten (22 procent). Conclusies die gelden voor bijvoorbeeld geheel Europa, gelden dus blijkbaar niet automatisch voor één land, bijvoorbeeld Nederland of Noorwegen.
En er zijn nog veel meer cijfers. Bijvoorbeeld een studie naar

acht stedelijke railprojecten in de VS. De gemiddelde kostenoverschrijding bedroeg daar 61 procent. Een Zweedse studie naar 15 weg- en railprojecten geeft een gemiddelde kostenoverschrijding van 86 procent voor wegen en 17 procent voor railprojecten.

Samenvattend kun je zeggen dat alle studies aangeven dat kostenoverschrijdingen bij infrastructuurprojecten gebruikelijk zijn. De hoogte van de overschrijdingen verschilt wel sterk.

NEDERLAND VERSUS HET BUITENLAND

Een belangrijke vraag is vervolgens of de wereldwijde bevindingen ook gelden voor Nederland. Om deze vraag te beantwoorden, heeft de TU Delft in de periode 2006-2010 onderzoek gedaan naar 87 Nederlandse projecten. De gemiddelde kostenoverschrijding in Nederland bedraagt met 14,2 procent slechts de helft van het gemiddelde dat Flyvbjerg wereldwijd aantrof.
Ten tweede valt op dat in Nederland de kostenoverschrijdingen bij railprojecten aanzienlijk lager zijn dan bij wegprojecten, terwijl dat wereldwijd omgekeerd is. Ten derde zijn de kostenoverschrijdingen bij bruggen en tunnels in Nederland met gemiddeld 1,6 procent erg laag.
Ook in Nederland zijn kostenoverschrijdingen dus zeer gebruikelijk, maar ze zijn toch minder hoog dan wat wereldwijd is aangetroffen.

Bij de relatief beperkte kostenoverschrijdingen van Nederlandse projecten is overigens wel een belangrijke kanttekening te plaatsen. Zowel wereldwijd als in de Nederlandse studie zijn de uiteindelijke kosten vergeleken met de schattingen ten tijde van de **formele** besluitvorming. Dat wil zeggen op het moment dat

de daadwerkelijke handtekening werd gezet onder het besluit om het project te gaan uitvoeren. Voordat die handtekening gezet wordt, zijn er al vele alternatieven bedacht en plannen doorgerekend en dus ook al vele schattingen gemaakt van de verwachte kosten. Bij de Betuweroute en de HSL-Zuid bijvoorbeeld, zijn de kostenschattingen vooral opgelopen vóór het formele besluit. In die fase hadden vele politici het gevoel al niet meer 'terug te kunnen', ondanks het feit dat met elk extra geluidscherm, tunnel, of alternatief tracé, de teller gestaag omhoog liep.

Zou je kostenoverschrijdingen baseren op het *daadwerkelijke* moment van besluitvorming (meestal dus al lang voordat het *formele* besluit is genomen), dan zullen die dus veel hoger uitpakken. Flyvbjerg concludeert zelfs dat de budgetoverschrijding in de uitvoeringsfase van de Betuweroute slechts 2% bedroeg (zonder indexering) en dat daarmee 'de Betuweroute kan worden gezien als een leerschool op het vakgebied van de projectbeheersing'[3]! De werkelijkheid in de publieke opinie en de Tweede Kamer is heel anders. De Betuweroute heeft in totaal ongeveer 4,7 miljard euro gekost, terwijl deze in de oorspronkelijke plannen (in 1992) begroot was op minder dan de helft (2,3 miljard).

HOE KAN DAT NOU?

Er zijn grofweg vier categorieën verklaringen te vinden: technische, economische, psychologische en politieke. De eerste twee zijn gemakkelijk te begrijpen. Naarmate een project concreter wordt en daadwerkelijk wordt uitgevoerd, blijkt vaak dat andere of extra technische maatregelen nodig zijn om de beloofde kwaliteit te halen. Denk maar aan de verbouwing van je zolder waarin de aannemer ontdekt dat die ene dragende balk toch echt moet worden vervangen.

De fysieke werkelijkheid van een bouwwerk vereist vaak duurdere oplossingen dan vooraf bedacht. Hoe groter het project, hoe groter de impact van dat soort 'voortschrijdend inzicht'. Bovendien hebben megaprojecten vaak zulke lange doorlooptijden dat ook door economische schommelingen de prijzen voor zowel arbeid als materialen sterk kunnen stijgen. Deze beide oorzaken (techniek en economie) zijn vaak heel lastig te voorspellen, maar hebben een grote invloed op de uiteindelijke gerealiseerde kosten. Maar er speelt nog meer.
Het verschil tussen de voorspellingen en de werkelijke kosten van veel megaprojecten is niet alleen het gevolg van de moeilijke voorspelbaarheid van de toekomst maar wordt ook sterk beïnvloed door allerlei politieke en/of psychologische overwegingen. Bijvoorbeeld omdat voorstanders van een project erin slagen met vertekende prognoses de besluitvorming te sturen richting doorgang van het project.
'Strategisch gedrag', wordt dat wel genoemd. Maar soms is er van strategie geen sprake en zijn kostenoverschrijdingen een gevolg van het feit dat opdrachtgevers (politici en beleidsmakers) helemaal niet zo goed weten wat ze nou precies willen. In een onderzoek van Nijkamp en Ubbels (1999)[4] bleek precies dát, de belangrijkste oorzaak van de kostenonderschattingen vooraf. Pas nadat de eerste plannen zijn gepresenteerd en begroot en duidelijk wordt welke impact grote projecten zullen hebben op de ruimte en het verkeer- en vervoersysteem, zie je vaak dat het wensenpakket verandert en daarmee dus ook het prijskaartje.
Dat zou je 'onwetend' opdrachtgeverschap kunnen noemen, maar het is ook nauw gerelateerd aan het 'voortschrijdend inzicht' dat we hierboven al tegenkwamen. Hoe dan ook, het gevolg van dit alles is dat tijdens het besluitvormingsproces vaak veel wijzigingen of uitbreidingen van een projectvoorstel plaatsvinden.

Tot nu toe hebben we kort gekeken naar de kosten en naar redenen waarom die vooraf vaak worden onderschat. Maar de vraag is ook:

HOE ZIT HET MET DE BATEN VAN MEGAPROJECTEN?

Zelfs al verkijken we ons lelijk op de kosten, dan nóg zou een veel te duur infrastructuurproject heel veel nut kunnen hebben, als we vooraf het gebruik daarvan goed zouden kunnen inschatten. Bij railinfra of andere openbaar vervoerprojecten gaat het erom dat er voldoende vervoersvraag is (bijvoorbeeld treinreizigers), zodat de infrastructuur rendabel kan worden geëxploiteerd (met of zonder subsidie).
Hoe meer vervoersvraag, hoe meer baten. Bij weginfrastructuurprojecten speelt extra verkeersvraag ook een rol, maar gaat het juist vaak om het oplossen van bestaande files of het verkorten / versnellen van bestaande verbindingen. Het succes van grote weginfrastructuur-projecten valt of staat dus met het oplossen van bestaande problemen. De A4 Midden-Delfland bijvoorbeeld, moet de problemen op de A13 (elke middag 13 km file) voor eens en altijd gaan oplossen.

In alle gevallen (weg-, rail- of zelfs waterinfrastructuur) is het dus noodzakelijk om een schatting te maken van hoeveel mensen en voertuigen er gebruik van de nieuwe infrastructuur zullen gaan maken en wat daar dan de effecten van zijn. Met die schatting kan dan worden bepaald wat de (maatschappelijke) baten van zo'n infrastructuurproject zijn. Op dezelfde manier zoals we in hoofdstuk 3 bespraken hoe je de 'baten' van files kunt uitrekenen, kunnen we de geschatte verkeersvraag (auto- of treinverplaatsingen of goederenstromen) waarderen in geld. Die extra reizigers betekenen baten die moeten opwegen tegen

de kosten. En daarbij moeten we dan ook meewegen dat het extra gebruik ook weer extra files kan opleveren.

HOEVEEL MENSEN EN GOEDEREN GAAN ER STRAKS VAN A NAAR B?

Nu is er een groot verschil tussen het voorspellen van algemene trends (hoeveel gaat de verkeersvraag in Nederland groeien in de komende tien jaar) en het voorspellen hoeveel verkeersvraag er zal worden gegenereerd en bediend door een bepaald project. Dat eerste blijkt al behoorlijk lastig te zijn.
In een recent onderzoek naar de kwaliteit van lange-termijn prognoses[5], concluderen de schrijvers:

'… De prognoses uit de jaren zeventig zitten er nog wel eens flink naast voor het planjaar 2000. De prognoses uit de jaren tachtig en negentig doen het een stuk beter voor het planjaar 2010. Uitzondering zijn de fileprognoses (onderschat) ….'

Die onderschatting van het aantal files (en alle bijkomende kosten die we in hoofdstuk 3 hebben gezien) was enorm en varieerde ergens rond de 100 %. Daartegenover staat dat voorspellingen voor andere indicatoren (bijvoorbeeld het autobezit) best heel redelijk waren. Niettemin, als het voorspellen van globale trends over langere periodes al zo lastig is, dan ligt het voor de hand dat het voorspellen van de verwachte verkeersvraag en alle gevolgen vandien voor een specifiek project (de HSL, de Betuweroute of de A4 tussen Delft en Rotterdam) bijkans onmogelijk is.
Daar zijn veel redenen voor. We hebben in hoofdstuk 1 al gezien dat binnen verkeer en vervoer alles met alles samenhangt. Als je wilt voorspellen hoeveel verkeer er straks over de A4 tussen Delft en Rotterdam gaat rijden[6], dan heb je allereerst

het verwachte aantal verplaatsingen in de gehele regio nodig. Waar gaat iedereen straks naar toe en waar komen ze vandaan? Dat hangt onder andere af van de verwachte werkgelegenheid, bevolkingsgroei, autobezit, lokale en globale economische ontwikkelingen (komt er een kredietcrisis?) en nog veel meer zaken, die stuk voor stuk alleen op hoofdlijnen enigszins te voorspellen zijn en regelmatig ook helemaal niet.
Vervolgens is de vraag met welke vervoerswijzen (auto, fiets, trein, bus, vrachtauto, binnenvaartschip) al die personen- en goederenstromen gaan plaatsvinden. Dat kunnen we doen op grond van historische gegevens, maar ook hier spelen enorm veel factoren mee: autobezit, de ruimtelijke inrichting, de aanwezigheid van goede OV-alternatieven, marktontwikkelingen, allerlei beleid, enzovoorts.

En nu begint het pas echt lastig te worden, want binnen elk van die vervoerswijzen is dan weer de vraag op welke tijdstippen die verplaatsingen gaan plaatsvinden en welke routes worden genomen. Om dat uit te dokteren moeten we ook voorspellen welke effecten dat gaat hebben op de files en de reistijden, want die hebben vaak een grote invloed op dat soort keuzes!
Kortom: om te voorspellen hoeveel verkeer er straks over de A4 gaat rijden, moeten we in feite voorspellen hoe de wereld (of op zijn minst de regio Den Haag-Delft-Schiedam) er straks uit gaat zien. Hiervoor kunnen we gebruik maken van historische data en de lange-termijn trends die we daarin hebben ontdekt. Maar er moet vooral ook gebruik worden gemaakt van geavanceerde modellen die op grond van die data voorspellen hoe dat in de toekomst gaat verlopen.

Het goede nieuws is dat de hiervoor beschikbare data steeds completer en gedetailleerder wordt en dat er, vooral in de

laatste paar jaren ook grote vooruitgang is in de kwaliteit van die modellen. Het slechte nieuws is dat bij prognoses voor megaprojecten lang niet altijd op een goede manier gebruik wordt gemaakt van die middelen. Want ook hier is vaak sprake van:

WENSDENKEN!

Bij het maken van toekomstprognoses moeten veel keuzes worden gemaakt: welk model wordt gebruikt? Welke externe factoren worden meegenomen? Welke andere projecten of beleid wordt meegenomen? Hoe worden de effecten daarvan ingeschat, enzovoorts. Bij alle keuzes moet de prognosemaker proberen zo objectief mogelijk te blijven, maar de hoeveelheid keuzes maakt dat prognoses gevoelig zijn voor een bepaalde mate van subjectiviteit. Als plannenmakers de situatie te rooskleurig inschatten, bewust (strategisch!) of onbewust (onwetendheid), dan zullen de uitkomsten dat ook zijn: te rooskleurig. Omdat die voorspellingen wel doorslaggevend zijn voor het al of niet doorgaan van projecten, zien we ook hier dus weer strategisch gedrag.

Onderzoekers wijzen soms op de spelletjes die gespeeld worden bij privatiseringen in de transportsector, vooral bij prognoses van de vraag naar transport. De overschattingen bij wegenprojecten liggen regelmatig in de orde van 25 tot 60 procent. Het punt is dat een politicus vaak meer kan winnen bij de aankondiging van een nieuw infrastructuurproject, dan hij zal verliezen doordat hij de belastingen later moet verhogen.
Ook Flyvbjerg stelt dat de belangrijkste oorzaak voor de te hoge prognoses (bij railprojecten) simpel is: het *loont* om te hoge prognoses op te stellen. Hierdoor, en in combinatie met te lage kostenschattingen, neemt de kans op een positief besluit om een project uit te voeren, immers toe.

In het algemeen lijkt de vervoersvraag voor railprojecten vaker overschat dan onderschat te worden. Een prachtig voorbeeld is de voorspelling bij de Kanaaltunnel. Hierbij werd de concurrentie van goedkope vliegtuigmaatschappijen en de prijsreacties van de ferry-maatschappijen niet in beschouwing genomen bij het plannen van de treintunnel onder het Kanaal. Dit zorgde voor een behoorlijke overschatting van het aantal passagiers.
Bij weginfrastructuur zijn foutieve schattingen van het gebruik meestal een combinatie van fouten in verkeers- en vervoers-vraagprognoses en fouten in de voorspelde gevolgen voor het verkeer (zoals files). Het verminderen van de filedruk is vaak een zwaarwegend argument om grote weginfrastructuur-projecten te laten doorgaan (denk maar weer aan de A4).

De reden dat die voorspelde files vaak niet kloppen met wat er werkelijk gaat gebeuren, heeft niet te maken met wensdenken of strategisch gedrag, maar veel meer met de kwaliteit van de modellen die worden gebruikt. In hoofdstuk 3 en 4 hebben we gezien dat het voorspellen van files complex is. In veel gevallen worden bij het berekenen van de verkeerscondities in netwerken te simpele modellen gebruikt, die een vertekend (te optimis-tisch) beeld geven van de verkeersafwikkeling.

TERUG NAAR DE COLLEGEBANKEN?

Hoe zijn die schattingen en planningen voor bijvoorbeeld de aanlegkosten, de verkeersvraag en de daarbij horende verkeer-situatie, nu te verbeteren? Een eerste algemene aanbeveling is dus om de beste beschikbare methoden te gebruiken om zowel de kosten als opbrengsten uit te rekenen. Gelet op de enorme bedragen die gemoeid zijn met de investeringen, is dit wel het minste wat men kan vragen bij megaprojecten. De (extra) kosten van (extra) goede prognoses vallen in het niet bij de

totale investeringskosten.
Tegelijkertijd moeten we ook eerlijk zijn hoe nauwkeurig we kunnen voorspellen hoe de toekomst er uit gaat zien. Zelfs met *state-of-the-art* rekengereedschap is het goed mogelijk dat we er faliekant naast zitten. Je kunt niet precies voorspellen hoeveel uren we straks op de A4 in de file gaan staan en het is volstrekt onmogelijk om in decimalen achter de komma te voorspellen hoeveel deeltjes fijnstof er in de weilanden rond de A4 Midden-Delfland neer zullen slaan in 2015.

Maar ook het aantal tonnen goederen dat over de Betuweroute zal worden vervoerd, is lastig te voorspellen, net als het aantal mensen dat gebruik zou gaan maken van de Zuiderzeelijn. In sommige gevallen is het beste model om mee te voorspellen zelfs de achterkant van een envelop, simpelweg omdat de onzekerheden in alle keuzes die gemaakt moeten worden te groot is.
Dat betekent dat we dus ook voorzichtig moeten zijn in het beoordelen van prognoses van bijvoorbeeld de vervoersvraag of de milieuconsequenties van een groot project. De Nederlandse en Europese wetgeving zijn totaal niet ingericht op de inherente onzekerheid bij grote infrastructuurprojecten. Een emissienorm bijvoorbeeld, is een harde eis en elke voorspelling erboven is per definitie fout. Maar wat als de onzekerheid zo groot is dat de uitkomst net zo goed tweemaal groter of kleiner zou kunnen zijn?

Toch is het gebruik van goede modellen en zorgvuldig en realistisch omgaan met de prognoses die daarmee worden gemaakt, niet genoeg. Om dat te kunnen doen moet de opdrachtgever (meestal de overheid) ook zelf goed begrijpen waar de moeilijkheden en de onzekerheden liggen. We hebben daarvoor goed geïnformeerde en professionele opdrachtgevers nodig.

In de praktijk zien we dat de overheid zich juist vaak zo vroeg mogelijk terugtrekt uit de inhoudelijke planning en het ontwerp van grote projecten en veel werk overlaat aan opdrachtnemers (consultants, ingenieursbureaus en projectontwikkelaars). Zo worden steeds meer grote infrastructuurprojecten volgens het zogenoemde DBCM (Design, Build, Construct & Maintain) principe aanbesteed. Dat betekent dat de overheid vraagt om functionaliteit (een brug tussen A en B of een hogesnelheids OV-verbinding tussen Amsterdam en Groningen), maar dat de opdrachtnemer verantwoordelijk is, van de eerste ontwerpschetsen tot aan het onderhoud.

Voor beide partijen kan dat prachtige voordelen opleveren, maar er kleven ook problemen aan. Van grote aannemers zoals BAM of Heijmans wordt nu bijvoorbeeld verwacht dat ze ook verstand hebben van files en vooral van het zodanig managen van hun bouwtrajecten dat de gestelde normen (voor reistijd, emissies) worden gehaald. Dat betekent dat opdrachtnemers vaak letterlijk 'terug naar de collegebanken' moeten – een uitdaging die ze meestal wel durven aangaan, maar die niettemin ingrijpend is. Van overheden wordt verwacht dat ze – zonder zelf in de keuken te kijken – waken over externe partijen die de *lead* hebben in de toekomstige besteding van gemeenschapsgeld. Dat kan alleen maar als die overheden in elk geval op hoofdlijnen voldoende kennis en ervaring hebben om dit te kunnen doen. Tijdens de projectuitvoering lukt dat meestal heel goed, maar in de plan- en ontwerpfase gaat het regelmatig mis. Een van de oorzaken is dat in veel overheidsorganisaties inhoudelijke kennis juist steeds meer wordt 'uitbesteed'.
Kort gezegd, er wordt steeds meer gemanaged en steeds minder zelf nagedacht. Vooral bij het Ministerie van Infrastructuur & Milieu (vroeger Verkeer en Waterstaat) zien we dat expertise op het gebied van verkeer en vervoer wegvloeit naar de markt.

