

#2

DTO SLEUTEL

VERPLAATSEN

ONTWERP VAN DUURZAME VERVOERSYSTEMEN

INTERDEPARTEMENTAAL ONDERZOEKPROGRAMMA DUURZAME TECHNOLOGISCHE ONTWIKKELING



HOE KUNNEN WE ECONOMISCHE GROEI EN DUURZAAMHEID MET ELKAAR RIJMEN?

EN WELKE ROL KAN TECHNOLOGIE DAARBIJ SPELEN? HET INTERDEPARTEMENTAAL ONDERZOEK-PROGRAMMA DUURZAME TECHNOLOGISCHE ONTWIKKELING (DTO) HEEFT DEZE VRAGEN BE-ANTWOORD, DOOR EEN GROOT AANTAL SLEUTELPROJECTEN OP TE ZETTEN. DAARUIT BLIJKT DAT DUURZAAMHEID NIET ALLEEN EEN SCHONE WENS IS; HET LEVERT OOK NIEUWE KANSEN OP IN HET HIER EN NU.

Vervoer van mensen en goederen kost veel energie en belast het milieu in meerdere opzichten. Ruimtegebrek veroorzaakt congestie, waardoor de mobiliteit steeds verder onder druk komt te staan. Om aan de groeiende mobiliteitsbehoefte tegemoet te komen zijn er alternatieven nodig zoals efficiënte voertuigen, ondergronds goederentransport en een betere vervoersorganisatie waardoor mensen zich comfortabel en milieuvriendelijk van deur tot deur kunnen verplaatsen.

Om een duurzaam vervoerssysteem te ontwerpen, heeft het interdepartementaal onderzoek-programma Duurzame Technologische Ontwikkeling (DTO) een sprong in de tijd gemaakt. Welke verplaatsingsbehoefte heeft onze samenleving over vijftig jaar? En hoe kunnen we daar op een duurzame manier in voorzien? Vanuit een duurzaam toekomstbeeld is vervolgens aangetoond welke kansen er op korte termijn bestaan voor nieuwe technologieën en systemen.

In dit boek wordt de bijzondere werkwijze van DTO beschreven en geïllustreerd met voorbeelden. Dit boek vormt daarmee een handreiking aan bedrijven en bestuurders die zich willen voorbereiden op een duurzame toekomst.

Het DTO-programma is in 1993 van start gegaan en in 1997 afgesloten. Het programma is ingesteld door de volgende vijf ministeries: ECONOMISCHE ZAKEN, LANDBOUW, NATUURBEHEER EN VISSERIJ, ONDERWIJS, CULTUUR EN WETENSCHAPPEN, VERKEER EN WATERSTAAT, VOLKSHUISVESTING, RUIMTELIJKE ORDENING EN MILIEUBEHEER.



#2

DTO SLEUTEL

VERPLAATSEN

ONTWERP VAN DUURZAME VERVOERSYSTEMEN

INTERDEPARTEMENTAAL ONDERZOEKPROGRAMMA DUURZAME TECHNOLOGISCHE ONTWIKKELING



CIP-gegevens Koninklijke Bibliotheek, Den Haag: DTO SLEUTEL VERPLAATSEN, ONTWERP VAN DUURZAME VERVOERSYSTEMEN
Interdepartementaal Onderzoekprogramma Duurzame Technologische Ontwikkeling (DTO)
ISBN 90-71694-90-9 / NUGI 661 / 841 • trefw.: duurzame ontwikkeling, mobiliteit

© DTO / UITGEVERIJ TEN HAGEN & STAM BV, 1997

De teksten in deze uitgave zijn vrij van auteursrecht. Overname en reproductie is toegestaan, mits onder vermelding van titel, auteur en uitgever:
DTO SLEUTEL VERPLAATSEN; ONTWERP VAN DUURZAME VERVOERSYSTEMEN • Interdepartementaal Onderzoekprogramma Duurzame Technologische Ontwikkeling (DTO)
Uitgeverij ten Hagen & Stam, Den Haag, 1997.

Gelieve bij overname van teksten hiervan melding te maken bij: Uitgeverij ten Hagen & Stam b.v. • Techniek & Natuurwetenschappen •
Postbus 34 • 2501 AG Den Haag • telefoon: 070-3046171 • fax: 070-3045808

Reproduction of the texts in this book is permitted, provided title, author and publisher are given proper credits. Please give notice to the publisher (ten Hagen & Stam b.v.) if you plan on using (parts of) this text.

De auteur en de uitgever hebben geprobeerd om de juiste beeldverwijzingen en rechthebbenden te vermelden en om toestemming te krijgen voor de reproductie van de afbeeldingen.
Omdat sommige afbeeldingen niet te traceren waren, zou de uitgever graag de informatie ontvangen van de betreffende rechthebbenden die niet in deze lijst vermeld staan.
Verbeteringen zullen worden rechtgezet in volgende uitgaven. p.2: Loopbrug tussen de TNO gebouwen in Delft, Cas Oorthuys/Nederlands Fotoarchief • p.4: Nam June Paik • p.7: Ox-Chair; Hans J. Wegner • p.12: Buro Schie • p.24: Jacques Vink • p.26: buizentransport; DTO • p.27: Buizentransport; DTO • p.30: Buizentransport; DTO • p.36: Westlight/Chuck O'Rear/ABC Press • p.41: Hybride motor van de Swatch-car van Mercedes Benz • p.48: Frits J. Rotgans/Nederlands Fotoarchief • p.56: TNO; Cas Oorthuys/Nederlands Fotoarchief • Themafoto's: Henk Elenga

INHOUD

INLEIDING	5
HET PROGRAMMA DTO	7
STAP 1: WAAR LOOPT HET VERKEER OP VAST?	13
DE CONSTATE FACTOR VAN VERNIEUWING INTERVIEW MET DR. RUUD FILARSKI	18
STAP 2: VERPLAATSEN IN 2040	21
STAP 3: VIER BOUWSTENEN VAN EEN DUURZAAM VERVOERSSYSTEEM	25
NIEUWE KANSEN VOOR HET OPENBAAR VERVOER INTERVIEW MET PROF. DR. IR. H. PRIEMUS	28
STAP 4: KANSEN VOOR INNOVATIES	31
STAP 5: DUURZAAM VERPLAATSEN IN BEELD	37
GAT IN DE MARKT VOOR NIEUW TYPE OPENBAAR VERVOER INTERVIEW MET DRS. J. M. B. M. WARMERDAM	46
STAP 6 EN 7: HET RESULTAAT	49
SUMMARY	50
SAMENVATTING	53
COLOFON	56



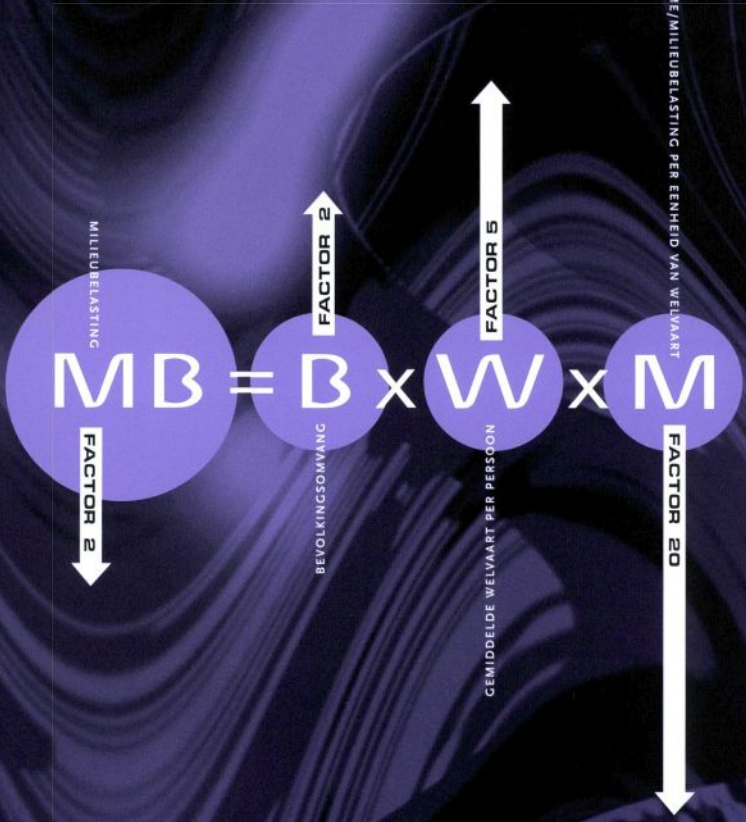
INLEIDING

KANS OF BEDREIGING?

Dag na dag vragen meer mensen om meer welvaart. Productie en consumptie nemen hand over hand toe. De samenleving vraagt om meer voeding, meer water en meer consumptieartikelen. Ook de mobiliteitsbehoefte neemt toe. Mensen reizen steeds vaker en leggen daarbij steeds grotere afstanden af. Goederen worden over de hele wereld verplaatst.

Leidt deze groei tot verdere aantasting van het milieu? Raken schaarse goederen, ruimte en frisse lucht op? Gelukkig is er een andere weg. We hoeven groei niet als een bedreiging te zien. Het kan een drijfveer zijn voor innovatie. Een drijfveer om systemen, technologieën en gebruikspatronen te vernieuwen. Om welvaart en duurzaamheid te verenigen.

In deze publicatie worden illustraties gegeven van duurzame vervoerssystemen. Systemen waarmee het mogelijk is om méér mensen en méér goederen te verplaatsen, zonder dat die verplaatsingen schade toebrengen aan het milieu en zonder dat brandstofvoorraden uitgeput raken. Het blijkt dat duurzaamheid mogelijk is. Sterker nog; het biedt nieuwe perspectieven voor bedrijven, instellingen en overheden die met verplaatsen te maken hebben.



MILIEUBELASTING

$$MB = B \times W \times M$$

FACTOR 2

FACTOR 2

BEVOLKINGSMYANG

FACTOR 5

GEMIDDELTE WELVAART PER PERSOON

FACTOR 20

METABOLISME/MILIEUBELASTING PER EENHEID VAN WELVAART

DE MOGELIJKHEDEN EN KANSEN

van een duurzame welvaartsontwikkeling zijn in kaart gebracht in het kader van het Interdepartementaal Onderzoekprogramma Duurzame Technologische Ontwikkeling (DTO). Dit programma is toegespitst op vijf behoeften. Behalve om verplaatsen gaat het om voeden, huisvesten en water en om de mogelijkheden van een groene chemie waarmee we kunnen voorzien in basisstoffen voor de industrie.

HET JAAR 2040 IS HET ORIËNTATIEPUNT

van het DTO-programma. Dat is twee generaties na nu. Tegen die tijd is de bevolking in Nederland gegroeid tot ruim zeventien miljoen. Op wereldschaal is de bevolking gegroeid tot negen à twaalf miljard mensen. Tevens zal het welvaartspeil flink zijn gestegen. Met name de welvaartsstijging in landen van Afrika, Latijns Amerika en Azië draagt bij aan een sterke mondiale groei. Wanneer we een rechtvaardige verdeling van de welvaart over de wereld nastreven, dan leidt dat tot een zeer sterke toename van productie en consumptie. Het is evident dat de technologieën en systemen van vandaag hier niet tegen zijn opgewassen.

REDUCTIES MET EEN FACTOR 20 Dat is het doel van het DTO-programma. Dat wil zeggen: twintig keer minder milieubelasting per eenheid van welvaart. Reducties in die orde van grootte zijn noodzakelijk omdat de voorraden grondstoffen en fossiele brandstoffen nu eenmaal uitputtelijk zijn en het vermogen van het ecosysteem om verontreinigingen te incasseren beperkt is. Op sommige punten zijn de grenzen nu al in zicht. Het is de uitdaging om te schetsen hoe economische en demografische groei mogelijk zijn terwijl tegelijk de totale milieudruk omlaag gaat. De benodigde reducties kunnen we niet simpelweg bereiken met bestaande systemen en technologieën. Er is een omslag nodig naar nieuwe grondstoffen en materialen, andere productietechnieken en nieuwe systemen.

TECHNOLOGIE DIENT ALS INGANG om de reducties te bewerkstelligen. Technologie is echter geen doel op zich, maar een hulpmiddel om te voorzien in menselijke behoeften. Technologische oplossingen hebben alleen kans van slagen als die een passend antwoord vormen op maatschappelijke ontwikkelingen en het zijn vaak structurele en culturele factoren die duurzaamheid in de weg staan. In deze publicatie staan technologische innovaties daarom niet op zichzelf, maar worden ze beschreven in relatie tot culturele en structurele ontwikkelingen.

HET DTO-PROGRAMMA IS IN 1993 VAN START GEGAAN EN IS IN 1997 AFGESLOTEN. HET PROGRAMMA IS EEN INITIATIEF GEWEEST VAN DE VOLGENDE VIJF MINISTERIES: **ECONOMISCHE ZAKEN • LANDBOUW, NATUURBEHEER EN VISSERIJ • ONDERWIJS, CULTUUR EN WETENSCHAPPEN • VERKEER EN WATERSTAAT • VOLKSHUISVESTING, RUIMTELIJKE ORDENING EN MILIEUBEHEER.**

De resultaten van de vijf deelprogramma's zijn in aparte publicaties beschreven. Deze publicatie gaat over het deelprogramma **Verplaatsen**. Aan het DTO-programma is een bijdrage geleverd door zeer veel belanghebbenden en deskundigen afkomstig van bedrijfsleven, wetenschap, overheid en maatschappelijke organisaties. De namen van degenen die een bijdrage hebben geleverd aan het deelprogramma **Verplaatsen**, zijn in de colofon op pagina 56 van deze publicatie vermeld.



FACTOR 20

HOE GROOT IS DE BELASTING DIE WE UITOEFENEN OP DE MILIEUGEBRUIKSRUIMTE? DE AMERIKAANSE BIOLOOG EN MILIEUDESKUNDIGE BARRY COMMONER HEEFT IN 1972 DE MILIEUBELASTING (MB) OMSCHREVEN ALS HET PRODUCT VAN DRIE FACTOREN.

DE WERELDBEVOLKING (B) ZAL OVER VIJFTIG JAAR NAAR SCHATTING TWEE MAAL ZO GROOT ZIJN ALS NU. DE WELVAART (W) PER PERSOON ZAL DAN GEMIDDELD VIJFMAAL ZIJN GESTEGEN. WILLEN WE DE TOTALE MILIEUDRUK HALVEREN, DAN VOLGT DAARUIT DAT HET METABOLISME (M) MET EEN FACTOR TWINTIG MOET WORDEN TERUGGEBRACHT.

DE DTO-WERKWIJZE:

VANUIT DE TOEKOMST OP WEG

Welke innovaties zijn nodig om een duurzame ontwikkeling op gang te brengen en zo mogelijk te versnellen? Welke knelpunten zijn er? Welke oplossingen zijn haalbaar en langs welke route kunnen we die implementeren? Om deze vragen op een systematische manier te beantwoorden, is tijdens het DTO-programma een nieuwe werkwijze ontwikkeld, die is samengevat in een stappenplan. In deze publicatie kunt u lezen hoe binnen het DTO-programma Verplaatsen aan dat stappenplan gevolg is gegeven. De werkwijze is niet alleen voor dit programma ontwikkeld, maar kan ook als leidraad dienen voor andere bedrijven, maatschappelijke organisaties en overheden die zich oriënteren op de toekomst en daartoe een innovatiestrategie voor de lange termijn ontwikkelen.



VIER ELEMENTEN ZIJN KENMERKEND VOOR DE DTO-AANPAK:

Oplossingen voor de lange termijn bepalen de richting voor maatregelen op korte termijn. We gaan vanuit een visie op de toekomst op zoek naar mogelijkheden en kansen. Het zijn daardoor niet de huidige kansen en bedreigingen die het onderzoek sturen, maar toekomstige behoeften en doelstellingen.

De technologie vormt de ingang van het programma, maar worden niet los gezien van culturele en structurele factoren. Culturele factoren bepalen de noodzaak en de acceptatie van de technologie. Structurele factoren bepalen hoe de technologie kan worden ingebed en gerealiseerd.

De ontwikkeling van draagvlak is cruciaal, want dat biedt een basis om op verder te gaan. Een goed draagvlak ontstaat door oplossingen tot stand te brengen in samenwerking en in samenspraak met iedereen die uiteindelijk met de ontwikkelde plannen te maken krijgt.

Creativiteit en een heldere toekomstvisie ontstaan niet in een keer. De werkwijze die DTO heeft ontwikkeld is dan ook niet lineair, zoals het stappenplan wellicht doet vermoeden, maar iteratief. Dat wil zeggen dat regelmatig een stap terug wordt gezet wanneer zich nieuwe inzichten aandienen.

DTO IN ZEVEN STAPPEN

STAP 1: STRATEGISCHE PROBLEEMORIËNTATIE Een visie op duurzaamheid vormt de ruggengraat van het programma. Binnen het DTO-programma gaan we uit van economische en demografische groei zonder uitputting van grondstofvoorraden, zonder aantasting van biodiversiteit en zonder accumulatie van afvalstoffen. Een consequentie van die keuze is, dat reducties van de milieubelasting met een factor twintig of daaromtrent nodig zijn.

Om de huidige onduurzaamheden en de benodigde trendbreuken op het spoor te komen, is een brede en fundamentele analyse nodig: een strategische probleemoriëntatie. Het gaat immers niet om het verhelpen van lokale of specifieke knelpunten, maar om een totaalaanpak, waarbij sociale, culturele en technologische dimensies elkaar raken.

De strategische probleemoriëntatie is geen bureauwerk. Een essentiële bijdrage wordt geleverd door een brede groep betrokkenen: belanghebbenden en deskundigen afkomstig uit meerdere disciplines.

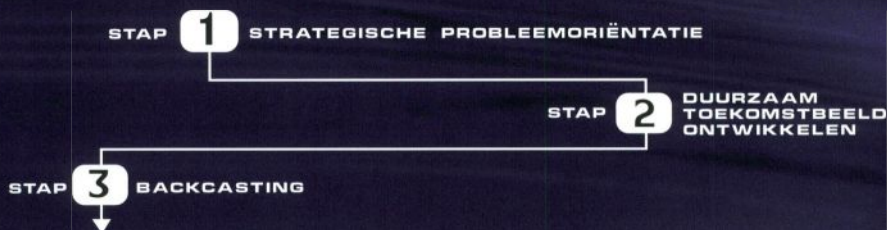
STAP 2: SCHETS VAN EEN DUURZAME TOEKOMST Een realistische en consistente schets van de wereld van morgen vormt de kapstok voor innovaties. De tweede stap van het DTO-programma bestaat daarom uit de ontwikkeling van zo'n toekomstschets. Die schets is bedoeld als richtinggevend streefbeeld. Een schets in houtskool. De vragen die bij de ontwikkeling van die schets centraal staan, zijn: hoe ziet de samenleving er over vijftig jaar uit, welke behoeften kent die samenleving en hoe kan de technologie behulpzaam zijn om daar op een duurzame manier in te voorzien?

Vijftig jaar vooruit denken mobiliseert creativiteit, smooit een aangeboren neiging tot extrapoleren en biedt de mogelijkheid om los te komen van actuele beperkingen. Binnen de DTO-programma's is de creativiteit op verschillende manieren extra geprikkeld. Bijvoorbeeld tijdens brainstormsessies en workshops met deelnemers afkomstig uit verschillende disciplines, in interviews met wetenschappers in binnen- en buitenland en met uitnodigingen aan specialisten om in een essay hun persoonlijke visie weer te geven. De toekomstschets is daarmee een beeld dat door meerdere partijen wordt gedragen.

ONTWIKKELING LANGE TERMIJN VISIE



ONTWIKKELING LANGE TERMIJN VISIE



STAP 3: BACKCASTING Tussen de werkelijkheid van vandaag en de schets van de toekomst loopt een denkbeeldige ontwikkelingslijn. Het beoogde eindpunt van die lijn hebben we in stap 2 geformuleerd. Backcasting is een methode om de ontwikkelingslijn in omgekeerde richting langs te lopen en daarmee innovaties te identificeren die noodzakelijk zijn om het eindpunt te bereiken. Dat kunnen technologische innovaties zijn, maar ook culturele of structurele. Ook backcasting vergt, net als de ontwikkeling van een toekomstschets, de inbreng van betrokkenen afkomstig uit meerdere organisaties, bedrijven en disciplines. En ook in deze stap zijn brainstormsessies, workshops en verzoeken om essays goede middelen om die inbreng te genereren. Het einddoel van dit deel van het programma is een kritische selectie van kansrijke innovaties die tot stand zijn gekomen in samenspraak met alle betrokken partijen.

ONTWIKKELING KORTE TERMIJN AANPAK



STAP 4: DEFINITIEFASE De geselecteerde ideeën worden verder onderzocht. We bepalen welke resultaten kunnen worden bereikt met de beschreven oplossingen, welke structurele, technologische en culturele maatregelen noodzakelijk zijn en welke bedrijven of instellingen in staat zijn om de ideeën verder te ontwikkelen. Gespecialiseerde bureaus, instituten en universiteiten kunnen de aangedragen oplossingen concretiseren en op hun haalbaarheid analyseren. Het einddoel van deze stap is een gemotiveerde keuze voor de meest kansrijke opties.

STAP 5: UITWERKING Het beoogde eindresultaat van het DTO-programma is een illustratie van de technologie, bijvoorbeeld in de vorm van een demonstratieproject of in de vorm van *Research & Development* programma's om de gevonden oplossingen uit te werken en de benodigde trendbreuken te bewerkstelligen. De analyse die heeft geleid tot de keuze voor kansrijke opties in stap 4, wordt daarom in deze vijfde stap verder onderbouwd. De voorgestelde oplossingen worden gespecificeerd en voorzien van een ontwikkelingsplan met een tijdspad. Het is de bedoeling dat de uitwerking tot de verbeelding spreekt van een grote groep belanghebbenden; een illustratie waaraan iedereen kan zien welke acties nodig zijn om op termijn een duurzame technologie te realiseren.



ONTWIKKELING LANGE TERMIJN VISIE



ONTWIKKELING KORTE TERMIJN AANPAK



STAP 6: SAMENWERKING EN INBEDDING De ontwikkeling van draagvlak heeft als een rode draad door het gehele DTO-programma gelopen. Het eindresultaat van het programma is dan ook meer dan het idee van een paar mensen. De samenwerking met kennisinstellingen, overheden, bedrijven en maatschappelijke organisaties garandeert een zekere inbedding. Voor vrijwel alle onderdelen van het programma zijn partners gevonden die bereid en in staat zijn om in onderlinge samenwerking de innovaties verder te brengen. Er zijn nieuwe allianties gevormd, die in deze stap van het programma worden geformaliseerd. De deelnemende partners nemen de verantwoordelijkheid voor de uitvoering van de demonstratieprojecten en de ontwikkelingsprogramma's over.

UITVOERING



STAP 7: REALISATIE EN IMPLEMENTATIE Het einddoel van het DTO-programma is uiteraard dat de ontwikkelde duurzame technologie werkelijkheid wordt en tastbare resultaten oplevert. De fundamentele werkwijze, de betrokkenheid van een groot aantal partijen en de voortdurende oriëntatie op de lange termijn vormen goede uitgangspunten voor innovaties met een duurzaam resultaat.



ONTWIKKELING LANGE TERMIJN VISIE

STAP 1 STRATEGISCHE PROBLEEMORIËNTATIE



WAAR LOOPT HET VERKEER OP VAST?

IN DE TOEKOMST ZAL DE VERPLAATSINGS-BEHOEFTEN TOENEMEN. VOLGENS DE VROM-NOTA 'NEDERLAND 2030' ZAL HET AANTAL REIZIGERSKILOMETERS IN HET PERSONEN-

VERVOER IN 2030 MET ZO'N TWINTIG PROCENT TOENEMEN TEN OPZICHTE VAN 1995 EN HET GOEDERENKILOMETRAGE ZELFS MEER DAN VERDUBBELEN. HET IS DAAROM VAN BELANG OM NU TE ANALYSEREN WAAR ZICH IN DE TOEKOMST KNELPUNTEN ZULLEN VOORDOEN, ZODAT WE OP EEN GERICHTE MANIER AAN OPLOSSINGEN KUNNEN WERKEN.

