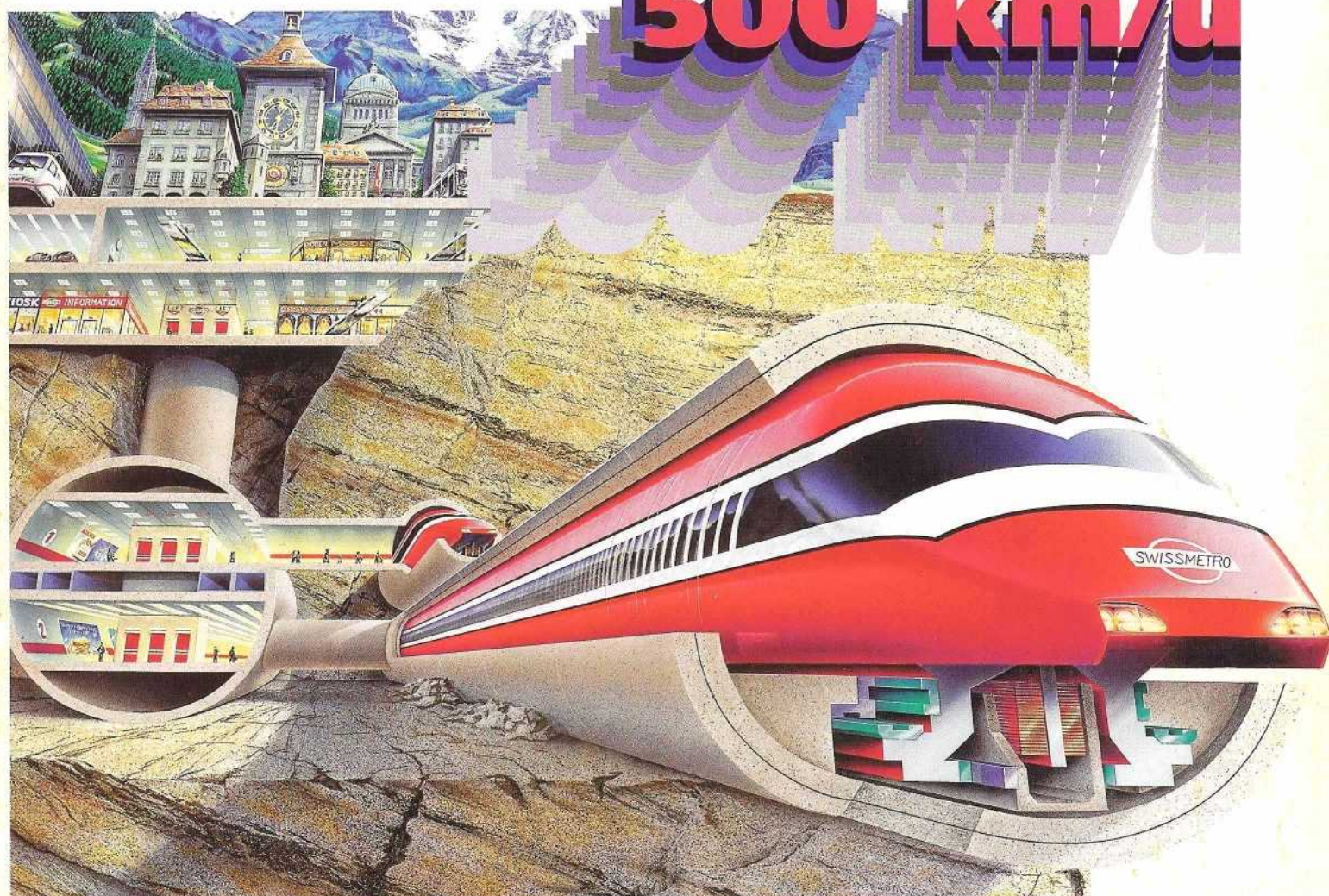


De Ingenieur

500 km/u



Ir. Ruud Hulscher
werkt in Caïro aan
'droogste
tunnel ter
wereld'



Innovatief:
Reflecta
bespaart
15 %
energie



**Ir. Joan Bos en de inteelt
tussen Europese vorsten**

Swissmetro, ondergrondse trein met snelheid van 500 km/u

HSL is een boem

Dagelijks pendelen tussen pakweg een woonplaats in Zuid-Limburg en het werk in Den Haag? Geen zinnig mens die er over praktiseert om elke dag zes uur in de trein of de auto te gaan zitten. Maar wat zou u doen, als het in een vierde van die tijd kan? Dus: 45 minuten heen, 45 minuten terug, ondergronds. Beam me down Scotty!

Erwin van den Brink

OMSLAGARTIKEL

Sommige personen meenden dat de ijle berglucht de Zwitserse civiel-ingenieur Rodolphe Nieth naar het hoofd was gestegen, toen hij in 1974 het concept Swissmetro bedacht. Nieth was echter het treuzelige op en neer gependel met de trein meer dan zat. Een magnetisch door een bijna luchtledige buis voortgedreven 'trein' die een snelheid kan halen van 500 kilometer per uur, twee keer zo snel als de HSL, stond hem voor ogen. Een onmogelijkheid? Nu, ruim twintig jaar later, is het concept echter grotendeels uit-ontwikkeld en 'bouwrijp'.

Dezer dagen woedt in de boezem der Haagse bureaucratie een wat zijdelingse discussie over 'infrastructuur en nieuwe technologie'. Het gaat om de verdeling van de zogenoemde ICES-gelden. ICES staat voor Interdepartementale Commissie Economische Structuur die de regering adviseert over de toekomstige ruimtelijke inrichting van ons land. Infrastructuur is een belangrijk onderdeel van het beleidsterrein van deze commissie. Binnen de ICES is een werkgroep Kennisinfrastuctuur (KIS) actief. Die 'pleegt momenteel een verkenning naar additionele onderzoeksbe-

hoeften', zoals dat heet in Haagse nota-taal. Het blijft nogal vaag welke kennis wordt bedoeld. Wel is duidelijk dat het gaat om een 'drieslag': beproefde en betrouwbare technologie, nieuwe kennis die tevens toepasbaar is en kennis die nog helemaal moet worden ontwikkeld.

In welke categorie de beleidsmakers de Swissmetro-technologie onderbrengen is natuurlijk van belang voor de kans dat zo'n concept hier ooit wordt verwezenlijkt. Hetzelfde geldt voor het DTO-programma Buisleidingtransport voor Stedelijk Goederenvervoer, afgekort als BLT. DTO staat voor Interdepartementaal Onderzoekprogramma Duurzame Technologische Ontwikkeling. BLT sluit nog meer aan bij bestaande technologie dan Swissmetro, maar ook dit concept betekent een radicale breuk met het huidige systeem, in dit geval goederendistributie in de stad met vracht- en bestelauto's.

Magnetische levitatie

TNO heeft als onderzoeksinstituut vanzelfsprekend belang bij het verleggen van de grenzen van kennis, maar ook bij het verleggen van de grenzen

eltje

van toepassing van reeds bestaande kennis. En dat laatste is waar het ook bij zeer snel ondergronds transport eigenlijk om gaat, zo zet professor ir. Francis-Luc Perret, hoogleraar aan de Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, uiteen. Perret heeft de leiding over de economische aspecten van het Swissmetro-project. Op uitnodiging van TNO Inro (het TNO-instituut voor transport en infrastructuur), dat onlangs zijn 25-jarige jubileum vierde, kwam Perret naar Nederland om tekst en uitleg te geven over Swissmetro.

In feite, stelt hij, is de kennis hiervoor op het niveau van de subtechnologie grotendeels ontwikkeld. Als Swissmetro ook in Nederland gebouwd wordt, is het systeem alleen afwijkend wat betreft het boren in slappe grond. Maar ook dat is een beproefde techniek, waar Japanners al decennia ervaring in hebben.

Ook het (wrijvingsloos) vliegen met magnetische levitatie en voortbeweging door magnetische lineaire inductiemotoren is volgens Perret goed beproefd in bijvoorbeeld de Duitse Transrapid en de Japanse Maglev.

Voor de metro die de Zwitsers sinds medio jaren zeventig ontwikkelen, komt daar luchtvaarttechniek bij: de Swissmetro krijgt net als het vliegtuig een drukcabine. Dat is omdat de tunnel waardoor hij vliegt (contactloze voortbeweging waarbij het voertuig twee centimeter boven de baan zweeft) bijna vacuüm wordt gezogen. Die ijle atmosfeer is nodig om Swissmetro met 500 kilometer per uur door de tunnel te kunnen laten vliegen. Bij 500 kilometer ligt namelijk het kritische Mach-getal: dan beginnen lokale supersonische schokgolven op te treden tussen voertuig en tunnelwand. Perret: 'De technologie is in feite conventioneel. Wat we nog niet weten en wat nog niet is beproefd, is het aërodynamische gedrag op ware grootte, in het bijzonder daar waar de lucht moet wegstromen tussen de romp van de trein en de tunnelwand.'

Inadequaat management

Al met al valt de voor Swissmetro benodigde technologie met een beetje goede wil dus grotendeels binnen de eerste twee categorieën waarvan



Professor ir. Francis-Luc Perret: 'Wat we nog niet weten en wat nog niet beproefd is, is het aërodynamische gedrag op ware grootte.'





Laad- en losperron van het Logistiek Stadspark (LSP).

Illustraties: Marcel Schöningh/Element 3d Animaties en Visualisaties



De containers verdwijnen met liften in het LSP onder de grond.

Mobiliteit heeft marktwaarde

Private (co-)financiering is het devies als het gaat om het ondergronds boren van transporttunnels. Eelco Brinkman: 'Ten opzichte van de goedgekeurde plannen komt de rijksoverheid over een reeks van tien tot twaalf jaar zo'n 40 tot 50 miljard gulden tekort voor de geplande infrastructuur, een tekort van 4 tot 5 miljard op jaarbasis op een investeringsbedrag van 7 miljard per jaar. Nu worden grote infrastructuurprojecten vrijwel helemaal *à fonds perdu* gefinancierd. Historisch is dat verklaarbaar, maar met de huidige investeringslast is het niet vol te houden. Je zult dus moeten overwegen om infrastructuur marktconform te exploiteren.'