WAAROM WE ZO SLECHT ZIJN IN HET INSCHATTEN VAN RISICO'S

Een veel groter probleem om aan te pakken is het wensdenken ('optimism bias') dat we hierboven al een aantal maal voorbij hebben zien komen. In zekere zin is dat gedrag gerelateerd aan een bekend fenomeen dat in de psychologie vooral door het pionierswerk van Daniel Kahneman[7] en zijn collega's bekend is geworden.
Mensen blijken ingewikkelde situaties per definitie niet goed te kunnen analyseren, vooral niet als de toekomstige gevolgen onzeker zijn. Kahneman toonde in zijn onderzoek bijvoorbeeld aan dat mensen kleine kansen veel te hoog inschatten, wat verklaart waarom zoveel mensen elke maand weer een Staatslot kopen.
Maar dit is slechts één van de vele curieuze manieren waarop mensen fouten maken in hun beslissingen. Kahnemans theorieën verklaren ook waarom mensen bijvoorbeeld kilometers omrijden voor een paar euro korting op een kleine aankoop, maar dat niet doen voor dezelfde kleine korting op een grote aankoop; waarom mensen liever grote risico's nemen dan een klein verlies lijden (denk maar aan de hypotheekcrash); en waarom mensen in hun optimisme vaak weinig boodschap hebben aan de voorzichtigheid van anderen.

Hoe het ook zij, het feit dat mensen grote beslissingen niet rationeel nemen, betekent dat we besluitvormingsprocessen zodanig zouden moeten inrichten dat de gevolgen van die irrationaliteit beheersbaar blijven. De huidige aanpak bij grote infrastructuurprojecten kent wat dat betreft kansen voor verbetering. Zo is er meestal geen *pre-feasibility* fase voordat een beslissing wordt genomen tot de daadwerkelijke planvoorbereiding en bijbehorend onderzoek. In zo'n eerste 'voorvooronderzoek' zou het

nog niet moeten gaan over hoeveel geld er gereserveerd moet worden voor een nieuwe hogesnelheidsverbinding, een tweede tunnel onder de nieuwe waterweg of een nieuwe metrolijn onder Amsterdam, maar over de basisvraag of het in grote lijnen een haalbaar idee is en welke risico's er zijn. Daarbij zou ook moeten worden gekeken naar vergelijkbare projecten en plannen in Nederland of zelfs wereldwijd.
Flyvbjerg stelt bijvoorbeeld dat veel mensen en organisaties de neiging hebben om de expertise vooral binnen de eigen muren te zoeken. En dit terwijl die deskundigen vaak eenvoudigweg niet op het idee komen dat ze zouden kunnen leren van ervaringen met vergelijkbare projecten. Het voordeel van de methode geldt vooral voor niet-routinematige projecten. Dat zijn bijvoorbeeld projecten in een stad waarin voor het eerst een stedelijk railsysteem wordt aangelegd, of een nieuwe brug of tunnel, terwijl men daar geen ervaring mee heeft. Het basisidee is om zonder reserves en zo objectief mogelijk met behulp van onafhankelijke experts vanuit verschillende disciplines te kijken of en hoe een grootschalig idee daadwerkelijk zou kunnen gaan werken of niet.

Als te snel in grootschalige planvorming en onderzoek wordt gedoken met alle bijbehorende publiciteit, dan kan o*vercom-mitment* van middelen en politiek prestige in een vroeg stadium ontstaan. Bijvoorbeeld: de Betuweroute moest en zou er komen, nog lang voordat duidelijk was of dat in die vorm nu wel zo haalbaar en zinvol was.
Een tweede aspect is dat vaak te snel wordt gedacht in technische oplossingen en dat die, mits eenmaal gekozen, vaak ook niet meer ter discussie staan, ongeacht de consequenties en kosten. Anders Betalen voor Mobiliteit (zie hoofdstuk 3) is een voorbeeld van een grootschalig project dat onder andere stuk is gelopen op het te sterk focussen op (99,9 % perfecte) techniek, al speelden daar ook vele andere zaken mee. Bij de HSL moest en zou er een

geboorde tunnel komen, terwijl er ook andere, veel goedkopere oplossingen denkbaar waren, zelfs onder het Groene Hart door.

THE OPERA HOUSE

Als plannenmakers van goede wil zijn, valt er dus een hoop te verbeteren. Maar dan zitten we nog altijd met de vraag hoe we beter met de 'strategische' planners kunnen omgaan. Die zijn in feite niet gebaat bij betere prognoses of een gelaagdere en transparantere manier van planvoorbereiding.
In deze situatie is de vraag: wat kunnen *anderen* doen om gekleurde prognoses weg te nemen. Hiervoor biedt de wetenschap heel veel aanknopingspunten. Het belangrijkste is misschien wel de methode waarmee de wetenschap ook zichzelf continu controleert: *peer review*. Voordat wetenschappers hun resultaten wereldkundig maken op conferenties of in wetenschappelijke tijdschriften, worden de stukken eerst beoordeeld door andere wetenschappers. Natuurlijk zijn wetenschappers ook maar mensen en spelen ook hier politieke en psychologische zaken. Iedereen heeft zijn voorkeuren en beperkingen, ook reviewers. Niettemin, omdat iedereen elkaar controleert, leidt dat gemiddeld tot steeds betere en geavanceerdere modellen, theorieën en technieken, zelfs als dat betekent dat we moeten toegeven er in het verleden helemaal naast te hebben gezeten.

Bij het beoordelen van megaprojecten zou het verstandig zijn om ook zo'n onafhankelijke *peer review* in te stellen voor de prognoses van zowel kosten als baten. Niet op het moment dat het kwaad al geschied is, zoals in 2003 toen de Tweede Kamer een onderzoek deed naar grootschalige infrastructuurprojecten[8], maar op het moment dat er nog van alles te beslissen valt. Bovendien zou het goed zijn om de resultaten openbaar te maken en zo langzaam aan een vrij toegankelijke database op te bouwen

met projecten en beoordelingen waarmee ook het reviewen van toekomstige projecten gemakkelijker wordt. Het belangrijkste doel van meer transparantie en onafhankelijke peer review is dat dit het veel lastiger maakt om 'strategisch' te handelen, en zo grote projecten op bravoure en met al te rooskleurige prognoses door te drukken.

Tot slot nog een relativering: het onderschatten van kosten is allesbehalve exclusief voor infrastructuurprojecten. Er zijn veel voorbeelden van geheel andere aard, zoals het Opera House in Sydney (kosten: vijftien maal de voorspelling!) en de Concorde (7 tot 8 keer duurder), en nog veel meer op allerlei terreinen van het maatschappelijke leven, van de ontwikkeling van software tot het construeren van gebouwen. Het is dus met transport- en infrastructuur-projecten niet veel slechter gesteld dan met andere grote projecten. En laten we eerlijk zijn, wie klaagt er nog over die kostenoverschrijdingen van The Opera House? Het is een symbool van onschatbare waarde geworden, dat nog recht overeind staat. En zo zijn er nog wel meer schitterende bouwwerken die nooit het daglicht hadden gezien als we van te voren heel precies naar de kosten en baten hadden kunnen kijken. Wie zeurt er nog over het feit dat de Eiffeltoren anderhalf miljoen frank (ca 1 miljard euro nu) duurder was dan gepland en dat het een vol jaar langer duurde om het ding te bouwen … ?

NOTEN/LITERATUUR:

1 *B. Flyvbjerg, N. Bruzelius & W. Rothengatter (2003). Megaprojects and Risk: An anatomy of ambition. Cambridge University Press.*

2 *http://wetenschap.infonu.nl/onderzoek/36633-infrastructuurprojecten-en-miljardenoverschrijdingen.html.*

3 *NRC Handelsblad, 19 juni 2007, pagina 9.*

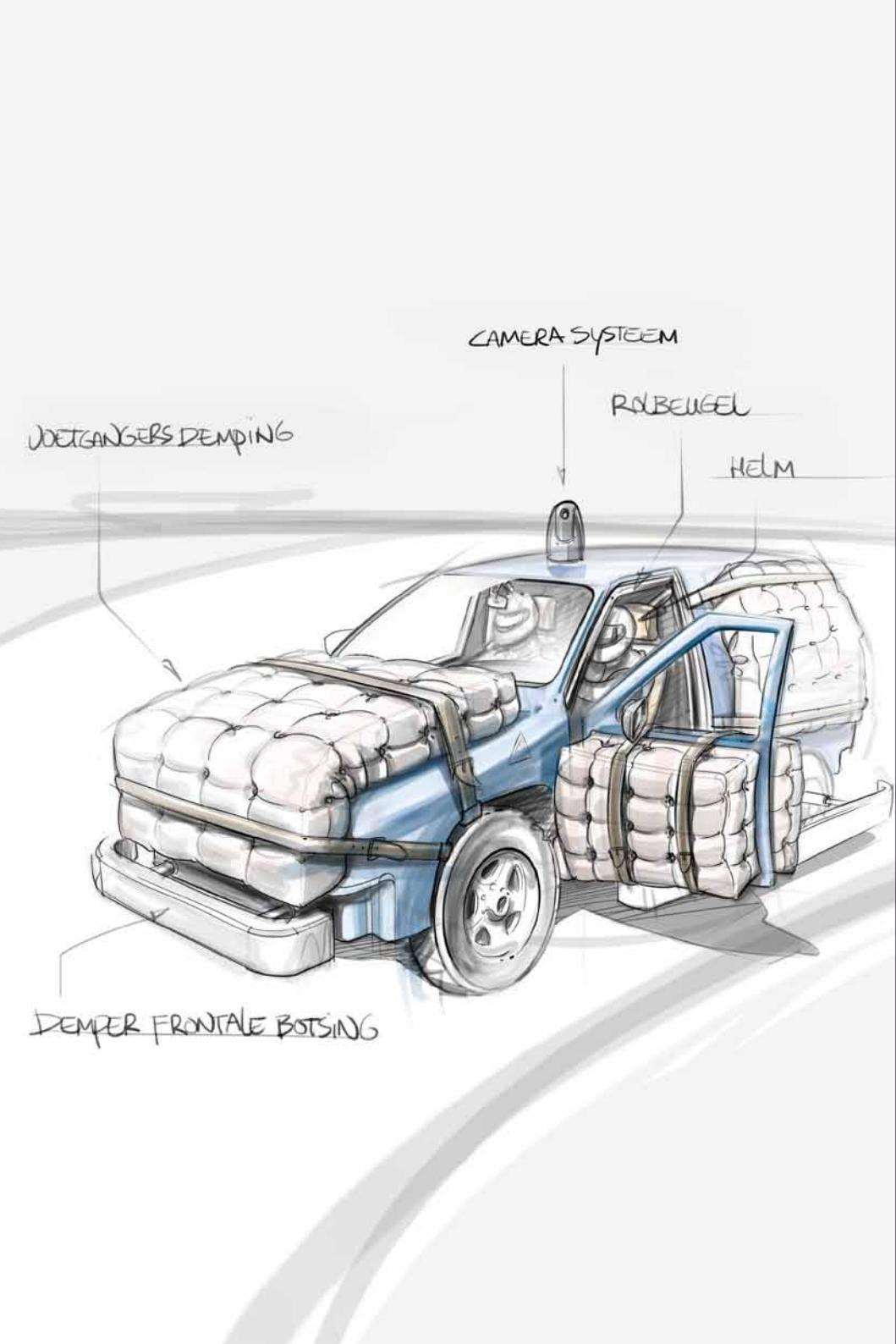
4 *P. Nijkamp & B. Ubbels (1999). How Reliable are Estimates of Infrastructure Costs? A Comparative Analysis. International Journal of Transport Economics, 26(1), blz. 23-53.*

5 *M. de Jong & J.A. Annema (2010). De geschiedenis van de toekomst. Verkeer- en vervoerscenario's geanalyseerd. Kennis Instituut voor Mobiliteitsbeleid (KIM).*

6 *De verlenging van de A4 van Delft naar Schiedam is ongetwijfeld een van de meest controversiële en langlopende megaprojecten in Nederland. In 1953 werden de eerste plannen voor de aanleg van de zogenoemde Zoomweg gemaakt, die een verbindingsweg moest vormen tussen Den Haag en Bergen op Zoom. In 1965 nam de minister van Verkeer en Waterstaat hiertoe een tracébesluit. Begin jaren zeventig is vervolgens het zandlichaam gestort. In 1989 ging de Tweede Kamer akkoord met een voorstel van de minister voor de aanleg van de autosnelweg. Wat volgde, was een lange strijd waarin voor- en tegenstanders elkaar het leven zuur maakten. Inmiddels, na vele studies, milieu-effectrapportages, en na het doorlopen van zo ongeveer alle denkbare Nederlandse en Europese juridische procedures, is dan eindelijk de kogel door de kerk gegaan. September 2010 heeft de Minister van Infrastructuur en Milieu het tracébesluit voor de A4 Midden-Delfland getekend en zal uiterlijk 2011 worden begonnen met de aanleg. Naar verwachting kunnen in 2015 de auto's over de weg rijden.*

7 *Een goed startpunt is de wikipedia-pagina over Kahneman (http://nl.wikipedia.org/wiki/Daniel_Kahneman). Twee van de belangrijkste publicaties van zijn hand zijn: D. Kahneman & D. Lovallo (1993). Timid choices and bold forecasts: A cognitive perspective on risk taking. Management Science, 39, blz 17-31; en (misschien wel de beroemdste) D. Kahneman & A. Tversky (1979). Prospect theory: An analysis of decision under risk. Econometrica, 47, blz. 263-291.*

8 *In 2003 besloot de Tweede Kamer een onderzoek in te stellen naar haar rol bij grote infrastructuurprojecten door de commissie Duivesteijn. De reden voor dit onderzoek was de onvrede over het verloop en de voortdurende budgetoverschrijdingen bij de aanleg van de Betuweroute en de Hoge Snelheidslijn Amsterdam-België (HSL-Zuid). Het eindrapport van de commissie werd op 15 december 2004 gepubliceerd. Meer informatie vind je op http://www.parlement.com/9291000/modulesf/glnjwpcg.*


CAMERA SYSTEEM
ROLBEUGEL
HELM
VOETGANGERS DEMPING
DEMPER FRONTALE BOTSING

WAAROM GEEN 0 DODEN OP DE WEG?

H8

Die vraag staat centraal in het verkeersveiligheidsbeleid in Zweden. Of beter gezegd: de doelstelling van het verkeersveiligheidsbeleid daar is naar de nulgrens te gaan. En waarom zou je dat niet als doel stellen? Laten we alvast maar verklappen dat Nederland, zonder dat deze '0-doden ambitie' in officiële documenten is vastgelegd, het bijzonder goed doet op het gebied van verkeersveiligheid. We staan in de mondiale top 3 (waar Zweden uiteraard ook is terug te vinden)!

In dit hoofdstuk kijken we naar hoe we dat voor elkaar hebben gekregen en welke zaken er allemaal spelen bij verkeersveiligheid.
Het wegverkeer staat daarbij centraal omdat het overgrote deel van de slachtoffers door verkeersongevallen in het wegverkeer valt (zie figuur 8.1).
Verkeersongevallen op de weg worden door velen als de gewoonste zaak van de wereld beschouwd. Ongevallen binnen het wegverkeer zijn de regel, terwijl bijvoorbeeld ongevallen met treinen, vliegtuigen en schepen de uitzondering vormen. Dit is opmerkelijk omdat nog steeds wordt geprobeerd om ongeval-risico's van railverkeer, luchtverkeer en scheepvaart verder omlaag te brengen, terwijl ze nu al veel lager zijn dan op de weg. Wegverkeer zonder ongevallen en slachtoffers wordt eerder als een utopie gezien dan als nastrevenswaardig ideaal.

Transportwijze	Aantal doden per jaar in de EU
Weg	41.300
Rail	1.464
Lucht	30
Water	80

Figuur 8.1: Geschat aantal doden per transportwijze[1]

Verkeersveiligheid kan op verschillende manieren worden uitgedrukt; meestal in het aantal ongevallen of in de ernst van de ongevallen. De ernst van ongevallen kan weer uitgedrukt worden in het aantal verkeersdoden, het aantal ziekenhuisgewonden en de materiële schade.
Een verkeersdode is iemand die binnen 30 dagen na een verkeersongeval overlijdt aan de gevolgen ervan. Een ziekenhuisgewonde is iemand die na een ongeval voor minimaal één nacht wordt opgenomen in het ziekenhuis (en niet binnen 30 dagen overlijdt).

Het aantal verkeersongevallen of het aantal verkeersslachtoffers is de meest gebruikte maat voor de verkeersonveiligheid. Dit is echter niet de maat die de veiligheid op de weg het beste weergeeft.
Stel dat in twee verschillende landen jaarlijks 500 verkeersslachtoffers vallen. Als in het ene land twee maal zoveel wordt gereden als in het andere land, wordt het verkeer in beide landen toch niet als even veilig beoordeeld. De mate waarin men aan het verkeer wordt blootgesteld, is een belangrijke factor. Grof gezegd, willen we daarom niet alleen naar het aantal verkeersongevallen of het aantal slachtoffers kijken, maar ook naar de 'kans' (risico) op een verkeersongeval of -slachtoffer.
Slachtoffergegevens komen uit verschillende bronnen, zoals het Ministerie van Infrastructuur & Milieu, het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) en ziekenhuizen. Geen van deze bronnen is echter volledig omdat niet alle ongevallen juist geregistreerd worden. Daarom worden uit een combinatie van deze verschillende bronnen schattingen gemaakt van het werkelijk aantal verkeersdoden en -gewonden. Voor verkeersdoden is de registratiegraad ongeveer 90 procent en voor ziekenhuisgewonden ongeveer 55 procent.

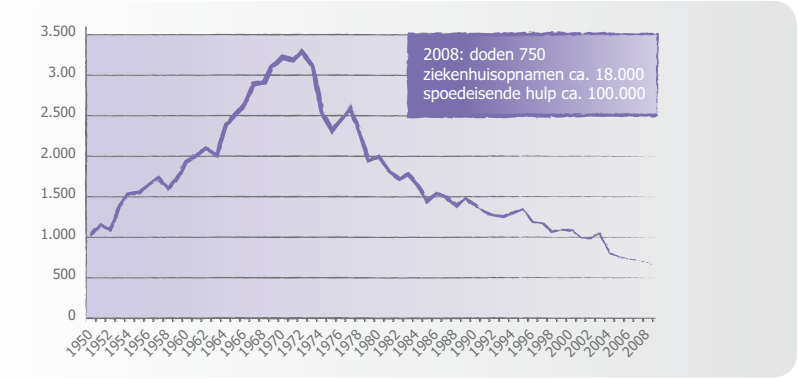
RAP TEMPO

Nadat in Nederland, kort na 1900, de eerste verkeersdode te betreuren viel, groeide het aantal doden door verkeersongevallen in rap tempo. Vanaf 1950 vond er eerst een forse stijging plaats; van ruim 1000 doden per jaar tot meer dan 3000 verkeersdoden in het begin van de jaren zeventig. Het aantal doden in het wegverkeer bereikte zijn absolute toppunt met een recordaantal van 3264 in het jaar 1972 (zie figuur 8.2). **Dit komt neer op negen doden per dag!**

Sinds 1973 daalt het aantal verkeersdoden gestaag. Belangrijke oorzaken hiervoor zijn allerlei verkeersveiligheidsmaatregelen die de afgelopen decennia genomen zijn:
Infrastructurele maatregelen: 30 km-zones, uitbreiding snelwegennet, rotondes.
Voertuigmaatregelen: allerlei systemen in de auto (en andere voertuigen) die rijden veiliger maken (ABS, airbags, kreukelzones, autogordels, verplichte bromfietshelm).
Handhavings/opleidingsmaatregelen: steeds meer eisen aan de rijvaardigheid en toename handhavings-activiteiten.