Een analyse van de toekomstige verplaatsingsbehoefte is in opdracht van het programmabureau DTO gemaakt door een consortium van vier bedrijven:

- GRONTMIJ ADVIES & TECHNIEK.
- TNO BELEIDSTUDIES, ADVIESCENTRUM VOOR INFRASTRUCTUUR, TRANSPORT EN REGIONALE ONTWIKKELING (INRO-TNO).
- PHILIPS' CONCERN ENVIRONMENTAL AND ENERGY OFFICE (CEEEO).
- CENTRUM VOOR ENERGIEBESPARING EN SCHONE TECHNOLOGIE (CE).

De belangrijkste milieu-effecten die de grootste onduurzaamheid van het huidige vervoer veroorzaken, zijn brandstofverbruik, emissies, ruimtegebruik en geluidhinder, zo blijkt uit de analyse*. Vervoerssystemen van de toekomst moeten daar een oplossing voor bieden.

* Om de onderzoekscapaciteit binnen het DTO-programma optimaal te besteden, is er voor gekozen de analyse toe te spitsen op de binnenlandse verplaatsingsbehoefte. Het luchtvaartverkeer en de binnenvaart zijn daarom niet of nauwelijks in het onderzoek meegenomen.

PERSONENVERVOER



1,6 MJ PER PERSOON/KM



0,74 MJ PER PERSOON/KM



0,74 MJ PP/KM



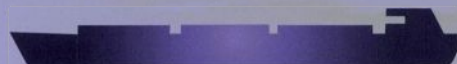
GOEDERENVERVOER



1,63 MJ PER TON



0,41 MJ PER TON



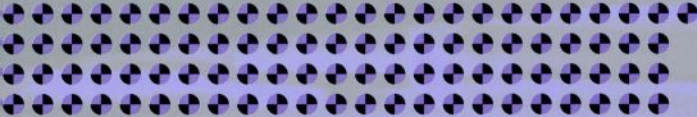
0,24 MJ PER TON



BRANDSTOFVERBRUIK

Het verbruik van fossiele brandstoffen door het vervoer van personen en goederen wordt voornamelijk veroorzaakt door het vervoer per (vracht)auto. Op grond van verschillende bronnen is een schatting gemaakt van de situatie in 2015. Belangrijke bronnen zijn bijvoorbeeld het European Renaissance Scenario van het Centraal Planbureau, het Structuurschema Verkeer en Vervoer en de Vierde Nota Ruimtelijke Ordening (Extra). Uit deze berekeningen blijkt, dat in 2015 ongeveer 87 procent van de reizigerskilometers per auto zal worden afgelegd. In het goederenvervoer zal naar schatting 52 procent van tonkilometers met vrachtwagens plaatsvinden.

207 PJ BRANDSTOFVERBRUIK (93%)



129 MILJARD REIZIGERS KM (87%)

9 PJ BRANDSTOFVERBRUIK (4%)



12 MILJARD REIZIGERS KM (8%)

M = MEGA - 10⁶

P = PETA - 10¹⁵

= 1% VAN TOTAAL BRANDSTOFVERBRUIK PERSONENVERVOER

6 PJ BRANDSTOFVERBRUIK (3%)



8 MILJARD REIZIGERS KM (5%)

106 PJ BRANDSTOFVERBRUIK (82%)



65 MILJARD TON KM (52%)

21 PJ BRANDSTOFVERBRUIK (16%)



M = MEGA - 10⁶

P = PETA - 10¹⁵

= 1% VAN TOTAAL BRANDSTOFVERBRUIK GOEDERENVERVOER

51 MILJARD TON KM (41%)

2 PJ BRANDSTOFVERBRUIK (2%)



8 MILJARD TON KM (6%)

AUTO EN VRACHTAUTO ZIJN DUIDELIJK DE GROOTSTE BRANDSTOFVERBRUIKERS, NIET ALLEEN ABSOLUUT, MAAR OOK RELATIEF. IN HET PERSONENVERVOER KOST ÉÉN AUTOKILOMETER RUIM TWEE-MAAL ZOVEEL BRANDSTOF ALS ÉÉN KILOMETER IN HET OPENBAAR VERVOER. IN HET GOEDERENVERVOER GEBRUIKT DE VRACHTAUTO NAAR VERHOUDING VIERMAAL ZOVEEL BRANDSTOF ALS DE BINNEN-VAART EN BIJNA ZEVENMAAL ZOVEEL ALS DE TREIN.

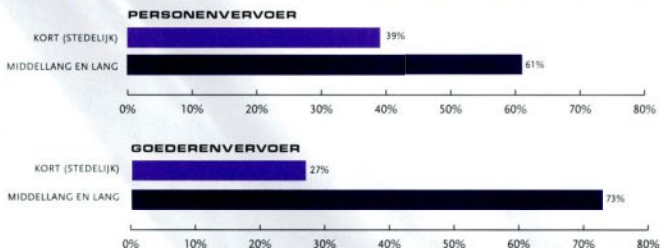
EMISSIES

DE EMISSIE VAN CO₂ is in principe gebonden aan het gebruik van brandstoffen. Om andere emissies te beperken zijn technieken zoals katalysatoren mogelijk. Deze worden steeds vaker toegepast, waardoor bijvoorbeeld de emissies van NO_x met naar schatting 68 procent kunnen worden gereduceerd (Grontmij e.a., 1994). Vooral de emissies door het (vracht)autoverkeer leveren een grote bijdrage aan de milieubelasting, maar ook het openbaar vervoer is in dit opzicht nog voor verbetering vatbaar.

In stedelijke gebieden spelen emissies een grotere rol dan daarbuiten. Bijna 35 procent van het brandstofverbruik door het verkeer gaat zitten in verplaatsingen binnen de stad. Veel emissies komen dus vrij in een relatief klein gebied. In het stedelijk milieu ontstaan daardoor hoge concentraties vervuilende emissies die zich bovendien gemakkelijk kunnen ophopen en daardoor smog veroorzaken.

BRON: GRONTMIJ E.A. OP WEG NAAR VERPLAATSEN BINNEN DE MILIEUGEBRUIKSRUIMTE, ZEIST, 1994.

BRANDSTOFVERBRUIK NAAR AFSTAND BINNENLANDS VERVOER IN 2015



RUIMTEGEBRUIK

HET GEBRUIK VAN DE RUIMTE vormt een belangrijk knelpunt in het huidige verkeer. Hierbij gaat het zowel om ruimtebeslag als om ruimteversnippering. Ruimtebeslag is de absolute ruimte die voor infrastructuur nodig is. Deze ruimtebehoefte is gerelateerd aan de beschikbaarheid ervan. Met name in stedelijke gebieden is weinig ruimte beschikbaar, waardoor het ruimtebeslag groot is. Ruimteversnippering heeft betrekking op doorsnijding van landschappen en (beperkte) aansluiting tussen ruimtelijke elementen. Een spoorlijn of een snelweg snijdt een gebied in tweeën; dit wordt slechts voor een deel ondervangen door tunnels, bruggen en overgangen.



GELUIDHINDER

MET NAME IN DE BEBOUWDE KOM

en in de nabijheid van snelwegen en spoorlijnen speelt geluidhinder een belangrijke rol. Geluidhinder beperkt de gebruikswaarde van de ruimte waardoor het ruimtegebruik door verkeer en vervoer in feite groter is dan de gezamenlijke oppervlakte van autowegen en spoorwegen.

CONCLUSIES

WANNEER GEEN TRENDBREUKEN WORDEN GEFORCEERD, WORDT VERREWEG DE BELANGRIJKSTE BELASTING VOOR HET MILIEU VEROORZAAKT DOOR HET AUTOGEBRUIK. ZOWEL AUTOGEBRUIK VOOR ZAKELIJK, RECREATIEF ALS WOON- WERKVERKEER DRUKKEN ZWAAR OP DE MILIEUGEBRUIKSRUIMTE. HET AANDEEL VAN HET AUTOGEBRUIK OP LANGERE AFSTANDEN ZAL TOENEMEN, TOCH BLIJFT HET AUTOGEBRUIK BINNEN DE BEBOUWDE KOM EEN BELANGRIJK AANDACHTSGEBIED, OMDAT HET EEN RELATIEF GROTE MILIEUBELASTING VEROORZAAKT.

Kijken we naar het vervoer van goederen, dan zien we dat het gebruik van de vrachtauto de grootste milieubelasting oplevert. De problemen spitsen zich toe op de distributie van consumentengoederen, met name in stedelijke gebieden. Een apart punt van aandacht is het leegrijden in het vrachtverkeer. Bijna eenderde van de milieubelasting van het goederenverkeer wordt hierdoor veroorzaakt. Samenvattend doen zich de grootste knelpunten voor op de volgende deelgebieden:

BRON: GRONTMIJ E.A. OP WEG NAAR VERPLAATSEN BINNEN DE MILIEUGEBRUIKSRUIMTE, ZEIST, 1994.

BELANGRIJKSTE ONDUURZAAMHEDEN IN HET VERKEER EN VERVOER

BINNENSTEDELIJK, OP MIDDELLANGE EN OP LANGE AFSTAND



PERSONENVERVOER PER AUTO

- WOON-WERKVERKEER
- ZAKELIJK VERKEER
- RECREATIEF VERKEER



GOEDERENVERVOER PER VRACHTAUTO

- DISTRIBUTIE VAN CONSUMENTENGOEDEREN
- LEEGRIJDEN

Bij de ontwikkeling van een duurzaam vervoersconcept, moeten we aan deze deelgebieden primair aandacht besteden. Ieder deelgebied vraagt daarbij om specifieke maatregelen. Zo kan het leegrijden in het vrachtverkeer wellicht worden beperkt door logistieke en organisatorische maatregelen. Beperking van milieu-effecten van personenvervoer per auto is mogelijk door technische verbeteringen aan de voertuigen zelf, maar ook door alternatieven aantrekkelijker te maken, bijvoorbeeld door verschillende, minder milieubelastende vervoerssystemen beter op elkaar aan te laten sluiten. Dat vereist een combinatie van technische, culturele en structurele maatregelen. Datzelfde geldt voor maatregelen om de effecten van stedelijke distributie van consumentengoederen te minimaliseren.

DE CONSTATE FACTOR

IN DE ACHTTIENDE EEUW WAS DE TREKSCHUIT EEN DOMINANT MIDDEL VAN PERSONENVERVOER. LATERS
OPGEVOLGD DOOR DE DILIGENCE, NOG WEER LATERS DOOR DE TREIN EN NU DOOR DE AUTO. RUUD
FILARSKI HEEFT ONDERZOEK GEDAAN NAAR DE OPKOMST EN DE NEERGANG VAN MIDDELEN VAN PERSONEN-
VERVOER EN HEEFT DAARMEE EEN AANTAL CONSTATE FACTOREN AAN HET LICHT GEBRACHT.



VAN VERNIEUWING

"Er zijn vier drijvende krachten die de ontwikkeling van het personenvervoer in de afgelopen eeuwen hebben gestuurd. De gebruiker kijkt naar snelheid, comfort, status en reiskosten. Die factoren zijn in de afgelopen tweehonderd jaar heel constant gebleven en er is geen reden om te veronderstellen dat die in de komende vijftig of honderd jaar anders zouden komen te liggen. Vroeger werd er heel weinig gereisd, omdat een groot deel van de bevolking het eenvoudig niet kon betalen. De meeste mensen kwamen niet verder dan een reis naar de dichtstbijzijnde stad als er markt of kermis was. Maar het is vrij waarschijnlijk, dat de tijd die mensen per dag aan reizen besteden, vrij constant is gebleven; in de orde van drie kwartier tot een uur, net als nu. Alleen vroeger legde men in die tijd vier tot vijf kilometer af en nu dus veel meer. Je zou dat de Wet van behoud van Reistijd kunnen noemen.

Kijk je naar het gebruik van de TGV in Frankrijk, dan zie je een ontwikkeling dat mensen in de buurt van Tours al op Parijs gaan forenzen. Dat is een afstand van meer dan 200 kilometer heen en 200 kilometer terug."

DE EERSTE TREIN

Een andere constante factor, volgens Filarski, is de tijd die nodig is om een nieuw systeem tot volle bloei te laten komen. In alle door hem onderzochte gevallen zit er zo'n vijftig jaar tussen de eerste toepassingen en de echte doorbraak van een systeem. "Die tijd heb je zeker nodig; sneller gaat het niet. Als je een nieuw systeem hebt dat aanslaat, moet het ook nog opgebouwd worden. Ik geef een voorbeeld: de eerste trein reed rond 1830 van Liverpool naar Manchester. Toen werd duidelijk dat het een systeem was, waar heel wat inzatzet. Het was veel beter

AUTOMATISCHE VOERTUIGGELEIDING

Er is geen reden om aan te nemen dat de ontwikkelingstijd vandaag de dag korter zou zijn, aldus Filarski; de planologie is er niet makkelijker op geworden en ook technologisch worden nieuwe innovaties steeds gecompliceerder. De trekschuit was in technologisch opzicht eenvoudig. Een verbetering van de auto vergt een veel grotere research-inspanning. "Bij Verkeer en Waterstaat kijken we onder meer naar de mogelijkheden van automatische voertuiggeleiding. Ik denk dat zo'n systeem kan starten op een prestigieus traject. Je moet dat hoog inzetten, dan krijgt het status en willen anderen het ook. Je hebt dan nog altijd auto's nodig waar je ook op andere trajecten mee kunt rijden. Langzaam maar zeker zou zo'n systeem zich op meer trajecten kunnen uitspreiden -ik ben nog altijd heel voorzichtig, want de consument moet het ook willen- en dan kom je op een gegeven moment tot een systeem waarmee je op de meeste grote routes automatisch kunt rijden. Dan ben je zeker vijftig jaar verder."

DE ONTWIKKELING VAN HET PERSONENVERVOER SINDS 1600

PERIODE	PIONIERSTADIUM	SNELLE GROEI	DOMINANT
voor 1660	zeilwagen	trekschuit	lopen
1660-1800	diligence	--	trekschuit
1790-1840	trein, stoomboot, -auto	diligence	trekschuit
1840-1870	stoomauto, fiets	trein, stoomboot	trekschuit, diligence
1870-1910	auto	fiets, tram	trein
1910-1950	vliegtuig, luchtschip	auto(bus)	fiets, trein, tram
1950-2000	diversen	vliegtuig	auto

BRON: FILARSKI, R. 'OPKOMST EN VERVAL VAN Vervoerssystemen; de ontwikkeling van uit een historisch perspectief'. In: Tijdschrift vervoerswetenschap, 2, 1997.

DE OPKOMST VAN DE TREIN ROND 1850 KAN WORDEN VERKLAARD MET CIJFERS OVER DE VERVOERSPRESTATIE. MET EEN MODAAL DAGINKOMEN KON JE IN 1850 CIRCA 35 KILOMETER AFLEGGEN. DIE PRESTATIE WERD ALLEEN GEËVENAARD DOOR DE TREKSCHUIT, MAAR DIE WAS DAN WEL VIJF KEER LANGER ONDERWEG. DE DILIGENCE EN DE STOOMBOOT WAREN NIET ALLEEN LANGZAMER, MAAR OOK DUURDER.

"IN DE LAATSTE 350 JAAR HEBBEN WE ZES KEER ONS VERVOERSSTEL VERANDERD. EENS PER ZESTIG JAAR ONTSTAAT ER DUS IETS NIEUWS."

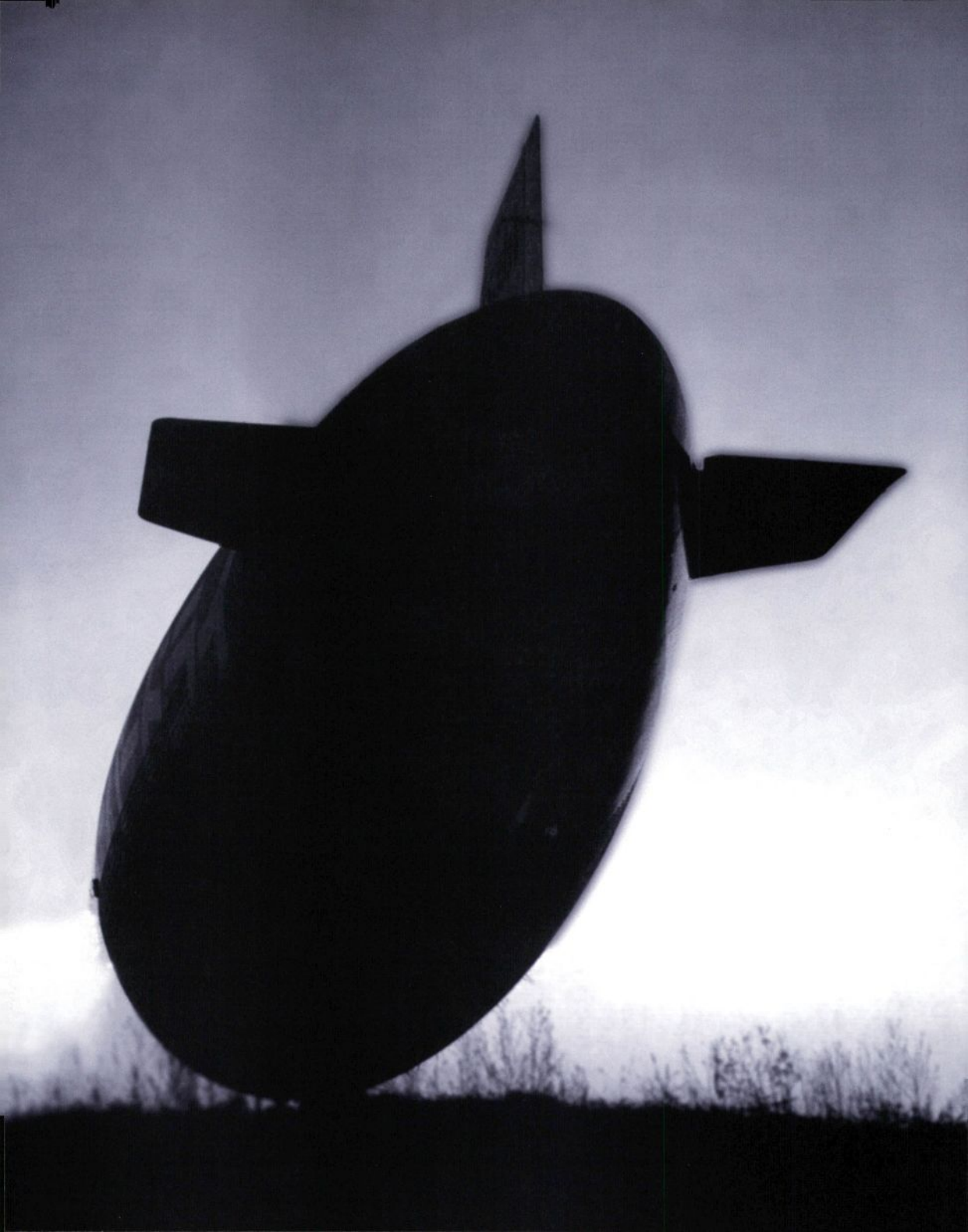
DR. RUUD FILARSKI, HOOFD KENNISONTWIKKELING VAN DE ADVIESDIENST VERKEER EN VERVOER, MINISTERIE VERKEER EN WATERSTAAT

dan alles wat er op dat moment bestond. In Nederland werd de eerste lijn in 1839 in gebruik genomen, van Amsterdam naar Haarlem, dat is dus al negen jaar later. Maar om een heel netwerk op te bouwen heb je ook reizigers nodig die het systeem rendabel maken. En dat was met onze eerste spoorlijnen het probleem. Het duurde tot 1880 à 1890 voor er een goed systeem met spoorwegen in ons land was. Bij de auto zie je ongeveer hetzelfde. Rond 1880 reed de eerste auto en rond 1930 begon dat iets te worden wat redelijk algemeen werd gebruikt."

VERVOERSALTERNATIEVEN PERSONENVERVOER IN 1850

VERVOERMIDDEL	SNELHEID IN KILOMETER PER UUR	KOSTEN IN KILOMETER PER MODAAL DAGINKOMEN
TREKSCHUIT	7	35
DILIGENCE ONVERHARDE WEG	5-8	10
DILIGENCE VERHARDE WEG	10-12	10
STOOMBOOT	10-15	27
STOOMSPOORWEG	38	35

BRON: FILARSKI, R. 'OPKOMST EN VERVAL VAN Vervoerssystemen; de ontwikkeling van uit een historisch perspectief'. In: Tijdschrift vervoerswetenschap, 2, 1997.





VERPLAATSEN IN 2040

IN HET BESTEK VAN ENKELE DECENNIA KUNNEN NIEUWE VORMEN VAN VERVOER UITGROEIEN VAN CONCEPT TOT EEN DOMINANTE VERVOERSWIJZE. WANNEER WE KIJKEN NAAR DE MOGELIJKHEDEN

VAN DUURZAME TECHNOLOGIEËN EN SYSTEMEN IN 2040, MOETEN WE DUS UITGAAN VAN SYSTEMEN DIE NU AL OP KLEINE SCHAAL BEKEND ZIJN OF ZICH IN EEN PIONIERSTADIUM BEVINDEN. WANNEER WE DAT COMBINEREN MET ACTUELE TRENDS EN UITGANGSPUNTEN VAN EEN DUURZAME ONTWIKKELING, ONTSTAAT EEN REALISTISCHE SCHETS VAN EEN DUURZAME TOEKOMST.

VERSCHILLENDE BEDRIJVEN EN ONDERZOEKBUREAUS

hebben op deze manier aan een toekomstschets gewerkt. Een eerste schets is gemaakt door Grontmij, INRO-TNO, Philips en CE in samenwerking met betrokkenen uit de vervoerswereld. Deze schets is in een later stadium aangevuld door onderzoekers van TU Eindhoven, RIGO Research en Advies BV, Hague Consulting Group, Witteveen + Bos, Heidemij Advies BV, Trail Onderzoekschool, TU Delft en TNO. De elementen die door deze brede, multidisciplinaire groep zijn aangedragen, hebben uiteindelijk geleid tot een consistente, realiseerbare en breed gedragen schets van een duurzaam vervoerssysteem in 2040. De schets dient daarmee als richtinggevend streefbeeld voor maatregelen op korte termijn.

MENSEN ZIJN GEHECHT AAN HUN VRIJHEID

om op ieder moment overal te kunnen komen. In 2040 zal dat niet anders zijn dan nu. Sterker nog: dankzij de beschikbaarheid van comfortabele vervoerssystemen en goede verbindingen is de bewegingsvrijheid veel groter dan nu. In 2040 zullen mensen per dag ongeveer evenveel tijd besteden om zich te verplaatsen als nu, maar in dezelfde tijd leggen ze meer kilometers af.

DANKZIJ EEN GOEDE VERVOERSORGANISATIE

is de bewegingsvrijheid in 2040 maximaal. Met behulp van telematica kunnen vraag en aanbod op elkaar worden afgestemd. De belangrijkste tekortkomingen van de huidige vervoerssystemen -overvolle autobussen tijdens de spits, bijna lege autobussen in de kleine uurtjes en lange wachttijden op stations- kunnen door een goede vervoersorganisatie worden voorkomen. Dat houdt overigens nog steeds geen absolute bewegingsvrijheid in; op congestiegevoelige momenten en plaatsen zal die, net als nu, beperkt zijn. Het is nu eenmaal fysiek onmogelijk om met z'n allen op hetzelfde moment hetzelfde traject af te leggen. Wel zal congestie op autosnelwegen, met alle ecologische en economische schade van dien, met een goede vervoersorganisatie worden vermeden. En dat zonder de infrastructuur uit te breiden.

DE BEHOEFTE AAN VERPLAATSINGEN

zal in de komende decennia sterk veranderen. Telematica heeft daar veel invloed op. Binnen ieder huishouden en op iedere werkplek is communicatie via de computer straks een dagelijkse bezigheid. Zaken als telewerken en teleshoppen, nu meer uitzondering dan regel, zijn in 2040 heel gewoon. De vanzelfsprekende gang naar kantoor, school en universiteit is verleden tijd. Veel fysieke verplaatsingen zullen hierdoor zijn ondergaan. In absolute zin neemt de verplaatsingsbehoefte echter nauwelijks af; de telematica genereert immers ook een nieuwe behoefte omdat iedere 'surfer' zijn of haar Internet-vrienden ook wel eens in levende lijve wil zien. Wel is de verplaatsingsbehoefte gelijkmatiger verdeeld over de uren van de dag en de dagen van de week.