'Als er revenuen uit voortkomen, ga je vanzelf zoeken naar mogelijkheden om die te verhogen. Als je bijvoorbeeld een HSL aanlegt met een passagiersterminal in Rotterdam, is het dan niet handig om die halteplaats ook geschikt te maken voor goederenoverslag 's nachts? Hoe dan ook: mobiliteit, maar ook woon- en leefomgeving zullen steeds meer een schaars goed worden met een marktwaarde. Wie zich wil verplaatsen, zal daarvoor een marktconforme prijs dienen te betalen.'

'Je ziet ook dat de overlast boven de grond die het gevolg is van conventioneel ondergronds bouwen - open bouwputten die verkeershinder veroorzaken - steeds zwaarder gaat wegen in termen van geleden schade, gederfde inkomsten e.d. Dat maakt het boren onder de grond relatief goedkoper.'

de werkgroep Kennisinfrastuctuur gewag maakt: 'bestaande' en 'nieuwe' technologie. We hebben het hier in elk geval duidelijk niet over tekinese.

De onbekende factor is het beheersen (van tijd en kosten) van zo'n groot project. 'Grote projecten mislukken vaak door inadequaat management en zelden of nooit door gebrek aan technische expertise', zegt Perret die behalve civiel-ingenieur ook econoom is. Daarom heeft Swissmetro SA buitengewoon veel geïnvesteerd in kennis om het project *manageable* te houden. Niettemin heeft het ruim twintig jaar geduurd voordat het plan in Zwitserland politiek geaccepteerd was. Het kwam in een stroomversnelling toen de minister van Transport, A. Ogi, in 1991 een haalbaarheidsstudie gelastte, waarvan de uitkomst positief was. Maar het zal naar verwachting nog zo'n vijftien jaar duren voordat het project daadwerkelijk klaar is. Pas enkele weken geleden kon het consortium Swissmetro SA na afronding van de studiefase een formeel verzoek indienen bij de federale overheid om een eerste traject aan te leggen van 60 kilometer tussen Lausanne en Genève.

De Zwitsers hebben dus al een enorme voor-sprong op Nederland in de ontwikkeling van een nieuw transportsysteem. Tot de gesprekspartners van Swissmetro SA, waar fulltime tweehonderd onderzoekers aan het werk zijn, behoren bedrijven als Swissair en Credit Suisse. Een directielid van GEC-Alsthom, dat verantwoordelijk is voor technologie, zit in het bestuur van Swissmetro. President-directeur is het voormalige parlements-lid Sergio Salvioni.

De financiering is nog niet rond, maar zal volgens Perret voor een aanzienlijk gedeelte particulier zijn. 'We hebben het project doorgerekend op de veronderstelling dat de constructie en exploitatie geprivatiseerd zijn. Daarnaast hebben we de voordelen voor de gebruiker in termen van tijd-winst - dus minder schade door files - berekend. Vervolgens hebben we ook de inverdieneffecten van de grotere veiligheid - geen verkeersongelukken meer - meegerekend alsmede de inverdieneffecten van het vrijkomen van capaciteit op het conventionele spoor - meer vrachttreinen. In de meest conservatieve berekening is het rendement 3 %, maar naarmate je meer externe voordelen internaliseert, stijgt het percentage tot 17, maar neemt het aantal onzekere factoren toe en wordt de berekening minder nauwkeurig. Waarschijnlijk is de besparing op de totale maatschappelijke kosten - vertraging door files, ongevallen - en op de vereiste milieumaatregelen en grondonteigening die nodig zijn voor bovengronds spoor, samen even groot als de investering in Swissmetro.' Het project is becijferd op zo'n 34,5 miljard gulden voor 675 kilometer traject.

Vliegtuig

Swissmetro stoelt op de aanname dat verkeerscongestie in de noordwestelijke stedenband van Zwitserland niet kan worden opgelost met nog

meer wegen en nog meer spoorwegen, ook niet als daar hogesnelheidstreinen op rijden. Een HSL is te log en te traag en de frequentie te laag om de mensen uit de auto te krijgen. De voertuigen van Swissmetro zullen licht zijn als een vliegtuig. De motoren zitten namelijk niet in het voertuig maar in de geleidingsconstructie. De voertuigen zullen ook accelereren en vertragen als een vliegtuig. Op het traject Amsterdam CS-Utrecht CS zou daarom moeiteloos de kruissnelheid van tegen de 400 kilometer per uur worden gehaald. Het idee is dat tussen twee intercity-stations in beide richtingen per uur vier voertuigen zullen vliegen. In beide richtingen zullen per uur 3600 stoelen beschikbaar zijn.

Voor de forens komen door de korte reistijd en hoge verbindingsfrequentie ver van de Randstad gelegen steden veel dichterbij te liggen. Een ritje Utrecht-Haarlem is dan nog slechts 'twee metrohaltes': iets meer dan 10 minuten. In de visie van Perret wordt zo een veel betere spreiding van de bevolking mogelijk. Veel verkeerscongestie in en rond steden is immers toe te schrijven aan de behoefte van mensen dicht bij hun werk te wonen.

Intercity-vervoer

Het probleem is natuurlijk dat Swissmetro er niet binnen vijf of tien jaar ligt. Bovendien vervangt het systeem alleen het intercity-vervoer. Voor de verbindingen naar de centrale stations, waar Swissmetro op zo'n 50 meter diepte onderdoor raast, is op korte termijn een goed intra-stedelijk metrosysteem nodig, meent voorzitter Elco Brinkman van het Algemeen Verbond van Bouwbedrijven (AVBB). 'Een metrosysteem zoals dat ook bestaat in de agglomeraties Londen en Parijs. Onze metro heeft nooit de trekken van een systeem gekregen, noch in concept, noch in uitvoering. Een alternatief voor de auto heeft alleen zin als er één systeem voor openbaar vervoer komt. Dus niet een stukje op de fiets, de tram, de trein en dan weer de treintaxi. Ik overdrijf wellicht een beetje, maar toch is dit het schrikbeeld van veel automobilisten. In het westen van het land stemt dit beeld eigenlijk ook overeen met de werkelijkheid. Niet alles hoeft onder de grond, dat is in Parijs en Londen ook niet het geval, maar je moet met dit ene systeem wel van heel dicht bij je huis naar heel dicht bij je werk kunnen komen. Nu dreigt de lappendekken aan vervoersconcepten alleen maar groter te worden: behalve bus, trein en tram ook nog sneltram, light rail en de geleide bus. In zekere zin allemaal lijntjes die nergens beginnen en nergens eindigen, waardoor je ook nooit massa krijgt.'

De tijd is er volgens Brinkman rijp voor, want politiek Den Haag begint de groeiende mobiliteit als een gegeven te accepteren. Maar dat het allemaal zo langzaam gaat, heeft het bedrijfsleven ook aan zichzelf te danken. 'De industrie is veel slechter in het politieke circuit vertegenwoordigd dan de gezondheidszorg en het onderwijs. Daarom komen techniek en industrie vanzelf veel minder op de

Swissmetro: 1/15 van energieverbruik auto

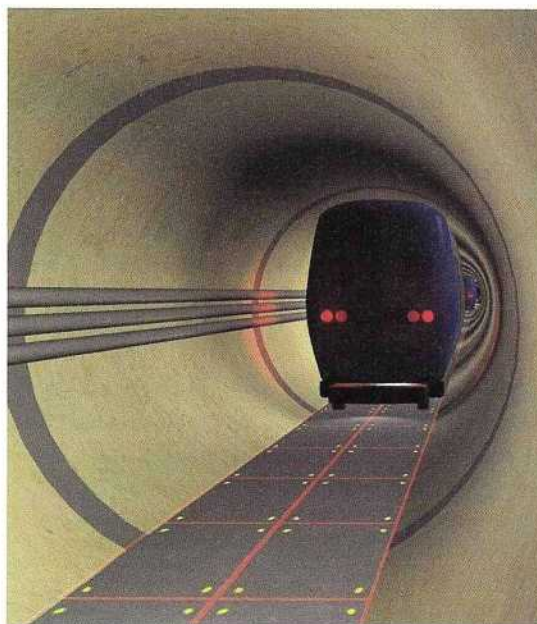
Om de kosten van het aanleggen van tunnels voor Swissmetro te minimaliseren is gekozen voor een zo klein mogelijke diameter. Hoge kruissnelheid betekent dan dat in de tunnel onderdruk moet heersen: 92 % van de lucht is weggezogen, wat overeenkomt met 8000 pascal. Daardoor mag de trein niet te veel hitte veroorzaken en moet de wrijvingswarmte zo laag mogelijk blijven. Dus vervalt de mogelijkheid van rollend materieel. Daarom koos Swissmetro voor een lineaire inductiemotor, waarvan het zware gedeelte, de stator, onderdeel is van de infrastructuur. Het voertuig is dan ook licht. In doorsnede lijkt het op de romp van een verkeersvliegtuig.

Het uitgangspunt is om slechts één motor op enig moment onder een voertuig te hebben: als een voertuig 200 meter lang is, dan is er een motor om de 200 meter en dan nog alleen daar waar het voertuig moet accelereren of decelereren.

Swissmetro bestudeert een alternatief waarbij de motor in de trein zit. Dat scheelt enorm in het aantal motoren dat nodig is. Het probleem is echter hoe de motor aan boord te voeden met elektriciteit zonder dat er fysiek contact is, dus door middel van een elektromagnetisch inductieveld. Voor lage vermogens is dat niet zo'n probleem. De kruissnelheid ligt tussen de 350 en 400 kilometer per uur (tegen 250 km/u voor de HSL-trein) afhankelijk van het passagiersaanbod op enig tijdstip van de dag; de ritduur op een traject van gemiddeld 60 kilometer varieert daarmee van 5 tot 15 minuten. De versnelling en vertraging zijn $1,3 \text{ m/s}^2$. Perret: 'We hebben te maken met een gesloten systeem, waarin zich geen stochastische verschijnselen kunnen voordoen. Het is een blokkensysteem waarbij een blok pas elektromagnetische voeding krijgt om een trein binnen te laten wanneer de voorgaande trein dat blok heeft verlaten.' De energieconsumptie van het systeem, inclusief de handhaving van de onderdruk, is berekend op 35 wattuur per passagier per kilometer. Voor de conventionele trein is dit 56 wattuur per passagierskilometer, 108 voor de TGV en 465 voor de auto.



Dwarsdoorsnede van
Swissmetrovoertuigen
in tunnelbuis.



De Automatisch Geleide Voertuigen (AGW's) gaan door een tunnelbuis naar de Wijk Distributie Winkel (WDW). Deze en volgende foto's zijn computersimulaties van het DTO-programma Buisleidingtransport voor Stedelijk Goederenvervoer.