Sinds 1973 daalt het aantal verkeersdoden dus gestaag. In het begin van deze eeuw leek de daling even tot stilstand te zijn gekomen met ongeveer 1080 verkeersdoden per jaar. In 2004 en 2005 trad echter een plotse, sterke daling op. Eerst naar 881, en toen naar 817 verkeersdoden.
Daarna zijn de ontwikkelingen geringer maar nog wel in de goede richting. In 2008 vielen er 750 verkeersdoden, 41 (5%) minder dan in 2007. In 2007 overleden 791 mensen door een verkeersongeval. In 2006 waren dit er 811 en in 2005 waren het er 817. Jaarlijks worden er ongeveer 18.000 verkeersslachtoffers opgenomen in een ziekenhuis; en circa 100.000

mensen komen terecht bij de spoedeisende hulp.



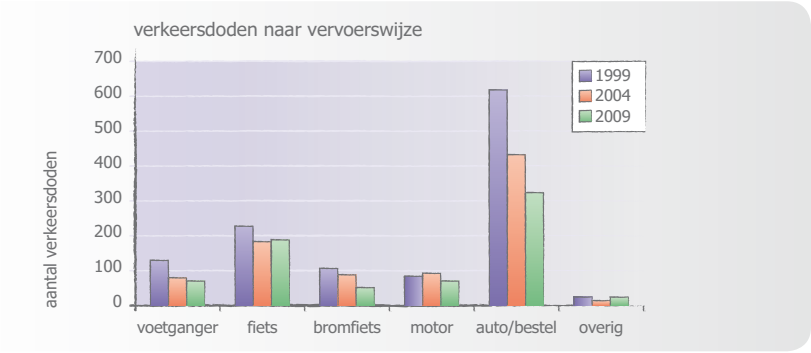
Figuur 8.2: Ontwikkeling van de verkeersveiligheid in Nederland 1950-2008. De grafiek laat het aantal overleden slachtoffers per jaar zien[2].

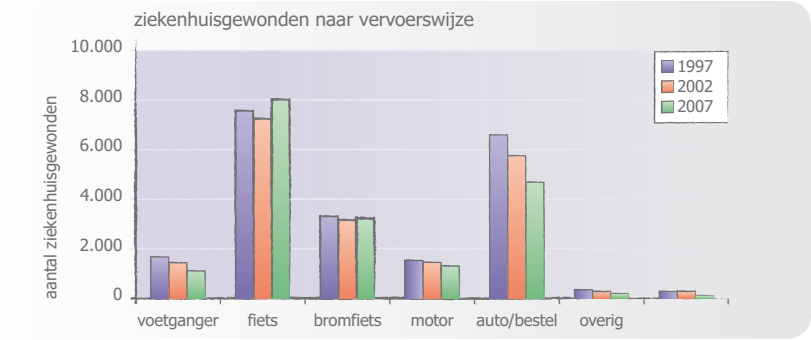
AUTO'S EN FIETSERS

Vaak wordt verkeersveiligheid apart bekeken voor verschillende vervoerswijzen. In figuur 8.3 is de ontwikkeling van het aantal verkeersdoden te zien, onderverdeeld naar vervoerswijze (van het slachtoffer).
De meeste Nederlandse verkeersdoden vallen onder auto-inzittenden, waaronder die van bestelauto's. Dit hangt samen met het feit dat de meeste kilometers op de weg worden afgelegd in de (bestel)auto. In 1999 viel 50 procent van de verkeersdoden onder auto-inzittenden, ten opzichte van 45 procent in 2009.

Naar verhouding daalt het aantal verkeersdoden onder auto-inzittenden dus sterker. Daarom neemt het percentage 'kwetsbare' verkeersdeelnemers onder de verkeersdoden toe. Als we inzoomen op de laatste drie jaar, blijft het aantal verkeersdoden onder fietsers vrijwel gelijk, terwijl het aantal verkeersdoden onder auto-inzittenden nog steeds een dalende trend laat zien.

In figuur 8.4 staat het aantal ziekenhuisgewonden, verdeeld naar vervoerswijze van het slachtoffer. Hierin is te zien dat het aantal ziekenhuisgewonden onder auto-inzittenden verhoudingsgewijs veel lager ligt dan het geval is voor verkeersdoden. Onder de ziekenhuisgewonden vormen fietsers de grootste groep; deze is de afgelopen twintig jaar bovendien in aantal gegroeid.



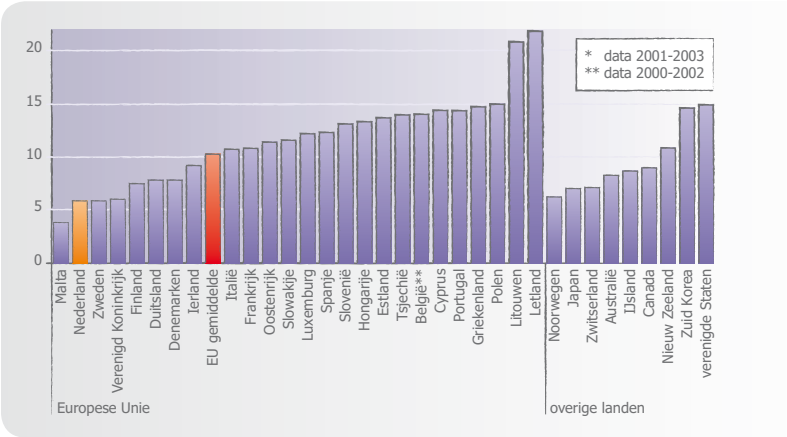


Figuur 8.3 en 8.4: Aantal doden en gewonden per vervoerswijze.

NEDERLAND IN DE TOP DRIE

Vergeleken bij veel andere landen doet Nederland het goed op het gebied van verkeersveiligheid. **Nederland behoort tot de top drie van de wereld.**
Landen kunnen op verschillende manieren met elkaar worden

vergeleken. Vaak wordt er naar de zogenaamde mortaliteit gekeken (figuur 8.5). Daarmee wordt het aantal verkeersdoden per jaar per 100.000 inwoners bedoeld. Met het aantal verkeersdoden per 100.000 inwoners komt Nederland in de Europese Unie op de tweede plaats, na Malta. Zweden en het Verenigd Koninkrijk volgen op zeer korte afstand.

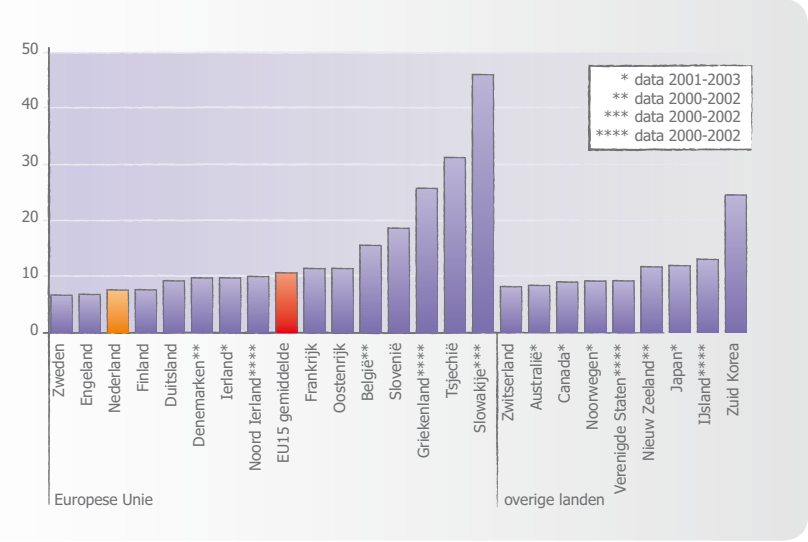


Figuur 8.5: Aantal verkeersdoden per 100.000 inwoners in verschillende Europese en niet-Europese landen (gemiddelde 2002-2004)[3].

De mortaliteit als maat voor de verkeersveiligheid heeft als nadeel dat er geen rekening wordt gehouden met de hoeveelheid (gemotoriseerd) verkeer in een land. Het aantal doden per gereden voertuigkilometer is daarom een andere indicator voor de veiligheid van het verkeer.

Binnen de Europese Unie (voor zover de gegevens beschikbaar zijn), hebben Zweden en Engeland het laagste aantal verkeersdoden per motorvoertuigkilometer, gevolgd door Nederland en Finland. Nederland scoort wel weer iets gunstiger dan bijvoorbeeld Australië, Canada, de Verenigde Staten en Japan (zie figuur 8.6).

Het aantal verkeersdoden in de Europese Unie daalt gestaag. Ten opzichte van 1990 is in de voormalige vijftien lidstaten tot 2004 een daling van 42 procent opgetreden. Dat is precies gelijk aan wat er in dezelfde periode in Nederland is behaald.



Figuur 8.6: Aantal verkeersdoden per miljard motorvoertuigkilometers in verschillende Europese en niet-Europese landen (gemiddelde 2002-2004)[4].

WAT ZIJN DE KOSTEN VAN VERKEERSONVEILIGHEID?

In 2008 vielen er in Nederland 750 doden in het wegverkeer; ongeveer 18.000 mensen per jaar worden in een ziekenhuis opgenomen. Daarnaast vindt er jaarlijks een nog veel groter aantal ongevallen plaats met slachtoffers met lichter letsel of met uitsluitend materiële schade. Dit leidt tot allerlei maatschappelijke kosten, zoals medische kosten en verlies van arbeidsproductie.

Kennis over de kosten is om twee redenen van belang. Ten eerste maakt inzicht in deze kosten een vergelijking mogelijk met kosten op andere veiligheidsterreinen (zoals gezondheidszorg en milieu). Een ander belangrijk toepassingsgebied is kosten-batenanalyses, waarin de kosten per (bespaard) slachtoffer of ongeval worden gebruikt om investeringen in verkeersveiligheid te beoordelen.

De maatschappelijke kosten van verkeersongevallen zijn in geld uit te drukken. De belangrijkste elementen zijn:

Medische kosten: de kosten voor medische behandeling na een verkeersongeval, zoals kosten voor ziekenhuis, revalidatie, geneesmiddelen en aanpassingen voor gehandicapten.

Productieverlies: kosten doordat slachtoffers van een verkeersongeval niet meer (volledig) aan het arbeidsproces kunnen deelnemen door overlijden, arbeidsongeschiktheid en ziekteverzuim.

Immateriële schade: verlies aan kwaliteit van leven voor slachtoffers en hun naasten. Dit zijn de immateriële kosten in de vorm van leed, pijn, verdriet en verlies aan levensvreugde.

Materiële schade: de kosten van de materiële schade die door verkeersongevallen ontstaat.

Afhandelingskosten: kosten gemaakt door bijvoorbeeld brandweer, politie, justitie en verzekeraars.

Filekosten: de kosten die samenhangen met files die ontstaan door ongevallen.

12,3 MILJARD EURO!

Met een zekere regelmaat wordt er onderzoek gedaan naar de kosten van verkeersongevallen en trends daarin. De totale kosten van verkeersongevallen in Nederland bedroegen in 2003, het laatste jaar waarover hiernaar onderzoek is gedaan, 12,3 miljard euro (zie figuur 8.7).
De grootste kostenposten zijn immateriële schade (5,5 miljard euro) en materiële kosten (3,8 miljard euro), terwijl ook het productieverlies en de afhandelingskosten (beide 1,3 miljard euro) een groot aandeel in de totale kosten hadden.
De kosten volgen niet dezelfde ontwikkeling als het aantal dodelijke slachtoffers (dat steeds daalt); de kosten stijgen juist. Dat komt onder meer omdat het aantal gewonde slachtoffers veel minder sterk daalt dan het aantal dodelijke slachtoffers. En over de jaren heen zijn de productiekosten steeds gestegen.

Kostencategorie	1997	2000	2003
Medische kosten	182	192	232
Productieverlies	1290	1441	1294
Immateriële kosten	5.206	4.957	5.549
Materiële kosten	2.647	3.250	3.866
Afhandelingskosten	834	1055	1262
Filekosten	88	100	125
Totaal	10.248	10.995	12.327

Figuur 8.7: Maatschappelijke kosten van verkeersongevallen (in miljoen euro, lopende prijzen)[5].

De kosten van verkeersonveiligheid bedragen daarmee 2,6 procent van het bruto binnenlands product. Deze kosten zijn dus enorm. Om dit bedrag in perspectief te plaatsen: de filekosten

op hoofdwegen in Nederland bedroegen in 2008 ongeveer 3 miljard euro. Dit zijn de kosten van direct reistijdverlies en onbetrouwbaarheid van reistijden, kosten die ontstaan doordat mensen hun gedrag aanpassen aan files (omrijden, ander reistijdstip en dergelijke), extra brandstofkosten en indirecte kosten, zoals effecten op het openbaar vervoer.
De milieukosten van het wegverkeer worden geschat op 2,0 tot 8,5 miljard euro. Daarbij gaat het om de kosten door luchtvervuilende emissies, uitstoot van CO_2 en geluidsoverlast. In vergelijking zijn de kosten van verkeersongevallen dus hoog.

DE ANDEREN?

Natuurlijk is niemand tegen een verdere verbetering van de verkeersveiligheid, maar de prijs daarvoor wordt al gauw als te hoog beschouwd. Naar eigen inzicht aan het verkeer deelnemen is ons een lief ding waard. En zijn het niet de wegpiraten, de bumperklevers en andere aso's, kortom de anderen op de weg die regels overtreden en die voor de onveiligheid zorgen?
De eigen vaardigheden worden vaak overschat, terwijl zelfs een ogenschijnlijk kleine fout op de weg grote gevolgen kan hebben, als de omstandigheden op dat moment tegenzitten.
Mensen hebben vaak de illusie dat juist hun in het verkeer niets zal overkomen. Ook worden verkeersongevallen als de gewoonste zaak van de wereld beschouwd. Samen zorgt dat er voor dat het aanpakken van verkeersonveiligheid een vrij lage maatschappelijke prioriteit heeft.

Het is dus niet meer dan realistisch om te denken in kleine stapjes vooruit, in een bescheiden tempo. En op de achtergrond speelt altijd de gedachte: als weggebruikers zich nu maar eens netjes aan de verkeersregels zouden houden, is er toch betrekkelijk weinig aan de hand?

En wie kan nu het gedrag van de individuele mens die een fout maakt, in het gareel brengen? Is dat uiteindelijk niet de eigen verantwoordelijkheid?

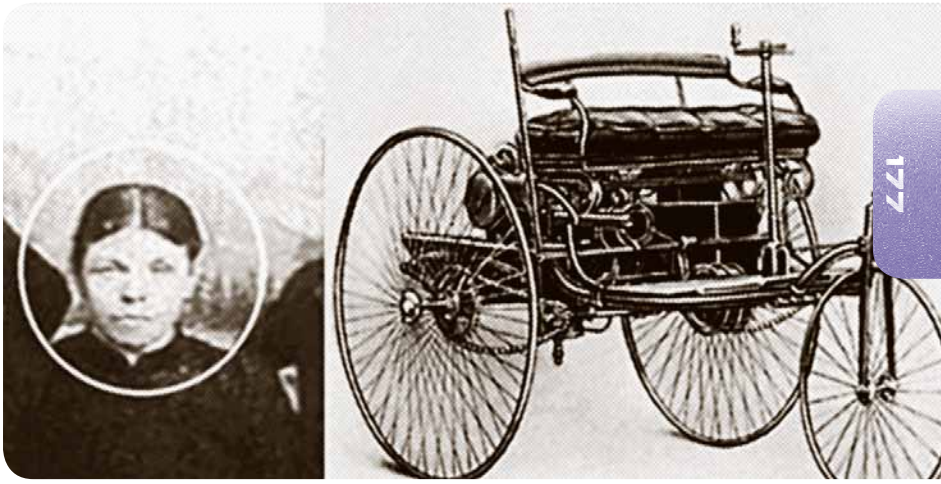
Tot op zekere hoogte is dat juist, maar daar houdt het verhaal niet op.
Als verkeersonveiligheid dichtbij komt, wordt het echt een ander verhaal. De reactie van de direct en indirect betrokkenen op ongevallen is er zelden een van berusting. De reactie is dan veeleer dat er iets gedaan moet worden om (slachtoffers bij) dergelijke ongevallen te voorkomen. Zo ontstonden de woonerven en 30 km-zones in ons land, kwam er druk vanuit consumenten om voertuigen veiliger voor inzittenden te maken, kwam er wetgeving voor maximumsnelheden en rijden onder invloed, is er een roep om zwaarder te straffen, enzovoorts.
We zijn alleen bereid ons over te geven aan de eigen verantwoordelijkheid binnen grenzen. En die grenzen zijn behoorlijk ingeperkt de laatste decennia. Je mag niet meer zelf uitmaken hoeveel alcohol je drinkt voor je gaat rijden, je maakt niet meer zelf uit of een autogordel goed voor je is, of met welke snelheid je rijdt. Er zijn wetten, die worden gehandhaafd en … dat heeft zeker geholpen.
We hebben het in dit hoofdstuk nu gehad over de hoeveelheid ongelukken en doden op de weg en ook over de kosten die daaraan verboden zijn. Maar het gaat natuurlijk ook om de vraag: hoe kunnen we de veiligheid op de weg (nog verder) vergroten? Daarvoor moeten we eerst kijken naar de:

OORZAKEN VAN VERKEERSONVEILIGHEID

Wat maakt verkeer nu toch zo gevaarlijk? Dat komt in eerste instantie neer op basisfactoren als: hoge snelheid, grote snelheids- en massaverschillen tussen verkeersdeelnemers en

fysieke kwetsbaarheid van mensen. Daarnaast is er vooral een aantal factoren verbonden aan de weggebruiker dat het risico van een ongeval verder doet toenemen, zoals: gebrek aan rijervaring, gebruik van 'psychoactieve stoffen' (waaronder alcohol en drugs), vermoeidheid, emoties en afleiding (bijvoorbeeld door mobiel bellen). Ook de hoeveelheid verkeer, de inrichting van de infrastructuur en verkeersveiligheidsmaatregelen spelen een rol.

Laten we ook eens even terugkijken. Want door de jaren heen is heel verschillend aangekeken tegen al deze oorzaken van ongevallen en hoe deze het best te verminderen zijn. Ongevallen zag men oorspronkelijk als een risicoverschijnsel dat iedereen, overal en altijd 'random' zou kunnen treffen (1900-1920).
Ongevallen waren dus een noodlot, inherent aan motorisering. Dit leidde er veelal toe dat men ieder ongeval apart bestudeerde om maatregelen te kunnen treffen ter voorkoming van die specifieke ongevallen.



Afbeelding 8.8: Eerste verkeersongeval in 1896: auto rijdt met 7 km/u voetganger dood.[6]

Op 17 augustus 1896 werd in Londen de eerste mens doodgereden door een auto. Het was de Ierse mevrouw Bridget Driscoll. Omdat de auto nog geen vijftien jaar bestond, was het een ongewoon verschijnsel wanneer er een langs kwam. Bridget Driscoll stond als aan de grond genageld het paardloze voertuig te bekijken. Hoewel de auto maar met een gangetje van 6 of 7 kilometer per uur door de straten schreed, kon de bestuurder van de Roger-Benz haar niet ontwijken. Bridget stierf ter plaatse. Omdat de auto's toentertijd vooral stevig en bedrijfszeker moesten zijn, kwam het voor dat een auto na een botsing alleen lakschade had, maar de inzittenden dood waren. Verder lieten ook de remmen en de besturing veel te wensen over.
Een maand later verscheen de bestuurder voor de rechter. De bestuurder van de auto is niet vervolgd en de hoop werd uitgesproken dat dit het eerste en ook het laatste verkeersslachtoffer zou mogen zijn. Helaas is deze hoop niet uitgekomen …..