OPENBAAR EN PRIVÉVERVOER

groeien naar elkaar toe. Nu al speelt het openbaar vervoer steeds beter in op de individuele vervoersbehoefte door kleinere voertuigen in te zetten en door koppelingen met taxivoer tot stand te brengen. Personenauto's worden bijvoorbeeld door het stimuleren van carpoolen en car-sharing steeds meer openbaar. Als die trends zich doorzetten, is het denkbaar dat er, met name voor verplaatsingen binnen de stadsregio, in 2040 een systeem bestaat van individueel openbaar vervoer: mensen reizen individueel, maar de middelen van vervoer zijn openbaar. De milieuvordelen van openbaar vervoer zijn daarmee gecombineerd met het deur-tot-deurvoordeel van een eigen auto. Voor verplaatsingen op grotere afstand bestaan er, net als nu, individueel gemotoriseerde wegvoertuigen. Door deze voertuigen te koppelen tot een trein, worden het energie- en ruimtegebruik tot een minimum beperkt. Bovendien is het personenvervoer hierdoor sneller en veiliger.



OOK IN TECHNOLOGISCH OPZICHT ZIJN ER BELANGRIJKE VERBETERINGEN MOGELIJK. ZO IS IN EEN MODERNE PERSONENAUTO VAAK ZO'N 1.000 KILOGRAM STAAL VERWERKT. DAT HELE GEWICHT MOET WORDEN VERPLAATST EN DAAR GAAT DE MEESTE ENERGIE AAN VERLOREN. VOOR HET EIGENLIJKE DOEL - HET VERPLAATSEN VAN DE GEMIDDELD ANDERHALVE INZITTENDE - IS NIET MEER DAN EEN PAAR CENTILITER VAN IEDERE LITER BENZINE NODIG. VOOR AUTOFABRIKANTEN LIGT ER EEN TERREIN VAN INNOVATIES BRAAK. AUTO'S VAN DE TOEKOMST ZIJN VAN LICHTERE MATERIALEN GEMAAKT. MOTOR EN BRANDSTOFVOORRAAD ZITTE NIET MEER IN DE AUTO, MAAR MAKEN DEEL UIT VAN DE INFRASTRUCTUUR. ANDERE AUTO'S HEBBEN EEN ELEKTRISCH HYBRIDE AANDRIJFSYSTEEM. BINNEN DE STAD RIJDEN ZE OP ELEKTRICITEIT UIT EEN ACCU; BUITEN DE STAD WORDT DE BENODIGDE ELEKTRICITEIT IN DE AUTO ZELF OPGEWEKT MET EEN KLEIN AGGREGAAT. IN 2040 ZAL HET GEBRUIK VAN GASOLIE EN BENZINE OP Z'N RETOOR ZIJN. WATERSTOF EN BIOBRANDSTOF KOMEN DAAR ALS HERNIEUWBARE BRANDSTOFFEN VOOR IN DE PLAATS.

HET GOEDERENVERVOER zal er in 2040, net als het personenvervoer, anders uit zien. Het is denkbaar, dat transport over grote afstanden plaatsvindt in gestandaardiseerde laadmodulen. Met behulp van computersystemen en geautomatiseerde transferia worden laadmodulen, bestemmingen en vervoerwijzen (weg, water, rail en buisleiding) optimaal op elkaar afgestemd. Leegrijden -nu een belangrijke en in beginsel onnodige oorzaak van verspilling- is er nauwelijks meer bij.

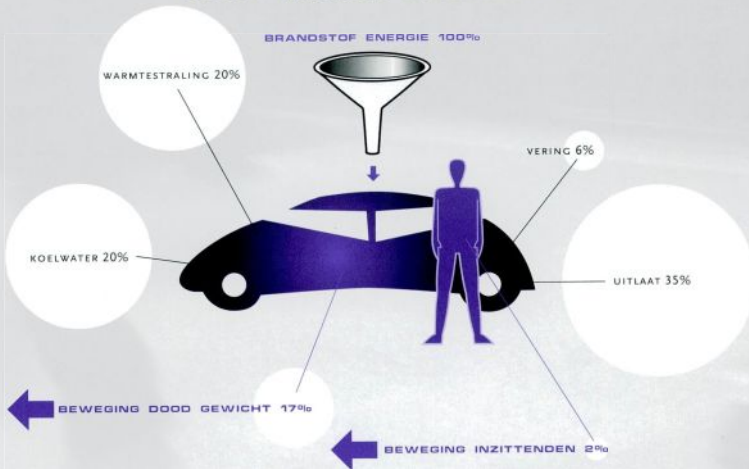
Binnen de stadsregio vindt goederenvervoer voornamelijk ondergronds via buisleidingen plaats. Zowel bedrijven als particulieren worden via dit net bediend. Misschien is het zelfs zo, dat veel winkels, ook levensmiddelenzaken, niet veel meer zijn dan showrooms. Er is geen voorraad. Klanten plaatsen hun bestelling via de computer of tijdens een bezoek aan de showroom, waarna de bestelling grotendeels per buisleiding direct van fabriek, groothandel of importeur thuis wordt bezorgd. Recyclebare afvalstoffen gaan met dezelfde laadmodule terug naar de leverancier.

**WAT IS NU DE
WAARDE VAN DEZE
TOEKOMSTSCHETS?**

Ziet de wereld er in 2040 werkelijk zo uit? Waarschijnlijk niet helemaal. Dat is ook niet de bedoeling van deze schets. We hebben niet de illusie dat we de toekomst kunnen voorspellen. Deze schets is bedoeld als richtinggevend wensbeeld. Het is een samenhangend beeld dat kan dienen als inspiratiebron voor het genereren van nieuwe ideeën en het verder ontwikkelen en samenvoegen van bestaande technologieën. De vraag die we nu kunnen stellen is: welke technologieën, logistieke systemen en culturele omslagen moeten we tussen nu en 2040 bewerkstelligen om het wensbeeld mogelijk te maken?

BRON: FUSSLER, 1997

AUTO ENERGIE EFFICIËNTIE







VIER BOUWSTENEN VAN EEN DUURZAAM VERVOERSSTEEEM

OP TAL VAN PUNTEN KUNNEN VERVOERS-

SYSTEMEN VERBETERD WORDEN. DOOR

VANUIT DE TOEKOMSTIGE BEHOEFEN

ZOALS DIE IN HET VORIGE HOOFDSTUK

ZIJN GESCHETST, SYSTEMATISCH TERUG

TE REDENEREN NAAR DE HUIDIGE SITUATIE

KOMEN WE KANSRIJKE INNOVATIES

OP HET SPOOR.

De eerder genoemde onderzoeksbureaus en bedrijven hebben mogelijke technische en organisatorische verbeteringen van vervoerssystemen geïnventariseerd. Deze inventarisatie is in een telefonische enquête en tijdens vier ronde-tafelconferenties besproken met mensen die bij bedrijfsleven, onderzoeksinstituten en overheid te maken hebben met verkeer en vervoer.

Duurzaam verplaatsen is mogelijk, zo bleek uit de verschillende studies, conferenties en enquêtes, en de technologie kan daar een belangrijke bijdrage aan leveren. De grootste milieuwinst wordt daarbij verwacht van de volgende vier bouwstenen:

- BUISSYSTEMEN VOOR GOEDERENTRANSPORT
- HOOGWAARDIG OPENBAAR VERVOER
- EXTERNE AANDRIJFSYSTEMEN
- SCHONE BRANDSTOFFEN

In dit hoofdstuk worden de bouwstenen kort toegelicht.



2. HOOGWAARDIG OPENBAAR VERVOER

PERSONEN MOETEN VAN DEUR TOT DEUR KUNNEN WORDEN VERVOERD. DE HUIDIGE VORMEN VAN OPENBAAR VERVOER KOMEN ONVOLDENDE AAN DIE BEHOEFTE TEGEMOET. BOVEDIEN KENT OOK HET OPENBAAR VERVOER NOG AANZIENLIJKE MILIEUBEZWAREN.

Verbeteringen kunnen we zoeken in een combinatie van openbaar en privévervoer door enerzijds het openbaar vervoer flexibeler te maken en anderzijds koppelingen tussen openbaar en privévervoer tot stand te brengen, ofwel: individueel openbaar vervoer.

Hiervoor is een integrale ontwikkeling nodig van voertuigen, infrastructuur, logistiek en telematica. Het totale concept moet voorzien in deur-tot-deurvervoer met overstapstations en volledig automatische vormen van openbaar vervoer op hoofdstromen. Bestaande vormen van openbaar vervoer moeten ook in technologisch opzicht worden verbeterd. Lichtere materialen, hybride aandrijving en automatische voertuiggeleiding bieden daarvoor mogelijkheden.

1. BUISSYSTEMEN VOOR GOEDERENTRANSPORT

DE DISTRIBUTIE VAN CONSUMENTENGOEDEREN MET VRACHTAUTO'S EN BESTELWAGENS BINNEN DE STAD KOST VEEL RUIMTE EN ENERGIE EN VEROORZAAKT CONGESTIE, HINDER EN LUCHTVERONTREINIGING. EEN BELANGRIJK PUNT VAN AANDACHT DAARBIJ IS DAT IEDER TRANSPORT OOK LEEGRIDEN MET ZICH MEEBRENGT. MET EEN BUIZENSYSTEEM VOOR GOEDERENTRANSPORT, WAAR NODIG ONDERGRONDS, KUNNEN WE DIE PROBLEMEN ONDERVANGEN.

Goederen gaan dan met automatisch geleide voertuigen door een buis naar verschillende punten in de stad. Reststoffen en herbruikbare producten gaan met dezelfde voertuigen in omgekeerde richting terug.





3. SCHONE BRANDSTOFFEN

DE VOORRAAD FOSSIELE BRANDSTOFFEN IS EINDIG. IN EEN DUURZAAM VERVOERSCONCEPT KUNNEN WE DAAROM ALLEEN GEBRUIK MAKEN VAN HERNIEUWBARE BRANDSTOFFEN. MOGELIJKE HERNIEUWBARE BRANDSTOFFEN ZIJN ONDER ANDERE WATERSTOF EN BIOMETHANOL. WATERSTOF WORDT GEWONNEN UIT ELEKTROLYSE VAN WATER EN DAARVOOR KUNNEN WE DUURZAME ENERGIEBRONNEN (ZON EN WIND) GEBRUIKEN. BIJ DE VERBRANDING VAN WATERSTOF ONTSTAAT OPNIEUW WATER, ZODAT DE KRINGLOOP ROND IS. BIOMETHANOL WORDT GEWONNEN UIT BIOMASSA EN ZOLANG DE TEELT VAN BIOMASSA IN EVENWICHT IS MET DE VERBRANDING VAN BIOMETHANOL IS OOK DEZE KRINGLOOP ROND. METHANOL KAN OP TERMIJN OOK GEMAAKT WORDEN UIT WATERSTOF EN KOOLDIOXIDE.

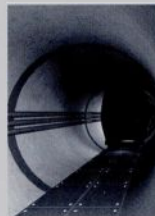
Voor het gebruik van waterstof in mobiele toepassingen biedt de brandstofcel een mogelijke oplossing. Een brandstofcel bestaat uit elektroden, waartussen waterstof en zuurstof zich verbinden tot water. Tussen de elektroden ontstaat een spanningsverschil waardoor een elektrische stroom gaat lopen.

Biomethanol kan met relatief kleine aanpassingen aan verbrandingsmotoren op dezelfde manier worden gebruikt als benzine.

4. EXTERNE AANDRIJFSYSTEMEN

HET GEWICHT VAN DE HUIDIGE GENERATIE AUTO'S WORDT VOOR EEN GROOT DEEL BEPAALD DOOR CARROSSERIE, BRANDSTOFVOORRAAD, MOTOR EN KOPPELING. DAARDOOR WORDT RELATIEF VEEL ENERGIE GEBRUIKT VOOR DE VERPLAATSING VAN HET VOERTUIG ALS ZODANIG.

Externe aandrijfsystemen kunnen dit probleem op z'n minst voor een deel oplossen. De aandrijfsystemen maken daarbij deel uit van de infrastructuur en bijvoorbeeld met magnetisme of perslucht wordt stuwkracht op het voertuig overgebracht. Dit principe kan leiden tot aanzienlijke gewichtsbesparing van het voertuig en daarmee tot energiebesparing. Daarnaast biedt centraal opgewekte stuwkracht kansen voor hoogrendabele energie-omzetting en emissiebeperking.



NIEUWE KANSSEN VOOR HET

IS DE NEDERLANDSE REIZIGER VERKNOCHT AAN ZIJN AUTO EN IS DE ONTWIKKELING VAN IEDER NIEUW SYSTEEM VAN HOOGWAARDIG OPENBAAR VERVOER DAARDOOR BIJ VOORBAAT GEDOEMD TE MISLUKKEN? VOLGENS HUGO PRIEMUS VAN HET DELFTSE ONDERZOEKINSTITUUT OTB IS DAT NIET HET GEVAL. DE CONSUMENT CALCULEERT EN OMDAT DE AUTO MOMENTEEL OP VRIJWEL OP ALLE FRONTEN BETER SCOORT DAN HET OPENBAAR VERVOER, IS DE KEUZE SNEL GEMAAKT. ALS DE BALANS VOOR HET OPENBAAR VERVOER GUNSTIGER ZOU UITVALLEN, ZAL DE REIZIGER TOT EEN ANDERE BESLISSING KOMEN. OM DAT VOOR ELKAAR TE KRIJGEN, MOET ER ECHTER HEEL WAT GEBEUREN. HET OPENBAAR VERVOER MOET BETROUWBAARDER, SNELLER, MEER KLANTGERICHT EN FIJNZAMIGER WORDEN. "EEN DURE GRAP, MAAR ZEER DE MOEITE WAARD" ALDUS PRIEMUS.

"Je kunt allerlei maatschappelijke ontwikkelingen vanuit twee kanten benaderen. De ene benadering is het perspectief van de prairie: je permitteert je alle mogelijke expansie, zonder dat het leidt tot zichtbare schaarste. De andere benadering is de economie van de ruimtecapsule waarin iedere groep die je in gedachten zou kunnen hebben, onmiddellijk ten koste gaat van iets anders. Naarmate de tijd voortschrijdt zullen we steeds meer in de richting gaan van de ruimtecapsule. Als dat ergens voor geldt, dan is het wel voor mobiliteit. Ik denk dat we in de komende decennia nog een ongemakkelijke groei tegemoet gaan, maar naarmate we een eind in de volgende eeuw terechtkomen zal er toch een zekere afvlakking van die groeicurve moeten komen. En naar zo'n ontwikkeling moeten we ook streven."

VERGROOTGLAS

Het rijk probeert de groei van de mobiliteit in te dammen, onder meer door een slim locatiebeleid voor bedrijven en een compacte verstedelijking, in het kader van de Vinex. Dat heeft slechts een zeer bescheiden effect, zegt Priemus. "We hebben dat bij vier Vinex-achtige locaties onderzocht. Daar blijkt inderdaad een kleine reductie van de woon-werkkilometers en van de autokilometers. Maar als je het in procenten uitdrukt, moet je er een vergrootglas bijhouden, zeker als je het afzet tegen de DTO-ambities. Weliswaar moet je de kleine marges die erin zitten met

VOOR DE DEUR

Een ander punt waar volgens Priemus tot nu toe te weinig aandacht voor bestond, is ketenmobiliteit. Reizigers verplaatsen zich immers niet slechts van station tot station, maar van deur tot deur. En onderweg doet hij of zij een boodschap of haalt de kinderen van school. Priemus: "De auto krijg ik meestal nog wel voor m'n huisdeur kwijt en meestal ook nog wel vrij dicht bij de deur van bestemming. Dus daarmee is de auto in het voordeel. Met de trein wil dat meestal niet lukken. Dat gegeven is jaar na jaar systematisch verwaarloosd. Het is zelfs vigerend beleid dat er bij grote stations nauwelijks parkeerplaatsen zijn. Dan wordt het voor een automobilist onmogelijk gemaakt om over te stappen op de trein. Als je een stap verder wilt komen moet je die ketenmobiliteit stroomlijnen.

Als je naar de totale mobiliteit in Nederland kijkt, dan is de auto dermate dominant en het openbaar vervoer dermate bescheiden, dat het zelfs op langere termijn nauwelijks denkbaar is dat het openbaar vervoer structureel een groot

"JE MOET NIEUWE DINGEN AANBIEDEN DIE MOMENTEEL IN NEDERLAND NOG NAUWELIJKS AANWEZIG ZIJN."

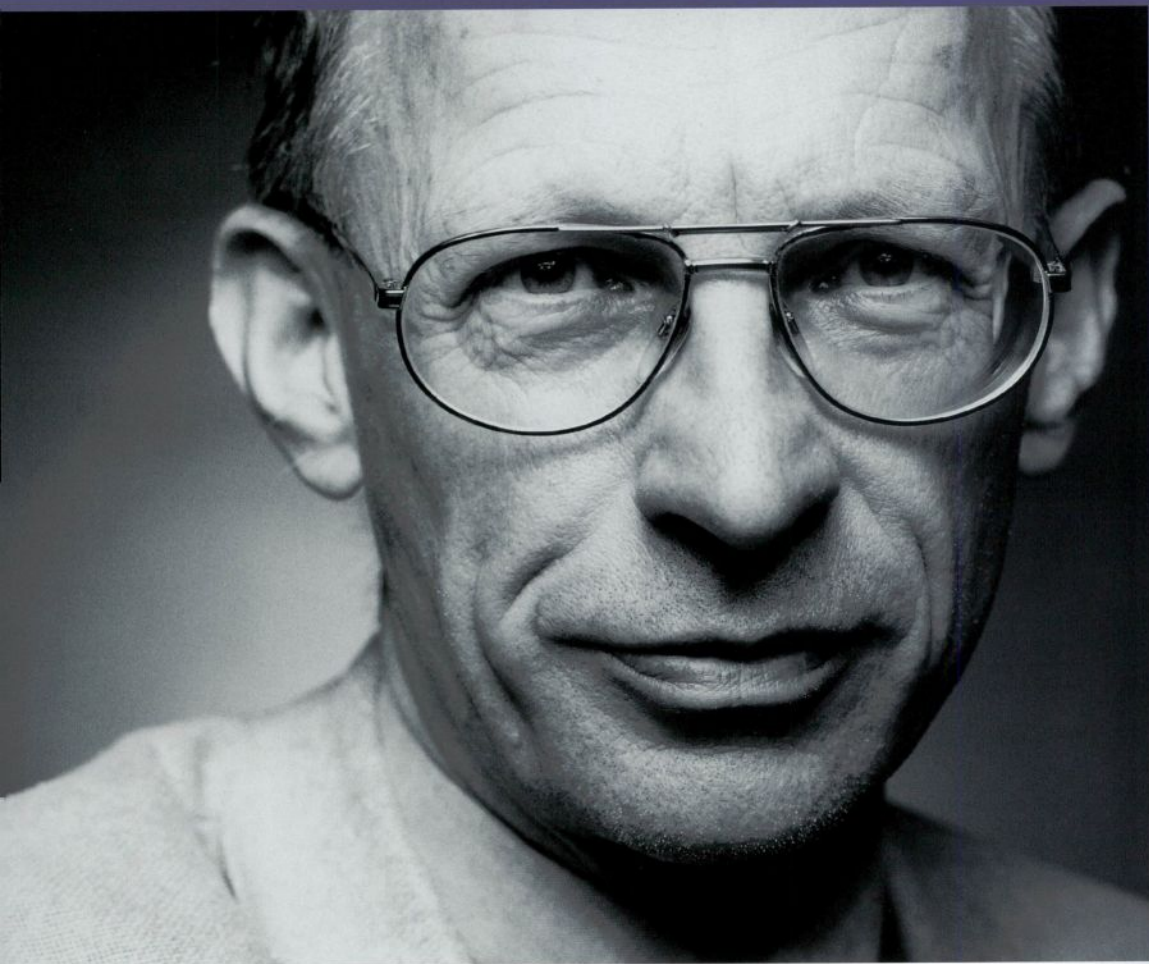
PROF. DR. IR. H. PRIEMUS, WETENSCHAPPELIJK DIRECTEUR ONDERZOEKINSTITUUT OTB

beide handen aangrijpen, maar er is duidelijk meer nodig."

Allereerst is het volgens Priemus nodig om de positie van het openbaar vervoer ten opzichte van de auto te versterken. Niet door het treinkaartje een paar dubbeltjes goedkoper te maken. Er is een flinke omslag nodig, want, terwijl de auto-industrie keer op keer allerlei verbeteringen doorvoert, kampt het openbaar vervoer met een steeds slechter imago. Priemus: "Het verblijf in de auto kan tegenwoordig zeer aangenaam zijn, ook al schiet je op een bepaald moment niet erg op, bijvoorbeeld doordat je in de auto muziek hoort van buitengewoon hoge kwaliteit. Veel auto's hebben een airco. We hebben de autotelefoon en er verschijnen faxen in auto's. Als je de uren in de auto nuttig of aangenaam kunt besteden, is oponthoud niet zo erg. Het nuttig besteden van reistijd was een klassiek voordeel van de trein. Dat wordt echter steeds minder. Het is in een volle coupé toch wat storend om uitgebreid te gaan zitten bellen. Er is een tijd geweest dat je nog op het spoorboekje kon vertrouwen, maar tegenwoordig moet je standaard een trein eerder nemen. Ik denk dat de NS moet nadenken, en dat doet men natuurlijk ook wel, hoe ze ervoor kan zorgen dat de treinreiziger zijn reistijd weer nuttig of aangenaam kan maken, waarbij ik er onmiddellijk aan moet toevoegen, dat er ook in het buitenland weinig aansprekende voorbeelden zijn."

marktaandeel van de auto gaat overnemen. Dus je zult het altijd moeten zoeken in termen van combinaties. Informatie over dienstregelingen van bus en trein moeten daarom optimaal toegankelijk zijn en het ongemak van overstappen moet je weghalen bij de consument. Kijk naar het vliegtuig. Als ik op Schiphol incheck, dan kan ik toch terecht in de veronderstelling verkeren dat mijn bagage meereist, ook al moet ik halverwege de reis overstappen? Dat levert mij geen hinder meer op. In het openbaar vervoer is de reiziger met dat ongemak opgepadeld en die haakt dan vrij snel af. Ik denk dat daar toch wel oplossingen voor zijn. Kijk naar iemand die een fiets in de trein wil meenemen. Dat is in Nederland toch een buitengewoon voor de hand liggende gedachte. Maar je voelt je bijna iemand die de regels breekt, terwijl het juist zou moeten worden gestimuleerd. Het moet toch niet zo moeilijk zijn om daar wat meer service voor te bieden?"