AGV komt aan onder een Wijk Distributie Winkel.



Liften brengen de container naar boven.

(Foto: Michel Wielick, Amsterdam)



Eelco Brinkman: 'Je krijgt in Nederland niet een echt groot project van de grond als daar niet eerst brede consensus over bestaat.'

Bouwcongres

Het Algemeen Verbond Bouwbedrijf (AVBB) houdt op 3 maart 1998 het Nationale Bouwcongres 'Bouwen aan Nederland', dat plaatsheeft in het Congresgebouw te Den Haag. Ondergronds bouwen is een van de onderwerpen. Bolegbo en CUR, die zich bezighouden met ondergronds bouwen en beide zijn aangesloten bij het AVBB, zullen aanwezig zijn, evenals minister-president Kok en andere prominente politici.

Informatie: AVBB, telefoon 070 328 61 88, fax 070 324 49 00.

agenda voor. De bedrijfssectoren hebben dat zelf een beetje uit hun vingers laten glippen. Je kunt die onderwijs- en gezondheidszorgmensen niet verwijten dat zij wel goed in de politiek zijn vertegenwoordigd. Op het moment dat een aantal ingenieurs aan de Haagse besluitvorming zou deelnemen, krijg je al een ander gespreksonderwerp.'

Visualiseren

Inhakend op de tamelijk abstracte taal die de Interdepartementale Commissie voor de Economische Structuur bezigt, richt de ex-politicus Brinkman zich tot de technici in het bedrijfsleven: 'Je krijgt in Nederland niet een echt groot project van de grond als daar niet eerst brede consensus over bestaat. Dus je moet die visie uitdragen met plannen, plaatjes, berekeningen. Je moet het - letterlijk - laten zien, visualiseren met bewegende tekeningen en berekeningen. Je moet zo het gevoel kweken dat het niet alleen moet, maar ook echt kán.'

Wat dat betreft wordt Brinkman op zijn wenken bediend door het DTO-projectteam 'Verplaatsten', dat het concept voor Buisleidingstransport voor Stedelijk Goederenvervoer ontwikkelde. Het team bestaat uit ingenieurs van DHV en de TU-Delft. Zij lieten op basis van hun plan het transportsysteem tot leven komen in een visuele computersimulatie die op videoband is gezet. Aanschouwelijker kan het niet: vrachtauto's leveren hun producten af in een logistiek stadspark. Vandaar worden de goederen met Automatisch Geleide Voertuigen (AGV's), elektrisch aangedreven en rijdend op luchtbanden, ondergronds verder getransporteerd. Het net is een ringleiding die bij het Logistiek Stadspark begint en eindigt. Onderweg zijn er ondergrondse goederenstations, de Wijk Distributie Winkels. Het moet een open systeem worden, waarvan supermarkketens, PTT-Post, koeriersbedrijven en expediteurs gebruik kunnen maken.

In elk geval opent ondergronds transport grote perspectieven, om niet te zeggen problemen: Wat gaan wij doen met al die ruimte die straks boven de grond vrijkomt?

Meer informatie:

Swissmetro SA, Boîte Postale 5278, CH 1211 Genève 11, Suisse. Email: ezsmge@iprolink.ch.

Verder op het world wide web:

<http://www.sentenextl.epfl.ch/swissmetro>

<http://www.ntb.ch>

<http://sente.epfl.ch>

<http://imhefwww.epfl.ch/lmf/animation/swissmetro/main.html> (een bewegende computersimulatie van het aerodynamische gedrag van de trein)

<http://imhefwww.epfl.ch/lmf/visualization#metro> (plaatjes met windtunnelsimulaties.)

Een interessant technisch artikel uit het vakblad EPRI-Journal staat op:

http://www.epri.com/epri_journal/jan_feb97/24.html.)

Goede resultaten na toepassing Human Oriented Production

HOPE voor het MKB

De doorlooptijd werd 40 % korter, de kwaliteitsproblemen namen af en de voorraden slonken met een kwart. Het Belgische bedrijf Verhaegen was zeer tevreden over de resultaten van de methode HOPE (Human Oriented Production Engineering). Dit Europese project richt zich op het midden- en kleinbedrijf. Bedrijfsanalyse met een menselijk trekje.

- Ir. Maurits Verweij -

Te hoge kosten, veel spoedorders die het productieproces verstoorden, onvoldoende gecontroleerde voorraadbuffers, klachten over ruimtegebrek en veel onnodige transporthandelingen. Op deze problemen stuitte het Belgische bedrijf Verhaegen in Schendelbeke, producent van lattenbodemden en matrassen, bij de start van het Europese project HOPE, dat is gericht op het ontwikkelen van een methode voor het analyseren en herontwerpen van de productieorganisatie in het midden- en kleinbedrijf (MKB).

De auteur is werkzaam bij Berenschot bv te Utrecht als adviseur op het gebied van productieorganisatie. Daarnaast verricht hij op hetzelfde gebied promotie-onderzoek aan de Technische Universiteit Eindhoven, Faculteit Technologie Management.



(Foto: Marc de Waele, Hamme)

Engineering (HOPE)

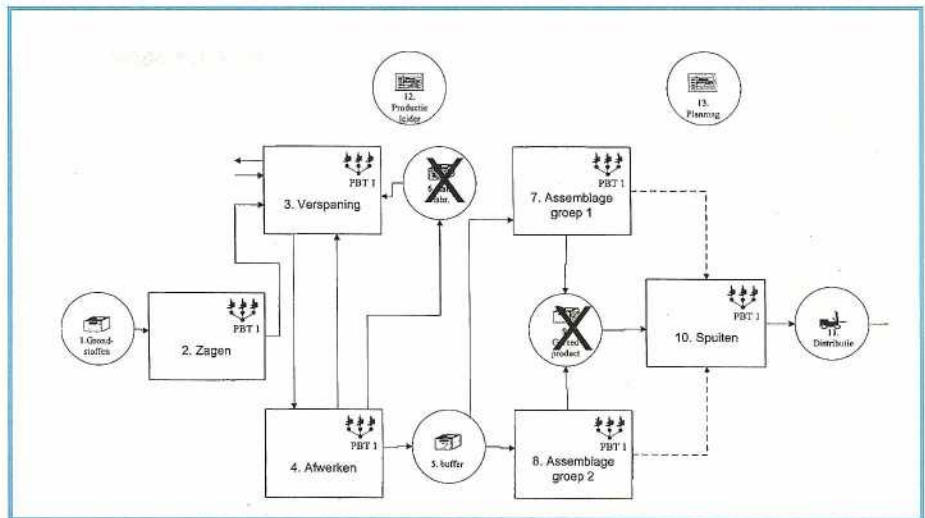
Ook MKB-bedrijven krijgen te maken met steeds meer concurrentie, producten die sneller op de markt moeten worden gezet en een verkleining van de seriegrootte en herhalingsgraad in de productie bij toenemende variëteit. Alles moet sneller, beter en goedkoper. Omdat kleinere bedrijven vaak de capaciteit (in geld en mankracht) missen om langdurige analyse- en re-engineeringstrajecten te doorlopen, is het belangrijk snel een diagnose te stellen van het eigen productieproces, gevolgd door een structurele, resultaatgerichte oplossing. Concepten zoals *lean production*, *benchmarking* en *business process reengineering* zijn echter ontwikkeld in grote bedrijven met massaproductie of in ondernemingen die geen producten fabriceren. De vraag was hoe deze methoden met succes in kleinere bedrijven toegepast konden worden.

De HOPE-methode is voor het MKB aantrekkelijk, omdat voor elk bedrijf een 'methode op maat' wordt samengesteld. De mens in de organisatie staat daarbij steeds centraal. HOPE kijkt op de eerste plaats naar de sterke kanten van een onderneming en brengt een bedrijf in kaart. Zowel het logistiek potentieel (productiemiddelen, machines, transportwijze, voorraden) als het menselijk potentieel (aantal effectieve medewerkers, kennis en vaardigheidsniveau, motivatie, mate van tevredenheid) wordt geanalyseerd. Als na deze (HOPE-)analyse blijkt dat aanpassingen in de productieorganisatie zinvol zijn, komt het bedrijf in de ontwerpfasen. Indien verbeteringen buiten de productiesfeer vallen, kan een ondernemer daarvoor weer andere methoden kiezen.

Participatie

Verhaegen bleek na de HOPE-analyse een goed uitgerust bedrijf met logistieke en menselijke hulpbronnen. Een beter gebruik van deze bronnen bleek door het steeds maar uitdijende productenpakket, de toegenomen concurrentie en de hogere kosten echter noodzakelijk. Verhaegen heeft bijvoorbeeld een ruim opgezet magazijn, waar medewerkers wer-

Het Belgische bedrijf Verhaegen produceert lattenbodems en matrassen. Na toepassing van de HOPE-methode slonken de voorraden met een kwart.



Verkorten doorlooptijd door weghalen buffers.

ken met moderne identificatietechnieken. Inrichting en opslag waren echter niet geoptimaliseerd. Ook de assemblagehal was rommelig: tussen de werkstations zaten veel kleine en grote buffers, waardoor de productiestroom onoverzichtelijk was. Regelmatig waren producten zoek, wat natuurlijk tijd kost en een duidelijk teken is van ondoelmatigheid. Hoewel de medewerkers snel werkten, was hun betrokkenheid klein. Het (vooral kortlopend) ziekteverzuim was groot en na het verstrijken van de officiële werktijd was de productiehal binnen enkele minuten verlaten, ongeacht

of de werknemers klaar waren met hun werk of niet.

Ter verbetering van deze situatie nam een projectgroep één afdeling, de assemblagehal van de lattenbodems, onder de loep. De groep bestond uit medewerkers van Verhaegen. Dit vormt een van de pijlers van de HOPE-methode: participatie van de betrokkenen verhoogt de kans op succes van de voorgestelde verbetering. In elk geval accepteren medewerkers veranderingen dan sneller.