In de periode 1920-1950 probeerde men vooral de schuldvraag van ongevallen te beantwoorden. Er kwamen steeds meer wetten en regels en de politie kreeg een dominante positie in de zorg voor de veiligheid op de weg. Men zocht naar brokkenmakers, verkeersdeelnemers die meer dan gemiddeld bij ongevallen betrokken zijn. Het idee bestond dat een klein groepje mensen 'slechte verkeersdeelnemers' zijn, die 'bevattelijk' zijn voor ongevallen. Deze personen werden bijvoorbeeld geacht bepaalde persoonlijkheidskenmerken te hebben of sociaal onaangepast te zijn.
Dat was een aantrekkelijk idee voor beleidsmakers, want als je die kleine groep 'te pakken kon krijgen', kon je die bijvoorbeeld het rijbewijs afpakken en dan was je van het probleem af.
Deze theorie van de brokkenmakers kwam sterk onder vuur te liggen. Er is weinig bewijs voor deze theorie gevonden. De meeste ongevallen worden veroorzaakt door bestuurders die niet eerder bij ongevallen betrokken waren. Bovendien verandert de populatie

'brokkenmakers' steeds: betrokkenheid bij ongevallen blijkt meer samen te hangen met factoren als leeftijd, ervaring, alcoholgebruik en vermoeidheid.

In de periode 1940-1960 ging men op zoek naar min of meer eenvoudig vast te stellen factoren als oorzaak van ongevallen. Bijvoorbeeld technische gebreken van voertuigen (slechte remmen), gebrek aan rijervaring, slecht weer, alcoholgebruik of een gevaarlijke inrichting van kruispunten (zogenaamde 'black spots'). Daarna (1950-1980) kwam de systeembenadering in zwang. Zo genoemd door de Amerikaanse wetenschapper William Haddon. Hij presenteerde een matrix die het verband aangaf tussen het ongevallenproces (voor, tijdens en na het ongeval) en de verschillende componenten van het wegverkeer: mens, voertuig en weg (zie figuur 8.9). In de cellen staan steeds voorbeelden aangegeven van combinaties van deze factoren.

	Mens	**Voertuig**	**Weg**
Voor het ongeval	Rijden onder invloed Te hard rijden	Falende remmen, ontbrekende verlichting	Slechte verlichting, Ongeloofwaardige snelheidslimieten
Tijdens het ongeval	Geen autogordel dragen	Slecht functionerende air bags	Slecht ontworpen vangrails
Na het ongeval	Fysieke kwetsbaarheid	Slecht ontworpen benzinetanks (brand)	Slechte communicatie met hulpverlening

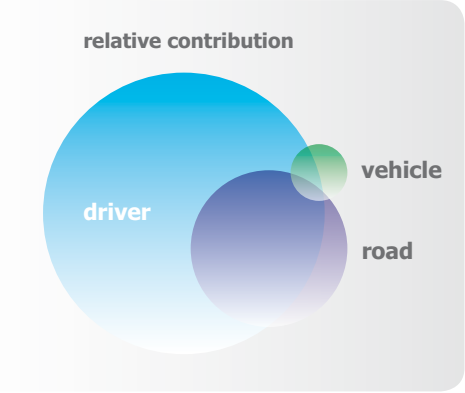
Figuur 8.9: Matrix met factoren die van invloed zijn op de verkeersveiligheid.[7]

Als je weet wat een belangrijke oorzaak is van een ongeval (welke cel), kun je op dat gebied maatregelen treffen. Haddon gebruikte

deze matrix om te benadrukken dat aandacht besteed moet worden aan alle cellen in de matrix om effectieve verbeteringen tot stand te kunnen brengen. Deze benadering maakte aan het begin van de jaren tachtig plaats voor een meer:

MENSGERICHTE AANPAK

Uit onderzoek uit de jaren zeventig bleek dat menselijke factoren in 90 tot 95 procent van de ongevallen (mede)oorzaak zijn van die ongevallen. De wegomgeving speelt in bijna dertig procent van de ongevallen een rol en het voertuig bij nog geen tien procent.
Deze cijfers komen uit ongevallenstudies waarbij een team van experts naar een ongeval toegingen en daar allerlei informatie verzamelde over zowel het voertuig als de weg en de betrokkenen. Vervolgens werd dan geprobeerd om de mogelijke oorzaken van het ontstaan van het ongeval in te delen in oorzaken die bij een van de drie factoren passen. Ook meer dan één oorzaak kon aanwezig zijn.
De resultaten van dit soort studies laten dan over het algemeen zoiets zien als in figuur 8.10. Fouten door de bestuurder waren dominant. Er werd geconcludeerd dat de bestuurder in zo'n 95 procent van de gevallen een fout had gemaakt, en de belangrijkste oorzaak was in zo'n tweederde van de gevallen.



Figuur 8.10: Factoren bij het ontstaan van ongevallen. Bij veel ongevallen spelen menselijke factoren een rol; maar dit betekent niet dat het 'verbeteren' van weggebruikers de beste oplossing is om de verkeersveiligheid te verbeteren[8].

Het is natuurlijk zo dat het ongeval in veel gevallen niet was ontstaan als de bestuurder iets anders had gedaan op een zeker moment. Een pure voertuigfout, zoals een rem die het niet doet of een stuur dat er afvalt, gebeurt uiterst zelden.
Deze resultaten worden nogal eens fout geïnterpreteerd. De resultaten betekenen **niet** dat de oplossingen dus ook in deze richtingen gezocht zouden moeten worden, en ze betekenen evenmin dat maatregelen die de oorzaken aanpakken het meest efficiënt zouden zijn.
Het feit dat verkeersongevallen gebeuren, is veeleer een systeemfout dan een fout van de mens. Verder worden ongevallen zelden veroorzaakt door één enkele factor. Meestal is het een combinatie van factoren en een opeenstapeling van dingen die mis gaan.
Een bekend voorbeeld om dit te illustreren is het volgende: bij een analyse waarom breekbare pakjes in de postverzending niet zonder schade aankomen, is gebleken dat het personeel er met te weinig zorg mee omgesprongen is. Maar het is niet logisch vervolgens alleen met training en verbetering van de motivatie van het personeel, de schade te beperken. Beter verpakken kan leiden tot grotere voordelen en vermoedelijk tegen lagere kosten.

DE TOEKOMST

Sinds 1990 zijn er in Nederland twee belangrijke ontwikkelingen in gang gezet. De eerste richt zich op het beter uitvoeren van al die mogelijke maatregelen die we nu al kennen, met een zwaar accent op de kosten en baten van maatregelen en op de kosteneffectiviteit.
De tweede ontwikkeling is de opkomst van de visie **Duurzaam Veilig** in Nederland. In andere landen zijn vergelijkbare visies in zwang geraakt. Zo noemt men die visie in Zweden 'Vision Zero'.

Ondanks alle verbeteringen die we gerealiseerd hebben, is het verkeer nog steeds inherent gevaarlijk. In het huidige wegverkeer moeten wel slachtoffers vallen, zolang we omstandigheden laten voortbestaan waarin ongevallen kunnen plaatsvinden en waarin deze met ernstige consequenties voor betrokkenen kunnen aflopen.
In het wegverkeer loopt men veel hogere risico's dan in andere transportsystemen. Het wegverkeersysteem is dan ook niet ontworpen met veiligheid als een ontwerpcriterium, zoals wel het geval is bij de luchtvaart en de spoorwegen. Niet dat daar nooit een ongeval kan gebeuren, maar deze systemen zijn wel zo ingericht dat de kans op ongevallen en slachtoffers aanzienlijk lager is dan in het wegverkeer.

Dat inherent onveilige wegverkeer hebben we van onze ouders en voorouders geërfd. Het wegverkeer is een gegroeid systeem; een systeem dat zich door de jaren heen heeft aangepast aan een steeds maar groeiende vraag naar meer verkeersruimte en snellere manieren om zich te verplaatsen. Aanpassingen vonden stapje voor stapje plaats, maar veiligheid was hooguit een overweging bij die aanpassingen, zelden een echt uitgangspunt. Begin jaren negentig werd geconstateerd dat het inherent onveilige karakter van het wegverkeer alleen zou kunnen verdwijnen als inherent gevaarlijke omstandigheden zouden worden geëlimineerd. En zou dat op bezwaren stuiten of (vooralsnog) praktisch onhaalbaar zijn, dan moeten de omstandigheden zo gemaakt worden dat de kans op ernstig letsel nagenoeg uitgesloten is.

Dat is ook de essentie van de visie Duurzaam Veilig. Het bestrijden van de verkeersonveiligheid door het aanpakken van specifieke onveilige situaties of specifieke problemen zal steeds minder effect kunnen sorteren. De pieken zijn er op een gegeven

moment uit. Het probleem wordt steeds meer diffuus.
Het wordt dus steeds belangrijker om de algemene problemen van het verkeersysteem aan te pakken.

DAARBIJ KAN TECHNOLOGIE HELPEN

Het is niet vanzelfsprekend dat het dalende aantal verkeersslachtoffers zich vanzelf zal voortzetten. De verwachte groei van personenverkeer en het goederenvervoer kan juist tot meer ongevallen leiden.
Verder neemt het aandeel kwetsbare deelnemers in het verkeer (65-plussers) toe. En juist voor ouderen zijn de gevolgen van een ongeval groter en de kosten van de zorg hoger. Alle hens aan dek dus om een verdere daling te bereiken. Dezelfde nieuwe technologie die we ook in hoofdstukken 3 en 4 zijn tegengekomen (en straks in hoofdstuk 10), zou hierbij kunnen helpen.

Met Adaptive Cruise Control, kunnen bestuurders bijvoorbeeld worden geholpen om voldoende afstand te houden tot de voorligger. Een systeem als SpeedAlert of Intelligent Speed Assistance[9] kan bestuurders helpen om de juiste snelheid aan te houden. Lane Departure Warning-systemen geven de bestuurder een seintje als zijn voertuig van de rijbaan dreigt te raken. Voetganger- en fiets-detectiesystemen kunnen tijdig waarschuwen bij een dreigend ongeval. Er zijn zelfs systemen die met intelligente cameraatjes en beeldverwerkingstechnieken kunnen detecteren of een bestuurder aan het wegdoezelen is.
Een andere belangrijke ontwikkeling is 'intelligentie in de auto', die tijdens het rijden alle technische gegevens bijhoudt: de voertuigvariant van de zwarte doos. Bovendien wordt in Europees verband gewerkt aan E-call, waarmee het voertuig automatisch hulpverleners inseint na een ongeval.

Ten slotte zijn er ook systemen die onszelf beschermen voordat we brokken kunnen maken, het alcoholslot bijvoorbeeld. Dat is een alcoholtester gekoppeld aan het startmechanisme van de auto (zie ook kader).

Krijgen we het aantal verkeersdoden terug naar nul? Die kans is bijzonder klein, tenzij we het stuur echt definitief uit handen willen gegeven. Maar tot die tijd is de kans wel groot dat het verkeer, in elk geval in Nederland, stapje voor stapje een stukje veiliger wordt.

VAN 120 NAAR 130 KM/U: MEER VERKEERSSLACHTOFFERS

Te hard rijden is een belangrijke oorzaak van (de ernst van) verkeersongevallen. Globaal gezien rijdt op elk moment 1 op de 2 bestuurders harder dan wettelijk toegestaan, waarbij een aanzienlijk deel ook nog meer dan 20 km/u te hard.
Een algemene vuistregel voor de relatie tussen snelheid en ongevallen is de volgende: een toename van 5 % in de gemiddelde snelheid geeft ongeveer 10 % meer ongevallen met gewonden en 20 % meer ongevallen met doden. Omgekeerd geeft een afname van 5 % in gemiddelde snelheid ongeveer 10 % afname in ongevallen met gewonden en 20 % minder ongevallen met doden. Met andere woorden: een kleine verandering in de gemiddelde snelheid, kan grote gevolgen hebben voor het aantal doden en gewonden. De recente verhoging van de maximumsnelheid (van 120 km/u naar 130 km/u) op sommige stukken van de Nederlandse snelwegen, zal dus leiden tot extra verkeersslachtoffers.

ALCOHOLSLOT KAN JAARLIJKS 30 DODEN SCHELEN

In Nederland wordt naar schatting een kwart van het aantal doden in het verkeer veroorzaakt door alcoholgebruik. Traditionele maatregelen om deze alcoholonveiligheid terug te dringen hebben steeds minder effect. Daarom is besloten om voor zware overtreders een alcoholslot-programma in te voeren. Hierbij worden overtreders met een hoog bloedalcoholgehalte en recidivisten verplicht om een alcoholslot in hun auto te laten installeren. Doen ze dat niet, dan wordt hun rijbewijs ongeldig verklaard. Met een alcoholslot kan een bestuurder pas de auto starten als hij met goed gevolg een ademtest heeft afgelegd. Ook wordt bijgehouden in hoeverre de bestuurder de auto heeft proberen te starten met een te hoog alcoholgehalte. Deze gegevens worden periodiek uitgelezen. In de toekomst lijkt volgens SWOV een besparing van 30 à 35 verkeersdoden per jaar realiseerbaar door de toepassing van het alcoholslot.

NOTEN/LITERATUUR:

1 *Eurostat (http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home).*

2 *SWOV (http://www.swov.nl/rapport/Factsheets/NL/Factsheet_Verkeersslachtoffers.pdf).*

3 *SWOV (http://www.swov.nl/rapport/Factsheets/NL/Factsheet_Internationaal_perspectief.pdf).*

4 *SWOV (http://www.swov.nl/rapport/Factsheets/NL/Factsheet_Internationaal_perspectief.pdf).*

5 *Adviesdienst Verkeer enVervoer (AVV) (2006). Kosten verkeersongevallen in Nederland; Ontwikkelingen 1997-2003. AVV.*

6 *http://oudnieuws.web-log.nl/oud_nieuws/2007/08/eerste_verkeers.html*

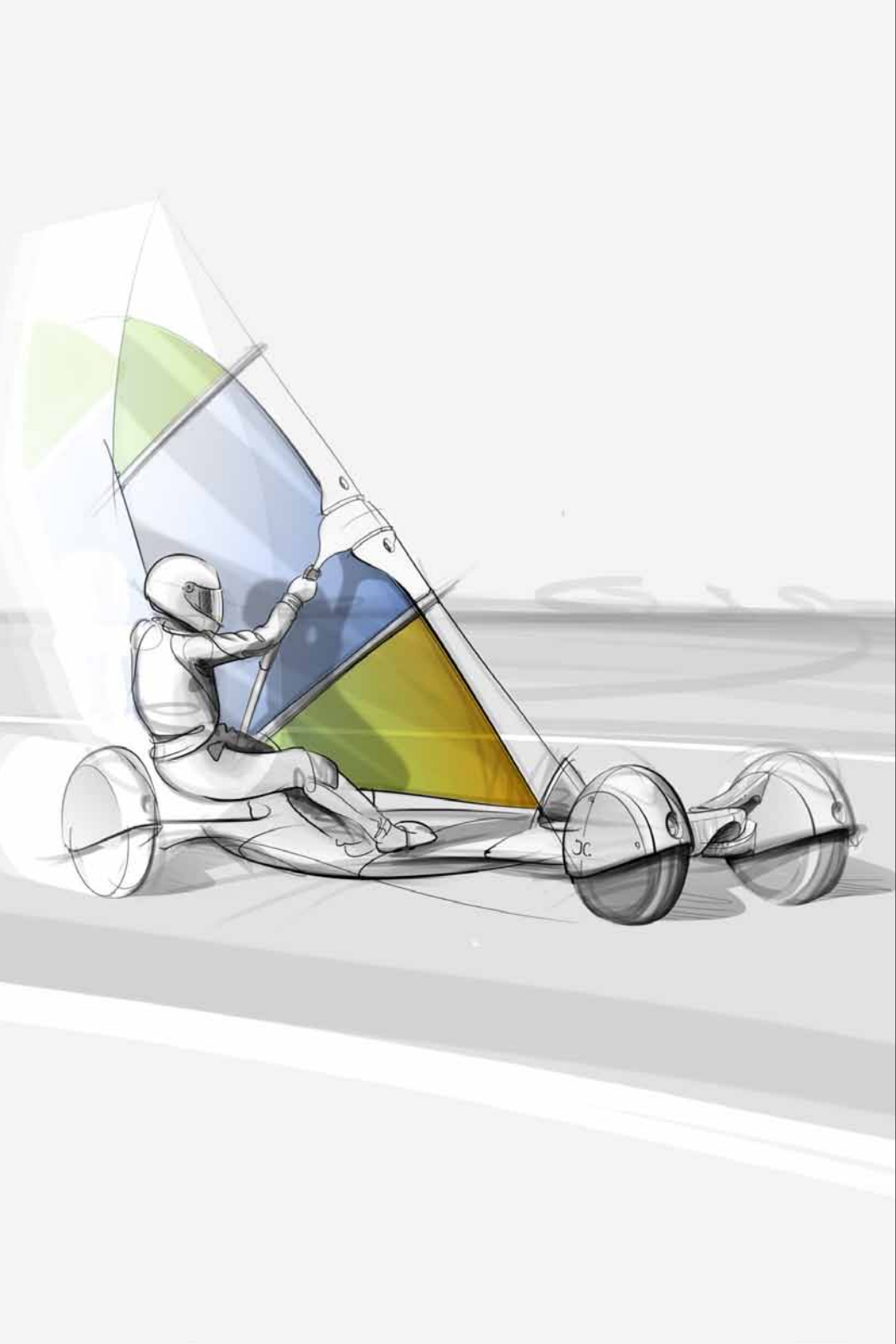
7 *W. Haddon Jr (1972). A logical framework for categorizing highway safety phenomena and activity. Journal of Trauma, 12, blz. 193–207.*

8 *R. Kimber (2005). Traffic and Accidents: Are The Risks Too High? Transport Research Foundation. (http://www.transportresearchfoundation.co.uk/PDF/fellowship/Kimber%20R%20(2003)%20Traffic%20and%20accidents.pdf)*

9 *SpeedAlert of Intelligente Snelheidsassistentie (ISA) is een systeem in het voertuig dat voorkomt dat een bestuurder te hard rijdt. Het systeem 'weet' de positie van het voertuig en de geldende maximumsnelheid (bijvoorbeeld via de digitale kaart in het navigatiesysteem) en waarschuwt de bestuurder als deze te hard rijdt en/of begrenst zelfs de snelheid van het voertuig. Uit onderzoek blijkt dat een dergelijk systeem tot wel 36 % minder ongevallen met letsel en 59 % minder dodelijke ongevallen leidt (Carsten and Tate, 2005).*

F. Wegman & L. Aarts (red.) (2005). Door met Duurzaam Veilig; Nationale Verkeersveiligheidsverkenning voor de jaren 2005-2020. SWOV. (http://www.doormetduurzaamveilig.nl)

SWOV. Diverse factsheets: De relatie tussen snelheid en ongevallen, Maatregelen voor snelheidsbeheersing, Jonge beginnende automobilisten, Achtergronden bij de vijf Duurzaam Veilig-principes, Duurzaam veilig: uitgangspunten, misverstanden en relatie met andere visies. (www.swov.nl)



MAG HET EEN ONSJE GROENER?

Door de uitstoot van broeikasgassen en fijn stof staan verkeer en vervoer vaak centraal in discussies over de menselijk impact op de opwarming van ons klimaat. Voordat we die milieu-consequenties van verkeer en vervoer wat nader gaan bekijken, is het belangrijk om daar eerst een paar opmerkingen over te maken. In de eerste plaats is impact op klimaatverandering maar één van de gevolgen van de vervuiling die verkeer en vervoer veroorzaken. Veel chemicaliën die via de uitlaatpijp in de lucht belanden, hebben vooral ook *lokaal* een sterke negatieve invloed op onze gezondheid en die van ons eigen leefgebied.