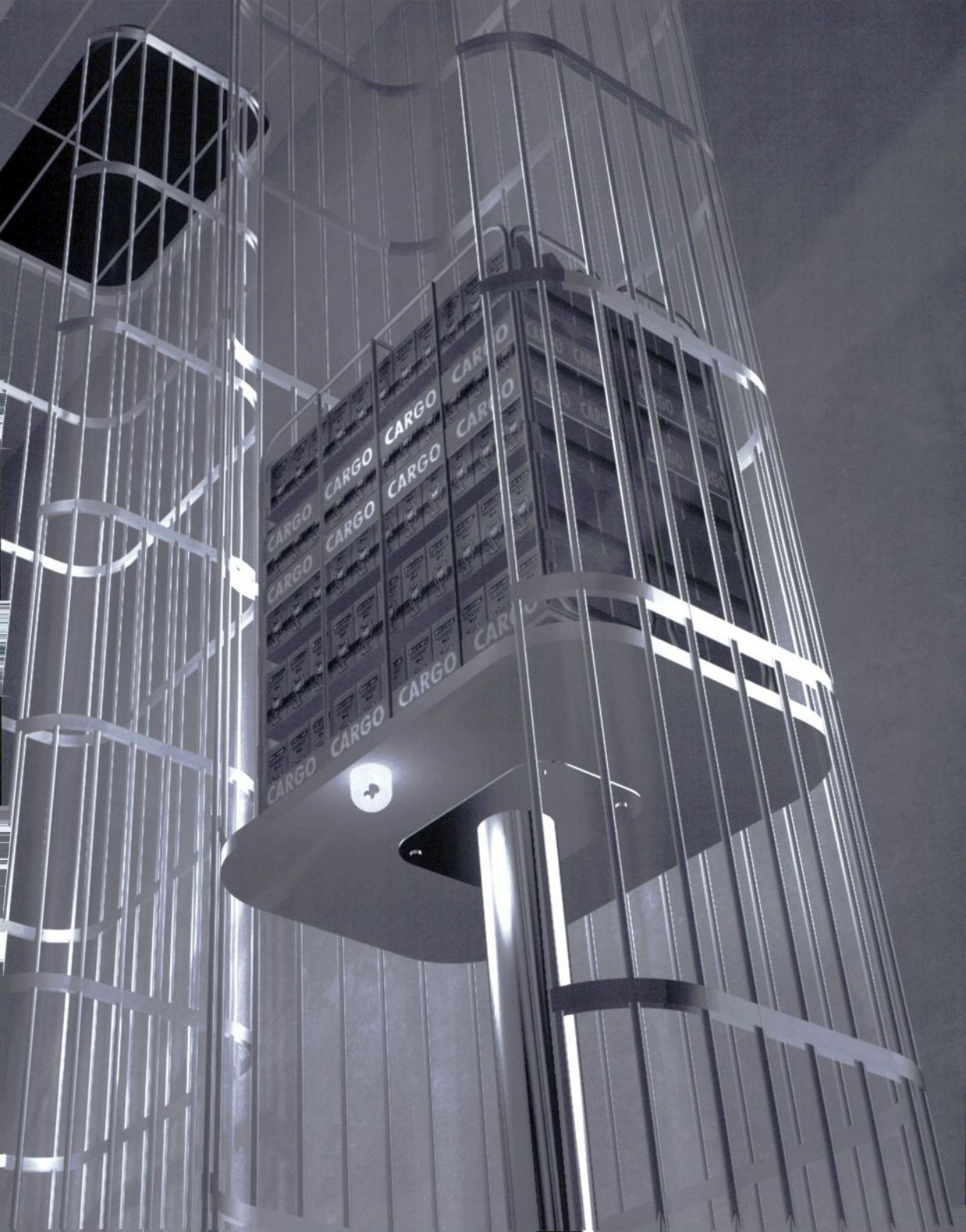
OPENBAAR VERVOER



LONDEN EN PARIJS

Om de groeiende mobiliteitsbehoefte op een soepele manier te accommoderen is het volgens Priemus vooral in de Randstad nodig om een uitgebreid netwerk van light-rail of metro's te hebben met een hoge frequentie en halteplaatsen bij de meeste woon-, werk- en winkellocaties. Priemus: "Je moet nieuwe dingen aanbieden die momenteel in Nederland nog nauwelijks aanwezig zijn. Kijk naar Londen of Parijs, als dat soort steden geen metro zouden hebben, dan zou er toch een heel groot probleem zijn. Op de termijn van vijftig jaar zullen wij ter hoogte van de Randstad iets dergelijks moeten hebben, ook al zijn onze steden kleiner. Je moet een uit de kluiten

gewassen systeem hebben. De metro's in Rotterdam en Amsterdam vormen wat dat betreft nog geen netwerk. Het aantal mensen dat bij een halte van de metro woont en ook nog bij een halte werkt is zeer gering. Het merendeel van de mensen zit aan minstens één kant met het probleem van voor- en natransport en dat ondermijnt de effectiviteit van het systeem aanzienlijk. Het is een dure grap, maar ik denk dat het zeer de moeite loont om een dergelijk netwerk in de Randstad te ontwikkelen."





KANSEN VOOR INNOVATIES

WELKE BIJDRAGE KUNNEN WE VERWACHTEN VAN DE VIER BOUWSTENEN VOOR EEN DUURZAAM VERVOERSSYSTEEM

DIE IN HET VORIGE HOOFDSTUK ZIJN BESCHREVEN? WELKE KNELPUNTEN ZIJN ER EN WAAR LIGGEN KANSEN VOOR INNOVATIES? OM DIE VRAGEN TE BEANTWOORDEN HEBBEN GESPECIALISEERDE BUREAUS EN INSTITUTEN DE VIER BOUWSTENEN VERDER UITGEWERKT.

- Een studie naar de mogelijkheden van buisleidingen voor goederen-transport is uitgevoerd door Heidemij Advies BV en TRAIL Onderzoeksschool Delft.
- De mogelijkheden van individueel openbaar vervoer zijn in kaart gebracht door RIGO Research en Advies BV, Hague Consulting Group en Witteveen + Bos.
- De kansen van schone brandstoffen zijn in twee studies uitgewerkt. De mogelijkheden van waterstof zijn uitgewerkt in de studie 'Op weg naar de waterstofeconomie'. Hierin is gekeken naar de mogelijkheden van een waterstof-brandstofcel in mobiele toepassingen. De studie is verricht door de TU Eindhoven. Een onderzoek naar de mogelijkheden van biobrandstoffen maakt onderdeel uit van het DTO-deelprogramma Chemie en is uitgevoerd door het bureau Willems & Van den Wildenberg.
- De mogelijkheden van externe aandrijfsystemen zijn in kaart gebracht met behulp van een Delphi-studie. In het kader van deze studie hebben de TU Delft en TNO in opeenvolgende rondes een groot aantal deskundigen uit binnen- en buitenland geïnterviewd.





DUURZAAM VERPLAATSEN IN BEELD

VIJF VERVOLGPROJECTEN KUNNEN DE KANSEN EN
MOGELIJKHEDEN VAN EEN DUURZAAM VERVOERS-
SYSTEEM ILLUSTREREN. IN HET VORIGE HOOFDSTUK

ZIJN DIE PROJECTEN BENOEMD: BUISLEIDINGEN

VOOR GOEDERENTRANSPORT, ELEKTRISCH HYBRIDE
AANDRIJVING, DE OPZET VAN EEN AUTOMATISCH

VERVOERVRAAGSYSTEEM EN SCHONE BRAND-
STOFFEN (WATERSTOF EN BIOBRANDSTOF). DEZE

PROJECTEN BIEDEN NIET ALLEEN OP LANGE TERMIJN
PERSPECTIEF OP EEN DUURZAAM VERVOERSSYSTEEM,

MAAR KUNNEN OOK OP KORTE TERMIJN

ECONOMISCH HAALBARE TECHNOLOGIEËN

EN SYSTEMEN OPLEVEREN.

Verschillende bureaus en bedrijven hebben in opdracht van het programmabureau DTO de vijf projecten uitgevoerd:

- Een systeemstudie stedelijke distributie is uitgevoerd door DHV en Trail Onderzoekschool Delft.
- De mogelijkheden van elektrisch hybride aandrijving zijn onderzocht door NedCar PD&E in samenwerking met TNO-WT, Holec Ridderkerk, Stork-RMO en de Vereniging Gasturbine.
- De ontwikkeling van een systeem voor automatische afhandeling van de vervoervraag is voorbereid door RIGO Research en Advies BV, TU Delft TB en Swoka.
- Een demonstratieproject voor toepassing van een waterstof-brandstofcel in een schip is opgezet door Blomenco BV in samenwerking met de TU Delft.
- De mogelijkheden van biobrandstof zijn in het kader van het DTO-programma Chemie uitgewerkt door het bureau Willems & Van den Wildenberg. Een samenvatting hiervan staat in de DTO-sleutel Chemie "Zon en biomassa, bronnen van de toekomst".

STEDELIJKE GOEDERENDISTRIBUTIE

BUNDELING IS EEN LEIDEND LOGISTIEK PRINCIPE IN EEN DUURZAAM SYSTEEM VOOR GOEDERENDISTRIBUTIE: LADINGEN MET EENZELFDE BESTEMMING WORDEN ZOVEEL MOGELIJK MET ÉÉN MIDDEL VAN VERVOER GEDISTRIBUEERD. DAT UITGANGSPUNT, GECOMBINEERD MET HOOG- FREQUENTE BRENG- EN HAAL-DIENSTEN LEIDT TOT EEN GEHEEL ANDERE LOGISTIEK DAN WELKE WE NU KENNEN. MOMENTEEL WORDT DISTRIBUTIE GEREGLD DOOR LEVERANCIERS EN HUN AFNEMERS. IEDERE LEVERANCIER HEEFT ZIJN EIGEN OPSLAG- EN DISTRIBUTIECENTRA EN VERZORGT ZIJN EIGEN TRANSPORT. EEN EIGEN VERVOERSLOGISTIEK IS VAAK NODIG OM AFNEMERS DE GARANTIE TE GEVEN DAT ZIJ SNEL EN FREQUENT WORDEN BEDIEND.

GEZIEN VANUIT DE TOTALE DISTRIBUTIEKETEN

is de huidige situatie echter niet optimaal. Het is efficiënter om vervoersstromen die dezelfde route afleggen samen te voegen en te transporteren in één middel van vervoer. Dat vergt bundeling van ladingen in de omgeving van afnemers. Dat uitgangspunt is voor een denkbeeldige middelgrote stad uitgewerkt in een systeemstudie voor stedelijke distributie. Drie elementen vormen de kern van dat systeem: een stedelijk distributiecentrum aan de rand van de stad (logistiek stadspark), een stelsel met buisleidingen door de stad en laad- en lospunten op verschillende plaatsen in de stad (wijkdistributiewinkels).

AAN DE RAND VAN DE STAD worden goederen ontvangen in het 'logistiek stadspark'. Hier is een opslagmagazijn voor *rolling-stock* artikelen ingericht: dranken, diepvriesartikelen, conserven en klein-huishoudelijke artikelen. Tevens is er een tussentijdse opslag voor schone retourstromen zoals glas, papier, textiel, metalen en plastics. Andere stromen worden in het logistiek stadspark *direct* doorgesluisd. Hierbij gaat het om zogenoemde *direct distribution*-stromen (versgoed, huishoudelijke artikelen met grote doorzet, gft-afval en restafval) en *cross docking*-stromen (medicijnpakketten, post, bevoorrading non-food detailhandel en retourverpakkingen). Deze stromen worden ontvangen, ge(de)groepeerd, gesorteerd en doorgezonden.

VANUIT HET STADSPARK worden goederen voor tachtig procent gedistribueerd via een transportsysteem met ondergrondse buisleidingen. Deze buizen hebben een diameter van één tot twee meter en kunnen met bestaande technologieën zowel in nieuwe als in bestaande stedelijke gebieden worden aangelegd. Door deze buizen rijden automatisch geleide ladingdragers waarop standaardpakketten worden vervoerd. Deze pakketten zijn qua afmeting compatibel met andere ladingdragers zoals containers. Een handige maat is bijvoorbeeld 0,80 bij 1,20 meter of 1,00 bij 1,20 meter en 1,75 meter hoog. Voor sommige goederen, zoals vriesgoed of waardevolle artikelen worden speciale voorzieningen getroffen.

Het invoegen en uitvoegen bij knooppunten moet snel en met een beperkt aantal handelingen worden verricht. Hiervoor bestaan verschillende oplossingen, zoals een uitvoegstrook met een laad- en losperron of een meebewegende in- en uitvoeger.

Twintig procent van de goederen kan, bijvoorbeeld vanwege hun afmeting, niet door de buis. Deze worden net als nu bovengronds gedistribueerd. Wel wordt ook deze distributie zoveel mogelijk gebundeld, zodat ook bovengrondse transportbewegingen beperkt blijven.



WIJKDISTRIBUTIEWINKELS vormen de stations van het centrale buissysteem. Deze worden bij economische eenheden gesitueerd, zoals bedrijven, grote winkels, ziekenhuizen, hotels, kantoren en concentratiepunten van winkels en buurtschappen, zodat de afstanden voor het voor- en natransport zeer beperkt zijn. Ook allerlei combinaties zijn denkbaar, bijvoorbeeld met postkantoren. De wijkdistributiewinkels zijn gemiddeld 300 meter en maximaal 500 meter van iedere voordeur verwijderd.

Vanuit deze knooppunten vindt distributie plaats naar afnemers. Dat zijn de kleinere buurtwinkels, kantoren en bedrijven. Andersom worden retourstromen via de wijkdistributiewinkels teruggestuurd naar verwerkingsbedrijven en leveranciers.

Ook individuele consumenten kunnen vanuit de wijkdistributiewinkels bediend worden. De verwachting is echter dat zij een substantieel deel van het voor- en natransport zelf verrichten, dus net als nu. Het concept biedt daarnaast kansen voor nieuwe vervoersorganisaties die dit deel van de stedelijke distributie voor hun rekening nemen en individuele afnemers vanuit de wijkdistributiewinkels op verzoek bedienen.

BIJ DE ORGANISATIE van een dergelijk distributiesysteem speelt de overheid een belangrijke rol; zij zal het initiatief moeten nemen om de benodigde infrastructuur aan te leggen. Daartoe moet in verschillende planvormen de bestemming van de ondergrondse ruimte worden vastgelegd. In de tweede plaats speelt de overheid een rol bij het beheer van de infrastructuur en het toezicht op de veiligheid van het systeem. Voor het beheer van transportmiddelen, de geleiding van het verkeer en de toewijzing van capaciteit kan vervolgens een exploitatiemaatschappij zorgdragen. Vervoersondernemingen huren dan capaciteit op het net. Zij treden daarmee minder op als fysieke transporteur, danwel als ketenregisseur; zij koppelen transporten van verschillende modaliteiten aan elkaar en staan borg voor een juiste en tijdige aflevering van goederen.

DE KANSEN VAN HET GESCHETSTE SYSTEEM worden hoog ingeschat. Het beslag op de milieugebruiksruimte wordt hierdoor met een factor tien tot twintig teruggebracht. Voor een deel moeten goederen, net als nu, bovengronds worden vervoerd. Voor dat deel is de mogelijke milieuwinst uiteraard beperkt. Dat blijkt uit een milieubeslagberekening van DHV.

De logistieke voordelen van het geschetste systeem zijn groot en hebben veel partijen enthousiast gemaakt. Tijdens drie workshops bleek dat er een draagvlak is om verdere stappen te ondernemen. Met name verladers zoeken al jaren naar nieuwe vormen van goederendistributie, omdat de huidige verkeersproblemen een bedreiging vormen voor de kwaliteit van hun dienstverlening.

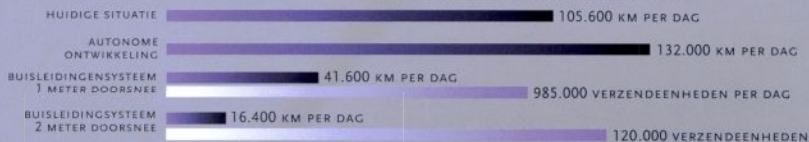
In technologisch opzicht zijn er weinig belemmeringen. Voor de meeste systeemelementen kan gebruik worden gemaakt van bestaande en beproefde technieken. Ook financieel-economisch lijken er uiteindelijk geen grote problemen te zijn. De kosten per eenheid zullen gelijk zijn aan de kosten voor conventioneel goederenvervoer. Zij zullen lager uitvallen wanneer de infrastructuur wordt betaald door de overheid.

BESLAG OP DE MILIEUGEBRUIKSRUIMTE DOOR STEDELIJK GOEDEREN-TRANSPORT IN 2040 IN EEN DENKBEELDIGE STAD MET 200.000 INWONERS

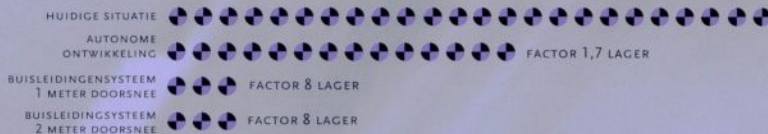


GOEDERENTRANSPORT

BOVENGRONDS GOEDERENTRANSPORT
ONDERGRONDS GOEDERENTRANSPORT



ENERGIEGEBRUIK



BELANGRIJKSTE EMISSIES

KOOLMONOXIDE
STIKSTOFDIOXIDE
BENZEEN



VERKEERONVEILIGHEID





ELEKTRISCH HYBRIDE AANDRIJVING

ELEKTRISCH HYBRIDE AANDRIJVING COMBINEERT VERSCHILLENDE VOORDELEN. IN DE EERSTE PLAATS HOEFT DE VERBRANDINGSMOTOR OF DE GASTURBINE VAN HET VOERTUIG NIET MEER DAN HET GEMIDDELDE VERMOGEN TE LEVEREN. HET PIEKVERMOGEN DAT NODIG IS VOOR ACCELERATIE EN HET BEREIKEN VAN TOPSNELHEID WORDT GELEVERD DOOR ENERGIE DIE IS OPGESLAGEN IN EEN BUFFERSYSTEEM ZOALS EEN ACCU, EEN VLIEGWIEL OF EEN ULTRA- CONDENSATOR.

DE REALISATIE VAN EEN BUIS-SYSTEEM voor goederendistributie kan niet in één keer plaatsvinden. Er is daarom een ontwikkelingstraject uitgestippeld, om de verschillende hoofdelementen stap voor stap op te zetten. Op korte termijn is de opzet van wijkdistributiewinkels en logistieke stadsparken haalbaar. Deze dragen immers ook zonder buissysteem bij aan een efficiënte stedelijke goederendistributie. Het maakt bundeling van goederenstromen mogelijk, waarmee de bereikbaarheid in binnensteden is gediend. Om het totaalconcept op langere termijn mogelijk te maken, zijn verdere studies nodig naar technische en bestuurlijke randvoorwaarden voor de aanleg van een buissysteem.

Dat betekent dat een relatief kleine verbrandingsmotor volstaat en dat de motor constant in het meest optimale werkpunt wordt belast. Daardoor zijn emissies en brandstofverbruik laag. In de tweede plaats maakt het systeem het mogelijk om elektrisch te remmen op de motoren. De elektromotoren fungeren dan tijdelijk als generator en de bewegingsenergie van het voertuig komt beschikbaar als elektriciteit. Tot slot is het met elektrisch hybride aandrijving mogelijk om geheel emissieloos te rijden door de verbrandingsmotor of de gasturbine tijdelijk uit te zetten. Dat laatste biedt voordelen voor korte afstanden en voor verplaatsingen in de binnenstad en in overdekte ruimtes zoals stations en parkeergarages.

WAT IS ELEKTRISCH HYBRIDE AANDRIJVING?

WANNEER WE VERSCHILLENDE KRACHTBRONNEN GEBUIKEN OM EEN VOERTUIG VOORT TE BEWEGEN, IS ER IN PRINCIPE SPRAKE VAN EEN HYBRIDE AANDRIJFSYSTEEM. WANNEER ÉÉN VAN DE KRACHTBRONNEN EEN ELEKTROMOTOR IS, SPREKEN WE VAN ELEKTRISCH HYBRIDE AANDRIJVING. DE ANDERE BRON IS DAN BIJVOORBEELD EEN VERBRANDINGSMOTOR, EEN GASTURBINE OF EEN BRANDSTOFCEL.

ER BESTAAT ONDERSCHIED TUSSEN PARALLEL EN SERIEEL HYBRIDE AANDRIJVING. BIJ PARALLEL HYBRIDE AANDRIJVING KUNNEN DE WIELEN DOOR BEIDE KRACHTBRONNEN WORDEN AANGEDREVEN. BIJ SERIEEL HYBRIDE AANDRIJVING STAAN DE KRACHTBRONNEN NA ELKAAR GESCHAKELD: DE EERSTE KRACHTBRON LEVERT DE INPUT VOOR DE TWEEDE DIE DE WIELEN AANDRIJFT.

IN DEZE STUDIE IS VOORAL AANDACHT GEGEVEN AAN ELEKTRISCH SERIEEL HYBRIDE AANDRIJVING. HIERBIJ ZORGEN ELEKTROMOTOREN DUS VOOR AANDRIJVING VAN DE WIELEN EN WORDT DE BENODIGDE ELEKTRICITEIT OPGEWECT DOOR EEN GENERATOR. VOOR DE AANDRIJVING VAN DE GENERATOR KUNNEN WE EEN VERBRANDINGSMOTOR OF EEN GASTURBINE GEBUIKEN. IN PRINCIPE KAN OOK EEN BRANDSTOFCEL GEBRUIKT WORDEN OM DE BENODIGDE ELEKTRICITEIT TE LEVEREN.

HET GEBRUIK VAN EEN GASTURBINE- AGGREGAAT

biedt aanvullende voordelen. Een gasturbine is een compacte en relatief eenvoudige motor met weinig hulpsystemen en is betrekkelijk voordelig in onderhoud. Meerdere soorten brandstof zijn geschikt voor gebruik in een gasturbine, zoals biobrandstof en waterstof. Een belangrijk voordeel is verder dat een gasturbine een hoog omzettingsrendement heeft en een hoog specifiek vermogen (gemeten in kW/kg). Dat levert gewichts- en materiaalbesparing op.

Een nieuwe generatie gasturbines is in Japan in ontwikkeling. Het gaat om gasturbines die voor een deel zijn gemaakt van keramische materialen. Deze zijn bestand tegen een zeer hoge temperatuur waardoor een rendement van veertig procent en meer haalbaar is. De verwachting is dat keramische gasturbines over tien jaar op de markt komen.

ELEKTRISCH HYBRIDE AANDRIJVING is een kansrijk alternatief voor de conventionele verbrandingsmotor omdat het lage emissies en een aanzienlijke energiebesparing mogelijk maakt. Toepassingen, al dan niet met een gasturbine, zijn vooral kansrijk bij wegvoertuigen die een grote vermogensvariatie kennen: korte trajecten, vaak stoppen en accelereren en een lage gemiddelde snelheid ten opzichte van de topsnelheid. Dat is het geval bij de meeste vormen van stedelijk openbaar vervoer, stedelijke goederendistributie en afvalinzameling. Zo zit er in een twaalfmeter bus doorgaans een motor met een vermogen van 160 kilowatt. In Brussel rijdt een hybride bus die dezelfde rijprestaties heeft, met een verbrandingsmotor van dertig kilowatt. Er zijn op dit moment verschillende hybride stadsbussen operationeel. Zoals de Environmental Concept Bus van Volvo, de Iveco Altrobus CNG en de Scania DAB-Silkeborg Citybus.

Ook voor personenauto's biedt elektrisch hybride aandrijving perspectieven. Voor korte afstanden, daarbij gaat het om circa zestig procent van alle verplaatsingen per auto, heeft een accu voldoende capaciteit om volledig elektrisch te rijden. Na aankomst kan de accu via het elektriciteitsnet in korte tijd weer worden opgeladen. Op langere afstanden is een kleine verbrandingsmotor voldoende om de accu 'op peil' te houden. Onder andere Peugeot, Renault en Volvo hebben een aantal rijdende demonstratiemodellen van hybride personenauto's gemaakt.

REDUCTIES

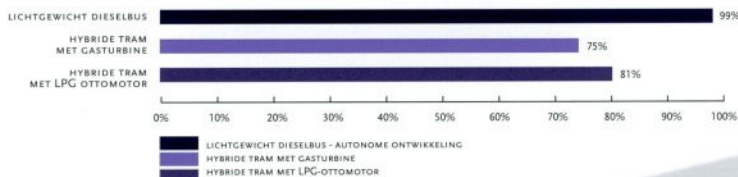
OM TE BEOORDELEN WELKE REDUCTIES DIT SYSTEEM OPLEVERT, IS HET GEBRUIK VAN ELEKTRISCH HYBRIDE AANDRIJVING NAGEBOOTST MET HET VOERTUIGSIMULATIEPROGRAMMA ADVANCE, DAT ONTWIKKELD IS DOOR TNO-WT. MET DIT PROGRAMMA IS EEN VERGELIJKING GEMAAKT TUSSEN DE PRESTATIES VAN VERSCHILLENDE AANDRIJFSYSTEMEN IN VOERTUIGEN VOOR HOOGWAARDIG OPENBAAR VERVOER.

Daarbij zijn verbrandingsmotoren en gasturbines 'ingebouwd' en zijn technologieën van vandaag vergeleken met de verwachte *state of the art* in 2010. In het computerprogramma zijn ritcycli ontworpen die representatief zijn voor de omstandigheden waaronder deze voertuigen in 2010 zouden kunnen rijden. De varianten zijn vervolgens doorgerekend op energiegebruik en emissies. Uit de simulatie kwam onder andere naar voren dat een elektrisch hybride aandrijving met een keramische gasturbine een energiebesparing kan opleveren van dertig procent ten opzichte van een dieselbus bij vergelijkbare vervoersprestaties. De meeste emissies worden gereduceerd met een factor tien of meer. Elektrisch hybride aandrijving biedt dus aantrekkelijke mogelijkheden om een flinke stap dichterbij een duurzaam personenvervoer te komen.

BRON: KLOSTERMANN E.A. (RED.), ELECTRISCH HYBRIDE AANDRIJVING; HAALBAARHEID GASTURBINE-AGGREGATEN VOOR OPENBAAR VERVOER, HELMOND 1997. RESULTATEN OPERATIONELE RITCYCLUS (MET 3 KM EMISSIEVRIJ RIJDEN). OVER DE EMISSIE VAN DEELTJES DOOR EEN GASTURBINE BESTAAN GEEN GEGEVENS.