Workshops

Centraal in de ontwerpfasen staat de *Production Description Language* (PDL). Deze taal beschrijft een productieorganisatie aan de hand van een aantal basis-

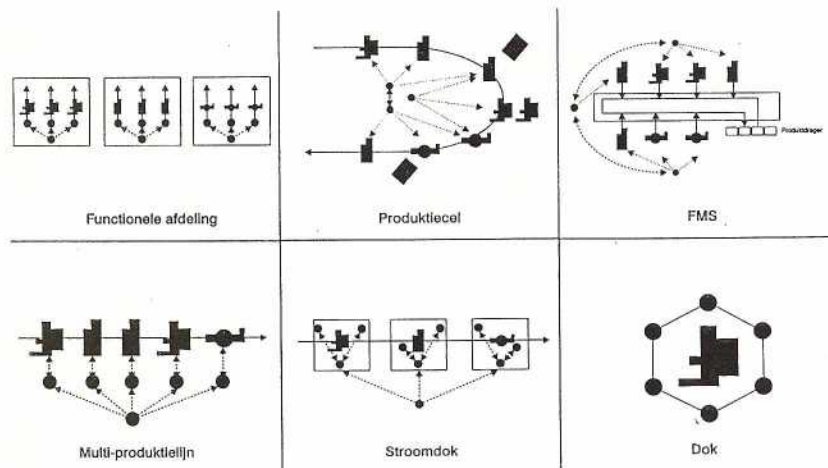
Betti: benchmarking op Europees niveau

De *Production Description Language* (PDL) van HOPE bleek ook een uitstekend instrument te zijn voor benchmarking: het vergelijken van prestaties om het eigen bedrijf te verbeteren. Bedrijven kunnen door de gestructureerde weergave van de processen goed met elkaar vergeleken worden. PDL wordt momenteel toegepast in honderd midden- en kleinbedrijven, die zijn aangesloten bij het Betti-project (*Benchmark Tool to Improve the Production Performance*). Bij bedrijven uit Nederland, België, Duitsland, Zweden, Groot-Brittannië, Frankrijk, Spanje, Portugal en Italië worden op identieke wijze gegevens verzameld aan de hand van een vragenlijst en een aantal gerichte interviews. Deze gegevens gaan in een database en worden gebruikt om de prestaties, zoals toegevoegde waarde per werknemer, loon-

kosten, doorlooptijd, leverbetrouwbaarheid, productiekosten, ziekteverzuim en verloop, te vergelijken.

De bedrijven worden op basis van vergelijkbaarheid geselecteerd. De selectie geschiedt aan de hand van het productenpakket, de productieorganisatie en de besturingsstructuur. Voor het vergelijken van de toegevoegde waarde per werknemer zijn dat bijvoorbeeld bedrijven met eenzelfde automatiseringsgraad en productievolume, terwijl voor de leverbetrouwbaarheid de productcomplexiteit of het klantorderontkoppelpunt belangrijker is. Een PDL-beschrijving verklaart tevens waarom bijvoorbeeld het ziekteverzuim hoog is of de productiekosten uit de pan rijzen. De vergelijkingen kunnen weer leiden tot verbeteringen.

Bedrijven die geïnteresseerd zijn in deelname aan het Betti-project kunnen contact opnemen met de auteur (tel. 030 291 69 16).



Zes basisvormen voor productie

Elke productieorganisatie heeft zijn eigen kenmerken: door de vorm van het gebouw zijn de machines steeds weer anders opgesteld, een afdeling is sterk gegroeid omdat haar product erg goed liep of een bedrijf heeft weer enkele speciaal ontworpen machines. Toch hebben groepen bedrijven gemeenschappelijke kenmerken. Hiervoor is een aantal basisvormen voor de productie ontwikkeld. Deze basisvormen, *Production Basic Types* (PBT's) geheten, beschrijven terugkerende situaties in een organisatie en geven een overzicht van de mogelijkheden voor inrichting van de productie. De basisvormen zijn niet bedoeld om bedrijven te classificeren maar om ze te typeren, dat wil zeggen om die kenmerken te identificeren die van belang zijn bij het vormgeven van de organisatie.

Zes basisvormen keren steeds terug. Een *functionele afdeling* heeft een aantal parallel opgestelde, alleenstaande, universele werkplekken. De producten passeren één van deze werkplekken en verlaten de module dan weer. Op elke werkplek wordt één taak uitgevoerd. Het is mogelijk dat meer werkplekken parallel bediend worden. Alle ondersteunende processen worden door andere afdelingen uitgevoerd. Grondstoffen, materialen, producten en gereedschappen worden aan- en afgevoerd vanuit één centraal punt. Ook de kwaliteitscontrole en de werkvoorbereiding zijn gecentraliseerd. Ten slotte vindt ook de coördinatie vanuit één centraal punt plaats.

Een *productiecel* bestaat uit een aantal serieel gekoppelde werkplekken. De producten volgen een vaste routing langs de werkplekken. Aan iedere werkplek wordt één taak verricht, de werkplekken worden speciaal ingericht voor de te produceren producten. Ondersteunende processen zoals opslag van onderdelen en grondstoffen, intern transport, kwaliteitsborging, gereedschapsvoorziening en werkvoorbereiding

vinden plaats in de cel. Ook de coördinatie tussen de werkplekken gebeurt in de cel.

In een *flexibel fabricagesysteem* (FMS) is een aantal universele werkplekken serieel gekoppeld via een geautomatiseerd transportsysteem. Dit fungeert eveneens als buffer tussen de werkplekken. De routing tussen de werkplekken is variabel. Evenals het transport is ook de gereedschapsvoorziening geautomatiseerd. Werkvoorbereiding vindt centraal plaats, coördinatie van de taken in de afdeling en kwaliteitsborging vinden intern in de module plaats.

Een *multi-productielijn* bestaat uit een aantal serieel gekoppelde werkplekken, al dan niet met kleine buffers daartussen. De producten volgen een vaste routing langs de werkplekken. Op iedere werkplek wordt één taak verricht. De output per tijdseenheid is voor elk station gelijk. De werkplekken worden speciaal ingericht voor de te produceren producten. Opslag van onderdelen vindt plaats aan de lijn, overige ondersteunende processen hebben gescheiden van de productie plaats. Coördinatie gebeurt op één centraal punt.

In een *stroomdok* is een aantal werkplekken serieel gekoppeld. De producten volgen een vaste routing. Op de werkplekken wordt een aantal taken parallel aan één product uitgevoerd. De werkplekken zijn speciaal ingericht voor de te produceren producten. De gemiddelde output per tijdseenheid moet voor elke werkplek gelijk zijn, de werkinhoud kan verschillen door meer taken parallel uit te voeren. Opslag van onderdelen, transport, gereedschapsvoorziening, werkvoorbereiding en kwaliteitsborging vinden plaats in de module. Een stroomdok wordt vanuit één centraal punt gecoördineerd.

Een *dok* bestaat uit één geïntegreerde werkplek waar alle taken worden verricht. Taken worden in onderling overleg gecoördineerd. Een dok is als geheel verantwoordelijk voor de output. Werkvoorbereiding gebeurt centraal. Alle overige ondersteunende taken vinden plaats in de module.

vormen voor productie en ondersteunende processen (zie kader).

Na inventarisatie van een productieorganisatie kunnen dubbele activiteiten worden uitgeschakeld (bijvoorbeeld twee buffers achter elkaar) en andere wellicht geïntegreerd (alle coördinatie en planning in één cel). Op basis van kenmerken van producten (grote of kleine aantallen, seriegrootten, complexiteit en variëteit) wordt vastgesteld of de juiste basisvormen gebruikt worden of dat andere misschien meer voor de hand liggen. Op deze manier komt een aantal alternatieven snel voor een productieorganisatie aan het licht.

Medewerkers van een bedrijf kunnen ook zelf voorstellen aandragen in een één- of tweedaagse workshop. Met behulp van de basisvormen passen zij productieconcepten toe op de eigen producten en machines uit het bedrijf. Met hun kennis uit de praktijk zijn zij zeer goed in staat problemen aan te geven en te komen met oplossingen. De begeleidende adviseur geeft uitleg en leidt de discussies. De resultaten van de workshop worden dan later door dezelfde werkgroep verder uitgewerkt en uiteindelijk geïmplementeerd.

Bij Verhaegen kwam de projectgroep tot een aantal alternatieven: het handhaven van de bestaande situatie met alleen verplaatsing van een paar voorraadbuffers; het inrichten van een paar parallelle montagetafels, gespecialiseerd per product, maar met handmatig transport; dezelfde opzet, maar dan met transport via rollenbanen; een productielijn met aan elkaar gekoppelde montage-eenheden. Uiteindelijk is gekozen voor het alternatief met de rollenbanen. Bij het inrichten van de montagetafels is ervoor gezorgd dat vaak gebruikte onderdelen voor het grijpen kwamen te liggen. Door het gebruik van rollenbanen nam het aantal menselijke handelingen sterk af. Bovendien werd door de nu ontstane vaste transportroute de hele afdeling overzichtelijker. Ten slotte zorgde het transportsysteem vanzelf voor een beperking van de tussenvoorraden, want vol is vol. Dus moesten producten die de afdeling binnenkwamen wel afgewerkt worden.

De resultaten van de HOPE-methode waren zo hoopgevend dat Verhaegen besloot ook de matrassenafdeling te analyseren. Bovendien bleek de samenwerking en communicatie tussen staf en productie verbeterd.

Literatuur: Maurits Verweij: Redesigning the Production Organisation of SMEs. Eburon Publishers, Delft. ISBN 90 5166 609 8.

Cv-installaties zijn vaak niet goed 'waterzijdig ingeregeld'



(Foto: Marcel Malherbe/Hf)

Helft energie wordt verspild

Zwolle in de winter. Vooral in grotere gebouwen kan op een eenvoudige manier op energie bespaard worden.

Gebouwen kunnen met eenvoudige aanpassingen en verbeteringen de helft op energie besparen. De verspilling in verwarmingssystemen varieert momenteel van 30 tot 70 %. De hoofdoorzaak is het niet 'waterzijdig inregelen' van de radiatorkranen in cv-systemen.

- Henk Deinum -

Waterzijdig inregelen levert meer energiebesparing en comfort op dan de aanschaf van een HR-combiketel. De kosten zijn gemiddeld maar 10 tot 20 % van de investering in een HR-combiketel. De HR-ketels, oorspronkelijk ontwikkeld door de Gasunie, zetten aardgas met een rendement van 90 % of meer om in warmte, die vervolgens

De auteur is scheepswerktuigkundige GHV en thans werkzaam als technisch inspecteur bij Akzo Nobel in Delfzijl.

voor bijna de helft verloren gaat door een slechte waterverdeling en regeling van het cv-systeem.