Ook klimaatsceptici zouden zich dus zorgen moeten maken over de vervuiling door verkeer en vervoer. Die heeft niet alleen een effect op ons globale klimaat maar vooral op onze eigen gezondheid, hier en nu. Denk maar aan de draconische maatregelen die de Chinese overheid nam om de Olympische spelen in 2008 van frisse lucht te voorzien (hoofdstuk 5). Zelfs al zou de extra CO_2-uitstoot nul effect hebben op klimaatverandering, dan nog zou er alle reden zijn om verkeer en vervoer een onsje groener te maken.
De tweede nuance vooraf gaat juist over die klimaatsceptici. In een geweldig leerzaam boek[1] laat de bekende Delftse hoogleraar Salomon Kroonenberg zien dat veranderingen in ons klimaat niet uitsluitend kunnen worden toegewezen aan menselijk handelen. Integendeel, klimaatverandering is voor de aarde de norm. Want behalve CO_2 en andere broeikasgassen zijn er vele andere, niet door mensen te beïnvloeden, factoren die een rol spelen bij veranderingen in het klimaat op aarde, zoals zonnevlekkencycli en astronomische cycli die periodiek de afstand en de hoek van de aarde t.o.v. de zon beïnvloeden.
Die constatering betekent natuurlijk niet dat we onze kop in het zand moeten steken. De wetenschap laat ons juist inzien dat we onvoorstelbaar veel geluk hebben om in een relatief rustige

klimaatperiode te leven, die ons de mogelijkheid geeft om de aarde te gebruiken zoals we dat nu doen.

Verkeer en vervoer dragen behoorlijk bij aan diverse milieuproblemen. In dit hoofdstuk zetten we de drie belangrijkste op een rijtje en in perspectief: **CO_2-uitstoot, luchtverontreiniging en geluidsoverlast**. We zullen het voornamelijk hebben over *wegverkeer.*
Aan het einde van dit hoofdstuk komen we weer terug op de onderliggende 'motor' achter al dat verkeer: onze behoefte aan vervoer. En dan zien we opnieuw dat techniek alleen, niet de oplossing voor het milieuprobleem oplevert, maar dat we die verandering ook in ons gedrag moeten zoeken.

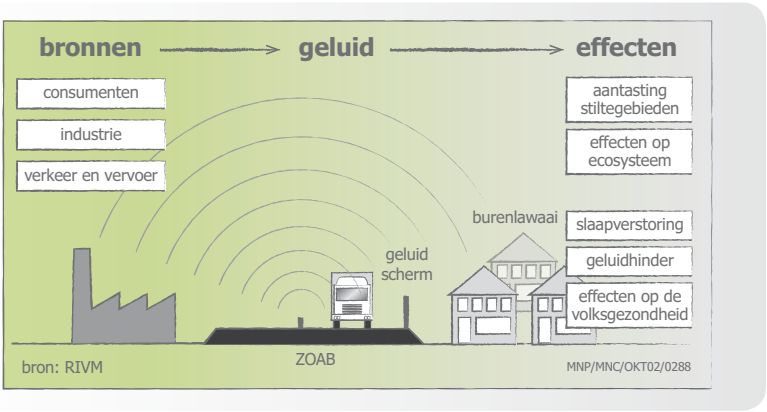
WAAROM VERKEER VERVUILT

Verkeer gebruikt aardolie, in de vorm van benzine, diesel, kerosine, stookolie en LPG. De verbrandingsmotoren van vervoermiddelen zetten de aardolieproducten om in warmte. De warmte (= energie) stuwt de vervoermiddelen voort. Dat is prachtig. Maar helaas ontstaat er bij de verbranding van aardolieproducten ook een restproduct: koolstofdioxide, of in chemische notering, CO_2. En verkeer draagt daar aanzienlijk toe bij: 20 procent van de totale CO_2-uitstoot op Nederlands grondgebied komt uit het verkeer.

Verbrandingsmotoren zijn ook op andere vlakken dan CO_2-uitstoot niet perfect. Ze zorgen voor de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen, zoals stikstofoxiden en fijn stof (PM_{10}). Vooral fijn stof staat de laatste jaren in de belangstelling. Fijn stof is een verzamelnaam voor hele kleine deeltjes die in de lucht zweven: het gaat om deeltjes kleiner dan 10 micrometer (een micrometer is een miljoenste meter).
Wanneer er te veel kleine deeltjes in de lucht zweven, kunnen

ze gezondheidschade veroorzaken. De kleine deeltjes kunnen bij inademing namelijk diep in de longen doordringen. Jaarlijks leven in Nederland enige duizenden mensen enkele dagen tot maanden korter door kortdurende blootstelling aan fijn stof[2]. Langdurende blootstelling aan te veel fijn stof heeft mogelijk zelfs nog grotere effecten op de volksgezondheid. Vraag dat maar aan mijnwerkers. Wetenschappers zien verkeer als een grote boosdoener. Niet alleen omdat verkeer relatief veel fijn stof uitstoot, maar vooral ook omdat het wegverkeer de schadelijke stoffen laag bij de grond en in de woonomgeving uitstoot.

Daarnaast veroorzaakt verkeer lawaai (zie figuur 9.1). In het wegverkeer zorgt het contact tussen banden en wegdek voor lawaai. Dit contactgeluid treedt vooral in hinderlijke mate op bij snelheden van voertuigen boven ruwweg 50 km/u.
Ook contactgeluid tussen treinen en de rails is een belangrijke oorzaak van geluidshinder. Bij het vliegverkeer zorgt landen en stijgen rondom vliegvelden voor lawaai. Figuur 9.1 laat zien dat hinder een belangrijk effect van geluidsbelasting is. Maar teveel geluid kan ook gezondheidschade en aantasting van het leven in natuurgebieden veroorzaken.



Figuur 9.1: Geluidsbronnen en effecten[3].

HOE GROOT IS DE IMPACT VAN VERKEER EN WAT KOST ONS DAT?

Om die vraag goed te beantwoorden, eerst iets over de context. Een recente studie[4] laat zien dat elektriciteitscentrales, ontbossing, industrie en wegverkeer samen driekwart van alle CO_2-uitstoot voor hun rekening nemen, op de voet gevolgd door huishoudens en de dienstensector. De luchtvaart is goed voor circa 1 % van alle uitstoot.

Binnen de sector verkeer is dus vooral het *wegverkeer* dominant in het veroorzaken van milieuproblemen. Dat zien we ook in figuur 9.2, die cijfers weergeeft voor Nederland, waarbij behalve CO_2 ook andere luchtverontreinigende stoffen zijn opgenomen. In 2007 was de bijdrage van wegverkeer aan de CO_2-uitstoot 20 %, de bijdrage aan de emissie van fijn stof lag zo rond de 30 % en de bijdrage aan stifstofoxiden in de orde van 60 %.

Milieuprobleem	
CO_2-uitstoot	Bijdrage (weg)verkeer 20% van totale uitstoot op Nederlands grondgebied.
Luchtverontreiniging (uitstoot stikstof-oxiden en fijn stof)	Bijdrage verkeer in totale fijn stof-uitstoot in Nederland: 30%. In totale uitstoot van stikstofoxiden: 60%.
Geluidshinder	Wegverkeer is de belangrijkste bron van geluidshinder. Ongeveer 40 procent van de Nederlandse bevolking in 2007 ondervond hinder en 30 procent zelfs ernstige hinder van geluid van wegverkeer. Voor luchtvaart liggen deze percentages op 17 respectievelijk 12, en voor railverkeer op 7 respectievelijk 2.

Figuur 9.2: Bijdrage verkeer aan drie belangrijke milieuproblemen[5].

Nederland is natuurlijk klein. Ter illustratie: de uitstoot van CO_2 door verkeer op Nederlands grondgebied bedroeg in 2009 circa 34 miljard kilogram. Even voor de beeldvorming: dat zijn ruim 100.000 tot de nok toe gevulde Boeing-747's. De CO_2-uitstoot door op Nederlands grondgebied getankte brandstoffen voor de internationale zeescheepvaart, binnenvaart en luchtvaart, was in 2007 maar liefst circa 55 miljard kilogram! Op globale schaal tellen lucht- en scheepvaart dus nauwelijks mee qua CO_2-uitstoot, maar in Nederland wel degelijk.
Dat komt omdat Nederland een klein land is, met relatief enorm veel bunkerinname voor internationaal vervoer. Vooral Schiphol en de haven van Rotterdam zijn internationaal belangrijke bunkerhavens. Bunkers zijn accijnsvrije brandstoffen voor grensoverschrijdend verkeer. Er wordt dus flink wat afgetankt in Nederland! Gelukkig (is dat het juiste woord?) hoeven we die niet mee te tellen in de Europese afspraken over de beperking van CO_2-uitstoot.

En dan wellicht de belangrijkste vraag: **wat kosten die milieuproblemen dan?** We weten inmiddels dat verkeersonveiligheid maatschappelijk veel meer kost dan 'in de file staan'. Dat geldt ook voor milieukosten; ook die zijn groter dan de kosten die samenhangen met 'in de file staan' (zie figuur 9.3)!
Die kosten hebben vooral te maken met gezondheidschade. Het is de moeite waard om dit punt nog even te laten resoneren: zowel verkeersonveiligheid als milieuschade kosten ons als maatschappij veel meer dan de economische schade die veroorzaakt wordt door 'in de file staan'.

	Kosten (miljard euro per jaar)
Files	2,4 – 3,2
Milieuschade	2 – 8,5
Verkeersongevallen	10,4 - 13,6

Figuur 9.3: Maatschappelijke kosten van files, milieuschade en verkeersongevallen.[6]

Verkeer en dan vooral verkeer over de weg, heeft dus een grote milieu-impact die grote maatschappelijke kosten met zich meebrengt. Voordat we kunnen nadenken over hoe we daar iets aan zouden kunnen doen, is het van belang om de volgende vraag te beantwoorden:

WELKE FACTOREN BEÏNVLOEDEN HET MILIEUPROBLEEM DOOR VERKEER?

Die vraag is vrij gemakkelijk te beantwoorden. Er zijn grofweg drie factoren die uiteindelijk bepalen hoeveel verontreiniging verkeer veroorzaakt en je zou ze in de vorm van een formule kunnen opschrijven:

Milieudruk =
Hoeveelheid verkeer x Voortstuwingstechniek x Gedrag

Hoe ongunstiger elk van deze drie factoren, hoe groter het milieuprobleem. Laten we ze hieronder kort toelichten.

De omvang van het verkeer. In zijn algemeenheid geldt natuurlijk: hoe meer verkeer, hoe meer uitstoot en hoe meer lawaai. Voertuigen kunnen nog zo schoon zijn, als je er maar genoeg van hebt rondrijden, is de milieu-impact nog altijd groot.

(Voortstuwings)techniek. De techniek van voertuigen bepaalt de uitstoot en geluidsdruk per gereden kilometer. We zullen zo zien dat de gunstige ontwikkeling van de uitstoot van stikstofoxiden en fijn stof vooral een gevolg is van steeds schonere voertuigen per gereden kilometer, afgedwongen door

beleidsmaatregelen. Tot 1997 slaagde techniek in de vorm van stil asfalt en geluidsschermen er ook in de geluidshinder door wegverkeer te doen afnemen. Daarna overheerste de groei in omvang weer.

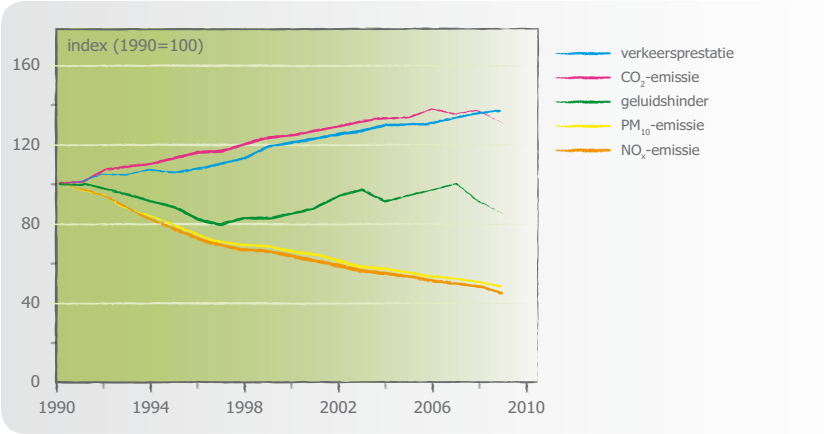
Gedrag. Er zijn twee gedragsaspecten die van belang zijn voor het milieu. De eerste is keuzegedrag. Zo kunnen automobilisten kiezen uit een veelheid van auto's: van hele zware, relatief onzuinige auto's, tot lichte, zuinige auto's. Onzuinige auto's stoten per kilometer relatief veel CO_2 uit (300 gram per gereden kilometer is mogelijk); zuinige auto's veel minder (120 gram per kilometer is mogelijk).
Het tweede aspect is rijgedrag. Agressief rijden is ongunstig voor de uitstoot per gereden kilometer; rustig en goed anticiperend rijden, is juist gunstig. De overheid probeert via voorlichtingscampagnes als 'Het Nieuwe Rijden' steeds meer mensen over te halen tot milieuvriendelijk rijgedrag. Maar rijgedrag is niet alleen een kwestie van goede wil. We weten uit hoofdstuk 4 ook, dat als er eenmaal file ontstaat, dat rijgedrag vooral wordt bepaald door het collectief. Vrachtwagens die in een file uit stilstand moeten optrekken en weer afremmen, stoten vele, vele malen meer fijn stof uit dan als ze rustig kunnen doorrijden. Daarover straks meer. Nu eerst:

ONTWIKKELINGEN IN NEDERLAND VAN DE AFGELOPEN DECENNIA

We hebben duidelijk gemaakt dat *wegverkeer* een belangrijke rol speelt in de milieudruk door verkeer en vervoer. Figuur 9.4 geeft een overzicht van de ontwikkeling van het wegverkeer en de bijbehorende milieudruk, van 1990 tot 2009.
De figuur laat zien, niet verrassend, dat het wegverkeer in omvang flink is gegroeid vanaf 1990. De omvang is in de figuur

uitgedrukt in voertuigkilometers over de weg. Alle kilometers die personenauto's, bestelauto's en vrachtvoertuigen in één jaar over de weg hebben afgelegd, zijn bij elkaar opgeteld.

Tussen 1990 en 2009 heeft de groei van de uitstoot van kooldioxide (CO_2) door het wegverkeer vrijwel gelijke tred gehouden met de groei van het aantal voertuigkilometers. De laatste jaren laten wel een verbetering zien. Dit betekent dat wegvoertuigen gemiddeld in deze periode niet veel zuiniger zijn geworden. De uitstoot van stikstofoxiden (NO_x) en fijn stof door het wegverkeer is sinds 1990 jaarlijks wél gedaald, ondanks dat het aantal voertuigkilometers tussen 1990 en 2009 met een derde is toegenomen.
Dit grote milieusucces komt door Europese normstelling bij personenauto's, bestelauto's en vrachtvoertuigen. EU-beleid is wat milieu-afspraken betreft dus zeer succesvol en wenselijk (zie ook kader)!



Figuur 9.4: Volume-ontwikkeling van het wegverkeer in Nederland afgezet tegen koolstofdioxide-uitstoot van het wegverkeer, de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen (stikstofoxiden, NO_x en fijn stof, PM_{10}) door het wegverkeer en geluidshinder door het wegverkeer.

Aan de afname van geluidshinder door het wegverkeer is echter een einde gekomen. De afname in het begin van de jaren negentig was een gevolg van geluidseisen aan nieuwe wegvoertuigen, het plaatsen van geluidsschermen en het toepassen van stiller asfalt (ZOAB). De toename sinds 1997 is een gevolg van het intensiever worden van het wegverkeer. Opnieuw zien we daar dus dat je nog zoveel eisen kunt stellen, als er maar genoeg verkeer is, neemt de milieudruk toch weer toe.

EUROPESE EMISSIENORMEN WERKEN!

Wegvoertuigen worden steeds schoner door de verscherpte typekeuringseisen die zijn opgelegd door de EU en zijn opgenomen in de Nederlandse wetgeving. Een typekeuringseis (Euro-0, Euro-1, enzovoorts) betekent dat een voertuigfabrikant pas toestemming krijgt om een bepaald type voertuig te verkopen op de Europese markt als dat voertuig voldoet aan een wettelijk voorgeschreven uitstooteis.
Om de luchtverontreiniging door het wegverkeer terug te dringen, zijn vanaf het begin van de jaren zeventig door de EG/EU normen vastgesteld waaraan voertuigen moeten voldoen om op de markt te komen. Deze typekeuringseisen zijn vervolgens in de nationale wetgevingen opgenomen en zijn in de loop der jaren steeds verder aangescherpt: van Euro-0 in 1988 tot Euro-4 vanaf 2005. Euro-5 voor vrachtvoertuigen geldt vanaf 2008. Hoe hoger het cijfer, hoe strenger de uitstooteisen. Inmiddels onderhandelen de Europese Commissie en de autofabrikanten over Euro-6-eisen.

Het aandeel schonere voertuigen neemt door dit beleid langzaam maar zeker toe. De gemiddelde emissie van stikstofoxiden per voertuigkilometer door personenauto's is sinds 1990 met bijna 80 % gedaald. De lagere emissie van stikstofoxiden komt

vooral door de driewegkatalysator. De gemiddelde emissie van stikstofoxiden per kilometer door zware bedrijfsvoertuigen is eveneens gedaald, met ongeveer 50 %.
Sinds 1990 zijn de gemiddelde verbrandingsemissies van fijn stof per voertuigkilometer van personenauto's en zware bedrijfsvoertuigen met respectievelijk ongeveer 60 en 80 % gedaald.[7]

AANPAKKEN BIJ DE BRON?

De formule hierboven (milieudruk = hoeveelheid verkeer x techniek x gedrag), geeft ons direct de handvaten om de milieudruk door verkeer en vervoer te verminderen. Laten we beginnen bij de bron: het voertuig. Als iedereen in voertuigen zou rondrijden die geen enkele schadelijke stof zouden uitstoten en ook geen lawaai zouden produceren, dan was dit hoofdstuk overbodig (de andere hoofdstukken zeker niet!). Behalve dan voor historici: weet je nog, toen we in auto's op fossiele brandstoffen reden? Maar laten we eerst dicht bij de huidige realiteit blijven.

De eerste constatering is dan dat het terugdringen van NO_x en fijn stof in het wegverkeer door gezamenlijke Europese wetgeving best aardig lukt. Maar dat geldt niet voor de CO_2-uitstoot (zie figuur 9.4). De doelstelling is nu dat de CO_2-uitstoot in 2020 door wegverkeer in Nederland is teruggebracht tot maximaal 30–34 miljard kilogram per jaar. Dit is dus een stabilisatie op of onder het niveau van het jaar 2000. Zouden we echter niets doen, dan is dit een afname met 25-30 %. Zelfs om het niveau van 2000 te halen, zullen we dus stevig aan de bak moeten. Een belangrijk deel van de uitstootreductie moet dan ook worden gehaald door Europees beleid. Twee belangrijke agendapunten zijn CO_2-normen voor nieuwe personenauto's en de inzet van biobrandstoffen. Een doel waar Europese politici momenteel over spreken, is om terug te gaan van 160 g/km in 2008 naar

95 gram CO_2 per km in 2020. De reden van de strenge aanpak van de Europese Commissie is dat het 'zachte' beleid tot nu toe niet goed heeft gewerkt. In 1998 sloot de Europese Commissie namelijk een convenant met de Europese, Japanse en Zuid-Koreaanse autofabrikanten om vrijwillig zuinigere auto's te gaan verkopen. Deze aanpak heeft weinig opgeleverd.