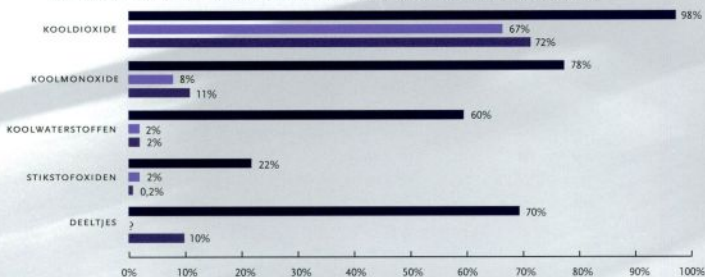
ENERGIEGEBRUIK IN 2010

ALS PERCENTAGE VAN DIE VAN EEN CONVENTIONELE DIESELBUS UIT 1997 BIJ VERGELIJKBARE VERVOERSPRESTATIES



EMISSIES IN 2010

ALS PERCENTAGE VAN DIE VAN EEN CONVENTIONELE DIESELBUS UIT 1997 BIJ VERGELIJKBARE VERVOERSPRESTATIES



EEN ONTWIKKELSTRATEGIE VOOR DE MIDDEL-LANGE TERMIJN is gericht op segmenten in de markt waar de overheid invloed op kan uitoefenen en waar Nederlandse industrie een stempel op kan drukken. Het gaat dan om relatief kleine marktsegmenten zoals taxi's, bestelauto's, huisvuilwagens en voertuigen voor openbaar en besloten stadsvervoer. Op korte termijn zijn er kansen voor hybride tram-bussystemen als alternatief voor de tram. De aanleg van een tram is vaak zeer ingrijpend en kostbaar vanwege de benodigde rails en bovenleiding. Aangezien een elektrisch-hybride tram-bussysteem wel de capaciteit en het milieuvoordeel van een tram biedt, maar met minder infrastructuur toe kan, zijn er in dit marktsegment kansen. Door schaalvergroting en verdere ontwikkeling, kunnen ook andere marktsegmenten interessante kansen bieden.

OOK GASTURBINES ZELF moeten verder worden ontwikkeld. De op dit moment verkrijgbare gasturbines zijn in het algemeen te groot en te duur voor toepassing in wegvoertuigen. Aan kleine gasturbines voor hybride systemen wordt gewerkt door het Europese Volvo Aero Turbines, de Amerikaanse fabrikanten Allied Signal, Capstone en Elliot en het Japanse Petroleum Energy Center met steun van de Japanse overheid en de fabrikanten Toyota, Mitsubishi en Nissan.

OP LANGE TERMIJN is elektrisch hybride aandrijving met kleine gasturbines alleen haalbaar, bij een jaarlijks productievolume van 100.000 stuks of meer. De ontwikkelingsstrategieën van de betrokken fabrikanten zijn daarom gericht op toepassing van deze systemen in individuele wegvoertuigen. Verwacht wordt, dat de ontwikkelingen zullen leiden tot betere gasturbines en betere productiemethoden waardoor de kostprijs van de systemen aanzienlijk omlaag zal gaan. Voor de overheid ligt hier, vooral in internationaal verband een taak om met wetgeving op het gebied van emissies en met financiële prikkels voor de aanschaf van schone auto's de ontwikkeling van de gasturbinetehnologie te versnellen.

AUTOMATISCHE AFHANDELING VERVOERVRAAG

INFORMATIETECHNOLOGIE EN TELECOMMUNICATIE ZIJN ESSEN-
TIËLE HULPMIDDELEN OM DE VERVOERVRAAG TE VERDELEN
OVER DE INFRASTRUCTUUR EN DE BESCHIKBARE MODALITEITEN.
MET EEN AUTOMATISCH SYSTEEM KUNNEN WE VOOR IEDERE
VERPLAATSING DE MEEST MILIEUVRIENDELIJKE, DE SNELSTE, DE
MEESTE COMFORTABELE EN/OF GOEDKOOPSTE REISMOGELIJKHEID
SELECTEREN. VERSCHILLENDE MODALITEITEN SLUITEN DAN NAAD-
LOOS OP ELKAAR AAN EN DE INFRASTRUCTUUR WORDT OPTI-
MAAL BENUT. AUTOMATISCHE AFHANDELING VAN DE VERVOER-
VRAAG VORMT EEN SCHAKEL IN DE REALISATIE VAN INDIVI-
DUEEL OPENBAAR VERVOER.

De kern van een automatisch vervoervraagstelsel is vergelijkbaar met een hedendaags reisbureau: de consument maakt wensen over een verplaatsing kenbaar aan het stelsel. Door het stelsel wordt een concrete verplaatsing gesuggereerd met eventueel enkele alternatieven. Route, modaliteit(en) en prijs worden daarbij aangegeven. De consument maakt een keuze en de verplaatsing wordt door het stelsel gerealiseerd. Het stelsel heeft dus twee hoofdfuncties: informatie en regie. De informatiefunctie bestaat uit het verzamelen van gegevens over de vraag (wie, wanneer, waarheen en hoe), het aanbod (voertuigen en infrastructuur) en de omgeving (weersomstandigheden, stromingen en dergelijke). De regiefunctie bestaat vervolgens uit het op elkaar afstemmen van vraag en aanbod.

We kunnen nog een stap verder gaan en iedere verplaatsing monitoren, zodat het stelsel kan reageren op tussentijdse wijzigingen, mochten die zich voordoen. Er ontstaat dan een nieuwe interactie tussen het vervoervraagstelsel en de reiziger. Door het stelsel worden alternatieven voorgesteld, waaruit de consument opnieuw een keuze bepaalt. Verder is het denkbaar dat de wensen van de consument op een meer permanente manier worden verwerkt en geanalyseerd door een zelflerende computer, zodat een nieuwe vervoervraag sneller en adequater kan worden beantwoord.

Op kleine schaal heeft een dergelijk stelsel in Nederland al enige bekendheid onder de naam Odyssee. Toepassing van het stelsel op een landelijk dekkende schaal is in principe mogelijk.

DE CONSUMENT VAN DE TOE- KOMST

moet met het stelsel kunnen en willen werken. Daarom worden hoge eisen gesteld aan een gebruiksvriendelijke interface. Het ideaal is een goede spraakcomputer, waarmee de reiziger in dagelijkse taal zijn reizen kan bekendmaken en zijn keus kan bepalen. Verder wil de consument vrijheid en zekerheid. Alleen voor congestiegevoelige tijdstippen en plaatsen is het voor de consument van de toekomst acceptabel als het stelsel de modaliteit en de route voorschrijft. Het stelsel moet zó zijn ingericht, dat de reiziger buiten de spits en buiten de stad kan doen wat hij wil.

Ook vervoersbedrijven moeten met het stelsel uit de voeten kunnen. Zij ontvangen een verplaatsingsopdracht en dragen zorg voor de uitvoering ervan. Vervoerders treden met elkaar in concurrentie qua prijs en kwaliteit; wie bij een ruim aanbod een beter of een goedkoper product levert, zal vaker worden gevraagd dan anderen.

CONSUMENT VAN DE TOEKOMST

De wensen van de consument van de toekomst zijn onderzocht met een zogenaemde TVC-procedure: toekomstbeeld voor consumenten. Bij deze procedure zijn vertegenwoordigers van verschillende maatschappelijke partijen en consumentengroepen betrokken. In drie achtereenvolgende sessies is een toekomstbeeld geschetst en konden de deelnemers zich gaandeweg steeds beter in de toekomst verplaatsen. Het vervoervraagstelsel ging 'leven' en de deelnemers waren in staat een programma van consumentwensen op te stellen.

DRIE SOORTEN INFORMATIE

worden door het vervoervraagstelsel verwerkt: informatie over het vervoersaanbod, informatie over de vervoervraag en informatie over de actuele toestand op de wegen. Voor het functioneren van het systeem is het essentieel dat alle partijen gratis over alle informatie beschikken. Vervoerders hebben deze nodig om hun marketingstrategie te bepalen en reizigers hebben deze nodig om een reisroute te bepalen. Voor de overheid ligt hier een taak om te waarborgen dat alle informatie toegankelijk is. Een publiek-private samenwerking ligt voor de hand, waarbij regievoerders en vervoerders de informatie leveren en werken en de publieke partij het beheer voert.

VOOR DE ONTWIKKELING VAN HET VERVOERVRAAGSTEL

is de technologie in beginsel beschikbaar. De verdere ontwikkeling van interfaces, sensoren en informatienetwerken levert naar verwachting geen knelpunten op. Voor de opzet van het systeem als zodanig is een wiskundig algoritme nodig om vraag en aanbod in een dynamische omgeving op elkaar af te stemmen. De TU Delft heeft al een aanzet gegeven. Een tweede stap is de ontwikkeling van een dynamische database waarbij actuele gegevens worden ingebracht en verwerkt. Vervolgens is een regionale pilot nodig om de werking en de maatschappelijke acceptatie van het vervoervraagstelsel in de praktijk te testen. Wanneer deze pilot aanslaat, is een landelijke invoering van het systeem mogelijk.

WATERSTOF IN MOBIELE TOEPASSINGEN

De toepassing van een brandstofcel in voertuigen biedt aantrekkelijke perspectieven op de langere termijn. Op korte termijn is deze technologie echter niet zonder meer haalbaar vanwege de kosten en de afmetingen van de huidige generatie brandstofcellen. Het is wel mogelijk om via een demonstratieproject de kansen en mogelijkheden in beeld te brengen en om ervaringen op te doen.

In het kader van het DTO-programma is de toepassing van een brandstofcel in een schip onderzocht. Uit gesprekken met rondvaartondernemingen blijkt dat er belangstelling bestaat voor exploitatie van een schip dat naast parties en tentoonstellingen, geschikt is voor rondvaarten in stille natuurgebieden zoals de Biesbosch. Een elektrisch aangedreven schip dat vaart op energie uit een brandstofcel is hiervoor kansrijk.

BRON: BLOMENDO B.V., PROJECT 'SCHOON SCHIP', EINDRAPPORT EERSTE FASE MOBIELE BRANDSTOFCEL, RUMPT, 1996. SPECIFICATIES VAN HET SCHOON SCHIP



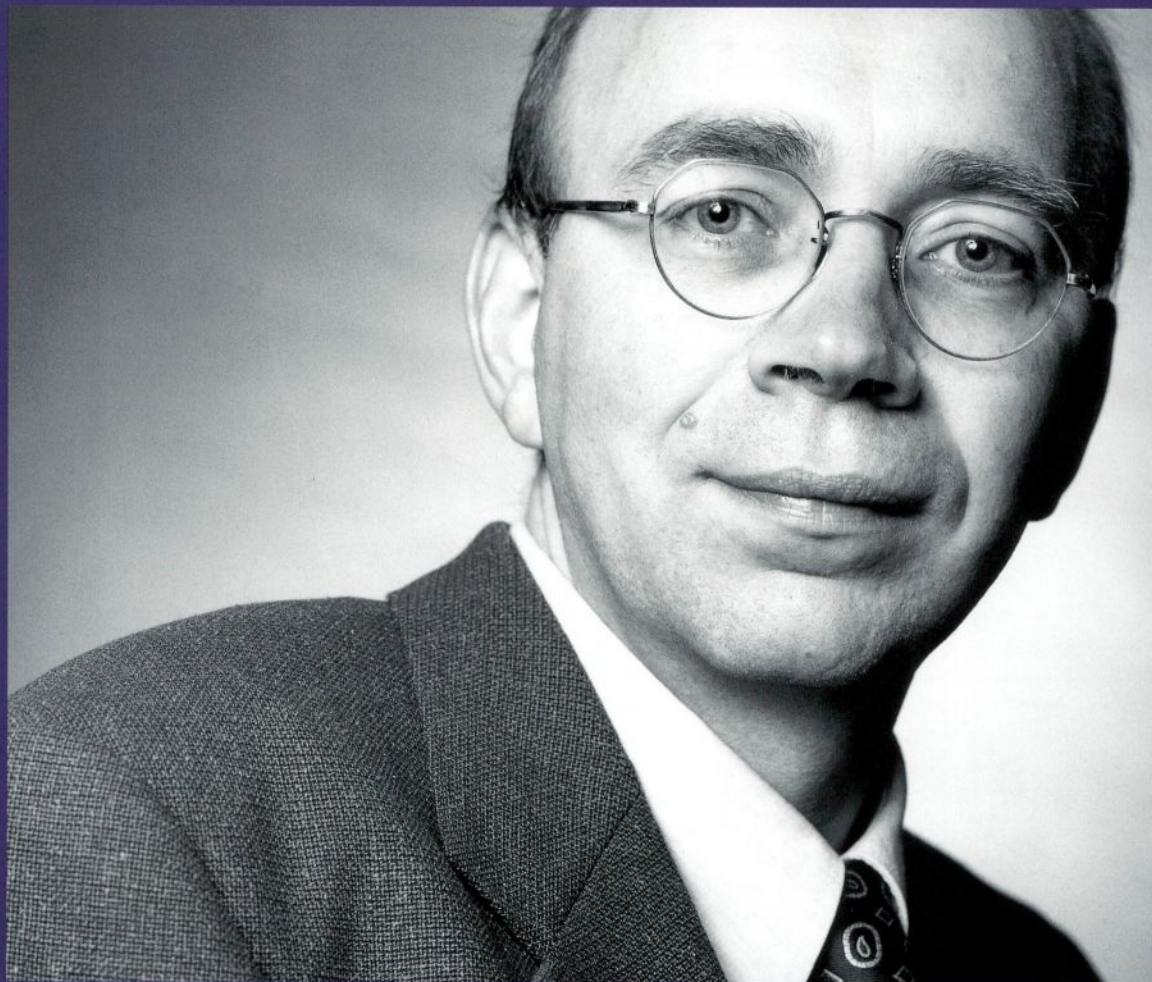
VAN HET SCHIP IS EEN VOORONTWERP GEMAAKT.

Het wordt een 'all electric ship' dat voor de voortstuwing een gemiddeld vermogen van 150 kW beschikbaar heeft en voor de overige functies aan boord gemiddeld 55 kW. Voor het ontwerp van het schip wordt uitgegaan van een brandstofcelsysteem van de firma Ballard. Ook op het gebied van gasbehandeling, gasopslag en elektrische aandrijving wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van bestaande technologieën en systemen. Bij het ontwerp van het schip is speciale aandacht besteed aan de veiligheidsaspecten die te maken hebben met de opslag van waterstofgas.

De investeringskosten voor de bouw van het schip worden geschat op f11,7 miljoen, waarvan f3,5 miljoen voor het brandstofcelsysteem. De realisatie van het schip is met een groot aantal potentieel betrokken Nederlandse bedrijven en instellingen besproken, waaronder de Koninklijke De Schelde Groep, Akzo, de Koninklijke Marine, TNO en de TU Delft. Daaruit blijkt dat er in Nederland voldoende kennis aanwezig is om het project uit te voeren, en dat daar ook draagvlak voor bestaat. In de tweede fase van het project wordt het voorontwerp van het schip meer in detail uitgewerkt en wordt een financieringsplan opgesteld.

GAT IN DE MARKT VOOR NIEUW

AAN DE WESTKANT VAN EINDHOVEN, TUSSEN VELDHOVEN EN VLEGVELD WELSCHAP, VERRIJST EEN NIEUW STADSDEEL MET RUIM 7.000 WONINGEN EN 200 HECTARE BEDRIJVENTERREIN. AL BIJ DE ONTWIKKELING VAN DE EERSTE PLANNEN VOOR DIT STADSDEEL IS DOOR HET RIJK EN DE GEMEENTE HET BELANG INGEZIEN OM VIA HOOGWAARDIG OPENBAAR VERVOER DE NIEUWE WIJK MET HET CENTRUM VAN EINDHOVEN TE VERBINDEN. DE AFSTAND TUSSEN EINDHOVEN CS EN DE NIEUWE WIJK, ZO'N TIEN KILOMETER, IS IMMERS TE GROOT VOOR DE FIETS EN DE BESTAANDE AUTOWEGEN ZITTEN NU AL VERSTOPT. VANAF HET BEGIN VAN DE PLANVORMING WAS BOVENDIEN DUIDELIJK DAT ER IETS NIEUWS MOET KOMEN, WANT EINDHOVEN IS TE GROOT VOOR DE BUS, MAAR TE KLEIN VOOR TRAM OF METRO. ER IS DUS EEN GAT IN DE MARKT VOOR EEN NIEUW TYPE OPENBAAR VERVOER, ZO REDENEERT DR. J.M.B.M. WARMERDAM VAN DE BRABANTSE ONTWIKKELINGS MAATSCHAPPIJ, EN NIET ALLEEN IN EINDHOVEN, OOK IN ANDERE MIDDELGROTE STEDEN; EEN TYPE OPENBAAR VERVOER DIE DE FLEXIBILITEIT VAN DE BUS COMBINEERT MET DE EFFICIËNTIE VAN DE TRAM.



TYPE OPENBAAR VERVOER

"We zijn met een aantal bedrijven uit de regio bij elkaar gaan zitten: NEDCAR in Helmond, autobusfabrikant BOVA uit Valkenswaard, DUVEDEC, een ontwikkel- en constructiebedrijf en de BOM, om te kijken of wij als regionale industrie een bijdrage aan de plannen konden leveren. Later zijn ook SIMAC SYSTEMS in Veldhoven, leverancier van informatietechnologie, en NEWAYS ELECTRONICS, een producent van industriële elektronica, aangeschoven. Daarmee hadden we uiteindelijk zes partijen. Al heel snel kwamen we tot de conclusie dat er een niche in die openbaar-vervoermarkt lag. Middelgrote steden zoals Eindhoven, met zo'n 250.000 inwoners, zijn vaak niet geschikt voor een tram of een metro. Die systemen zijn te duur en te ingrijpend. Maar dergelijke steden zijn te groot voor een conventionele bus. Dus je moet iets zoeken wat het midden houdt tussen een tram en een bus. Verder kwamen we al snel tot de conclusie dat je niet zomaar een voertuig moet aanbieden, maar dat je moet proberen de hele vervoersketen in acht te nemen. De kwaliteit van het openbaar vervoer wordt immers niet alleen bepaald door het voertuig, maar ook door de wachttijden, de bereikbaarheid, het voor- en natransport, comfort, veiligheid, de kwaliteit van de haltes en dat soort zaken. Uiteindelijk, na meer dan een jaar van studie en overleg, hebben we een integraal concept neergelegd voor een hoogwaardig openbaar vervoerssysteem in stedelijke gebieden."

TRAMBUS

"De voertuigen die we willen gaan bouwen, zou je een trambus kunnen noemen; ze combineren de voordelen van de tram en de bus. De trambus krijgt een elektrisch-hybride aandrijving met een kleine LPG-verbrandingsmotor in ieder voertuig. Die drijft een generator aan, welke elektriciteit

"WE HEBBEN NIETS NIEUWS UITGEVONDEN. WE HEBBEN ALLEEN EEN AANTAL TECHNOLOGIEËN OP EEN NAAR ONS IDEE SLIMME MANIER GECOMBINEERD."

DRS. J.M.B.M. WARMERDAM, N.V. BRABANTSE ONTWIKKELINGS MAATSCHAPPIJ

opwekt. De voertuigen worden elektrisch aangedreven met naafmotoren in de wielen. Verder is er een accu die als buffer dient en het mogelijk maakt om bijvoorbeeld in het centrum van de stad volledig elektrisch, dus zonder emissies, te rijden. De meeste installaties verwerken we in het dak, waardoor de vloer laag en volledig vlak kan blijven. De carrosserie is van kunststof en wordt uit modulen opgebouwd die als het ware aan elkaar worden gelijmd. We kunnen het voertuig daardoor in meerdere lengtevarianten bouwen.

Deze voertuigen worden elektronisch over een vrije infrastructuur geleid. In het wegdek brengen we daarvoor draden aan, die onder een laagspanning worden gezet. Dat creëert een elektromagnetisch veld, dat door een antenne onder het voertuig wordt opgevangen, waarmee het z'n vooraf geplande baan kan vinden. Dat houdt dus in dat je wel een eigen baan nodig hebt, maar geen rails en geen bovenleiding. Het heeft als voordeel dat je heel

dicht langs perrons kunt rijden, waardoor in- en uitstappen makkelijker wordt. Er zit nog wel een chauffeur in het voertuig, omdat op sommige delen handbesturing nodig is. Bovendien denken we, dat het op dit moment naar het publiek toe niet haalbaar is om de trambus volledig onbemand te laten rijden."

REIZIGERSINFORMATIE

"Een ander onderdeel van het plan is een reizigersinformatiesysteem. Dat is een systeem waarbij de reiziger zowel in het voertuig als op de halte optimaal wordt geïnformeerd over waar het voertuig zich bevindt, hoe lang het duurt voor hij er is, hoe lang het voertuig erover doet om ergens te komen en hoe de reiziger zijn weg kan vervolgen als hij eenmaal op het eindpunt is aangekomen. Op deze manier kan het vooeren natransport met taxi's en lijnbussen naadloos aansluiten op de trambus. Er komt een centrale regiekamer die precies weet waar de voertuigen zich bevinden en ook kan regelen dat een voertuig z'n snelheid aanpast als er ergens op het traject vertraging is; een soort van cruise control. We hebben voorgesteld een demonstratieproject uit te voeren in de regio Eindhoven.

De kosten van het hele plan komen op ruim 200 miljoen gulden. Daar zijn de ontwikkelingskosten, de bouw van een aantal prototypen en de productie van twaalf voertuigen bij inbegrepen. Het grootste deel van de kosten wordt verklaard door de infrastructuur. De operationele kosten zijn vergelijkbaar met de kosten voor conventioneel busvervoer, maar we denken dat we daarvoor een aanmerkelijk hogere kwaliteit kunnen aanbieden.

Het aardige van dit plan is wel, dat we niets nieuws hebben uitgevonden. We hebben alleen een aantal nieuwe technologieën die elders al zijn beproefd en toegepast, op een naar ons idee slimme manier gecombineerd en geprojecteerd op personenvervoer. Wij zien hierin een enorme kans voor het vervoercluster in Nederland. Voor de verdere toekomst denk ik, dat de technologie ook voor andere vervoersmoda-liteiten toepasbaar is. De elektrisch-hybride aandrijving is een opstap naar volledige elektrische aandrijving en de automatische geleiding maakt het mogelijk om volledig automatisch bestuurd te rijden. Dat betekent dat je ook elektronisch kunt koppelen. Dan kan iedereen in eenzelfde soort karretje naar de hoofdroute rijden om daar in te voegen in de keten om vervolgens rustig de krant te kunnen gaan lezen. Dat is nog verre toekomstmuziek, maar we denken dat ons concept daar een aanzet toe kan geven."





HET RESULTAAT

DUURZAAM VERPLAATSEN VAN MENSEN

EN GOEDEREN IS MOGELIJK. WE MOETEN

DAARVOOR VERSCHILLENDE SYSTEMEN

EN TECHNOLOGIEËN IN COMBINATIE MET

ELKAAR TOEPASSEN. VOOR PERSONEN-

VERVOER HEBBEN WE VOERTUIGEN NODIG

DIE OPENBAAR BEZIT ZIJN EN VOOR EEN

INDIVIDUELE REISWENS OPROEPBAAR

ZIJN VIA EEN CENTRAAL SYSTEEM. DEZE

VOERTUIGEN WORDEN AUTOMATISCH

GELEID EN ZIJN OP LANGE TRAJECTEN

KOPPELBAAR. ZE WORDEN AANGEDREVEN

VIA EEN ELEKTRISCH- HYBRIDE SYSTEEM

EN RIJDEN OP BIOBRANDSTOF

OF WATERSTOF.

VOOR GOEDERENVERVOER is er een ondergronds buisleidingensysteem. Hierdoor rijden automatisch geleide voertuigen die goederen van een logistiek stadspark aan de rand van de stad vervoeren naar wijkdistributiewinkels op verschillende punten in de stad. Buiten de buis worden de voertuigen, net als de koppelbare persenvoertuigen, aangedreven door een elektrisch hybride aandrijfsysteem. De effecten die verplaatsingen op dit moment veroorzaken qua ruimtegebruik, emissies, geluidhinder, energiegebruik en materiaalgebruik kunnen door deze systemen op lange termijn met een factor twintig of meer worden gereduceerd. Op korte termijn bieden de geïllustreerde systemen een integraal kader voor kansrijke innovaties.