Wat is waterzijdig inregelen? Door de altijd aanwezige voorkeurstroming stroomt er door de radiatoren dicht bij de cv-pomp veel te veel water, terwijl radiatoren verder op in het systeem alleen maar aan de bovenkant wat warm worden. Bij het ontwerp van de installatie wordt met een computer het benodigde oppervlak van de radiatoren berekend. Normaal is hierbij rekening gehouden met een temperaturredaling van 10 tot 20 °C tussen de in- en uitlaat van de radiatoren. Dichtbij de cv-pomp is dat niet het geval: het water verlaat de radiator bijna net zo heet als het er instroomt. Deze radiator staat dus meer warmte af dan de bedoeling is. Deze warmte is vervolgens niet beschikbaar verderop in het systeem: daar worden de radiatoren onvoldoende warm.

Temperatuurverval

De radiatoren vlakbij de cv-pomp moeten dus enigszins worden geknepen, totdat er een temperatuurverval is van 20 °C tussen de boven- en onderkant van de radiator. De meeste radiator-kranen zijn dubbel instelbaar. Een handige technicus kan het zelf uitvoeren. Het juiste temperatuurverval is met de hand heel goed te voelen. En met een dure digitale infrarood thermometer is dit noodzakelijke verschil snel vast te stellen.

Radiatoren, zeker de lange radiatoren onder de ramen, hebben het hoogste rendement als de inlaat aan de bovenzijde en de uitlaat aan de andere zijde onderaan zit (diagonaal). Radiatoren horen pas na 10 tot 15 minuten na het aanslaan van de ketel aan de onderzijde warm te worden. Het komt soms voor dat radiatoren bij de bouw verkeerd zijn aangesloten. De uitlaat wordt dan eerst warm.

Het grote voordeel van waterzijdig inregelen is dat de noodzakelijke ruimten snel en gelijkmatig opwarmen. De ketel kan dan bij een juiste capaciteit met een redelijke verschiltemperatuur werken tussen de in- en uitlaat van de ketel zelf. Ook de keteltemperatuur zelf kan dan lager worden ingesteld. Soms moet de pompcapaciteit ook wat terug. In de meeste woningen is met wat aanpassing en meer aandacht voor stookgedrag het gasverbruik te beperken tot 1600 m³ per jaar: 150 m³ voor koken, 450 m³ voor warm water en

1000 m³ voor verwarming.

Scholen

In het onderwijs wordt door inefficiënt stookgedrag naar schatting per jaar een bedrag van ruim 200 miljoen gulden aan energie verspild. DHV heeft bij wijze van proef eens in opdracht van Novem/EZ een aantal bestaande cv-systemen in scholen alsnog waterzijdig ingeregeld. Hiermee werd in één geval

**Waterzijdig inregelen
kost gemiddeld
slechts 10 tot 20 %
van de investering in
een HR-combiketel**

zelfs een besparing bereikt van 40 %, terwijl het comfort verbeterde.

Hoe pak je waterzijdig inregelen bij een groter gebouw aan? Dit begint met het achterhalen van de gasverbruiken in de voorgaande jaren en een globale berekening van de netto inhoud van een gebouw. Gebouwen die dag en nacht, zeven dagen in de week warm moeten zijn, zoals bejaardentehuizen en ziekenhuizen, zitten gemiddeld op 6 m³ per m³ gebouwinhoud per jaar. Door de eerder genoemde oorzaken is het energieverbruik in scholen meestal hoger dan in bejaardentehuizen. Echter, bij een goed (in)geregeld systeem komt een school, in een normaal jaar, op niet meer dan 3 m³ aardgas per m³ gebouw inhoud per jaar uit. In het noorden en oosten van ons land is het 10 % hoger en in het zuiden en westen 10 % lager; met een HR-ketel komt het verbruik nog ca 20 % lager uit.

Een snelle berekening voor een school levert dan een normverbruik op van ongeveer 1200 m³ per lokaal per jaar voor een school met tien lokalen. Dat is dus 12 000 m³/jaar (met HR-ketel). Met twee of drie lokalen moeten we rekenen op ongeveer 1600 m³/lokaal per jaar.

Voetventielen

Na de berekening van het verbruik volgt de eenvoudige inventarisatie van het bestaande systeem. Soms dient vooraf een eenvoudig schema van de

installatie te worden gemaakt. Dat geeft antwoord op vragen zoals: hoe werkt de regeling, hoe zijn de radiatoren aangesloten en zijn de radiator-kranen of voetventielen waterzijdig ingeregeld? Waar zitten de ruimtethermostaten, zijn er zowel buiten als binnen temperatuurvoelers, hangen ze op de juiste plaatsen en functioneren ze goed?

Bovendien verdient het aanbeveling bij vervanging van ketels altijd kleine HR-ketels te plaatsen. Eén ketel van ca 50 Kw per drie lokalen is voldoende, of anders in cascade. Reserve(ketel)vermogen hoeft niet te worden (in)gebouwd. De investering in kleine ketels is vaak lager dan in grote. Controleer aardgasleidingen op corrosie en breng cv-leidingen zoveel mogelijk boven de vloeren.

Wanneer we de vorstbescherming installeren op de wateruitlaat van de ketel in plaats van op de inlaat dan verlagen we de ruimtetemperatuur van zo'n 15°C naar ongeveer 9°C. In de winterperiode scheelt dit bijna de helft van het gasverbruik als we uitgaan van het gegeven dat elke graad warmer een verhoging van het energieverbruik met 6 % betekent, zeker tijdens vakanties als niemand in school aanwezig is en de thermostaat laag staat.

We lopen tenslotte nog even langs enkele andere onderdelen van het systeem. Zoals de bekende klokthermostaten. Die verhogen het comfort wel, maar het gasverbruik stijgt meestal, zo leert de ervaring. Vaak kan nadat de cv waterzijdig is ingeregeld, de tijd die u meeprogrammeert om de werk- of leefruimte 's morgens op tijd behaaglijk te hebben, met eenderde worden bekort. ●

Henk Deinum heeft over verwarming en energiesystemen de brochure 'Energiereductieplan: 50% besparing moet kunnen' geschreven. Deinum is verbonden aan de SOMI (Stichting Onafhankelijke Milieu Ingenieurs). De brochure is te bestellen door f 20,00 over te maken op gironummer 1794290 van H. Deinum, Vormer 19, 9934 LJ Delfzijl. Wie alleen informatie over cv-systemen wil ontvangen, stopt een aan zichzelf gerichte A5-formaat envelop plus drie losse postzegels van 80 cent in een envelop en stuurt die op naar bovenstaand adres.

Harry Geerlings promoveert op technologische innovaties

De kansen voor brandstof magneetzweeftrein

Er is grote behoefte aan een duurzaam vervoerssysteem. Dr. Harry Geerlings onderzoekt in zijn proefschrift *Towards Sustainability of Technological Innovations in Transport* de mogelijkheden van de brandstofcel en de magneetzweeftrein. Geerlings acht de kansen van de brandstofcel groter.

- Ir. Frank Biesboer -

RECENSIE

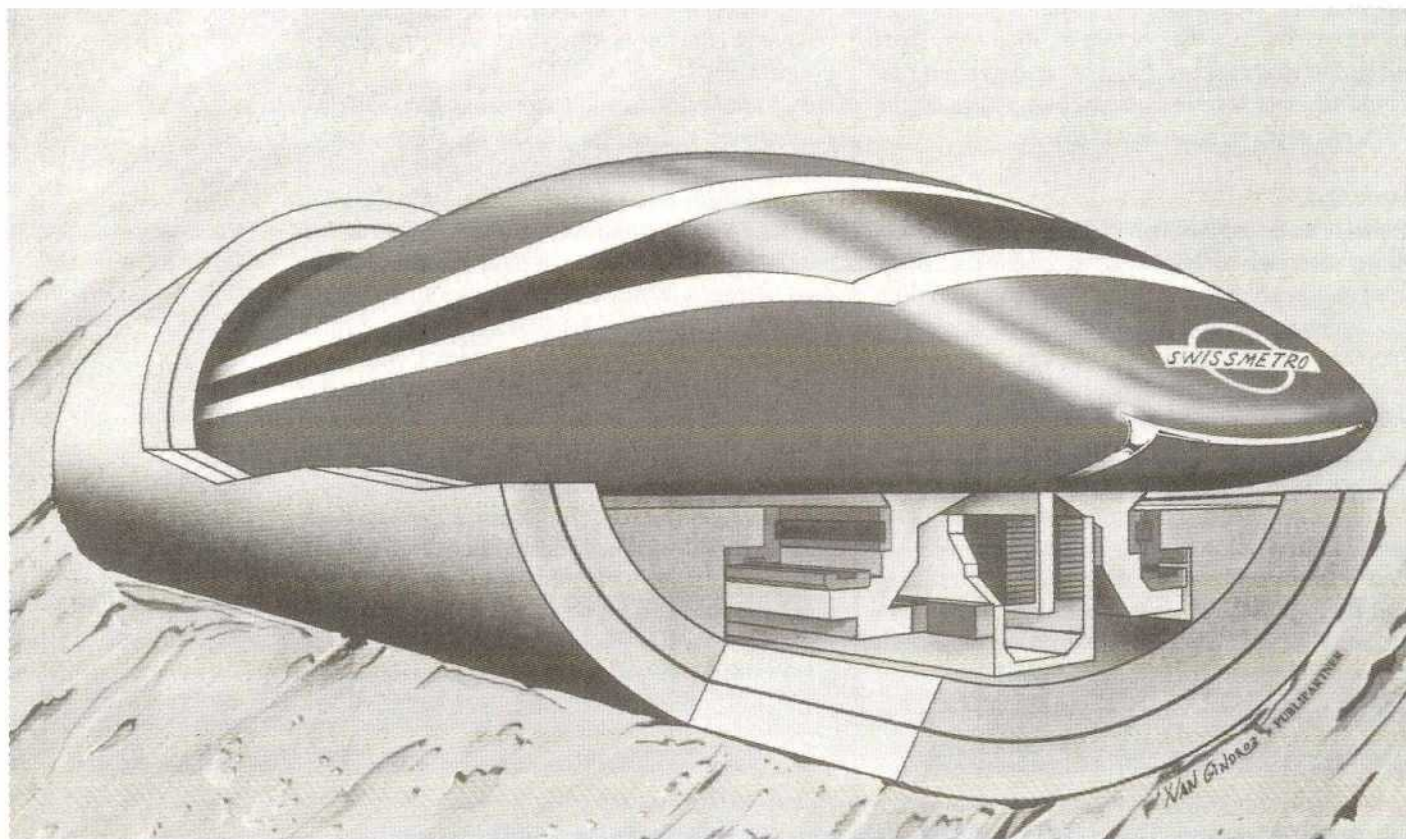
Volgens de recent verschenen milieubalans is het vervoer over de weg in toenemende mate verantwoordelijk voor de uitstoot van koolstofdioxide en andere milieugevaar-

lijke stoffen. Het aanpakken van deze bron van vervuiling en het ontwikkelen van een meer duurzaam vervoerssysteem staat dan ook hoog op de beleidsagenda. Behalve het hanteren van financiële in-

strumenten als rekeningrijden wordt hoog opgegeven van het bereiken van technologische doorbraken.