De tweede lijn van Europees beleid is de inzet van biobrandstoffen. De inzet van een klein beetje biobrandstoffen is momenteel al verplicht, en zou volgens de beleidslijnen langzaam moeten toenemen. Maar het biobrandstoffenbeleid is de laatste jaren onder vuur komen te liggen.
Er zijn drie redenen voor de controverse. De mate van CO_2-emissiereductie van biobrandstoffen is onduidelijk. Teelt van biobrandstoffen drijft de voedselprijzen op en de teelt van biobrandstoffen kan ten koste gaan van de natuur. Daarom heeft de Europese commissie in 2008 een nieuwe Richtlijn Hernieuwbare Energie bekend gemaakt. Doel is dat in 2020 minstens 10 % van de transportbrandstoffen uit duurzame bronnen komt. Voor biobrandstoffen zullen duurzaamheidscriteria gaan gelden. Hoe deze criteria er uit zien, is nog niet bekend.

Er is ook veel enthousiasme om het verkeer zoveel mogelijk elektrisch te laten plaatsvinden (zie kader). In het begin van de jaren negentig pleitten onderzoekers en beleidsmakers ook al sterk voor elektrische auto's. In de jaren 2000–2004 was het gebruik van waterstof in combinatie met een brandstofcel helemaal in. In dezelfde periode kwamen biobrandstoffen als dé oplossing op. De gedachte bij al deze technieken is dat er geen CO_2-uitstoot bij de voertuigen plaatsvindt, maar bij de productie van biobrandstoffen, waterstof en elektriciteit.
Dit heeft mogelijk twee voordelen. De eerste is dat bij de productie van deze energiedragers, de uitstoot per geproduceerde

Afbeelding 9.5: Voorbeeld van biobrandstof-controverse.

hoeveelheid energie kleiner is dan bij inzet van aardolieproducten in verbrandingsmotoren. Zo is de althans de (hoopvolle) gedachte.
Het tweede voordeel is dat producenten van elektriciteit of waterstof flexibel zijn in de keuze van energiebronnen met geen of lage CO_2-uitstoot om de elektriciteit en waterstof te maken. Voorbeelden van CO_2-arme energiebronnen zijn: kernenergie, windenergie, zonne-energie en kolencentrales in combinatie met het opvangen van de CO_2-uitstoot.

Hoe het ook zal uitpakken, de Nederlandse overheid is wel serieus in haar wens om het Nederlandse autopark te 'vergroenen'. Zo moet de verkoop van schone en zuinige auto's worden gestimuleerd door de aanschafbelasting op nieuwe personenauto's mede afhankelijk te maken van de CO_2-uitstoot en krijgen zuinige zakenauto's een lagere fiscale bijtelling. Dit prijsbeleid haakt aan op de factor 'gedrag', die van invloed is op de milieudruk door verkeer. Via prijsprikkels wil de overheid consumenten verleiden tot het maken van milieuvriendelijke keuzes. Maar die keuzes houden niet op bij het kopen van een auto.

Voordat we in de situatie belanden dat voertuigen echt structureel schoon zijn, moeten we vooral ook kijken naar die andere factoren uit de formule hierboven: onze vervoersbehoefte (die leidt tot de hoeveelheid verkeer die er dagelijks over de wegen rijdt) en ons rijgedrag.

EFFICIËNTER, MAAR OOK SCHONER?

We weten uit hoofdstuk 3 al dat prijsbeleid van alle mogelijke maatregelen waarschijnlijk de meest effectieve manier is om files terug te dringen. Om dat punt nog verder kracht bij te zetten: juist files zorgen voor grote, vooral lokale milieudruk.

Minder verkeer zorgt niet alleen voor minder uitstoot omdat er minder voertuigen rijden, maar dat effect wordt nog vergroot door het feit dat er dan minder filevorming is.
Dat komt omdat de totale hoeveelheid emissies van een verkeersstroom niet alleen evenredig is met de hoeveelheid verkeer maar ook met de gemiddelde snelheid waarmee het verkeer rijdt en de mate waarin dat verkeer accelereert. Juist dat laatste heeft een zeer groot effect, en dan vooral voor vrachtverkeer. Voor elke vrachtwagen die vanuit stilstand optrekt, kunnen wel honderd personenvoertuigen optrekken, tenminste als we kijken naar de uitstoot van schadelijke stoffen.
Maar ook als personenvoertuigen accelereren, produceren ze de grootste hoeveelheid uitstoot. Dus ook uit milieu-oogpunt is de eerste rijtip uit hoofdstuk 4 een zinvolle: rij met een zo constant mogelijke snelheid en accelereer zo geleidelijk mogelijk.

En hoe zit het dan met die derde rijtip uit hoofdstuk 4: 'Ga een krant lezen achter het stuur'? Ook die tip kan in potentie grote winst opleveren vanuit milieu-oogpunt. Verregaande automatisering van het rijgedrag zou een grote stap voorwaarts kunnen betekenen. Denk daarbij aan intelligente systemen in voertuigen die met elkaar onderhandelen over de optimale snelheid en acceleratie, rekening houdend met een zo laag mogelijk brandstofgebruik.
Maar nu komen we op een interessant vraagstuk uit. Door onze auto's te automatiseren en met elkaar en de infrastructuur te laten communiceren, kunnen we veel efficiënter en met veel kleinere volgafstanden gaan rijden. Dat betekent hogere capaciteiten en uiteindelijk ook meer verkeer. Leidt dat dan uiteindelijk ook tot een veel schonere verkeersstroom? Dat is maar de vraag!
Denk maar eens na over het volgende voorbeeld. Vanuit milieu-oogpunt wil je voorkomen dat vrachtwagens moeten stoppen

en optrekken bij verkeerslichten. Altijd groen voor vrachtwagens dus! Maar uit efficiency-oogpunt is dat een hele slechte oplossing, want in de tijd dat één vrachtwagen een kruispunt kan oversteken, zou je veel meer personenauto's kunnen bedienen. Het is dus veel efficiënter om vrachtwagens te bufferen (te laten wachten) en ze dan gezamenlijk te laten optrekken. De milieuconsequenties voor een persoon die op de hoek van zo'n kruispunt woont, zijn wel te raden. De echte opgave is dus om al die doelen (schoner, veiliger en efficiënter) met elkaar te verenigen. Politici noemen ze vaak in één adem, maar uiteindelijk bepalen u en ik of dat gaat lukken. Zijn we bereid efficiency in te leveren voor een schonere leefomgeving? Laten we ons voertuig op de rem stappen als dat beter is voor de gezondheid van mensen die we nooit zullen ontmoeten?

ELEKTRISCHE AUTO'S: HET EI VAN COLUMBUS?

Als het over milieu en verkeer gaat, lijkt de elektrische auto een interessante optie. Een automobilist in een elektrische auto verbrandt namelijk helemaal niets. Hij heeft een auto met een batterij die elektriciteit levert aan een elektromotor waarmee de auto wordt aangedreven. Alleen zo nu en dan de batterij weer opladen – net zoals bij de mobiele telefoon – en weer verder gaan. Het lijkt zo'n goed en 'schoon' idee dat je je afvraagt waarom dat niet veel eerder is bedacht.
Nou, het is veel eerder bedacht. De Groningse hoogleraar Sirbrandus Stratingh (1785–1841) ontwierp al in de jaren 1830 een schaalmodel voor een elektromagnetisch wagentje dat nog steeds te bezichtigen is in het Groninger Universiteitsmuseum.[8]
Het eind van de 19e eeuw was een belangrijke periode voor elektrische voertuigen omdat belangrijke ontdekkingen werden gedaan in de batterij-technologie: zo werden rond 1860-1900 de

moderne lood-batterijen en nikkelbatterijen ontwikkeld.
Het is dan ook niet vreemd dat elektrische voertuigen in de periode 1900-1920 relatief populair waren, overal ter wereld. In Amsterdam reden bijvoorbeeld rond 1910 33 elektrische taxi's rond. Maar de elektrische voertuigen verloren het overal van de brandstofmotoren op benzine en diesel, die tegelijkertijd opkwamen. Er zijn meer redenen voor dit 'verlies' maar de belangrijkste reden is een vrij fundamentele: de zogenaamde energiedichtheid van oplaadbatterijen was (en is nog steeds) vele en vele malen kleiner dan die van benzine en diesel.
Een hoge energiedichtheid betekent dat de auto met slechts een klein beetje benzine en diesel relatief ver kon (en kan) rijden voordat er weer getankt moest worden. De lage energiedichtheid van batterijen betekent dat de automobilist met een elektrische auto heel vaak moest stoppen om weer op te laden (wat lang duurde) of een voertuig moest kopen met veel of hele grote batterijen aan boord wat tot rare, hele grote voertuigen zou leiden. Eigenlijk is dit fundamentele probleem van de batterijtechnologie nog steeds niet goed opgelost.
In en na de Tweede Wereldoorlog werd vanwege olieschaarste wederom geëxperimenteerd met elektrische voertuigen en ook in de jaren 1990 kwamen de elektrische voertuigen weer op. Toen ook sterk gesteund door overheden overal ter wereld vanwege de vermeende positieve milieu-eigenschappen. Maar: wederom waren de technische nadelen van de elektrische voertuigen te sterk om het te winnen van brandstofmotoren.
Anno 2010 is de elektrische auto weer helemaal terug. Overheden zijn enthousiast vanwege de duurzaamheid van de technologie en autofabrikanten zien de huidige hoge olieprijzen als een bedreiging voor hun conventionele verbrandingsmotor en proberen alternatieve technieken uit.
Toch is het maar de vraag of het nu wel gaat lukken. De energiedichtheid van de batterijtechnologie is nog steeds niet

geweldig vergeleken met die van de verbrandingsmotor. Over de vermeende duurzaamheid van elektrische voertuigen wordt druk gedebatteerd want elektriciteit moet immers ook gemaakt worden. En hoe doe je dat? Met kernenergie of met nog meer kolencentrales? En wat is dan precies het milieuvoordeel, zo stellen critici? En de druk van hoge olieprijzen kan zomaar weer wegvallen, zo heeft de grillige geschiedenis van de olieprijzen bewezen. Kortom: het is onzeker of de elektrische auto nu eindelijk doorbreekt.

NOTEN/LITERATUUR:

1 *S. Kroonenberg (2008). De menselijke maat: de aarde over tienduizend jaar. Olympus (zie ook http://www.salomonkroonenberg.nl).*

2 *Plan Bureau voor de Leefomgeving (PBL) (2009). Beleidsgericht onderzoeks-programma fijn stof - Resultaten op hoofdlijnen en beleidsconsequenties. PBL. (http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/500099013.pdf).*

3 *Plan Bureau voor de Leefomgeving (PBL) (2009)(http://www.compendium-voordeleefomgeving.nl/).*

4 *J. Olivier, J. van Aardenne, F. Dentener, V. Pagliari, L. Ganzeveld & J. Peters (2005). Recent trends in global greenhouse gas emissions: regional trends 1970-2000 and spatial distribution of key sources in2000. Environmental Science, 2(2-3), blz. 81-99.*

5 *Plan Bureau voor de Leefomgeving (PBL) (2011) (http://www.compendium-voordeleefomgeving.nl/onderwerpen/nl0023-Verkeer-en-milieu.html?i=23)*

6 *Kennis Instituut voor Mobiliteitsbeleid (KIM)(2010). Mobiliteitsbalans 2010. KIM (http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/kamerstuk-ken/2010/10/25/bijlage-1-kim-rapport-mobiliteitsbalans-2010.html)*

7 *Plan Bureau voor de Leefomgeving (PBL) (2011) (http://www.compendium-voordeleefomgeving.nl/indicatoren/nl0388-Wegvoertuigen-naar-milieuklasse.html?i=23-102)*

8 *http://www.rug.nl/museum/geschiedenis/hoogleraren/stratingh.*

Ministerie van VROM (2004). Nationaal Milieubeleidsplan 4, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu.

Ministerie van VROM (2007). Werkprogramma Schoon en Zuinig, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu.

Milieu en Natuur Planbureau (MNP) (2007). Nationale Milieuverkenning 6. MNP. H. Nijland (2004) Technische oplossingen voor verkeerslawaai, een nieuw geluid? Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 25 en 26 november, Zeist. (http://www.cvs-congres.nl/cvspdfdocs/cvs0405.pdf).

REGELT HET VERKEER ZICHZELF IN 2050?

Dat is een vraag die wellicht niet veel automobilisten zullen stellen, maar het is er wel een die de gemoederen in Den Haag druk bezig houdt. Veel beleidsmakers denken dat verkeer- en vervoersystemen zich prima zelf zouden kunnen regelen met de hulp van heel veel slimme technologie.

Het succes van TomTom laat zien dat mensen met slimme technologie prima zelf kunnen bepalen wanneer ze vertrekken en hoe ze gaan rijden. Tel daar de razendsnelle ontwikkelingen in de voertuig-ICT bij op en de gedachte dat voertuigen het straks onderling wel gaan regelen, is helemaal zo gek nog niet. Wie weet immers hoe we reizen in 2050? Reizen we straks in volledig geautomatiseerde individuele voertuigen, zoals in veel *science fiction* films is te zien? Als we daar nu heel hard in gaan investeren, zou dat zo maar kunnen gebeuren!

Afbeelding 10.1: Man in jetpack[1].

Nadenken over de toekomst van verkeer en vervoer is behalve leuk dus ook heel belangrijk voor welke beslissingen we nu nemen over investeringen in nieuwe wegen, technologie en openbaar vervoer. In dit boek hebben we telkens weer gezien dat verkeer en vervoer het resultaat is van (collectief) menselijk gedrag. Nadenken over toekomstige verkeer- en vervoersystemen betekent dus ook nadenken over toekomstig menselijk gedrag en vooral over de consequenties daarvan.
En een goede voorspelling voor dat toekomstige gedrag, is de situatie hier en nu. Laten we daar eens nader naar kijken en dan eerst even naar het fenomeen:

ZELFORGANISATIE

Reizigers zijn normaal gesproken goed in staat om hun optimale route te kiezen, op grond van hun ervaring en soms ondersteund door een navigatiesysteem. En zolang het rustig is op de weg, en er zich geen onverwachte zaken voordoen, leiden al die individuele keuzes tot een hele evenwichtige situatie in het netwerk, waarin goed gebruik wordt gemaakt van de beschikbare ruimte. Ook op de weg zelf, zien we deze efficiënte zelforganisatie. Automobilisten verdelen zich bijvoorbeeld in het algemeen evenwichtig over de rijstroken, wat leidt tot een goede benutting van de weg.

Dat geldt voor auto's, maar ook voor voetgangers. Een goed voorbeeld is wanneer twee groepen voetgangers op elkaar inlopen. Je verwacht het misschien niet, maar er ontstaat geen chaos en de boel stagneert niet… maar bijna als vanzelf en in heel korte tijd ontstaan er dynamische loopstroken waarbinnen de voetgangers niet of nauwelijks worden gehinderd door voetgangers uit de andere richting.

Dat is dus zelforganisatie in optima forma! Nu zou je kunnen denken dat deze prachtige zelforganisatie ontstaat omdat we nu eenmaal van die weldenkende, intelligente en coöperatieve wezens zijn… maar dat is een onterechte veronderstelling. Zelforganisatie komt namelijk ook buiten de mensenmaatschappij voor. Het is een bekend kenmerk van zogenaamde 'gedreven veel-deeltjes systemen' die we ook in de biologie, de fysica en in de scheikunde tegenkomen. Voor al deze systemen geldt dat er onder bepaalde voorwaarden (bijvoorbeeld wanneer de bewegingsruimte afneemt) collectieve patronen worden gevormd waarin de individuele deeltjes 'beter af lijken te zijn'.
We zagen dit al bij onze voetgangers. Maar denk ook eens aan

de fascinerende dynamiek van een school vissen of van een zwerm spreeuwen. Toch is de coördinatie niet georkestreerd en is er ook geen sprake van een bewuste, intelligente samenwerking tussen de 'deeltjes' – de spreeuwen, de vissen of de mensen.
De dynamische patronen die ontstaan, zijn vaak buitengewoon complex en niet in enkele simpele regels te vatten. Het *individuele* gedrag van de deeltjes kun je echter vaak wel met een paar eenvoudige gedragsregels beschrijven: ze willen bijvoorbeeld niet tegen elkaar botsen, maar ook niet op te grote afstand van elkaar bewegen. Dit is een typisch kenmerk van zelforganisatie.

DAT LOOPT ALLEMAAL PRIMA WANNEER HET NIET TE DRUK IS

Maar op een gegeven moment loopt die zelforganisatie tegen zijn grenzen aan en is het nodig om in te grijpen. Kijken we bijvoorbeeld weer naar voetgangersstromen. We hebben gezien dat de voetgangers die in de verschillende richtingen lopen, zichzelf groeperen en dat er bij tweerichtingsverkeer keurige loopstroken ontstaan. Maar… naarmate het drukker wordt, stagneert dit strookvormingsproces. De loopstroken vallen uiteen of ontstaan zelfs niet, wat in veel gevallen leidt tot zware congestie.
Soms is dit een tijdelijk of een heel lokaal probleem, maar afhankelijk van waar het vastloopt en hoe druk het precies is, kan er ook een kettingreactie ontstaan. De dichtheden kunnen dan enorm oplopen, met voetgangersstromen tot wel tien voetgangers per vierkante meter (probeer dit maar eens thuis).

De krachten die voetgangers daarbij op elkaar uitoefenen zijn extreem hoog en bewegingen worden ongecontroleerd. Het mag duidelijk zijn dat dit soort situaties bijzonder gevaarlijk zijn:

bij de Love Parade in Duisburg (juli 2010) vielen 21 doden te betreuren en honderden gewonden.
Het verschijnsel dat verkeer zich bij toenemende drukte steeds minder efficiënt gedraagt, zien we bij zowel voetgangersverkeer als autoverkeer. Bij een toenemende verkeersdruk ontstaan er nog wel zelforganiserende patronen maar deze zijn juist verre van efficiënt. Met als gevolg dat de problemen alleen nog maar groter worden, want:

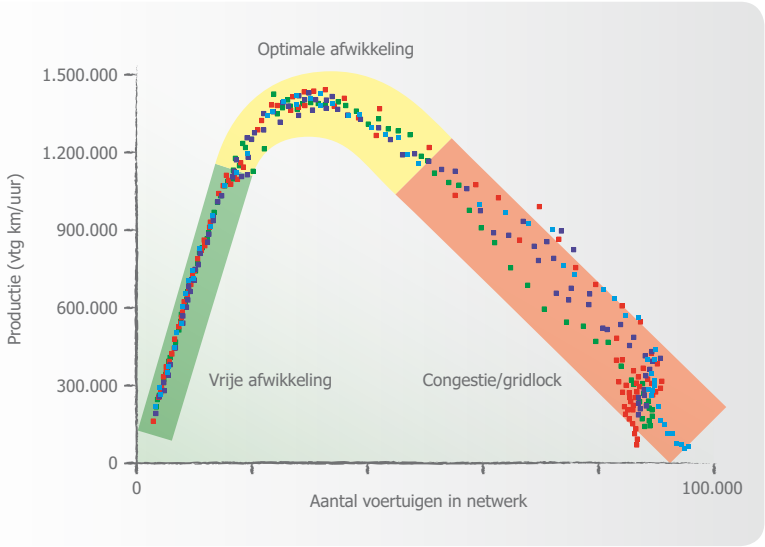
VERKEERSYSTEMEN DRAAIEN ZICHZELF BIJ OVERBELASTING IN DE SOEP

We hebben in hoofdstuk 4 gezien dat als de verkeersvraag maar groot genoeg is, er altijd file ontstaat. En dat die file groeit in de tegengestelde richting. Wat kan er nu gebeuren als er een file in een stedelijk wegennetwerk ontstaat?