DE AFRONDING VAN HET DTO- PROGRAMMA VORMT GEEN EINDPUNT. De projecten die door DTO in gang zijn gezet worden door de betrokken partijen verder uitgewerkt. Tevens zijn, tegelijk met het DTO-programma, initiatieven gestart die grote overeenkomsten vertonen qua doelstelling en werkwijze. Het gaat om de volgende projecten:

- Het concept voor elektrisch hybride aandrijving wordt uitgewerkt door het consortium van bedrijven dat hieraan heeft gewerkt. Mogelijk wordt ook samengewerkt met Japan, deze samenwerking zal zich met name richten op toepassing van een keramische gasturbine.
- Een integraal concept voor hoogwaardig openbaar vervoer is, parallel met het DTO programma, in de regio Eindhoven ontwikkeld. Meer informatie hierover is te vinden op pagina 46 en 47, in het interview met dhr. Warmerdam van de N.V. Brabantse Ontwikkelings Maatschappij.
- Voor het project automatische afhandeling vervoervraag wordt vanuit de overheid op korte termijn een plan van aanpak geformuleerd. Een neutrale partij moet de ontwikkeling van dit systeem stimuleren. In dit verband is een mogelijke rol weggelegd voor de stichting C.R.O.W., kenniscentrum voor verkeer, vervoer en infrastructuur.
- Het project buisleidingen voor stedelijk goederenvervoer zal op verschillende plekken een vervolg krijgen. Sommige delen worden ondergebracht bij het project Ondergrondse Logistiek Schiphol. Dit project voorziet in een ondergrondse buisverbinding voor transport van goederen tussen de Verenigde Bloemenveiling Aalsmeer, Schiphol en de te ontwikkelen railterminal bij Hoofddorp. Daarnaast is de verwachting dat het Centrum Transport Technologie (CTT) aan het project een vervolg kan geven. Verder zal de Interdepartementale Projectgroep Ondergronds Transport (IPOT) in de komende jaren vanuit de rijksoverheid een kader voor verdere ontwikkelingen scheppen.

KEY TO TRANSPORT

THE DEVELOPMENT OF SUSTAINABLE TRANSPORT SYSTEMS

SUMMARY

THE SUSTAINABLE TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT PROGRAMME (STD) WAS SET UP IN RESPONSE TO THE PHENOMENAL GROWTH IN BOTH THE WORLD POPULATION AND PROSPERITY LEVELS. THIS DUAL GROWTH IS IN TURN CREATING AN INCREASE IN THE DEMAND FOR MOBILITY. THERE ARE MORE PEOPLE WISHING TO TRAVEL, AND MORE GOODS THAT NEED TO BE TRANSPORTED. THE RESULTS OF A NUMBER OF NATIONAL AND INTERNATIONAL STUDIES HAVE BROUGHT US TO THE CONCLUSION THAT THIS GROWTH CAN ONLY CONTINUE LONG-TERM IF IN THE NEXT FIFTY YEARS WE CAN SUCCEED IN ACHIEVING A FACTOR TWENTY IMPROVEMENT IN OUR USE OF RESOURCES, SPACE AND THE ENVIRONMENT. THE AIM OF THE STD PROGRAMME IS TO SEEK OUT THE CHANGES OF DIRECTION REQUIRED AND THE OPPORTUNITIES TO BE EXPLOITED TO MAKE THE STATED GOAL ACHIEVABLE: A FACTOR TWENTY IMPROVEMENT IN FIFTY YEARS.

Sustainable transport systems are not only possible - there is every reason to believe that they will be a success. The STD programme demonstrates this claim and supports it with a large number of examples. It points the way both towards sustainable development in the long term and towards economically attractive developments in the short term.

The Dutch government initiated the STD programme in 1993. A wide range of centres of excellence, businesses and social organisations have contributed. The overall programme comprised five sub-programmes:

- FOOD
- CHEMISTRY
- TRANSPORT
- HOUSING
- WATER

This publication outlines the results of the Transport sub-programme.

THE RESULTS OF THE STD PROGRAMME demonstrate that the sustainable transportation of both people and goods is possible. It requires the combined application of the various systems and technologies available, in order to achieve in the long term a factor twenty reduction in transport-related emissions, noise pollution, energy consumption and use of space. In the short term, the systems illustrated form an integral framework for promising innovations. Four systems were developed as part of the STD programme.

PIPELINES FOR THE TRANSPORTATION OF GOODS

A NETWORK OF UNDERGROUND PIPELINES CAN BE USED FOR THE CLEAN, LOW-ENERGY DISTRIBUTION OF GOODS IN AND AROUND CITIES. THE NETWORK FORMS A LINK BETWEEN ONE OR MORE LOGISTICS CITY PARKS ON THE OUTSKIRTS OF EACH CITY AND A LARGE NUMBER OF LOADING AND UNLOADING POINTS WITHIN THE CITY ITSELF. COMPUTER-DRIVEN VEHICLES TRAVEL ALONG THE PIPELINES, DELIVERING GOODS AND RETURNING UNWANTED GOODS.

The probability that this method of goods distribution will succeed is high. There is a great deal of knowledge available in the field of the construction of underground pipelines. Much is known, too, about automatic vehicle guidance and vehicle dispatch. A forerunner in this field is the container shipment company ECT based at the port of Rotterdam. What the system does require is a new logistical structure.

The various elements of the system can be created step by step. For example, distribution centres on the outskirts of the city and loading and unloading points within the city can be useful whether or not they are linked via a pipeline system. The technique required for the construction of pipelines and transportation via computer-driven vehicles can be developed independently. Parallel research is being carried out into the feasibility of an underground pipeline link between the Aalsmeer flower auction and Schiphol airport.

ELECTRICAL HYBRID DRIVE

ONE EXTREMELY PROMISING VEHICLE TECHNOLOGY IS ELECTRICAL HYBRID DRIVE. A VEHICLE TRAVELS SHORT DISTANCES ON BATTERY-SUPPLIED ELECTRICITY.

When covering greater distances the vehicle also derives its energy from electricity, but the electricity is generated within the vehicle itself via a combustion engine linked up to a generator. A significant advantage of this system is that the hybrid traction makes it possible for the engine to keep running on idle. When the vehicle accelerates, the battery supplies additional power, whilst braking energy is transformed into electricity and stored in the battery. The hybrid system combines the advantages of electrical traction (quietness, economy and cleanliness) and fuel traction (functions across a large radius and refuelling is rapid) to optimal effect. A hybrid driven vehicle also requires a smaller engine, thereby economising on both weight and materials.

A small gas turbine can be used instead of a standard combustion engine. This is both clean and efficient, and can run on a variety of fuels, including biofuel and hydrogen. Electrical hybrid drive is in the first instance particularly suitable for application in large road vehicles, such as buses. At a later stage the system can also be applied to passenger vehicles. As part of the STD programme computer simulation was used to calculate the reduction in environmental strain and energy consumption which could be brought about by this system. It revealed that a bus using electrical hybrid drive would use around 25 percent less energy than a diesel bus and that most emissions would be reduced by at least a factor of ten. It would therefore seem expedient to develop this system further. Various Dutch companies, including NedCar and the bus manufacturer BOVA have joined forces to develop a public transport system for Eindhoven and the surrounding area, applying this particular technology.

COMPUTERISED PROCESSING OF TRANSPORT DEMAND

INDIVIDUALS WANT TO BE ABLE TO TRAVEL FROM DOOR TO DOOR AT ANY MOMENT OF THE DAY OR NIGHT. INDIVIDUAL CAR OWNERSHIP IS ONE ANSWER, BUT IT IS EXTREMELY INEFFICIENT AND HAS MANY DISADVANTAGES. A BETTER SOLUTION IS THE USE OF PUBLIC TRANSPORT TO MEET INDIVIDUAL TRANSPORTATION REQUIREMENTS.

This requires the setting up of a fully computerised travel office - a national computer system which deals with transport demands. This system works with the help of a hand-held computer with a telephone function. The traveller uses one of these mini-computers to convey his/her transport requirement to a central computer. The central computer lists the options, and the traveller makes his/her choice. The required mode of transport is then made available at the required place and at the required time. This system combines as efficiently as possible the personal desire for service and freedom on the one hand with the collective desire for space and a clean environment on the other.



Consumers and travel companies have met a number of times in order to identify the precise requirements of the system. A development plan has now been drawn up. A mathematical algorithm is being designed to process the ever-changing data on supply and demand. A pilot project will then be proposed, so that the mechanics of the system and the degree of public acceptance can be tested out in practice.

HYDROGEN FOR MOBILE APPLICATIONS

HYDROGEN IN LIQUID FORM IS A CLEAN FUEL WITH A HIGH ENERGY CONTENT. THAT ENERGY CAN BE USED IN A FUEL CELL, IN WHICH HYDROGEN IS COMBINED WITH OXYGEN TO FORM WATER. THIS RELEASES ENERGY IN THE FORM OF ELECTRICITY.

In the production of hydrogen the process is reversed. Electricity originating from, say, solar cells is used to split water up into oxygen and hydrogen. On the basis of this principle, hydrogen can be a vital key to the storage, distribution and mobile application of solar energy and other forms of sustainable energy.

The current generation of fuel cells is, however, fairly large and therefore not really suitable for most mobile applications. As part of the STD programme a proposal was drawn up for the application of a fuel cell to a pleasure boat, as a means of both supporting the development of smaller fuel cells and drawing attention to the use of hydrogen. We will be able to use this project to demonstrate the technique and identify development opportunities. A number of Dutch companies have joined forces with centres of excellence to produce a preliminary design for the boat. Various parties have voiced their enthusiasm, and expressed an interest in actually building it.

STD-WORKING METHOD

STD DEVELOPED A NEW WORKING METHOD WHICH WAS USED TO IDENTIFY AND DEVELOP THE FOUR AREAS OUTLINED ABOVE. THE WORKING METHOD IS CHARACTERISED BY THREE ELEMENTS:

- Long-term solutions determine the short-term steps to be taken.
- Technological solutions form the programme's starting point, but are viewed within the context of cultural and structural factors.
- Solutions are agreed upon in consultation and co-operation with directly and indirectly involved parties.

The working method has been summarised in a seven-step plan, which can be used as a manual for companies, organisations and government bodies wishing to invest in sustainable development. The working method is not linear, as might be suggested by the plan, but iterative. Whenever a new insight was gained we took time to reflect, in order to ensure that we would end up with a realistic and consistent picture of a sustainable transport system for the next century. Below is a brief overview of the step-by-step plan which was used.

STEP 1. STRATEGIC PROBLEM ORIENTATION

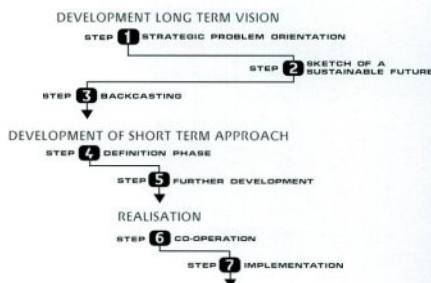
In order to identify areas in which there is currently a lack of sustainability and those areas in which current trends must be changed, we started by conducting a broad fundamental analysis of passenger and goods transport as it now is.

STEP 2. SKETCH OF A SUSTAINABLE FUTURE

A group of researchers from a number of different disciplines produced a coherent sketch of a sustainable transport system to be realised by 2040, in which current problems were solved. This sketch was then used as a guideline and goal for the research programme.

STEP 3. BACKCASTING We used backcasting (the discipline of taking the future as your starting point and reasoning backwards) to discover how we could realise the plan for a sustainable future, and which new tools would be required: new forms of goods distribution, new passenger transport systems and new vehicle technologies.

STEP 4. DEFINITION PHASE The new transport systems and transport technologies were then defined in more detail and tested for feasibility. In which precise areas do we need to change current trends? Which companies and organisations are able to contribute? What exactly will the innovations achieve?



STEP 5. FURTHER DEVELOPMENT

The possible innovations were worked out in more detail and the opportunities were illustrated with tangible examples. An R&D programme was set up to supply the knowledge and experience we were lacking.

STEP 6. CO-OPERATION AND INTEGRATION

The development of a support base was a crucial theme throughout the STD programme. The parties involved worked out the details of the programme together.

STEP 7. REALISATION AND IMPLEMENTATION

The ultimate goal of the STD programme is, of course, to ensure that the technology which has been developed is actually implemented and will contribute to the establishment of a sustainable transport system in the next century. The innovations which have been brought to light in the course of the programme can serve to indicate the way ahead.

SAMENVATTING

HET PROGRAMMA DUURZAME TECHNOLOGISCHE ONTWIKKELING (DTO) IS OPGEZET VANUIT DE WETENSCHAP DAT DE WERELDBEVOLKING ÉN DE WELVAART HAND OVER HAND TOENEMEN. MET DEZE DUBBELE GROEI NEEMT OOK DE BEHOEFTE AAN MOBILITEIT TOE, ZOWEL DE BEHOEFTE VAN MENSEN OM ZICH TE VERPLAATSEN ALS DE BEHOEFTE OM GOEDEREN TE VERPLAATSEN. UIT VERSCHILLENDE NATIONALE EN INTERNATIONALE STUDIES VALT AF TE LEIDEN, DAT DIE GROEI OP LANGERE TERMIJN ALLEEN MOGELIJK IS, ALS WE OVER EEN HALVE EEUW ONGEVEER TWINTIG KEER EFFICIËNTER OMGAAN MET GRONDSTOFFEN, RUIMTE EN MILIEU. HET PROGRAMMA DTO IS EROP GERICHT OM TREND-BREUKEN EN MOGELIJKHEDEN OP TE SPOREN DIE DAT MOGELIJK MAKEN: EEN FACTOR TWINTIG IN VIJFTIG JAAR.

Duurzame vervoerssystemen zijn mogelijk en kansrijk. Het DTO-programma toont dat aan en illustreert dat met tal van voorbeelden. Ze bieden niet alleen zicht op een duurzame ontwikkeling op lange termijn, maar bieden ook een kader voor economisch aantrekkelijke ontwikkelingen op korte termijn.

De Nederlandse overheid heeft het DTO-programma in 1993 geïnitieerd. Aan de uitvoering ervan hebben tal van kennisinstellingen, bedrijven en maatschappelijke organisaties een bijdrage geleverd. Het complete programma bestaat uit vijf deelprogramma's:

- VOEDEN
- CHEMIE
- VERPLAATSEN
- HUISVESTEN
- WATER

In deze publicatie worden de resultaten van het deelprogramma Verplaatsen toegelicht.

DE RESULTATEN VAN HET DTO-PROGRAMMA tonen aan, dat duurzaam verplaatsen van mensen en goederen mogelijk is. We moeten daarvoor de verschillende systemen en technologieën in combinatie met elkaar toepassen. De effecten die verplaatsingen op dit moment veroorzaken qua ruimtegebruik, emissies, geluidhinder en energiegebruik, kunnen daarmee op lange termijn met een factor twintig of meer worden gereduceerd. Op korte termijn bieden de geïllustreerde systemen een integraal kader voor kansrijke innovaties. In het DTO-programma zijn vier systemen uitgewerkt.



BUISELEIDINGEN VOOR GOEDERENTRANSPORT

MET EEN NETWERK VAN ONDERGRONDSE BUISELEIDINGEN KUNNEN GOEDEREN BINNEN DE STADSREGIO OP EEN SCHONE EN ENERGIEZUINIGE MANIER WORDEN GEDISTRIBUEERD.

Zo'n netwerk verbindt een of meerdere logistieke stadsparken aan de rand van iedere stad met een groot aantal laad- en lospunten op verschillende plaatsen in de stad. Door de buisleidingen rijden automatisch geleide voertuigen. Hiermee worden goederen aangevoerd en retourstromen afgevoerd.

De kansen voor deze vorm van goederendistributie worden hoog ingeschat. Er is veel kennis beschikbaar op het gebied van aanleggen van ondergrondse buisleidingen. Ook op het gebied van automatische voertuiggeleiding en voertuigafhandeling bestaat veel kennis en ervaring, onder andere bij het container-overslagbedrijf ECT in de haven van Rotterdam. Wel vergt het systeem een nieuwe logistieke organisatie.

De verschillende elementen van het systeem kunnen stap voor stap worden vormgegeven. Zo kunnen distributiecentra aan de rand van de stad en laad- en lospunten in de stad ook zonder een buisleidingsysteem zinvol zijn. De techniek van de aanleg van buissystemen en van transport met automatisch geleide voertuigen kan los daarvan worden ontwikkeld. Parallel hiermee vindt een onderzoek plaats naar de mogelijkheden van een ondergrondse buisverbinding tussen de bloemenvelding Aalsmeer en Schiphol Airport.

ELEKTRISCH HYBRIDE AANDRIJVING

EEN VEELBELOVENDE VOERTUIGTECHNOLOGIE IS ELEKTRISCH HYBRIDE AANDRIJVING. HIERBIJ RIJDT EEN VOERTUIG OP KORTE AFSTANDEN EN BINNEN DE STAD OP ELEKTRICITEIT DIE GELEVERD WORDT DOOR EEN ACCU.

Op grotere afstanden rijdt het voertuig ook elektrisch, maar wordt de elektriciteit in het voertuig opgewekt door een verbrandingsmotor gekoppeld aan een generator. Belangrijk daarbij is dat de hybride tractie het mogelijk maakt dat de motor altijd stationair draait. Bij acceleratie levert de accu aanvullend vermogen. Andersom wordt remenergie omgezet in elektriciteit en in de accu opgeslagen. De voordelen van elektrische tractie (stil, zuinig en schoon) en de voordelen van brandstoftractie (grote actieradius en snel bijtanken) worden in een hybride systeem optimaal gecombineerd. Bovendien kan een hybride aangedreven voertuig met een kleinere motor toe, hetgeen materiaal en gewicht bespaart.

In plaats van een gewone verbrandingsmotor kan een kleine gasturbine worden gebruikt. Deze werkt schoon en efficiënt en kan gebruik maken van meerdere brandstoffen, zoals biobrandstof en waterstof. In eerste instantie is elektrisch hybride aandrijving vooral weggelegd voor grote wegvoertuigen, zoals autobussen. In een later stadium kan het systeem ook worden toegepast in personenauto's. In het kader van het DTO-programma is met een computersimulatie de milieu- en energiebesparing berekend, die met dit systeem kan worden bereikt. Het blijkt dat een autobus met elektrisch hybride aandrijving circa 25 procent minder energie gebruikt dan een dieselbus en dat de meeste emissies een factor tien of meer lager liggen. De verdere ontwikkeling van dit systeem is dan ook aantrekkelijk. Verschillende Nederlandse bedrijven, waaronder NedCar en autobusfabrikant BOVA werken met elkaar samen om in de regio rond de stad Eindhoven een openbaar-vervoerssysteem op te zetten waarbij deze technologie toegepast wordt.

AUTOMATISCHE AFHANDELING VERVOERVRAAG

REIZIGERS WILLEN ZICH OP IEDER GEWENST MOMENT VAN DEUR TOT DEUR KUNNEN VERPLAATSEN. DE EIGEN AUTO BIEDT DIE MOGELIJKHEID, MAAR WORDT ZEER INEFFICIËNT GEBRUIKT EN BRENGT VEEL NADELEN MET ZICH MEE. HET IS BETER ALS DE MIDDELEN VAN VERVOER OPENBAAR ZIJN, MAAR WEL VOORZIEN IN DE INDIVIDUELE VERVOERVRAAG. EEN ESSENTIEEL HULPMIDDEL DAARBIJ IS EEN VOLAUTOMATISCH REISBUREAU, OFWEL EEN LANDELIJK DEKKEND SYSTEEM VOOR AUTOMATISCHE AFHANDELING VAN DE VERVOERVRAAG.

Zo'n systeem werkt met behulp van een hand-computer met telefoonfunctie. Iedere reiziger heeft zo'n computertje ter beschikking en kan daarmee zijn vervoerswens kenbaar maken aan een centrale regie-computer. Die computer geeft aan welke mogelijkheden er zijn, waarna de reiziger zijn keus kan maken. Daarna wordt de verplaatsing automatisch gerealiseerd: op het juiste moment en op de juiste plaats is het gevraagde vervoermiddel beschikbaar. Met dit systeem kunnen persoonlijke belangen van service en vrijheid optimaal worden afgestemd op collectieve belangen van ruimte en een schoon milieu. In verschillende bijeenkomsten met consumenten en vervoersbedrijven is vastgesteld aan welke eisen een dergelijk systeem moet voldoen. Vervolgens is een traject uitgezet om het te ontwikkelen. Voor de opzet ervan wordt een wiskundig algoritme ontworpen om steeds wisselende gegevens over vraag en aanbod te kunnen verwerken. Als tweede stap wordt een pilotproject voorgesteld om de werking van het systeem en de maatschappelijke acceptatie in de praktijk te testen.

WATERSTOF VOOR MOBIELE TOEPASSINGEN

WATERSTOF IN VLOEIBARE VORM IS EEN SCHONE BRANDSTOF MET EEN HOGE ENERGIE-INHOUD. DIE ENERGIE KAN BENUT WORDEN IN EEN BRANDSTOFCEL: DAAR WORDT WATERSTOF MET ZUURSTOF VERBONDEN TOT GEWOON WATER. DAARBIJ KOMT ENERGIE VRIJ IN DE VORM VAN ELEKTRICITEIT.

Bij de productie van waterstof speelt zich het proces in omgekeerde volgorde af. Met elektriciteit, bijvoorbeeld afkomstig van zonnecellen, wordt water gesplitst in zuurstof en waterstof. Op basis van dit principe kan waterstof een sleutel zijn om zonne-energie en andere vormen van duurzame energie op te slaan, te distribueren en te gebruiken voor mobiele toepassingen. De huidige generatie brandstofcellen is echter vrij groot en daardoor minder geschikt voor de meeste mobiele toepassingen. Om de ontwikkeling van kleinere brandstofcellen te ondersteunen en om het gebruik van waterstof meer bekendheid te geven, is in het kader van het DTO-programma een voorstel uitgewerkt voor toepassing van een brandstofcel in een rondvaartuig. Met dit project kunnen we de techniek demonstreren en kunnen ontwikkelingskansen aan het licht komen. Met enkele Nederlandse bedrijven en kennisinstellingen is een voorontwerp van het rondvaartuig gemaakt. Verschillende partijen zijn enthousiast over het ontwerp en hebben interesse om het schip daadwerkelijk te bouwen.

DTO WERKWIJZE

DTO HEEFT EEN NIEUWE WERKWIJZE ONTWIKKELD WAARMEE DEZE VIER ONDERWERPEN AAN HET LICHT ZIJN GEBRACHT EN ZIJN UITGEWERKT. DIE WERKWIJZE WORDT GEKENMERKT DOOR DRIE ELEMENTEN:

- Oplossingen voor de lange termijn bepalen de richting voor acties op korte termijn.
- Technologische oplossingen vormen de ingang van het programma, maar worden niet los gezien van culturele en structurele factoren.
- Oplossingen komen tot stand in samenwerking en in samenspraak met direct en indirect betrokkenen.

De werkwijze is samengevat in een plan met zeven stappen, dat kan dienen als handreiking aan bedrijven, instellingen en overheden die zich sterk willen maken voor een duurzame ontwikkeling. De werkwijze is niet lineair, zoals het schema misschien doet vermoeden, maar iteratief. Telkens wanneer zich nieuwe inzichten voordeden, is een stap terug gezet, zodat uiteindelijk een realistisch en consistent beeld van een duurzaam verplaatsingssysteem in de volgende eeuw kon worden geschetst. Hieronder is het stappenplan kort toegelicht.

STAP 1. STRATEGISCHE PROBLEEM-ORIENTATIE Om de huidige onduurzaamheden en de benodigde trendbreuken op het spoor te komen, is begonnen met een brede en fundamentele analyse van het personen- en goederenvervoer van vandaag.

STAP 2. SCHETS VAN EEN DUURZAME TOEKOMST Een multidisciplinaire groep onderzoekers heeft een samenhangende schets gemaakt van een duurzaam verplaatsingssysteem in 2040, waarin de huidige problemen zijn opgelost. Die schets vormde een richtinggevend streefbeeld voor het onderzoeksprogramma.

STAP 3. BACKCASTING Door backcasting, ofwel terugredeneren vanuit de toekomst, is aan het licht gebracht hoe we de schets van een duurzame toekomst kunnen realiseren en welke nieuwe middelen daarvoor nodig zijn: nieuwe vormen van goederendistributie, nieuwe systemen van personenvervoer en nieuwe voertuigtechnologieën.