Daarom had het proefschrift van dr. Harry Geerlings niet op een beter moment kunnen verschijnen. Want de noodzaak van technologische doorbraken kan dan wel groot zijn, daarmee zijn ze er nog niet. Zeker bij ingrijpende innovaties - Geerlings behandelt de magnetische zweeftrein en de brandstofcel - spelen zo veel factoren een rol, dat er op voorhand geen garantie op succesvolle toepassing valt te geven. Een sprekend voorbeeld is rekeningrijden: grote onzekerheden en risico's, slechte marketing en politieke weerstand hebben groot-schalige toepassing tot op heden nog steeds verhinderd. Andere innovaties

De magneetzweeftrein van Swissmetro.



(Foto: Swissmetro)

in het verkeer

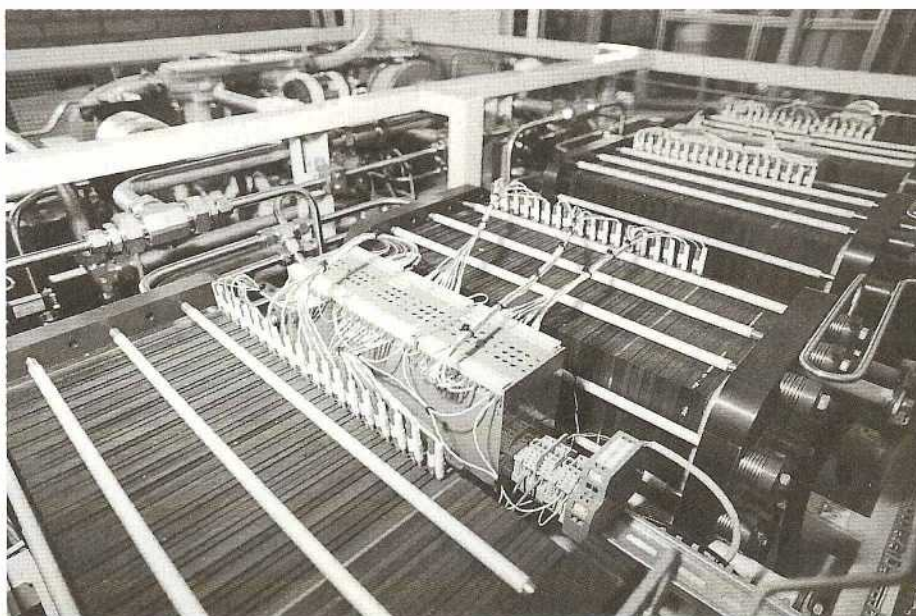
ofcel en

hebben de bestaande trend van groei van transport en milieuvervuiling alleen maar in de hand gewerkt, zoals de introductie van de container.

Raamwerk

In zijn *Towards Sustainability of Technological Innovations in Transport* probeert Geerlings de factoren te benoemen die bepalend zijn voor het succesvol ontwikkelen van een duurzaam vervoerssysteem. Hij zou geen econoom zijn om het daarbij niet alleen te hebben over technologische factoren, maar ook over de rol van de overheid, de belangen van vervoerders en fabrikanten, de samenwerking tussen overheid en marktpartijen, trendmatige ontwikkelingen in de vervoerssector, het concurrentievermogen van de nieuwe technologie en de bijdrage die ze kan leveren aan duurzaamheid. Al die factoren gezamenlijk vormen wat de auteur een raamwerk van technologische kansen (*window of technological opportunity*) noemt.

In zijn proefschrift gaat Geerlings vervolgens na hoe dat raamwerk van technologische kansen er uitziet voor de magneet-zweeftrein en de brandstofcel. Bij de magneet-zweeftrein - in Japan in gebruik, in Duitsland wordt de lijn Hamburg-Berlijn aangelegd - stelt hij een aantal sterke punten vast. De trein functioneert en levert goede prestaties. Voor de betrokken regeringen gaat het om een speerpunt-technologie, waarvoor grote sommen geld beschikbaar zijn. Tegelijkertijd is dat het zwakke punt: er is geen duidelijke betrokkenheid van private partijen. Successen op transportgebied worden gemakkelijk in het traditionele spoorstelsel geëvenaard (zoals met de HSL). Internationale standaardisering ontbreekt echter. Bovendien zijn de milieuvoordelen onvoldoende duidelijk en is het Duitse systeem vanwege prestige-overwegin-



4 'stacks' brandstofcellen van Ballard, die geschikt zijn voor een auto.

gen weinig flexibel: de lijn Hamburg-Berlijn moet er kost wat kost komen.

Elektrische auto

De mogelijkheden van de brandstofcel zijn daarentegen veel flexibeler. Terwijl het meeste technologische onderzoek is gedaan bij stationaire toepassingen, kan de transportsector er goed gebruik van maken. De brandstoftechnologie heeft dan ook het karakter van een *enabling technology*, die - eenmaal goed ontwikkeld - op vele terreinen kan worden toegepast. Geerlings schat de marktkansen van een door een brandstofcel voortgedreven elektrische auto positief in. Tegelijkertijd zijn er nog belangrijke technologische barrières en is de prijs te hoog: een stimulerende overheid noemt hij onontbeerlijk.

Hij concludeert dat wanneer alleen naar de technologische prestaties wordt gekeken, beide systemen een substantiële bijdrage kunnen leveren aan een duurzaam transportsysteem. Toch schat hij de kansen van de brandstofcel hoger in dan van de magneet-zweeftrein. De laatste heeft het karakter van *technology push*, met een gering economisch draagvlak, terwijl de brandstofcel wordt gezien als een middel om milieudoelen te bereiken en het karakter van *technology pull* heeft. Bij de brandstofcel wordt internationaal veel meer in dezelfde richting gewerkt dan bij de magneet-zweeftrein. Wel is er een verschil tussen de VS aan de ene kant en de EU aan de andere kant. Het eerst-

genoemde land heeft een duidelijke en consistente overheidspolitiek, die de introductie van de brandstofcel in het vervoerssysteem bevordert. Bijvoorbeeld met de *Clean Air Act*, die eist dat de emissies van auto's erg laag blijven. Bij de lidstaten van de EU is de overheidspolitiek veel minder duidelijk.

Om al te veel optimisme wat te dempen benadrukt de auteur dat het ontwikkelingstraject van de brandstofcel nog tal van onzekerheden kent. Hoe staat het met de levensduur, welke energiebron wordt gebruikt: waterstof, ethanol, methanol of LNG? De eerste grootschalige toepassing laat volgens de huidige schattingen ook nog lang op zich wachten (10 tot 15 jaar).

Het interessante van Geerlings boek is dat het een vizier opent waardoor de factoren zichtbaar worden die bepalend kunnen zijn voor de succesvolle toepassing van een technologie. Hij toont daarbij de durf om niet achteraf te verklaren waarom de ene technologie wel en de andere geen succes is geworden - dat is relatief gemakkelijk - maar om een blik in de nog ongewisse toekomst te bieden. Tegelijkertijd past daarbij een kanttekening. Zowel aan de brandstofcel als aan de magneet-zweeftrein wordt al decennia lang gewerkt, beide zijn dus al in enige mate uitgekristalliseerd. Zonder die kristallisatiepunten heeft ook Geerlings vizier geen enkel houvast. ●

Harry Geerlings: *Towards Sustainability of Technological Innovations in Transport*. Te bestellen bij het Erasmus Centrum voor Milieukunde, prijs f 79,50.

De Vecht was van Utrecht tot Vreeland een 'open De stad, het vuil en d

Anders dan bodem- en luchtvervuiling is waterverontreiniging al sinds mensenheugenis een probleem. Maatregelen bleken vaak niet effectief; in steeds nieuwe gedaanten keerde het vervuilingsprobleem terug. Dat blijkt uit de manier waarop de stad Utrecht de afgelopen eeuwen met de vervuiling van haar stadswateren omging. Het water van de Vecht was vooral 's zomers 'over zeer grooten afstand in een vuilen stroom veranderd'.