Een wachtrij voor een verkeerslicht kan bijvoorbeeld zó lang worden dat de voertuigen bij het verkeerslicht daarvoor, niet meer allemaal kunnen wegrijden. Het gevolg is dat nu ook daar een wachtrij ontstaat. Er ontstaat dus ook in een netwerk een soort domino-effect.
Problemen op één locatie kunnen zich zo als een olievlek over een netwerk verspreiden. Het aardige is dat dit 'olievlek'-fenomeen met een heel eenvoudige relatie kan worden beschreven. En die beschrijving biedt ook gelijk handvaten voor oplossingen.

Laten we eens simpelweg tellen hoeveel voertuigen er zich in een netwerk bevinden en hoeveel er per tijdseenheid het netwerk verlaten, dus hun rit beëindigen. Dan blijkt er een eenvoudige relatie te zijn die laat zien hoe een heel verkeersnetwerk zichzelf op deze manier in de soep draait. Deze relatie wordt wel het netwerk fundamenteel diagram (NFD) genoemd (figuur 10.2).

Dit beschrijft de samenhang tussen aan de ene kant de aantallen trips die binnen een uur kunnen worden voltooid, maal de lengte van die trips (de zogenaamde verkeersproductie) en aan de andere kant de belasting van het netwerk. Die belasting wordt uitgedrukt in het aantal voertuigen dat zich op een gegeven moment in het netwerk bevindt.



Figuur 10.2: Netwerk fundamenteel diagram (NFD) van een deel van het netwerk van San Francisco[2].
Op de verticale as staat de productie (aantal voltooide trips per uur maal de gemiddelde lengte van die trips), op de horizontale as het aantal voertuigen aanwezig in het netwerk.

In een leeg netwerk neemt de productie uiteraard toe naarmate er meer voertuigen bijkomen. Dit is goed te zien in de figuur (linkerzijde van de grafiek). Maar zodra er zich meer dan een bepaald aantal voertuigen in een netwerk bevinden, gaat de productie niet meer omhoog.
Er is een 'ideale' hoeveelheid voertuigen in het netwerk bereikt,

waarbij het aantal voertuigen dat zijn bestemming bereikt, ook maximaal is. Komen er dan nog meer voertuigen bij, dan gaat de productie juist weer naar beneden, zoals te zien is aan de rechterkant van de grafiek.

Dat komt omdat die voertuigen elkaar in de weg gaan zitten en allerlei routes en kruispunten gaan blokkeren. In het uiterste geval ontstaat een situatie die we wel gridlock noemen. In een netwerk met *gridlock* zijn zoveel voertuigen aanwezig dat uiteindelijk niemand meer op zijn bestemming aankomt. Afbeelding 10.3 laat dit mooi zien.
Op deze rotonde in Beijing blokkeren alle richtingen elkaar, waardoor het verkeer letterlijk niet meer van zijn plaats komt. Dit is een mooi voorbeeld van hoe zelforganisatie vanaf een bepaald punt (heel erg) inefficiënt wordt. Maar wat dan? Hier komt verkeersmanagement om de hoek kijken…..

Afbeelding 10.3: Gridlock in Beijing!

LANGZAMER IS SNELLER

Als het *te* druk wordt, functioneert de zelforganisatie, die anders leidt tot zo'n prachtige, evenwichtige verdeling, dus niet meer.

Integendeel, bij grote drukte organiseert verkeer zichzelf in de soep.
De consequentie daarvan is verstrekkend: als het te druk wordt, kun je niet meer vertrouwen op zelforganisatie om files op te lossen maar moet je – van buitenaf – gaan sturen om te voorkomen dat gridlock ontstaat. Dat kan bijvoorbeeld door voertuigen te leiden langs andere routes dan die ze zelf zouden hebben gekozen, of zelfs door verkeer tijdelijk tegen te houden.

Op kleine schaal kennen we deze principes heel erg goed. Door een verkeerslicht bij een invoegstrook voor een snelweg te plaatsen (toeritdosering), kun je voorkomen dat er file ontstaat op de snelweg. Ook al moeten voertuigen nu even wachten voor ze mogen invoegen, het netto resultaat is dat iedereen (op de snelweg en op de invoegstrook) uiteindelijk beter af is.
Maar er zijn nog veel meer voorbeelden die laten zien dat geleiden en sturen leidt tot winst voor iedereen. En die zou niet worden geboekt als je mensen zelf maar hun gang laat gaan. **Geleiden en sturen is dus geen luxe, maar bittere noodzaak.**

Zo is uitgerekend dat als Walcheren onverhoopt overstroomt door een dijkdoorbraak ten westen van Vlissingen, maar 25.000 tot 40.000 van alle 120.000 inwoners zich op tijd uit de voeten kunnen maken als ze zelf bepalen wanneer en langs welke route ze naar de veilige wal rijden. Door te sturen en geleiden kunnen we dat aantal ruim verdubbelen!
De eerder genoemde 21 doden bij de Love Parade in Duisburg hadden kunnen worden voorkomen als de organisatie en de autoriteiten nauw hadden samengewerkt en een solide 'verkeersmanagement-plan' hadden voorbereid. Daarin hadden de voetgangersstromen zo moeten worden geleid en gestuurd dat de enorme druk die bij de hoofdingang ontstond, nooit had plaatsgevonden. Een team van internationale topwetenschappers, waaronder

prof. Serge Hoogendoorn van de TU Delft, maken nu deel uit van een expertteam dat zich bezighoudt met het herontwerpen van de infrastructuur die leidt naar de Heilige Moskee in Mekka, waar miljoenen moslims hun Hadj voltooien. Dit om nieuwe drama's te voorkomen.

Nu is het de hoogste tijd om terug te keren naar:

DE TOEKOMST

De les die we al eerder trokken is dat een volledig zelforganiserend verkeer- en vervoersysteem alleen maar kan bestaan als het niet te druk wordt. De onvermijdelijke consequentie daarvan is dat het in veel gevallen verstandig is om de mens 'uit de loop' te halen en de belangrijke beslissingen (zoals afstand houden en routekeuze) door intelligente systemen te laten maken.

In hoofdstuk 4 gaven we als derde rijtip al: 'Ga een krant lezen achter het stuur'. Dat advies kan best eens heel realistisch worden, gezien het tempo waarin de automatisering in onze auto's geavanceerder wordt. Zo'n intelligent voertuig komt echter alleen tot zijn recht als het rijdt op intelligente infrastructuur, die als het ware meedenkt met het voertuig en op het juiste moment de juiste informatie naar voertuigen kan versturen.

Denk eens aan het volgende voorbeeld. Je rijdt al lezend door een drukke straat. Iets verderop staat een verkeerslicht dat jouw auto informeert om alvast wat vaart te minderen omdat er een colonne vrachtcontainers uit de andere richting aankomt, die eerst mag oversteken.
Precies op het moment dat de laatste voorbij suist, alarmeert een verkeerslicht verderop het verkeerslicht voor je neus, dat er een wachtrij staat die niet op tijd zal oplossen. En dat er ook

een belangrijk zijstraat zou worden geblokkeerd als je meteen door zou rijden. In plaats van doorrijden, wacht je nu toch twintig seconden extra, zodat de wachtrij verderop kan oplossen en je straks zonder het netwerk te blokkeren en zonder extra vertraging, kunt doorrijden.
Er is dus geen sprake van *of* investeren in intelligente voertuigen, *of* investeren in intelligente infrastructuur, het is én, én! Het gaat daarbij niet alleen om razendsnelle computers of breedband-communicatie maar juist om de intelligentie, de slimme algoritmes!

De boodschap naar de wegbeheerders en verkeersmanagers van vandaag is dan ook: jullie hebben in de toekomst – hoe die er dan ook uitziet – nog steeds een heel belangrijke rol, al verandert die wellicht van regisseur naar medespeler.
Het echt leuke vraagstuk wordt dan welke technologieën en vervoersvormen we straks kunnen verwachten? Is het denkbaar dat we in een soort jetpack door onze steden vliegen? Of gaan we helemaal af van individueel vervoer en verplaatsen we ons straks uitsluitend per supersnelle trein, tram of mini-vliegbus? Of:

NEMEN WE GEWOON DE FIETS?

In Nederland is die vraag heel logisch. De elektrische fiets is eind jaren negentig als nieuw product op de markt gekomen. Een elektrische fiets is een fiets met trapondersteuning waarbij je zelf moet fietsen, maar de accu van de fiets ondersteunt je daarbij tot een snelheid van 20-25 kilometer per uur.
De elektrische fiets is snel populairder aan het worden: het aantal verkochte elektrische fietsen is gestegen van 3 % in 2006 naar 14 % in 2010. De verwachting is dat dit aandeel verder zal stijgen en dat de aanschafprijs zal afnemen.

Afbeelding 10.4: Artist impression voor een heuse fietssnelweg (de F35), inmiddels wordt deze gerealiseerd en wie weet volgen er meer[3]!

Ook de fietsinfrastructuur wordt verder ontwikkeld. In het oog springend is het idee van de zogenoemde fietssnelwegen. Fietssnelwegen zijn fietspaden zonder kruisingen of stoplichten. Hierdoor hebben deze wegen een vlotte doorstroming en vormen ze een veilige en comfortabele lange-afstandsverbinding.
De volgende stap is zelfs om deze te overdekken om fietsers te beschermen tegen regen en wind om het fietsen nog aantrekkelijker te maken. Er zijn zelfs proeven gaande om fietsers met een kunstmatige wind een duwtje in de rug te geven, waardoor snelheden van 40 km/u kunnen worden gehaald.

OF TOCH MAAR DE AUTO?

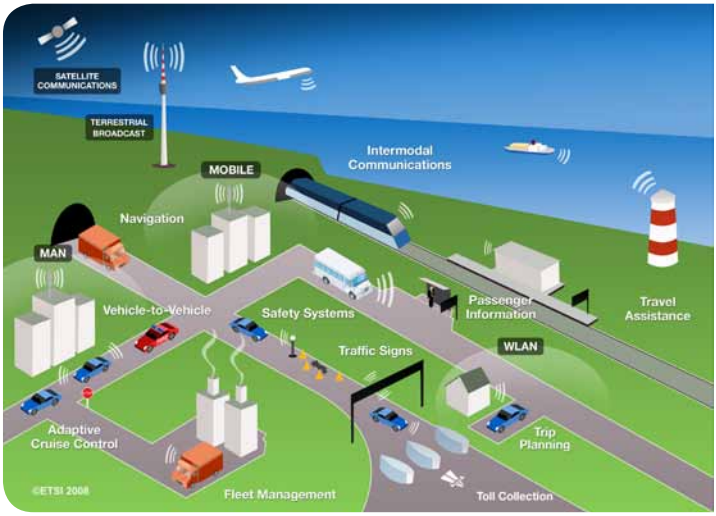
Die moet dan wel een heel stuk schoner en efficiënter worden. Daar wordt veel onderzoek naar gedaan en langzaam begint de elektrische auto een plek in de showrooms te veroveren (zie ook hoofdstuk 9). Belangrijke verbeterpunten voor volledig elektrische voertuigen zijn de actieradius, de oplaadsnelheid en de aanschafkosten. Toekomstige ontwikkelingen in batterijtechnologie en snelle oplaadstations moeten hier een oplossing bieden.

Verder wordt er hard gewerkt aan een overgang van de gewone mechanische besturing van de auto naar volledig elektronisch gestuurde systemen als *steer by wire, brake by wire en drive by wire.*

Naast innovaties voor de aandrijving van auto's worden er ook allerlei technologieën ontwikkeld die de rijtaak van de bestuurder moeten verbeteren. Totale Automatische Voertuiggeleiding (AVG), waarbij je dus al krantlezend door een stad heen rijdt, is nog verre toekomstmuziek. Maar veel van de technologieën om die 'droom' waar te maken zijn al beschikbaar.
Veel autofabrikanten investeren in systemen die de bestuurder ondersteunen bij het afstand houden, koers houden, inhalen, snelheid bepalen, zicht op de omgeving houden en alert blijven.
In de showrooms kun je langzaam aan kiezen uit Adaptive Cruise Control (ACC), Lane Departure Warning (LDW), Blind Spot Warning, Intelligent Speed Adaption (ISA), en zelfs Night Vision-systemen. Maar:

ER KAN AL VEEL MEER

Naast rijtaak-ondersteuning biedt slimme informatie- en communicatie-technologie ook veel mogelijkheden voor ondersteuning gedurende een gehele verplaatsing. Het toekomstbeeld van ICT in verkeer en vervoer gaat uit van de informatie die alom aanwezig en beschikbaar is, een beeld dat we ook al in hoofdstuk 3 tegenkwamen (Utopia!).
De technologie hiervoor ligt binnen handbereik, maar een belangrijke stap die nog moet worden gemaakt, is dat aanbieders van informatie hun systemen en diensten op elkaar afstemmen en afspraken maken over het wederzijdse gebruik van informatie.



Figuur 10.5: Toekomstbeeld ICT in verkeer en vervoer[4].

EN HET OPENBAAR VERVOER?

Dit soort innovaties wordt trouwens al langer, in meer of mindere mate, in het OV toegepast. Denk aan automatische bussen (Phileas), recente betaalsystemen (de OV-chipkaart), actuele OV-reisinfo op haltes, lightrail, speciale rijstroken, enzovoorts.
In de toekomst verwachten we nog betrouwbaardere en nauwkeurigere technologie, die de prestaties van deze innovaties verbeteren, tegen lagere kosten.
Daarnaast is er een aantal innovaties die mogelijk in de wat verdere toekomst zijn intrede zal doen. Een voorbeeld hiervan is de OV-Shuttle/Peoplemovers. Deze beogen de voordelen van de auto (deur tot deur transport) en het OV (werken in de trein) te combineren. De gedachte is dat met een shuttle, zoals met een gewone personenauto, naar een aanhaakzone gereden wordt. Daar aangekomen wordt er aangehaakt en vervolgens wordt de reis volledig automatisch vervolgd tot de afhaakzone. Vanaf daar vervolgt men zelf verder de weg tot op bestemming. De auto 2.0 dus!

Maar ook de treinen staan niet stil! hogesnelheidstrein ondergaat een sterke revival in de laatste jaren. In Europa ontstaat zo langzaam aan een competitief netwerk van zulke hogesnelheidslijnen (TGV, Eurostar, ICE, Thalys), dat een prima alternatief biedt voor het vliegtuig.
In China is in de afgelopen jaren een nieuw super-geavanceerd hogesnelheidsnetwerk uit de grond getrokken dat de concurrentie met minder duurzame vormen van vervoer prima kan doorstaan. Als alles volgens plan verloopt, ligt er daar tegen 2012 een netwerk met een totale lengte van 13.000 kilometer waarop 42 verschillende lijnen rondrijden!

MAAR HET KAN NOG VEEL GEKKER

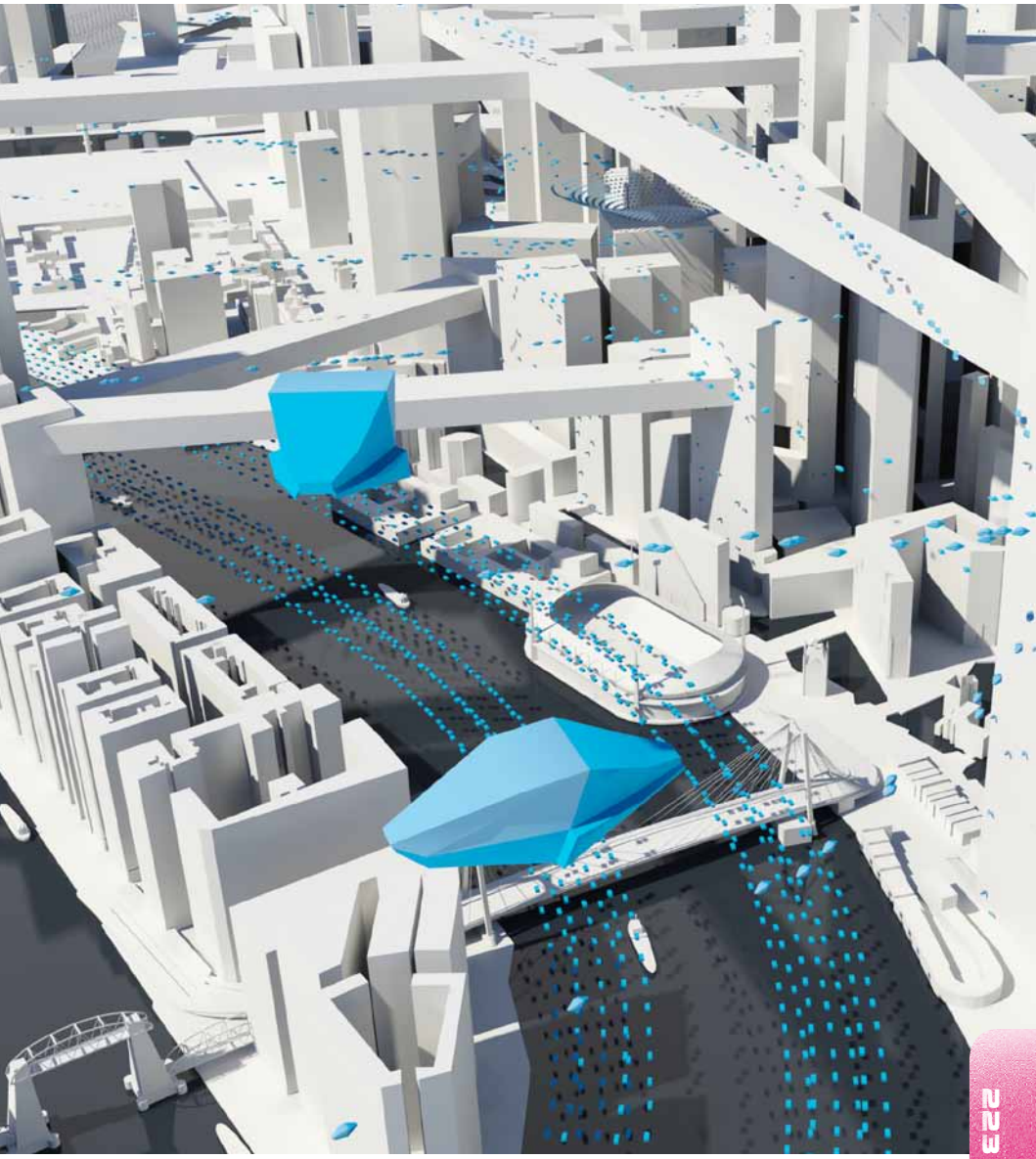
Een Chinese ontwerper heeft een bus bedacht die niet op aparte busbanen raast maar gewoon op de snelweg rijdt, of beter gezegd, *over* de snelweg. Die bus is eigenlijk een soort rijdende tunnel die passagiers over een file wachtende auto's heen vervoert (zie afbeelding 10.6).
Het is nog een concept! Hoe je dit gevaarte precies over de bestaande infrastructuur moet laten rijden is nog voer voor lange uurtjes aan de tekentafel, maar als er één land is dat in korte tijd kan en durft te innoveren, dan is het China.

Afbeelding 10.6: het kan nog gekker.