STAP 4. DEFINITIEFASE De nieuwe vervoerssystemen en -technologieën zijn vervolgens nauwkeuriger omschreven en op hun haalbaarheid getoetst. Welke trendbreuken zijn er precies nodig? Welke bedrijven en instellingen zijn in staat om een bijdrage te leveren? Welke voordelen kunnen met de innovaties worden behaald?



STAP 5. UITWERKING De mogelijke innovaties zijn verder uitgewerkt en de kansen zijn met concrete illustraties aange-toond. Voor nog ontbrekende kennis en ervaring is een R&D-programma opgesteld.

STAP 6. SAMENWERKING EN INBEDDING De ontwikkeling van draagvlak heeft als een rode draad door het gehele DTO-programma gelopen. Betrokken partijen werken in onderlinge samenwerking de onderdelen van het programma verder uit.

STAP 7. REALISATIE EN IMPLEMENTATIE Het einddoel van het DTO-programma is uiteraard dat de ontwikkelde technologie werkelijkheid wordt en leidt tot een duurzaam verplaatsingssysteem in de volgende eeuw. De innovaties die met het programma aan het licht zijn gebracht, bieden hiertoe geschikte aanknopingspunten.

Samenstellers en uitgever zijn zich volledig bewust van hun taak ten oorzake van betrouwbaar mogelijke uitgave te verzorgen. Niettemin kunnen zij geen aansprakelijkheid aanvaarden voor eventuele in deze uitgave voorkomende onjuistheden.

REDACTIE: Ted Bangert, Diewue Piengba, Leo Jansen, Conny Bakker, Henk Bouwmeester, Tatiana Kievit, Geert van Grootveld, Philip Vergragt. • **COORDINATIE:** Conny Bakker, Rotterdam
TEKST EN INTERVIEWS: Henk Bouwmeester, Amersfoort • **VORMGEVING/BEELDREDACTIE:** Knock-Out visual direction for media, Elenaga & Zijlstra, Rotterdam
BEELDREDACTIE: Gerda Zijlstra, Rotterdam • **FOTOGRAFIE INTERVIEWS:** Dick Weisk, Delft • **DRUK:** Smeuck Ducaj & Zoon NV, Gent • **VERTALING:** CPLS, Eindhoven •
UITGEVER: Mark S. Storm, Den Haag

DE TEKST IN DEZE BROCHURE IS GEBASEERD OP DE VOLGENDE PUBLICATIES:

OP WEG NAAR VERPLAATS BINNEN DE MILIEUEMBELIJKHEID; Behoefteanalyse van de volgende publicaties: INRO-TNO, Philips en CE, Zeist, 1994
HOOGWAARDIG OPENBAAR VERVOER; drs. M. Damen, dr. K. Leidelmeier; RIGO Research en Advies. DTO-werkdocument M1.
BUSLIEDINGEN VOOR GOEDERENTRANSPORT; drs. H.A. Haccou, ir. J.G.S.N. Visser, ir. R.L. Elting; Heiderim Advies. TRAIL Onderzoekschool. DTO - werkdocument M2
EXPERT OPINIONS ON THE FUTURE PROSPECTS FOR EXTERNAL SOURCES OF VEHICLE POLLUTION; dr. H. K. Mulder, ir. C. van der Weijer, ir. V. Marchau; TU Delft-TA, TNO-WT, TU Delft-TB. DTO-werkdocument M3.
STAGIEVERSLAG. OP WEG NAAR DE WATERSTOFECONOMIE; mw. D. van Noort. DTO-werkdocument M4.
VOORTGANG IN VERVOER; een schets van een vervoerssysteem (Eindrapport); M. Damen en M. de Groot; RIGO Research en Advies. DTO-werkdocument M5.
DE VRAAG NAAR VERVOER; opties voor een vervoerssysteem (Eindrapport); M. de Groot en M. Damen; RIGO Research en Advies. DTO-werkdocument M6.
NAAR EEN GENTEGREED VERVOERSRACYSYSTEEM VOOR TOEGEMT. Specificatie van functionele en technische eisen (Deelrapport); drs. ir. N. Rosmuller, dr. ir. J. Baggen, ir. V. Marchau; TU Delft-TB. DTO-werkdocument M7.
VERVOERSRACYSYSTEEM. TOEGEMTSTEL VOOR CONSUMENTEN (Deelrapport); ir. A.M. Hamstra, dr. ir. G. Fonk; SWOKA. DTO-werkdocument M8
BUSLIEDINGSTRANSPORT (BLT) voor Stedelijk Goederenvervoer (Deel A); eindredactie; drs. ing. W. Brouwer, ir. W.E. van Lierop, ir. G.A.A. Erens, ir. A.F.C. Carleber en ir. J.G.S.N. Visser; DHV Milieu en Infrastructuur. TRAIL Onderzoekschool en TU Delft/OTB; DTO-werkdocument M9
BUSLIEDINGSTRANSPORT (BLT) voor Stedelijk Goederenvervoer (Deel B); eindredactie; drs. ing. W. Brouwer, ir. W.E. van Lierop, ir. G.A.A. Erens, ir. A.F.C. Carleber en ir. J.G.S.N. Visser; DHV Milieu en Infrastructuur. TRAIL Onderzoekschool en TU Delft/OTB. DTO-werkdocument M10
ELECTRISCHE HYBRIDE AANDRIJVING. HAALBAARHEID GASURBINE-AGGREGATEN VOOR OPENBAAR VERVOER; eindredactie ir. A.J. Klosternang, ing. A.G. Verling, ir. C.J.A. Deelen; NedCar PD & E. DTO-werkdocument M11
Blomencruy BV, PROJECT "SCHOON SCHIP"; eindrapport eerste fase mobiele brandstofcel, Rotterdam, 1996.