- Drs. Martin Jansen -

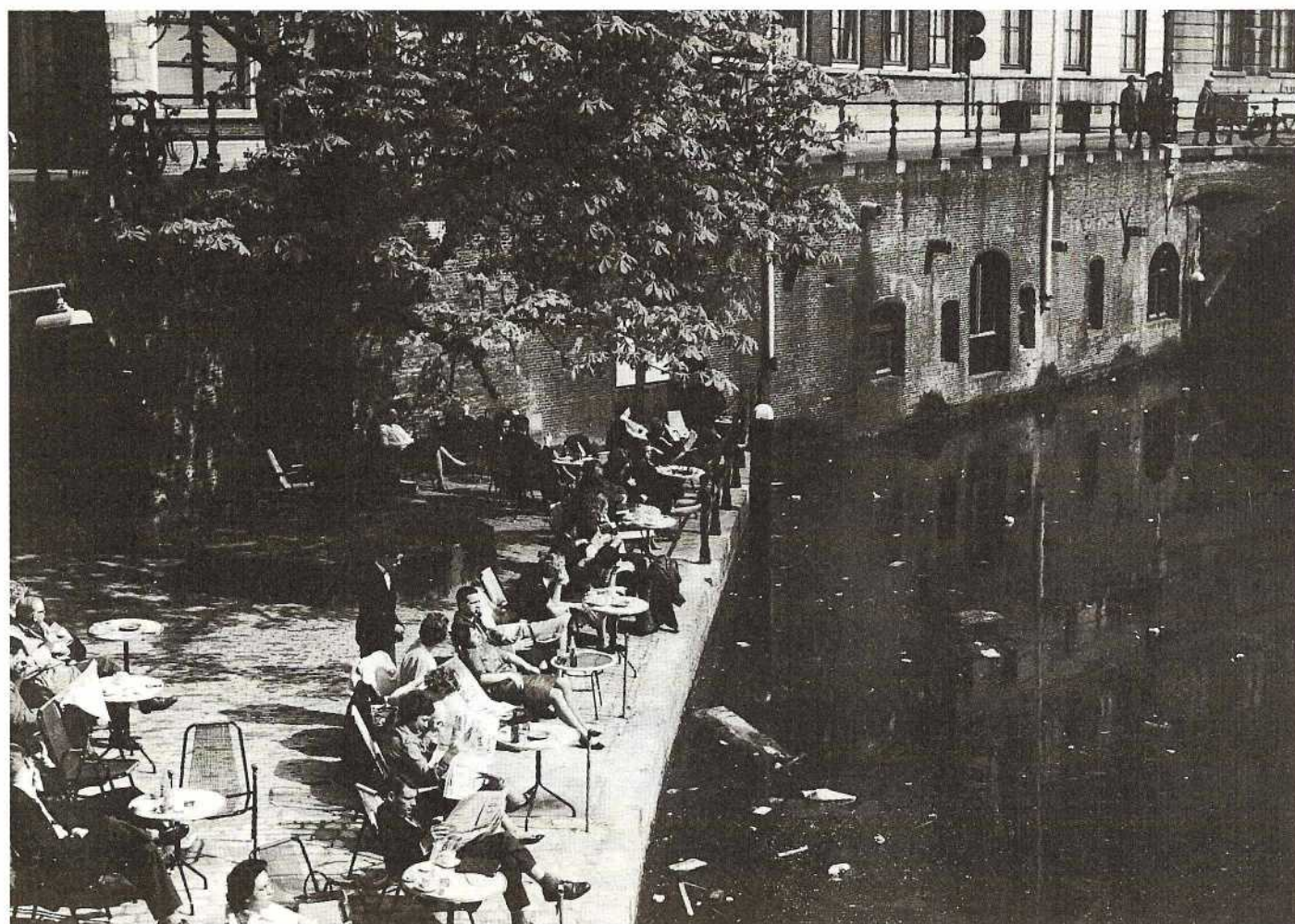
HISTORIE

'Stadgenoten! Drinkt geen grachtwater en gebruik het zo min mogelijk in uw huizen.

(...) De uitwerpselen der cholera-zieken komen ook in het grachtwater!' Zo luidde de alarmerende boodschap op borden die het Utrechtse gemeentebestuur in 1867 langs de stadsgrachten liet plaatsen. De waarschuwing, uitgeroepen op het hoogtepunt van een cholera-epidemie, was op zijn plaats: sommige stedelingen gebruikten het grachtwater nog steeds als drinkwater.

In de 19de eeuw vloeiden in Utrecht, net als in de meeste Nederlandse steden, fecaliën en afvalwater uit de huizen via rioeringen rechtstreeks in de stadsgrachten. Dit was een voor de hand liggende

De auteur is historicus



(Foto: Spaarnestad foto-archief/NFGC)

rotvijver' e rivier

oplossing, die al in de middeleeuwen werd toegepast. In die tijd bestond het rioleringsysteem uit simpele, soms overluisde goten die naar de grachten, singels en sloten voerden om daar hun onwelriekende inhoud te lozen. Het oppervlaktewater speelde op deze manier een vitale rol in de stedelijke hygiëne, maar in feite deed men aan nestbevuiling. De rioleringsystemen verplaatsten de vervuiling eigenlijk van de huizen naar de stadswateren. Omdat het water gedronken werd en industrieën dit water gebruikten als grondstof, ontstonden door deze handelswijze nieuwe problemen.

Brouwerijen

De vroege vaders waren zich hier zeer van bewust en vaardigden met regelmaat ordonnantiën uit, die moesten voorkomen dat het grachtwater al te smerig werd. Zo kondigde het Utrechtse stadsbestuur in 1619 een verbod af op het wasen van huiden en vellen in de stadsgrachten. Bekend zijn de ruzies uit deze tijd tussen leerlooierijen die hun looistof in de gracht loosden, en brouwerijen die hetzelfde grachtwater voor het brouwen gebruikten.

Deze zorg om de kwaliteit van het oppervlaktewater in Utrecht en elders moeten we niet interpreteren als een uiting van modern milieubesef; dat zou een anachronisme zijn. Het ging niet om het feit dat er vervuild werd, maar om het feit dat dat gebeurde op een plek waar iemand anders er last van had. Vervuiling leidde tot 'burenruzies', waarin het algemeen en niet het eigenbelang prevaleerde. Het stadsbestuur probeerde de ruzies te reguleren door het uitvaardigen van ge- en verboden.

Ondanks alles moet de kwaliteit van het Utrechtse grachtwater rond 1800 nog redelijk geweest zijn. Zo gebruikte de Utrechtse brouwerij De Boog het grachtwater nog volop als grondstof voor de



(Foto: Archief Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden)

productie van bier. Maar sinds het midden van de 19de eeuw holde de kwaliteit van het oppervlaktewater in de stad achteruit. De ruime verdubbeling van de bevolking tussen 1850 en 1900 leidde tot een opeenhoping van afvalstoffen in de stadswateren, terwijl de stad na 1900 verder groeide tot ongeveer 154 000 inwoners in 1930.

Nico Roozendaal, die in 1924 een onderzoek deed naar de verwijdering van het rioolvocht in Utrecht, stelde: 'Het kan bezwaarlijk anders, of men zal in Utrecht eens komen te staan voor de vraag, op welke wijze het rioolvocht dient te worden afgevoerd, omdat reeds nu hier en daar, vooral in buurten, waar geen of weinig stroom in de openbare wateren (lees open riolen) is, de vervuiling zich doet gelden.'

Roozendaals *Onderzoek aangaande de afvoer van huishoudelijk afvalwater in de gemeente Utrecht* droeg de prozaïsche ondertitel *Bijdrage tot de kennis van den beerput*. Hij pleitte voor een verplichte aansluiting van elk pand op een beerput met overstort op het gemeenteriool. In zo'n beerput vond onder zuurstofloze omstandigheden afbraak van fecaliën en afvalwater door micro-organismen plaats.

Anaërobe gisting

Dit proces van anaërobe gisting verdeelde Roozendaal in methaan-, waterstof-

Rioolzuiveringsinstallatie Utrecht.

en boterzure gisting, sulfaatreductie, eiwitrotting en denitrificatie. Gassen als methaan, waterstof, zwavelwaterstof en stikstof ontsnapten uit beerputten en via overstorten stroomde het enigszins gezuiverde afvalwater via de riolering de grachten in. Daar begon het aan een tweede - zuurstofverbruikend - zuiveringsproces: de aërobe gisting, door Roozendaal onderverdeeld in ureumsplitsing, nitrificatie en oxydatie.

Roozendaal behaalde met zijn dunne proefschrift van 65 pagina's de doctorsgraad in de wis- en natuurkunde aan de universiteit van Utrecht. Acht jaar later promoveerde Jozef Vleeschhouwer aan dezelfde universiteit en faculteit tot doctor met het proefschrift *Onderzoek naar den toestand van de Vecht en van de openbare wateren in de gemeente Utrecht*.

Volgens hem mocht Utrecht nog van geluk spreken dat de verhouding tussen de hoeveelheid via de Kromme, Leidsche en Vaartse Rijn aangevoerd vers water en de hoeveelheid geloosd rioolwater gunstig was. Gunstiger dan in de meeste Hollandse steden, waar het met de vervuiling van de stadswateren veel ernstiger was gesteld.

Met het verse water konden de Utrechtse stadsgrachten elke nacht opnieuw door-

Terras aan de Utrechtse Oudegracht met uitzicht op het vervuilde grachtwater eind jaren zestig.



Rioolzuiveringsinstallatie Utrecht.

gespoeld worden met een hoeveelheid water die gelijk stond aan één tot anderhalf maal hun inhoud. Dat ruimde lekker op, maar verplaatste het probleem wel naar de Vecht, waarop via de Weerdsluis het sterk vervuilde water in noordwaartse richting werd gespuid. De Vecht raakte er ernstig door vervuild.

'Onhoudbaren reuk'

Dat de Vecht en vele andere Nederlandse meren, rivieren, beken en kanalen ernstig vervuild waren, had de 'Staatscommissie tot voorbereiding van maatregelen tegen verontreiniging van openbare wateren' uit 1897 al aangetoond. In tegenstelling tot het buitenland loosden in ons land 'alle rioolstelsels, waarin faecaliën zijn verzameld... zonder eenige bewerking van den inhoud op openbaar water'. Nederland telde in deze tijd geen enkele rioolwaterzuiveringsinstallatie.

In het geval van de Vecht leidde dat in 1915 tot een klacht bij de minister van de 'Vereeniging tot Bevordering van Vreemdelingenverkeer in de Vechtstreek'. Deze vereniging sprak van een 'onhoudbaren reuk' en drijvend vuil. Het rijk stelde in 1919 een speciale onderzoekscommissie in, die de klagers gelijk gaf: de Vecht was van Utrecht tot Vreeland (23 kilometer) een 'open rotvijver', waaraan de gemeente Utrecht de hoofdschuldige was. Noch het rijk, noch de provincie waren wettelijk bij machte de stad voor te schrijven hier iets tegen te doen.

De vervuiling leidde tot problemen voor Amsterdam, waar het Vechtwater sinds 1888 als leidingwater werd gebruikt. De vervuiling dwong de Amsterdamse waterleidingmaatschappij in 1930 de inna-

me van Vechtwater te staken. Als alternatief werd het kristalheldere kwelwater van de dichtbij Utrecht gelegen Bethunepolder opgepompt.

Voor de betrokken ingenieurs was inmiddels wel duidelijk dat alleen zuivering van afvalwater via een rioolafvalwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) een eind kon maken aan de watervervuiling in Nederland. Ook het rijk raakte hiervan doordrongen en richtte in 1920 het Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater (RIZA) op.

Missiewerk

Dit instituut had tot taak de waterverontreiniging in Nederland te bestrijden en, liever nog, te voorkomen. Daartoe werd wetenschappelijk onderzoek verricht en bracht het instituut adviezen uit. De tien medewerkers besteedden een deel van hun tijd aan 'missiewerk': het geven van voorlichting om de noodzaak van waterzuivering aan te tonen.