Er zijn meer out-of-the-box denkers die zich bezighouden met de toekomst van verkeer en vervoer. Het superbus-project van Wubbo Ockels, ex-astronaut en hoogleraar aan de TU Delft, is daar een voorbeeld van.
De bekende architect Winy Maas heeft met zijn architectenbureau MVRDV bijvoorbeeld het Skycar-concept bedacht (afbeelding 10.7), waarin vliegende voertuigen door een driedimensionaal netwerk van wegen razen. Bij de TU Delft werkt Maas in zijn zogenoemde Why Factory samen met ontwerpers en studenten aan volledig nieuwe concepten voor steden van de toekomst. The *robotic city* bijvoorbeeld, een stad waarin bijna alle economische activiteiten die we nu zelf ondernemen, volledig zijn geautomatiseerd en robots veel van onze huidige activiteiten op zich nemen.
Maar nu weer even met de voeten op aarde…

WAT KUNNEN WE NU ECHT VERWACHTEN?

Met ons huidige begrip van verkeer- en vervoersystemen kunnen we constateren dat er ontzettend veel factoren van invloed zijn op hoe de toekomst eruit zal zien. De economie, de technologie, het klimaat, de wereldpolitiek. Het voorspellen van de toekomst is dus bijzonder lastig, maar het verkennen van mogelijke ontwikkelingspaden naar de toekomst, is wel goed mogelijk. En vervolgens kunnen we kijken tot welke acties deze ontwikkelingspaden leiden.
Een ontwikkelingspad waarin fossiele brandstoffen (zoals aardolie) onbetaalbaar wordt, zal bijvoorbeeld leiden tot de ontwikkeling van alternatieve bronnen voor de opwekking van energie. Daarmee worden wellicht totaal andere nieuwe alternatieve vervoerwijzen mogelijk en is de visie van Winy Maas ineens niet meer zo heel futuristisch.
De verkeers- en vervoerdeskundigen in die toekomst houden



Afbeelding 10.7: Toekomstvisie Skycar City, volgens Architectenbureau MVRDV. Een van de oprichters van dit bureau, de bekende landschapsarchitect Winy Maas, is ook hoogleraar aan de TU Delft (www.thewhyfactory.com).

zich dan bezig met de vraag hoe je zo'n systeem veilig, efficient en betaalbaar houdt. Wellicht is de vraag dan niet meer of reizigers zelf aan het stuur zitten (natuurlijk niet, dat kan toch helemaal niet!) maar gaat het er om wie er recht heeft op de beste routes en *tijdslots*.

Het ligt hoe dan ook zeer voor de hand dat doorbraken in de ICT gevolgen zullen hebben voor hoe mensen straks leven en reizen. Wie had bijvoorbeeld dertig jaar geleden verwacht dat het grootste deel van de Nederlandse bevolking een mobiele telefoon en breedband-internet zou hebben?
Beide technologieën bepalen nu in belangrijke mate hoe we onze dag invullen en daarvan afgeleid, welke personen- en goederenstromen er over al die vervoersnetwerken stromen.

De grootste verandering komt misschien uit de reiziger zelf. Op het moment dat dit boek verschijnt, nemen automobilisten in de leeftijdsklasse tussen 21 en 30 jaar zo'n 14 % van het aantal gereden kilometers voor hun rekening, tegen 21 % in 1995. Achter die getallen schuilen belangrijke demografische en sociale veranderingen.
Jonge mensen ('Generation Y') zijn nu kennelijk minder gehecht aan hun auto dan die van slechts één generatie terug. Dat komt onder andere omdat jongeren willen kunnen netwerken via Facebook, Twitter of Hyves, en dat gaat niet achter het stuur…
Aan de andere kant: steeds meer ouderen blijven tot op hoge leeftijd mobiel en zeer gehecht aan hun persoonlijke vervoermiddel. Boodschappen doen we steeds vaker via het internet. Maar die spullen moeten wel op onze deurmat vallen, en het liefst dezelfde dag nog.

MET EEN JETPACK NAAR HET WERK?

Toch is enige reserve wel nodig bij het beoordelen van toekomstscenario's. We blijken er namelijk ontzettend vaak heel erg naast te zitten! Bijvoorbeeld: in 1974 werden vijftig experts uit de VS ondervraagd over wanneer zij dachten dat we snelwegen vol automatisch geleide voertuigen konden verwachten.

De consensus was dat 2000 het meest waarschijnlijke jaar was. Uit een recentere studie[5] blijkt dat de verwachtingen rondom automatische voertuiggeleiding inmiddels minder hoog gespannen zijn. Een derde van de ondervraagde experts verwachtte de automatische piloot in de periode 2010-2020 en bijna de helft pas na 2020.
Alle experts waren het er wel over eens dat het juridische vraagstuk (wie betaalt de rekening bij een botsing) nog wel eens het grootste struikelblok zou kunnen worden. Maar dat zijn verwachtingen uit een tijd dat de Twin Towers de skyline van New York bepaalden, het klimaatvraagstuk nog niet zo sterk speelde, Beijing bezig was met de bouw van de derde ringweg en internet op je mobiel iets was voor mensen met hele snelle duimen.

De jetpack komt niet voor in de wetenschappelijke literatuur over de toekomst van het verkeer en vervoer. Terecht of onterecht?
Als we kijken naar de stormachtige ontwikkelingen in ons vakgebied in de laatste eeuw, is niets onwaarschijnlijk. Het is ook niet onwaarschijnlijk dat het verkeer zichzelf regelt in 2050.
Maar dan moet er wel heel veel gebeuren. Zowel onze voertuigen als de infrastructuurnetwerken waarop ze rijden, moeten zijn voorzien van veilige, efficiënte en vooral intelligente systemen die met elkaar communiceren en ons volledig automatisch en zonder een druppel energieverspilling van A naar B te brengen.
De grootste sprong moet echter plaatsvinden in onszelf. Staan wij

zo'n volledig automatisch verkeersysteem toe? Geven we het stuur daarvoor uit handen?

NOTEN/LITERATUUR:

1 http://www.jetpackinternational.com

2 *Bewerkt uit: C. Daganzo (2007). Urban gridlock: Macroscopic modeling and mitigation approaches. Transportation Research Part B: Methodological, 41(1), blz. 49-62.*

3 https://www.fietssnelwegen.nl

4 http://www.smart-mobilitynetwork.com

5 *V. Marchau & R. van der Heijden (2000). Introducing advanced electronic driver support systems: An exploration of market and technological uncertainties. Transport Reviews, 20(4), blz. 421-433.*

Adviesdienst Verkeer enVervoer (AVV) (2000). Mobiliteit verkend - Feiten achter het NVVP. AVV.

S. Underwood, K. Chen & R.D. Ervin (1991). Future of Intelligent Vehicle-Highway Systems: A Delphi Forecast of Markets and Sociotechnological Determinants. Transportation Research Record 1305, blz 291-304.

E-J. Sol, B. van Arem & F. Hagemeier (2008). A 5 generation reference model for intelligent cars in the twenty-first century. Proceedings of the 15th World Congress on Intelligent Transport Systems, November 16-20, 2008, New York.

S. Hoogendoorn (2011): Sturen op verkeersstromen – Waarom we niet zonder verkeersmanagement kunnen. Dies-rede tijdens de 169ste Dies Natalis van de TU Delft.

S.P. Hoogendoorn, M. Westerman & S. Hoogendoorn-Lanser, Future scenarios for Traffic Information and Management, TRB 90th Annual Meeting Compendium of Papers DVD, 2011 (verschijnt ook in de Transportation Research Records).

Serge Hoogendoorn, Sascha Hoogendoorn-Lanser, Jaap van Kooten, and Suerd Polderdijk, Integrated Network Management: Towards an Operational Control Method. TRB 90th Annual Meeting Compendium of Papers DVD, Jan 2011.

NAWOORD EN DANK-WOORD

NAWOORD

We weten dus heel wat van verkeer en vervoer. We weten hoe mensen rijden en reizen en hoeveel tijd en geld mensen aan verkeer en vervoer willen besteden. We begrijpen steeds beter hoe files ontstaan, hoe verkeer het milieu beïnvloedt, en wat verkeersonveiligheid veroorzaakt.
Ook hebben we in dit boek een aantal oplossingen gegeven om met deze problemen om te gaan. Anders betalen voor mobiliteit, schonere technologieën, beter managen van verkeersstromen, slimmere voertuigen en beter geïnformeerde reizigers zijn hiervan belangrijke voorbeelden.

Men zou dus kunnen concluderen dat we eigenlijk best wel goed weten wat we moeten doen om verkeers- en vervoersproblemen aan te pakken. Helaas is de werkelijkheid vaak weerbarstiger.
Ten eerste gaat het bij veel beslissingen om verkeer en vervoer te verbeteren, om het vinden van een balans tussen bereikbaarheid, veiligheid en milieu.
Harder rijden (130 km/u) is prima, maar niet ten koste van milieu en veiligheid; elektrisch rijden is prachtig voor het milieu maar mag de actieradius van de auto en de veiligheid niet benadelen; systemen die helpen bij het vermijden van botsingen mogen de doorstroming niet beperken!

Nieuwe maatregelen veroorzaken nieuw gedrag bij mensen, wat oorspronkelijk bedoelde effecten kan tegengaan. Mensen rijden harder met veiligere auto's; het verhogen van de capaciteit van wegen trekt meer verkeer aan; technologieën kunnen nu eenmaal falen. Dit onbedoelde gedrag is vaak lastig te voorspellen en kan alleen door ervaring en observatie in kaart gebracht worden.

Verder zijn er allerlei externe ontwikkelingen die verkeer en vervoer beïnvloeden. Economische groei, vergrijzing, technologische vooruitgang, leefpatronen zijn hier wat voorbeelden van. Het is best lastig om te weten hoe deze ontwikkelingen verkeer en vervoer beïnvloeden.
Zo mogelijk nog ingewikkelder is het om deze ontwikkelingen zelf te voorspellen. Wie weet wat de economische groei zal zijn over een paar jaar (en de daarmee samenhangende transportvraag)? Wie kan een (groot) ongeval voorspellen? Hoe zullen de huidige kinderen over twintig jaar wonen, werken en recreëren? In hoeverre zal de batterijtechnologie verbeteren zodat we allemaal elektrisch kunnen rijden?

Ten slotte hebben verschillende betrokkenen bij verkeer en vervoer verschillende belangen en doelen. Verschillende verkeersdeelnemers hebben verschillende voorkeuren over bereikbaarheid, milieu en verkeersveiligheid. En alsof dat nog niet genoeg is, blijkt ook het relatieve belang dat we hechten aan bereikbaarheid, milieu en veiligheid nog eens aan verandering onderhevig. Na een groot ongeval wordt veiligheid ineens een stuk belangrijker; de huidige olieschaarste en het klimaatbesef zet milieu nu prominent op de agenda. En er zijn zelfs doelen die los staan van verkeer en vervoer die ineens de kop opsteken (privacy).

Kortom: maatregelen die we nu nemen, kunnen in de toekomst wel eens minder gewaardeerd worden of zelfs niet eens meer nodig zijn. Betekent dit nu dat we niets kunnen doen om files te verminderen, verkeersveiligheid te vergroten en de milieudruk te verlichten? Absoluut niet! We moeten alleen rekening houden met het feit dat onze voorspellingen een beperkte waarde hebben en niet in (oude) fouten vervallen waarbij we, koste wat het kost, doorgaan op reeds ingeslagen wegen.

Daarnaast resteert er na de ‘wat’-vraag, altijd nog de ‘hoe’-vraag! Weten we bijvoorbeeld dat beprijzen een goede oplossing is om files aan te pakken, dan wil dat nog niet zeggen dat je dit rechttoe, rechtaan kunt uitvoeren. Daarvoor dien je in een vroeg stadium rekening te houden met de wensen van diverse betrokkenen die anders bij uitvoering kunnen gaan dwarsliggen of zelfs de uitvoering kunnen blokkeren.

We begonnen dit boek met te zeggen dat de kennis die we nu hebben van verkeer- en vervoersystemen niet ‘af’ is. Naast het verbeteren van de bestaande kennis, gaat het dus ook om nieuwe kennis, waarbij we verkeer en vervoer als onderdeel van een veranderende samenleving zien. Alleen dan zal het mogelijk zijn om beter om te gaan met huidige en toekomstige verkeers- en vervoersproblemen. We hopen dat dit boek hiervoor een eerste aanzet geeft!

DANKWOORD

Wij zijn veel mensen dankbaar voor hun bijdrage aan dit boek. Omdat de uiteindelijke opzet van het boek heel anders is uitgepakt dan onze oorspronkelijke vraag aan de verschillende auteurs, hebben we vaak verschillende stukken van verschillende auteurs aan elkaar geplakt en bewerkt. In het hoofdstuk auteurs wordt een overzicht gegeven van de verschillende hoofdstukken en hun auteurs. Naast de auteurs was dit boek onmogelijk geweest zonder de kritische en scherpe pen van Peter Baeten (tekstschrijver), die ons heeft geholpen om dit alles tot een leesbaar, samenhangend en vooral ook leuk boek samen te voegen. De prachtige en grappige illustraties van Jeroen Canton, die met een paar beelden elk hoofdstuk en zelfs het boek als geheel heeft samengevat, maken de zaak compleet.

Wij danken alle auteurs voor de tijd en moeite die ze hebben gestoken in het aanleveren van de teksten en voor het vertrouwen en de flexibiliteit om deze door ons naar believen te gebruiken! Wij hopen van harte dat jullie net zo blij zijn met het resultaat als wij. Verder gaat dank uit naar Karin van Beek en Berry Eshuis van LENS! communicatie, die het boek een prachtige look en feel hebben gegeven, naar Ria Hueber en Simone de Jong van de afdeling Marketing en Communicatie (TU Delft), en naar Felicita Viglietti (TRAIL), die de financiën op orde bracht. Dank ook aan Jan Linssen, voor de spontane toezegging om dit boek mee te helpen promoten vanuit "Vrij baan voor vernuft" (www.vrijbaanvoorvernuft.nl). Dit is een initiatief van een aantal toonaangevende bedrijven die het beter managen en benutten van weginfrastructuur door slimme technologie voorstaat.

Ten slotte danken we al die wetenschappers die niet mee-schreven aan dit boek maar op grond van wiens werk we nu langzaamaan beginnen te begrijpen hoe verkeer- en vervoer-systemen in elkaar zitten.

Hans van Lint & Vincent Marchau

AUTEURS

Dit boek is samengesteld door onderzoekers Hans van Lint en Vincent Marchau. De auteurs per hoofdstuk zijn:

- Bert van Wee, Hans van Lint en Vincent Marchau: Hoofdstuk 1 'Alles hangt met alles samen.'
- Jan Anne Annema en Vincent Marchau: Hoofdstuk 2 'Gedaan met de rust - Hoe is het zover gekomen?'
- Hans van Lint, Michiel Bliemer en Karel Brookhuis: Hoofdstuk 3 'Moeten we anders betalen voor onze mobiliteit?'
- Hans van Lint: Hoofdstuk 4 'Ontstaan files door slechte chauffeurs?'
- Rob van Nes en Hans van Lint: Hoofdstuk 5 'Waarom bestaat er geen perfect transportnetwerk?'
- Rob Goverde en Wijnand Veeneman: Hoofdstuk 6 'Ligt het allemaal aan die blaadjes op de rails?'
- Bert van Wee, Chantal Cantarelli, Vincent Marchau en Hans van Lint: Hoofdstuk 7 'Waarom lopen megaprojecten vaak zo mega uit de hand?'
- Fred Wegman, Marianne Hagenzieker en Vincent Marchau: 'Hoofdstuk 8 Waarom geen 0 doden op de weg?'
- Jan Anne Annema, Vincent Marchau en Hans van Lint. Hoofdstuk 9 'Mag het een onsje groener?'
- Serge Hoogendoorn, Bart van Arem, Hans van Lint en Vincent Marchau. Hoofdstuk 10 'Regelt het verkeer zichzelf in 2050?'

Dr. Jan Anne Annema

Jan Anne onderzoekt lange-termijn ontwikkelingen binnen verkeer en vervoer, milieu aspecten, kosten-baten analyses en ex ante evaluaties.

Prof.dr.ir. Bart van Arem

Bart richt zijn onderzoek op de impact van ICT op mobiliteit en met name die binnen het voertuig, maar ook vele andere gebieden binnen verkeer en vervoer.

Dr. Michiel Bliemer

Michiel doet onderzoek naar vervoersmodellen, dynamische verkeerstoedeling en discrete keuzetheorie.

Prof. dr. Karel Brookhuis

Karel onderzoekt menselijke psychologie en perceptie in verkeer en vervoer, bijvoorbeeld op het gebied van verkeersinformatie.

Ir. Chantal Cantarelli

Chantal doet onderzoek naar transportinfrastructuur en vervoerplanning met een focus op kostenoverschrijdingen van grootschalige projecten.

Dr. Rob Goverde

Rob doet onderzoek naar railnetwerken en het managen van treindiensten op zulke netwerken.

Dr. Marjan Hagenzieker

Marjan onderzoekt de effecten van beleidsmaatregelen en menselijk gedrag op verkeersveiligheid.

Prof.dr.ir. Serge Hoogendoorn

Serge's onderzoek richt zich o.a. op verkeersstroomtheorie en simulatie, regeltechniek, voetgangersstromen en grootschalige evacuaties.

Prof.dr. Martin de Jong

Martin richt zich in zijn onderzoek vooral op institutionele aspecten van besluitvorming rond ruimtelijke ordening en verkeer. Daarbij richt hij zich vooral op internationale vergelijking van besluitvorming.

Dr.ir. Hans van Lint

Hans doet onderzoek naar verkeersstroomtheorie, het schatten en voorspellen van files en reistijden, intelligente transportsystemen en verkeersmanagement.

Dr.ir. Vincent Marchau

Vincent's onderzoek richt zich op beleidsanalyse van transport, in het bijzonder toekomstverkenningen transport en omgaan met onzekerheid bij besluitvorming transport.

Dr.ir. Rob van Nes

Rob onderzoekt vooral het ontwerp van transportnetwerken voor zowel privaat als publiek vervoer, rekening houdend met individueel en collectief keuzegedrag.

Dr. Wijnand Veeneman

Wijnand onderzoekt en adviseert over het spel tussen overheden en vervoerders en hoe dat kan leiden tot aantrekkelijk en betaalbaar openbaar vervoer.

Prof.dr. Bert van Wee

Bert doet onderzoek naar lange-termijn analyse en ontwikkelingen in verkeer en vervoerbeleid en de effecten daarvan op veiligheid, het milieu en bereikbaarheid.

Prof.ir. Fred Wegman

Fred onderzoekt verkeersveiligheid in de brede zin, hij is ook directeur van de stichting wetenschappelijk onderzoek verkeersveiligheid (SWOV).

DE FILE, DAT BEN JE ZELF

Is kilometerheffing een goed idee? Ligt de ellende bij de NS aan die blaadjes op de rails? Regelt het verkeer zichzelf in 2050? En waarom lopen megaprojecten financieel vaak zo mega uit de hand? Allemaal vragen uit de wereld van verkeer en vervoer waarop menig politicus en burger zo maar het antwoord denkt te weten.
Maar hebben die politici en burgers eigenlijk wel de beschikking over de juiste informatie en inzichten? Zou het niet veel beter zijn als iedereen die zich bemoeit met verkeer en vervoer, toegang heeft tot in elk geval de wetenschappelijke basiskennis over dit vakgebied?
Met dit boek neemt de TU Delft die handschoen op. Aan de hand van vragen zoals hierboven, lopen onderzoekers van de TU Delft met zevenmijlslaarzen door 'bijna' het gehele vakgebied van verkeer en vervoer. Met soms verrassende uitkomsten…

De file, dat ben je zelf, werd samengesteld door onderzoekers Hans van Lint en Vincent Marchau, beiden verbonden aan de TU Delft en Onderzoekschool TRAIL.

www.defiledatbenjezelf.nl

ISBN 978-90-5269-398-9

TU Delft Delft University of Technology TRAIL