PROJECTTEAM VERPLAATS: dr. ing. Th.A. Bangert (Programma DTO) • dr. ir. J. Kitzman (Van de Geijn Partners BV) • dr. ir. F. Klinkenberg (Programma DTO) • mw. drs. D. Piengba (Programma DTO) • BVA VERPLAATS; dr. P. Aerts (Origin Nederland B.V.) • dr. ir. D.J. Appels (Neder Sector Verkeer en Vervoer) • dr. ing. Th.A. Bangert (Programma DTO) • dr. ir. J.L. Berger (Rained BV Geografisch Beeld) • dr. ir. H.L.A. Berkhof (Berckhof Beher) • dr. ir. S. Beulmans (Ministerie van V&W Rijkswaterstaat Afd. Basisgegevens) • dr. ir. M. Bieman (SIWU) • dr. ir. M. A.M. Blaauw (Transport en Logistiek Nederland) • dr. mr. ir. T. Boot (Provincie Noord-Holland) • dr. ing. A.J. van Bruchem (Heimdev Advies B.V.) • dr. ir. A. van der Brugge (INRO-TNO) • dr. ir. P.H.P. Bock (Gronomij Advies & Techniek) • dr. B.A.R. Bultman; dr. S.M. Colander; Ministerie van Economische Zaken DG-IRD • dr. ir. F.R. van Eikel (Ministerie van V&W Rijkswaterstaat / Infrastructuur) • dr. drs. M. Ferhout (CBRR Fed. van Schepelingen) • dr. drs. E.W.J. Ford (Gronomij Advies & Techniek Afd. Milieu) • dr. mr. P.P. Garritsen (VSN Groep) • drs. drs. A. de Graaf (National Units) • dr. ir. G. van Grootveld (Programma DTO) • dr. ir. E. Heere (DHV Milieu & Infrastructuur BV Logistiek en Verkeer) • mw. drs. C. Heimink (Min. van Economische Zaken Directoraat-Generaal v. Energie DGE) • dr. ir. H.A. Hermans (NS Cargo) • dr. ir. G. Heuvel (DAF Trucks NV) • dr. A. Hickling • dr. ing. H.A. Hoeben (Visser & Smit Harsba BV Rfd Marketing) • dr. ir. P.M. Hofhuis (h.o. Ministerie van VROM DGM/CVIM IPC 55) • dr. ir. P.M. Hofhuis (Royal Netherlands Embassy USA) • dr. ir. P.F.M. Honck (Dianet West-Verkeer en Vervoer van Noord-Holland) • dr. ir. P. Jansse (Centrum voor Energiebesparing) • dr. H.A. Jansen (Scanshop Holland BV) • dr. ir. G.R.M. Jansen (TNO-INRO Interim) • dr. ir. C.A. de Jong (Hotel Blanc) • dr. ing. C. Jongsma (Amsterdam Airport Schiphol) • dr. drs. dr. J. Kitzman (Van de Geijn Partners BV) • dr. ir. F. Klinkenberg (Programma DTO) • drs. drs. P.D. van de Kooij (TNO Wegtransportmiddelen) • dr. ir. A.C. Konegoro (Nederland Distributie) • dr. drs. W. Karver (TNO/ESA/INRO) • dr. ir. P. Kroon (ECN Beeldstudie) • dr. mr. M.C. Kroon (Ministerie van VROM DGM/CVIM IPC 55) • dr. ir. O.C.M. de Kragt (Programma DTO) • dr. ing. P.J. van der Lande (Novem) • dr. ir. P.H.R. Langeweg (ANWB Hoofdafdeling Belangenbehartiging) • dr. dr. H.C. Manders (Philips Concern Environmental & Energy Office Gebouw SA 5) • dr. ir. P. Mensinga (CE) • dr. ir. J. Monneveux (Ministerie van Verkeer en Waterstaat DG-VG/Dir. G) • dr. ir. A. Muller (Siemens Nederland BV Afdeling Verkeerstechniek) • dr. ir. H. E.J. Meijne (Stichting C.R.O.V.) • dr. prof. dr. P. Nijkamp (UvA Amsterdam Fac. Economische Wetenschappen) • dr. prof. E. Oerly (Vrij Fokker Aircraft BV) • dr. ir. P.J.A. Oortwin (Gronomij Zuid-Holland BV) • dr. ir. W. Outevaeren (Holland Rijkswaterstaat) • dr. ing. J.W. Poppelman (NV Luchthaven Schiphol Directie Directie Vervoer) • dr. ir. A.O. Pettegaa (Gronomij Noord-Brabant) • dr. ir. B.J.A. Pielaide (TU Delft-WTM) • dr. E.C.P. van der Poel (Dienstvervoer van Nederlandse Gemeenten) • dr. ir. H.C. Pols (SIN Nederlandische Participatieruimte Centrale) • dr. ir. H.J. Puyllant (Ministerie van VROM RPD/ROP/IPC 355) • dr. ir. J. Reenanen (Vrij Gronomij) • dr. ir. H.A. Richter (Gemeente Rotterdam Dienst Stedebouw - Volkshuisvesting) • dr. ir. J. van Riel (V.N.TNO-INRO Interim) • dr. dr. T. Rooyers (Rijkswaterstaat Gronomij) • dr. ir. C.H.J. van Schoick (Ministerie van Verkeer en Waterstaat DG-CJ) • dr. M.H. Schimmigewerk (Technisch Innovatiecentrum) • dr. prof. dr. Th.J. M. Schoemaker (TU Delft Faculteit der Civiele Techniek) • dr. prof. dr. J. Schot (TU Twente W&M / TWRAC Kamer 302) • dr. ing. P.W.H. Silanus (NV BBA) • dr. C.J. Slingeland (Ministerie van EZ/DG-IRD/EDI) • dr. ing. R.C.J. Smit (Ministerie van V&W DG-VG/Dir. G) • dr. ir. J. van Soest (Albert Heijn BV Stafaf Infrastructuur) • dr. H. Strijens (N&C-Eng. & Development BV) • dr. ir. P.T. Tanja (KPNG Transport & Distributie) • dr. ir. A.W.G. Thies (Gemeentewerker Rotterdam Directie Infrastructuur) • dr. drs. B.N. Velman (Strappagem) • dr. dr. G.A. van Velzen (Gronomij Advies & Techniek Ruimtelijke Inrichting) • mw. M.J. Venemans (Stichting Toekomstbeeld der Techniek) • dr. drs. I.R. Verdonkshot (Ministerie van EZ) • dr. ing. L.J. Verhooft (Gronomij Advies en Techniek BV) • dr. drs. H. Venkik (Ondernemingsorganisatie voor Logistiek en Transport EVO) • dr. ing. A.G. Verling (NedCar Netherlands Car BV) • dr. ir. W. de Visser (Ministerie van VROM RPD/ROP/IPC 355) • dr. G.J.W. van der Wal (Ministerie van EZ DG-IRD/Dir. FZ) • dr. drs. G.P. van Wee (RIJM-LAB, ph. 48) • dr. ir. H.N. Wollewinkel (Ministerie van Verkeer en Waterstaat DG/IRD) • dr. drs. G.L.M. Worm (h.o. IAL Vereniging) • dr. drs. E.C.H.N. Zeebovenhov (RET Projectontwik. en Innovatie) • dr. ing. J.C. van der Zwart (Ministerie van Verkeer en Waterstaat SG-CV/IPC) • **DIERSTUATIEBROUWERIJ VOOR GOEDERENTRANSPORT** • dr. ing. Th.A. Bangert (Programma DTO) • dr. ing. J.J. van der Breg (Raadgevend ingenieursbureau Levensbe BV) • dr. ing. A.J. van Bruchem (Heimdev Advies B.V.) • dr. ir. S.A.I. Dieckhoff (Holex Machines & Apparaten BV) • dr. ir. R.L. Elting (Heimdev Advies B.V.) • dr. ing. J.M. Erens (TU Delft/WBMT-TB) • dr. ing. W.J. van de Geest (Provincie Zuid-Holland) • dr. ir. H.A. Haccou (h.o. Heimdev Advies B.V.) • dr. ir. J. van der Heide (DHV Milieu & Infrastructuur BV) • dr. ir. H. Heere (Heimdev Advies & Techniek) • dr. ir. C.W. G. Verhoeve (ECN Beeldstudie) • dr. ing. A.G. Verling (NedCar Netherlands Car BV) • dr. ir. J.M.B.M. Wamerding (NV Brandstuf Ontwikkeling, Maatschap) • **DIERSTUATIEBROUWERIJ VOOR GOEDERENTRANSPORT** • dr. ing. Th.A. Bangert (Programma DTO) • dr. ing. J.A. Loox (TRAIL Onderzoekschool) • dr. ir. D.G. Mank (Gravsky & Poot Z-48 BV) • dr. ir. E.A. van Nieuwenhuis (Wavin Overstroom) • dr. ing. Th.A. Bangert (Programma DTO) • dr. ing. E.J. Roodhagen (NV Nederlandse Gasunie) • dr. M. Steinhuisen (ASCOM) • dr. dr. ir. J.A.A.M. Stoop (TU Delft-WTM) • dr. H.J. van Tassel (Nederland BV) • dr. ir. J.G.S.N. Visser (OTB Delft BV) • dr. drs. D.S. Wright (Metrolifog) • **DIERSTUATIEBROUWERIJ VOOR GOEDERENTRANSPORT** • dr. ing. Th.A. Bangert (Programma DTO) • dr. drs. D. S. Eekens (Sicherheidsforum) • dr. ir. H.N. Wollewinkel (Ministerie van Verkeer en Waterstaat DG-RWS/AVV) • dr. ir. M. Damen (RIGO Research en Advies) • dr. ir. H.A. Richter (Gemeente Rotterdam Dienst Stedebouw - Volkshuisvesting) • dr. ir. S.J. van Riel (TU Twente Fac. W&M) • dr. ing. J.J. van der Breg (Raadgevend ingenieursbureau Levensbe BV) • dr. ing. A.J. van Bruchem (Heimdev Advies B.V.) • dr. ir. J.C.J. van der Zwart (Ministerie van Verkeer en Waterstaat DG/IRD) • dr. drs. G.L.M. Worm (h.o. IAL Vereniging) • dr. drs. E.C.H.N. Zeebovenhov (RET Projectontwik. en Innovatie) • dr. ing. J.C. van der Zwart (Ministerie van Verkeer en Waterstaat SG-CV/IPC) • **DIERSTUATIEBROUWERIJ VOOR GOEDERENTRANSPORT** • dr. ing. Th.A. Bangert (Programma DTO) • dr. ing. J.J. van der Breg (Raadgevend ingenieursbureau Levensbe BV) • dr. ing. A.J. van Bruchem (Heimdev Advies B.V.) • dr. ir. S.A.I. Dieckhoff (Holex Machines & Apparaten BV) • dr. ir. R.L. Elting (Heimdev Advies B.V.) • dr. ing. J.M. Erens (TU Delft/WBMT-TB) • dr. ing. W.J. van de Geest (Provincie Zuid-Holland) • dr. ir. H.A. Haccou (h.o. Heimdev Advies B.V.) • dr. ir. J. van der Heide (DHV Milieu & Infrastructuur BV) • dr. ir. H. Heere (Heimdev Advies & Techniek) • dr. ir. C.W. G. Verhoeve (ECN Beeldstudie) • dr. ing. A.G. Verling (NedCar Netherlands Car BV) • dr. ir. J.M.B.M. Wamerding (NV Brandstuf Ontwikkeling, Maatschap) • **DIERSTUATIEBROUWERIJ VOOR GOEDERENTRANSPORT** • dr. ing. Th.A. Bangert (Programma DTO) • dr. ing. J.A. Loox (TRAIL Onderzoekschool) • dr. ir. D.G. Mank (Gravsky & Poot Z-48 BV) • dr. ir. E.A. van Nieuwenhuis (Wavin Overstroom) • dr. ing. Th.A. Bangert (Programma DTO) • dr. ing. E.J. Roodhagen (NV Nederlandse Gasunie) • dr. M. Steinhuisen (ASCOM) • dr. dr. ir. J.A.A.M. Stoop (TU Delft-WTM) • dr. H.J. van Tassel (Nederland BV) • dr. ir. J.G.S.N. Visser (OTB Delft BV) • dr. drs. D.S. Wright (Metrolifog) • **DIERSTUATIEBROUWERIJ VOOR GOEDERENTRANSPORT** • dr. ing. Th.A. Bangert (Programma DTO) • dr. drs. D. S. Eekens (Sicherheidsforum) • dr. ir. H.N. Wollewinkel (Ministerie van Verkeer en Waterstaat DG-RWS/AVV) • dr. ir. M. Damen (RIGO Research en Advies) • dr. ir. H.A. Richter (Gemeente Rotterdam Dienst Stedebouw - Volkshuisvesting) • dr. ir. S.J. van Riel (TU Twente Fac. W&M) • dr. ing. J.J. van der Breg (Raadgevend ingenieursbureau Levensbe BV) • dr. ing. A.J. van Bruchem (Heimdev Advies B.V.) • dr. ir. J.C.J. van der Zwart (Ministerie van Verkeer en Waterstaat DG/IRD) • dr. drs. G.L.M. Worm (h.o. IAL Vereniging) • dr. drs. E.C.H.N. Zeebovenhov (RET Projectontwik. en Innovatie) • dr. ing. J.C. van der Zwart (Ministerie van Verkeer en Waterstaat SG-CV/IPC) • **DIERSTUATIEBROUWERIJ VOOR GOEDERENTRANSPORT** • dr. ing. Th.A. Bangert (Programma DTO) • dr. ing. J.J. van der Breg (Raadgevend ingenieursbureau Levensbe BV) • dr. ing. A.J. van Bruchem (Heimdev Advies B.V.) • dr. ir. S.A.I. Dieckhoff (Holex Machines & Apparaten BV) • dr. ir. R.L. Elting (Heimdev Advies B.V.) • dr. ing. J.M. Erens (TU Delft/WBMT-TB) • dr. ing. W.J. van de Geest (Provincie Zuid-Holland) • dr. ir. H.A. Haccou (h.o. Heimdev Advies B.V.) • dr. ir. J. van der Heide (DHV Milieu & Infrastructuur BV) • dr. ir. H. Heere (Heimdev Advies & Techniek) • dr. ir. C.W. G. Verhoeve (ECN Beeldstudie) • dr. ing. A.G. Verling (NedCar Netherlands Car BV) • dr. ir. J.M.B.M. Wamerding (NV Brandstuf Ontwikkeling, Maatschap) • **DIERSTUATIEBROUWERIJ VOOR GOEDERENTRANSPORT** • dr. ing. Th.A. Bangert (Programma DTO) • dr. ing. J.A. Loox (TRAIL Onderzoekschool) • dr. ir. D.G. Mank (Gravsky & Poot Z-48 BV) • dr. ir. E.A. van Nieuwenhuis (Wavin Overstroom) • dr. ing. Th.A. Bangert (Programma DTO) • dr. ing. E.J. Roodhagen (NV Nederlandse Gasunie) • dr. M. Steinhuisen (ASCOM) • dr. dr. ir. J.A.A.M. Stoop (TU Delft-WTM) • dr. H.J. van Tassel (Nederland BV) • dr. ir. J.G.S.N. Visser (OTB Delft BV) • dr. drs. D.S. Wright (Metrolifog) • **DIERSTUATIEBROUWERIJ VOOR GOEDERENTRANSPORT** • dr. ing. Th.A. Bangert (Programma DTO) • dr. drs. D. S. Eekens (Sicherheidsforum) • dr. ir. H.N. Wollewinkel (Ministerie van Verkeer en Waterstaat DG-RWS/AVV) • dr. ir. M. Damen (RIGO Research en Advies) • dr. ir. H.A. Richter (Gemeente Rotterdam Dienst Stedebouw - Volkshuisvesting) • dr. ir. S.J. van Riel (TU Twente Fac. W&M) • dr. ing. J.J. van der Breg (Raadgevend ingenieursbureau Levensbe BV) • dr. ing. A.J. van Bruchem (Heimdev Advies B.V.) • dr. ir. J.C.J. van der Zwart (Ministerie van Verkeer en Waterstaat DG/IRD) • dr. drs. G.L.M. Worm (h.o. IAL Vereniging) • dr. drs. E.C.H.N. Zeebovenhov (RET Projectontwik. en Innovatie) • dr. ing. J.C. van der Zwart (Ministerie van Verkeer en Waterstaat SG-CV/IPC) • **DIERSTUATIEBROUWERIJ VOOR GOEDERENTRANSPORT** • dr. ing. Th.A. Bangert (Programma DTO) • dr. ing. J.J. van der Breg (Raadgevend ingenieursbureau Levensbe BV) • dr. ing. A.J. van Bruchem (Heimdev Advies B.V.) • dr. ir. S.A.I. Dieckhoff (Holex Machines & Apparaten BV) • dr. ir. R.L. Elting (Heimdev Advies B.V.) • dr. ing. J.M. Erens (TU Delft/WBMT-TB) • dr. ing. W.J. van de Geest (Provincie Zuid-Holland) • dr. ir. H.A. Haccou (h.o. Heimdev Advies B.V.) • dr. ir. J. van der Heide (DHV Milieu & Infrastructuur BV) • dr. ir. H. Heere (Heimdev Advies & Techniek) • dr. ir. C.W. G. Verhoeve (ECN Beeldstudie) • dr. ing. A.G. Verling (NedCar Netherlands Car BV) • dr. ir. J.M.B.M. Wamerding (NV Brandstuf Ontwikkeling, Maatschap) • **DIERSTUATIEBROUWERIJ VOOR GOEDERENTRANSPORT** • dr. ing. Th.A. Bangert (Programma DTO) • dr. ing. J.A. Loox (TRAIL Onderzoekschool) • dr. ir. D.G. Mank (Gravsky & Poot Z-48 BV) • dr. ir. E.A. van Nieuwenhuis (Wavin Overstroom) • dr. ing. Th.A. Bangert (Programma DTO) • dr. ing. E.J. Roodhagen (NV Nederlandse Gasunie) • dr. M. Steinhuisen (ASCOM) • dr. dr. ir. J.A.A.M. Stoop (TU Delft-WTM) • dr. H.J. van Tassel (Nederland BV) • dr. ir. J.G.S.N. Visser (OTB Delft BV) • dr. drs. D.S. Wright (Metrolifog) • **DIERSTUATIEBROUWERIJ VOOR GOEDERENTRANSPORT** • dr. ing. Th.A. Bangert (Programma DTO) • dr. drs. D. S. Eekens (Sicherheidsforum) • dr. ir. H.N. Wollewinkel (Ministerie van Verkeer en Waterstaat DG-RWS/AVV) • dr. ir. M. Damen (RIGO Research en Advies) • dr. ir. H.A. Richter (Gemeente Rotterdam Dienst Stedebouw - Volkshuisvesting) • dr. ir. S.J. van Riel (TU Twente Fac. W&M) • dr. ing. J.J. van der Breg (Raadgevend ingenieursbureau Levensbe BV) • dr. ing. A.J. van Bruchem (Heimdev Advies B.V.) • dr. ir. J.C.J. van der Zwart (Ministerie van Verkeer en Waterstaat DG/IRD) • dr. drs. G.L.M. Worm (h.o. IAL Vereniging) • dr. drs. E.C.H.N. Zeebovenhov (RET Projectontwik. en Innovatie) • dr. ing. J.C. van der Zwart (Ministerie van Verkeer en Waterstaat SG-CV/IPC) • **DIERSTUATIEBROUWERIJ VOOR GOEDERENTRANSPORT** • dr. ing. Th.A. Bangert (Programma DTO) • dr. ing. J.J. van der Breg (Raadgevend ingenieursbureau Levensbe BV) • dr. ing. A.J. van Bruchem (Heimdev Advies B.V.) • dr. ir. S.A.I. Dieckhoff (Holex Machines & Apparaten BV) • dr. ir. R.L. Elting (Heimdev Advies B.V.) • dr. ing. J.M. Erens (TU Delft/WBMT-TB) • dr. ing. W.J. van de Geest (Provincie Zuid-Holland) • dr. ir. H.A. Haccou (h.o. Heimdev Advies B.V.) • dr. ir. J. van der Heide (DHV Milieu & Infrastructuur BV) • dr. ir. H. Heere (Heimdev Advies & Techniek) • dr. ir. C.W. G. Verhoeve (ECN Beeldstudie) • dr. ing. A.G. Verling (NedCar Netherlands Car BV) • dr. ir. J.M.B.M. Wamerding (NV Brandstuf Ontwikkeling, Maatschap) • **DIERSTUATIEBROUWERIJ VOOR GOEDERENTRANSPORT** • dr. ing. Th.A. Bangert (Programma DTO) • dr. ing. J.A. Loox (TRAIL Onderzoekschool) • dr. ir. D.G. Mank (Gravsky & Poot Z-48 BV) • dr. ir. E.A. van Nieuwenhuis (Wavin Overstroom) • dr. ing. Th.A. Bangert (Programma DTO) • dr. ing. E.J. Roodhagen (NV Nederlandse Gasunie) • dr. M. Steinhuisen (ASCOM) • dr. dr. ir. J.A.A.M. Stoop (TU Delft-WTM) • dr. H.J. van Tassel (Nederland BV) • dr. ir. J.G.S.N. Visser (OTB Delft BV) • dr. drs. D.S. Wright (Metrolifog) • **DIERSTUATIEBROUWERIJ VOOR GOEDERENTRANSPORT** • dr. ing. Th.A. Bangert (Programma DTO) • dr. drs. D. S. Eekens (Sicherheidsforum) • dr. ir. H.N. Wollewinkel (Ministerie van Verkeer en Waterstaat DG-RWS/AVV) • dr. ir. M. Damen (RIGO Research en Advies) • dr. ir. H.A. Richter (Gemeente Rotterdam Dienst Stedebouw - Volkshuisvesting) • dr. ir. S.J. van Riel (TU Twente Fac. W&M) • dr. ing. J.J. van der Breg (Raadgevend ingenieursbureau Levensbe BV) • dr. ing. A.J. van Bruchem (Heimdev Advies B.V.) • dr. ir. J.C.J. van der Zwart (Ministerie van Verkeer en Waterstaat DG/IRD) • dr. drs. G.L.M. Worm (h.o. IAL Vereniging) • dr. drs. E.C.H.N. Zeebovenhov (RET Projectontwik. en Innovatie) • dr. ing. J.C. van der Zwart (Ministerie van Verkeer en Waterstaat SG-CV/IPC) • **DIERSTUATIEBROUWERIJ VOOR GOEDERENTRANSPORT** • dr. ing. Th.A. Bangert (Programma DTO) • dr. ing. J.J. van der Breg (Raadgevend ingenieursbureau Levensbe BV) • dr. ing. A.J. van Bruchem (Heimdev Advies B.V.) • dr. ir. S.A.I. Dieckhoff (Holex Machines & Apparaten BV) • dr. ir. R.L. Elting (Heimdev Advies B.V.) • dr. ing. J.M. Erens (TU Delft/WBMT-TB) • dr. ing. W.J. van de Geest (Provincie Zuid-Holland) • dr. ir. H.A. Haccou (h.o. Heimdev Advies B.V.) • dr. ir. J. van der Heide (DHV Milieu & Infrastructuur BV) • dr. ir. H. Heere (Heimdev Advies & Techniek) • dr. ir. C.W. G. Verhoeve (ECN Beeldstudie) • dr. ing. A.G. Verling (NedCar Netherlands Car BV) • dr. ir. J.M.B.M. Wamerding (NV Brandstuf Ontwikkeling, Maatschap) • **DIERSTUATIEBROUWERIJ VOOR GOEDERENTRANSPORT** • dr. ing. Th.A. Bangert (Programma DTO) • dr. ing. J.A. Loox (TRAIL Onderzoekschool) • dr. ir. D.G. Mank (Gravsky & Poot Z-48 BV) • dr. ir. E.A. van Nieuwenhuis (Wavin Overstroom) • dr. ing. Th.A. Bangert (Programma DTO) • dr. ing. E.J. Roodhagen (NV Nederlandse Gasunie) • dr. M. Steinhuisen (ASCOM) • dr. dr. ir. J.A.A.M. Stoop (TU Delft-WTM) • dr. H.J. van Tassel (Nederland BV) • dr. ir. J.G.S.N. Visser (OTB Delft BV) • dr. drs. D.S. Wright (Metrolifog) • **DIERSTUATIEBROUWERIJ VOOR GOEDERENTRANSPORT** • dr. ing. Th.A. Bangert (Programma DTO) • dr. drs. D. S. Eekens (Sicherheidsforum) • dr. ir. H.N. Wollewinkel (Ministerie van Verkeer en Waterstaat DG-RWS/AVV) • dr. ir. M. Damen (RIGO Research en Advies) • dr. ir. H.A. Richter (Gemeente Rotterdam Dienst Stedebouw - Volkshuisvesting) • dr. ir. S.J. van Riel (TU Twente Fac. W&M) • dr. ing. J.J. van der Breg (Raadgevend ingenieursbureau Levensbe BV) • dr. ing. A.J. van Bruchem (Heimdev Advies B.V.) • dr. ir. J.C.J. van der Zwart (Ministerie van Verkeer en Waterstaat DG/IRD) • dr. drs. G.L.M. Worm (h.o. IAL Vereniging) • dr. drs. E.C.H.N. Zeebovenhov (RET Projectontwik. en Innovatie) • dr. ing. J.C. van der Zwart (Ministerie van Verkeer en Waterstaat SG-CV/IPC) • **DIERSTUATIEBROUWERIJ VOOR GOEDERENTRANSPORT** • dr. ing. Th.A. Bangert (Programma DTO) • dr. ing. J.J. van der Breg (Raadgevend ingenieursbureau Levensbe BV) • dr. ing. A.J. van Bruchem (Heimdev Advies B.V.) • dr. ir. S.A.I. Dieckhoff (Holex Machines & Apparaten BV) • dr. ir. R.L. Elting (Heimdev Advies B.V.) • dr. ing. J.M. Erens (TU Delft/WBMT-TB) • dr. ing. W.J. van de Geest (Provincie Zuid-Holland) • dr. ir. H.A. Haccou (h.o. Heimdev Advies B.V.) • dr. ir. J. van der Heide (DHV Milieu & Infrastructuur BV) • dr. ir. H. Heere (Heimdev Advies & Techniek) • dr. ir. C.W. G. Verhoeve (ECN Beeldstudie) • dr. ing. A.G. Verling (NedCar Netherlands Car BV) • dr. ir. J.M.B.M. Wamerding (NV Brandstuf Ontwikkeling, Maatschap) • **DIERSTUATIEBROUWERIJ VOOR GOEDERENTRANSPORT** • dr. ing. Th.A. Bangert (Programma DTO) • dr. ing. J.A. Loox (TRAIL Onderzoekschool) • dr. ir. D.G. Mank (Gravsky & Poot Z-48 BV) • dr. ir. E.A. van Nieuwenhuis (Wavin Overstroom) • dr. ing. Th.A. Bangert (Programma DTO) • dr. ing. E.J. Roodhagen (NV Nederlandse Gasunie) • dr. M. Steinhuisen (ASCOM) • dr. dr. ir. J.A.A.M. Stoop (TU Delft-WTM) • dr. H.J. van Tassel (Nederland BV) • dr. ir. J.G.S.N. Visser (OTB Delft BV) • dr. drs. D.S. Wright (Metrolifog) • **DIERSTUATIEBROUWERIJ VOOR GOEDERENTRANSPORT** • dr. ing. Th.A. Bangert (Programma DTO) • dr. drs. D. S. Eekens (Sicherheidsforum) • dr. ir. H.N. Wollewinkel (Ministerie van Verkeer en Waterstaat DG-RWS/AVV) • dr. ir. M. Damen (RIGO Research en Advies) • dr. ir. H.A. Richter (Gemeente Rotterdam Dienst Stedebouw - Volkshuisvesting) • dr. ir. S.J. van Riel (TU Twente Fac. W&M) • dr. ing. J.J. van der Breg (Raadgevend ingenieursbureau Levensbe BV) • dr. ing. A.J. van Bruchem (Heimdev Advies B.V.) • dr. ir. J.C.J. van der Zwart (Ministerie van Verkeer en Waterstaat DG/IRD) • dr. drs. G.L.M. Worm (h.o. IAL Vereniging) • dr. drs. E.C.H.N. Zeebovenhov (RET Projectontwik. en Innovatie) • dr. ing. J.C. van der Zwart (Ministerie van Verkeer en Waterstaat SG-CV/IPC) • **DIERSTUATIEBROUWERIJ VOOR GOEDERENTRANSPORT** • dr. ing. Th.A. Bangert (Programma DTO) • dr. ing. J.J. van der Breg (Raadgevend ingenieursbureau Levensbe BV) • dr. ing. A.J. van Bruchem (Heimdev Advies B.V.) • dr. ir. S.A.I. Dieckhoff (Holex Machines & Apparaten BV) • dr. ir. R.L. Elting (Heimdev Advies B.V.) • dr. ing. J.M. Erens (TU Delft/WBMT-TB) • dr. ing. W.J. van de Geest (Provincie Zuid-Holland) • dr. ir. H.A. Haccou (h.o. Heimdev Advies B.V.) • dr. ir. J. van der Heide (DHV Milieu & Infrastructuur BV) • dr. ir. H. Heere (Heimdev Advies & Techniek) • dr. ir. C.W. G. Verhoeve (ECN Beeldstudie) • dr. ing. A.G. Verling (NedCar Netherlands Car BV) • dr. ir. J.M.B.M. Wamerding (NV Brandstuf Ontwikkeling, Maatschap) • **DIERSTUATIEBROUWERIJ VOOR GOEDERENTRANSPORT** • dr. ing. Th.A. Bangert (Programma DTO) • dr. ing. J.A. Loox (TRAIL Onderzoekschool) • dr. ir. D.G. Mank (Gravsky & Poot Z-48 BV) • dr. ir. E.A. van Nieuwenhuis (Wavin Overstroom) • dr. ing. Th.A. Bangert (Programma DTO) • dr. ing. E.J. Roodhagen (NV Nederlandse Gasunie) • dr. M. Steinhuisen (ASCOM) • dr. dr. ir. J.A.A.M. Stoop (TU Delft-WTM) • dr. H.J. van Tassel (Nederland BV) • dr. ir. J.G.S.N. Visser (OTB Delft BV) • dr. drs. D.S. Wright (Metrolifog) • **DIERSTUATIEBROUWERIJ VOOR GOEDERENTRANSPORT** • dr. ing. Th.A. Bangert (Programma DTO) • dr. drs. D. S. Eekens (Sicherheidsforum) • dr. ir. H.N. Wollewinkel (Ministerie van Verkeer en Waterstaat DG-RWS/AVV) • dr. ir. M. Damen (RIGO Research en Advies) • dr. ir. H.A. Richter (Gemeente Rotterdam Dienst Stedebouw - Volkshuisvesting) • dr. ir. S.J. van Riel (TU Twente Fac. W&M) • dr. ing. J.J. van der Breg (Raadgevend ingenieursbureau Levensbe BV) • dr. ing. A.J. van Bruchem (Heimdev Advies B.V.) • dr. ir. J.C.J. van der Zwart (Ministerie van Verkeer en Waterstaat DG/IRD) • dr. drs. G.L.M. Worm (h.o. IAL Vereniging) • dr. drs. E.C.H.N. Zeebovenhov (RET Projectontwik. en Innovatie) • dr. ing. J.C. van der Zwart (Ministerie van Verkeer en Waterstaat SG-CV/IPC) • **DIERSTUATIEBROUWERIJ VOOR GOEDERENTRANSPORT** • dr. ing. Th.A. Bangert (Programma DTO) • dr. ing. J.J. van der Breg (Raadgevend ingenieursbureau Levensbe BV) • dr. ing. A.J. van Bruchem (Heimdev Advies B.V.) • dr. ir. S.A.I. Dieckhoff (Holex Machines & Apparaten BV) • dr. ir. R.L. Elting (Heimdev Advies B.V.) • dr. ing. J.M. Erens (TU Delft/WBMT-TB) • dr. ing. W.J. van de Geest (Provincie Zuid-Holland) • dr. ir. H.A. Haccou (h.o. Heimdev Advies B.V.) • dr. ir. J. van der Heide (DHV Milieu & Infrastructuur BV) • dr. ir. H. Heere (Heimdev Advies & Techniek) • dr. ir. C.W. G. Verhoeve (ECN Beeldstudie) • dr. ing. A.G. Verling (NedCar Netherlands Car BV) • dr. ir. J.M.B.M. Wamerding (NV Brandstuf Ontwikkeling, Maatschap) • **DIERSTUATIEBROUWERIJ VOOR GOEDERENTRANSPORT** • dr. ing. Th.A. Bangert (Programma DTO) • dr. ing. J.A. Loox (TRAIL Onderzoekschool) • dr. ir. D.G. Mank (Gravsky & Poot Z-48 BV) • dr. ir. E.A. van Nieuwenhuis (Wavin Overstroom) • dr. ing. Th.A. Bangert (Programma DTO) • dr. ing. E.J. Roodhagen (NV Nederlandse Gasunie) • dr. M. Steinhuisen (ASCOM) • dr. dr. ir. J.A.A.M. Stoop (TU Delft-WTM) • dr. H.J. van Tassel (Nederland BV) • dr. ir. J.G.S.N. Visser (OTB Delft BV) • dr. drs. D.S. Wright (Metrolifog) • **DIERSTUATIEBROUWERIJ VOOR GOEDERENTRANSPORT** • dr. ing. Th.A. Bangert (Programma DTO) • dr. drs. D. S. Eekens (Sicherheidsforum) • dr. ir. H.N. Wollewinkel (Ministerie van Verkeer en Waterstaat DG-RWS/AVV) • dr. ir. M. Damen (RIGO Research en Advies) • dr. ir. H.A. Richter (Gemeente Rotterdam Dienst Stedebouw - Volkshuisvesting) • dr. ir. S.J. van Riel (TU Twente Fac. W&M) • dr. ing. J.J. van der Breg (Raadgevend ingenieursbureau Levensbe BV) • dr. ing. A.J. van Bruchem (Heimdev Advies B.V.) • dr. ir. J.C.J. van der Zwart (Ministerie van Verkeer en Waterstaat DG/IRD) • dr. drs. G.L.M. Worm (h.o. IAL Vereniging) • dr. drs. E.C.H.N. Zeebovenhov (RET Projectontwik. en Innovatie) • dr. ing. J.C. van der Zwart (Ministerie van Verkeer en Waterstaat SG-CV/IPC) • **DIERSTUATIEBROUWERIJ VOOR GOEDERENTRANSPORT** • dr. ing. Th.A. Bangert (Programma DTO) • dr. ing. J.J. van der Breg (Raadgevend ingenieursbureau Levensbe BV) • dr. ing. A.J. van Bruchem (Heimdev Advies B.V.) • dr. ir. S.A.I. Dieckhoff (Holex Machines & Apparaten BV) • dr. ir. R.L. Elting (Heimdev Advies B.V.) • dr. ing. J.M. Erens (TU Delft/WBMT-TB) • dr. ing. W.J. van de Geest (Provincie Zuid-Holland) • dr. ir. H.A. Haccou (h.o. Heimdev Advies B.V.) • dr. ir. J. van der Heide (DHV Milieu & Infrastructuur BV) • dr. ir. H. Heere (Heimdev Advies & Techniek) • dr. ir. C.W. G. Verhoeve (ECN Beeldstudie) • dr. ing. A.G. Verling (NedCar Netherlands Car BV) • dr. ir. J.M.B.M. Wamerding (NV Brandstuf Ontwikkeling, Maatschap) • **DIERSTUATIEBROUWERIJ VOOR GOEDERENTRANSPORT** • dr. ing. Th.A. Bangert (Programma DTO) • dr. ing. J.A. Loox (TRAIL Onderzoekschool) • dr. ir. D.G. Mank (Gravsky & Poot Z-48 BV) • dr. ir. E.A. van Nieuwenhuis (Wavin Overstroom) • dr. ing. Th.A. Bangert (Programma DTO) • dr. ing. E.J. Roodhagen (NV Nederlandse Gasunie) • dr. M. Steinhuisen (ASCOM) • dr. dr. ir. J.A.A.M. Stoop (TU Delft-WTM) • dr. H.J. van Tassel (Nederland BV) • dr. ir. J.G.S.N. Visser (OTB Delft BV) • dr. drs. D.S. Wright (Metrolifog) • **DIERSTUATIEBROUWERIJ VOOR GOEDERENTRANSPORT** • dr. ing. Th.A. Bangert (Programma DTO) • dr. drs. D. S. Eekens (Sicherheidsforum) • dr. ir. H.N. Wollewinkel (Ministerie van Verkeer en Waterstaat DG-RWS/AVV) • dr. ir. M. Damen (RIGO Research en Advies) • dr. ir. H.A. Richter (Gemeente Rotterdam Dienst Stedebouw - Volkshuisvesting) • dr. ir. S.J. van Riel (TU Twente Fac. W&M) • dr. ing. J.J. van der Breg (Raadgevend ingenieursbureau Levensbe BV) • dr. ing. A.J. van Bruchem (Heimdev Advies B.V.) • dr. ir. J.C.J. van der Zwart (Ministerie van Verkeer en Waterstaat DG/IRD) • dr. drs. G.L.M. Worm (h.o. IAL Vereniging) • dr. drs. E.C.H.N. Zeebovenhov (RET Projectontwik. en Innovatie) • dr. ing. J.C. van der Zwart (Ministerie van Verkeer en Waterstaat SG-CV/IPC) • **DIERSTUATIEBROUWERIJ VOOR GOEDERENTRANSPORT** • dr. ing. Th.A. Bangert (Programma DTO) • dr. ing. J.J. van der Breg (Raadgevend ingenieursbureau Levensbe BV) • dr. ing. A.J. van Bruchem (Heimdev Advies B.V.) • dr. ir. S.A.I. Dieckhoff (Holex Machines & Apparaten BV) • dr. ir. R.L. Elting (Heimdev Advies B.V.) • dr. ing. J.M. Erens (TU Delft/WBMT-TB) • dr. ing. W.J. van de Geest (Provincie Zuid-Holland) • dr. ir. H.A. Haccou (h.o. Heimdev Advies B.V.) • dr. ir. J. van der Heide (DHV Milieu & Infrastructuur BV) • dr. ir. H. Heere (Heimdev Advies & Techniek) • dr. ir. C.W. G. Verhoeve (ECN Beeldstudie) • dr. ing. A.G. Verling (NedCar Netherlands Car BV) • dr. ir. J.M.B.M. Wamerding (NV Brandstuf Ontwikkeling, Maatschap) • **DIERSTUATIEBROUWERIJ VOOR GOEDERENTRANSPORT** • dr. ing. Th.A. Bangert (Programma DTO) • dr. ing. J.A. Loox (TRAIL Onderzoekschool) • dr. ir. D.G. Mank (Gravsky & Poot Z-48 BV) • dr. ir. E.A. van Nieuwenhuis (Wavin Overstroom) • dr. ing. Th.A. Bangert (Programma DTO) • dr. ing. E.J. Roodhagen (NV Nederlandse Gasunie) • dr. M. Steinhuisen (ASCOM) • dr. dr. ir. J.A.A.M. Stoop (TU Delft-WTM) • dr. H.J. van Tassel (Nederland BV) • dr. ir. J.G.S.N. Visser (OTB Delft BV) • dr. drs. D.S. Wright (Metrolifog) • **DIERSTUATIEBROUWERIJ VOOR GOEDERENTRANSPORT** • dr. ing. Th.A. Bangert (Programma DTO) • dr. drs. D. S. Eekens (Sicherheidsforum) • dr. ir. H.N. Wollewinkel (Ministerie van Verkeer en Waterstaat DG-RWS/AVV) • dr. ir. M. Damen (RIGO Research en Advies) • dr. ir. H.A. Richter (Gemeente Rotterdam Dienst Stedebouw - Volkshuisvesting) • dr. ir. S.J. van Riel (TU Twente Fac. W&M) • dr. ing. J.J. van der Breg (Raadgevend ingenieursbureau Levensbe BV) • dr. ing. A.J. van Bruch



DTO VISIE 2040 - 1998

TECHNOLOGIE, SLEUTEL TOT EEN DUURZAME WELVAART

In dit boek worden de kansen van een duurzame ontwikkeling en de werkwijze van DTO gevisualiseerd en beschreven. Het boek is tweetalig, Nederlands en Engels. ISBN 90-71694-86-0

Het programma DTO bestaat uit vijf deelprogramma's, die in afzonderlijke publicaties zijn beschreven. Deze publicatie gaat over het programma Verplaatsen. De resultaten van de andere deelprogramma's vindt u in:

SLEUTEL VOEDEN

SPECTRUM VAN EEN DUURZAME VOEDSELVOORZIENING

De productie van één kilo varkensvlees kost vier tot vijf kilo ruwvoer. Energie, grondstoffen en ruimte worden op grote schaal verspild. Ook de productie van andere voedingsmiddelen verloopt vaak zeer inefficiënt. Nederland heeft veel kennis op het gebied van intensieve landbouw en biedt daardoor bij uitstek een proeftuin voor de ontwikkeling van nieuwe eiwithoudende voedingsmiddelen, efficiënte agrotechnologieën en duurzame vormen van landgebruik. ISBN 90-71694-91-7

SLEUTEL WATER

MODELLEN VAN EEN DUURZAME WATERKETEN

Drinkwater dat met zorg is bereid, gebruiken we voor een kwart om de wc door te spoelen. Tegelijk laten we regenwater onbenut in het riool verdwijnen. We gebruiken water als medium om afval te transporteren en niet als een essentieel onderdeel van ons leefmilieu. Er zijn nieuwe systemen nodig om water vast te houden, efficiënter te gebruiken en met minder inspanning adequaat te zuiveren. ISBN 90-71694-87-9

SLEUTEL CHEMIE

ZON EN BIOMASSA, BRONNEN VAN DE TOEKOMST

De beste alternatieven voor het eindige gebruik van fossiele grondstoffen zijn biomassa en fotovoltaïsche zonne-energie. Hiermee kunnen we methanol maken, dat als intermediaire stof het beginpunt kan zijn van de energievoorziening en een groene chemie. Voor de sterke Nederlandse chemische sector liggen hier belangrijke kansen. ISBN 90-71694-89-5

SLEUTEL HUISVESTEN

DUURZAME WIJKVERNIEUWING IN ROTTERDAM

Een duurzame wijk is een leefbare wijk. Waar bewoners zich betrokken voelen. Een duurzame wijk is ook een wijk waar bewoners de gelegenheid hebben om zuinig te zijn met energie, ruimte, drinkwater en materialen. Duurzame wijkvernieuwing houdt dus in, dat bestuurders én bewoners gezamenlijk plannen maken voor de toekomst. Rotterdam laat zien hoe dat kan en wat dat kan opleveren. ISBN 90-71694-88-7

DEZE BOEKEN KUNNEN WORDEN BESTELD BIJ DE UITGEVER TEN HAGEN & STAM B.V.

ISBN 90-71694-90-9



9 789071 694905

UITGEVER/PUBLISHER: TEN HAGEN & STAM BV