Al voor de oorlog klopten tal van grote en kleine gemeenten bij het RIZA aan voor advies over de watervervuilingsproblematiek. Zelden echter voerden die gemeenten de adviezen ook uit. De jaren dertig met zijn diepe economische crisis waren bepaald niet het goede moment voor de bouw van waterzuiveringsinstallaties. De crisis bracht wel verlichting: talloze fabrieken gingen failliet of draaiden op halve kracht, waarmee ze hun vervuilende activiteiten staakten of verminderden. In 1945 waren in Nederland nog slechts 24 (primitieve) zuiveringsinstallaties in werking.

Herhaalde malen onderzocht het RIZA de toestand van de Vecht. Steeds opnieuw kwam zij tot de conclusie dat het lozen van ongezuiverd rioolwater door de gemeente Utrecht de hoofdbron van vervuiling van deze rivier was. Het water stonk en vooral 's zomers was het 'over zeer grooten afstand in een vuilen stroom (...) veranderd'. Benedenstrooms gelegen gemeenten als Maarssen, Breukelen en Loenen hadden daarmee een mooi argument om zelf niets te hoeven doen: zolang de voornaamste vervuiler ziende blind bleef, zouden hun inspanningen slechts een marginaal effect sorteren.

Pas in 1960 werd in Utrecht een RWZI operationeel. Tien jaar later werd de Wet Verontreiniging Oppervlaktewater (WVO) van kracht, die het alle huishoudens en fabrieken in Nederland verbood zonder vergunning op het oppervlaktewater te lozen. Wie afvalwater loosde, moest voortaan belasting betalen; van de opbrengst lieten de provinciebesturen zuiveringsinstallaties bouwen.

Binnen enkele jaren verbeterde de waterkwaliteit in Nederland merkbaar. Ook het Vechtwater werd schoner. Toch waren de RWZI's geen afdoende oplossing, ook de landbouw vervuilde als diffuse bron het oppervlaktewater, waartegen een RWZI machteloos is. Bovendien is momenteel circa 3 % van alle woningen en bedrijven in Nederland niet aangesloten op het riool. Op deze manier vervuilen nog steeds 170 000 vaak zeer afgelegen panden de bodem en het oppervlaktewater dagelijks met miljoenen liters ongezuiverd afvalwater.

Met het lozingenbesluit WVO huishoudelijk afvalwater, dat op 1 maart 1997 van kracht werd, maakt het rijk hieraan een eind. Via een verplichte aansluiting op de riolering of in bepaalde gevallen een IBA (Individuele Behandeling Afvalwater) worden de laatste ongezuiverde lozingen gesaneerd. Het is het sluitstuk van de strijd tegen de watervervuiling door huishoudelijk afvalwater, die driekwart eeuw geleden aarzelend op gang kwam. Als deze laatste operatie in 2007 is afgerond, dan rest nog het probleem van de diffuse bronnen en het feit dat vele (chemische) stoffen de zuiveringsinstallatie ongehinderd passeren en met het effluent geloosd worden. Ook het zuiveringsslib, dat ooit probleemloos als bodemverbeteraar kon worden afgezet, is tegenwoordig chemisch afval. Het wordt gecontroleerd gestort vanwege de grote belasting met onder meer zware metalen. De wet van behoud van milieu-ellende lijkt eeuwig geldig. ●

De huizen van de ingenieurs

Het KIVI jubileert dit jaar. Elf bekende Nederlandse columnisten feliciteren ieder op geheel eigen wijze het Instituut met zijn 150-jarig bestaan door iets te vertellen over hun relatie met techniek. De laatste gastcolumn is van Ileen Montijn. Ingenieurs, aldus Montijn, hebben een bijzondere verhouding tot de dingen.

- Ileen Montijn -

Nooit ben ik in zo korte tijd in zo veel bijzondere huizen geweest als toen ik, eerder dit jaar, gesprekken had met een reeks oud-leden van het Delftsch Studenten Corps. De aanleiding was een jubileum dat misschien niet toevallig nogal lijkt op dat van het KIVI: volgend jaar, in 1998, bestaat ook het DSC 150 jaar. De tekst van die gesprekken zal het licht zien in het kader van de lustrumfeestelijkheden.

Twee Delftenaren sprak ik op hun kantoor en één op Sociëteit Phoenix, maar van de overige zes kreeg ik de huizen te zien - en wat een huizen waren dat.

Het indrukwekkendst was een villa uit de jaren dertig in Eindhoven: een museum van een huis zou je het noemen, als het niet zo intiem, zo in-Hollands van sfeer was met zijn oude schilderijen, gotische meubels, Hollandse tegels, tin en tapijten. Heel anders, maar ook aangenaam was het in een Finse bungalow, verscholen in een Limburgs bos; en overrompeld werd ik in een keurig-opvallend huis in een vooroorlogse straat, dat gevuld bleek met oude en nieuwe kunst, beelden en keramiek. En dan was er het voorvaderlijk huis van een architect op het Brabantse platteland. Het ademde een combinatie van grandeur en informaliteit, van oud en modern die ik nog niet eerder was tegengekomen.

Natuurlijk was dit geen willekeurige selectie uit de duizenden ingenieurs die

Delft in deze eeuw heeft afgeleverd. Het had iets van zo'n corpsreünie waarover een andere Delftse gesprekspartner (huis: oude villa aan een bomenlaan in Noord-Holland) ironisch vertelde. Iedereen is er altijd geslaagd, zei hij, leuk gezin, interessant werk... niemand zegt ooit dat het in zijn leven beroerd is gelopen. Dat doe je niet op een reünie. Zoals je voor een jubileum geen saaie pieten interviewt.

Toch waren mijn gesprekspartners zeer verschillende mensen, en woonden zij niet allemaal in paleizen; maar ik zag geen huis dat niet bijzonder was, waar niet beeldende kunst een rol speelde, waar niet een gecultiveerde sfeer heerste. Dat was voor mij, 'alfa' tot in mijn merg, toch een verrassing.

Er is in het verleden - en zeker het afgelopen jaar in deze kolommen - al veel gesproken over het verschil tussen de a's en de b's, de literaten en de technici. Wat zou ik daaraan toe kunnen voegen? Zeggen dat techniek, jazer, reuze belangwekkend is? Dat ware zo mogelijk nog belachelijker dan te koketteren met een uitweiding over eigen onwetendheid (of behendigheid) op dat terrein.

Maar ik heb lang nagedacht over wat het was dat mij zo trof in de huizen van mijn Delftse interviewees. Had het wel iets met hun ingenieur-zijn te maken? Was het toeval of verbeelding?

Dat laatste geloof ik niet. Ik ben tot de conclusie gekomen dat de sfeer in die huizen te maken heeft met een bijzondere verhouding tot de dingen, tot de tastbare wereld. Een technicus met enig ni-



(Illustratie: Pieter Geenen)

veau is meer geneigd tot zorg en aandacht voor tastbare dingen dan iemand die is grootgebracht op een ijl dieet van geesteswetenschap. Met materialisme heeft dat niets te maken. Een materialist kent, zoals Oscar Wilde's cynicus, van alles de prijs en van niets de waarde.

Nee, aandacht voor tastbare dingen heeft te maken met die dingen zelf, je zou kunnen zeggen met het vermogen je in ze in te leven, ze recht te doen.

Veel zogenaamde geesteswetenschappers missen dat vermogen. Ikzelf, historica van opleiding, ben het moeizaam in de loop van de jaren aan het leren, maar merk nog dat mijn aandacht voor dingen iets stuurloos heeft. Iets van de lichtbundel van zo'n lamp op het hoofd van een mijnwerker die hier iets verlicht, maar daar omheen alles donker laat. Slordig, arrogant.

De technici die ik ken (het geldt ook voor een landbouwkundig ingenieur in mijn familie, en een Delftenaar die ik al veel langer kende), zien de wereld anders. Zij zijn beter doordrongen van de maakbaarheid van hun omgeving - en van de daaruit voortvloeiende verplichtingen. Hun omgang met de dingen, of het een oude vaas is, fiets of een raamkozijn, is zorgzaam. Zij weten wat zij mooi vinden en wat niet, en dan handelen ze daar ook nog naar. Ik vind dat benijdenswaardig. ●

Ir. Ruud Hulscher Eur Ing. is betrokken bij aanleg metro

'De droogste tunnel ter

Niet alleen in Europa raken de centra van de hoofdsteden verstopt. Ook Caïro, de grootste metropool van Afrika met officieus twaalf miljoen inwoners, lijdt onder het verkeer. De metroverbinding Noord-Zuid moet daar verlichting in brengen. Ir. Ruud Hulscher Eur Ing (38) is sinds begin 1996 betrokken bij de aanleg van 'The Greater Cairo Metro, Line 2'. Een tunnel met superlatieven.

- Pat Beerman -

OVER DE GRENS

Als het aan Hulscher had gelegen, was hij tandarts geworden. Helaas dicteerde het lotingssysteem anders. Van lieverlee besluit hij de familietraditie voort te zetten en in Delft te gaan studeren. Allereerst natuurkunde, maar dat wordt geen succes. Als hij bij een volgende poging tandheelkunde weer uitgeloot wordt, weten zijn studenten-huisgenoten mijnbouwkunde hem over te halen een paar colleges te volgen. Vervolgens studeert hij in 1989 af in de mijntechnologie met als specialisatie 'Ventilation and Underground Environmental Control'.

'Na het eerste jaar mijnbouw, zei ik meteen, hiermee ga ik door. Dit is het. Die combinatie theorie en praktijk was voor mij - ik werk graag met mijn handen - ideaal.' Maar mijnbouw leidt niet op voor Nederland. 'Ik heb met mijn ouders over de hele wereld gezworven, dus het vooruitzicht in het buitenland te werken was eigenlijk geen probleem', aldus de zoon van een Shell-man.

Zijn loopbaan begint in de tinmijnen van Cornwall. Helaas niet voor lang, want de tinprijs keldert en al snel vallen er ontslagen. Toch weet de laatst aangenomen ingenieur zijn baan te behouden. Als de

bel voor de volgende ontslagronde klinkt, is het de hoogste tijd naar ander werk uit te kijken. Op aanraden van het KIVI besluit Hulscher de FEANI-kwalificatie Eur Ing aan te vragen om een hoop uitleg bij sollicitaties te voorkomen.

'Deze tinmijnen waren voor mij een prachtige ervaring daadwerkelijk onder de grond te werken. Zo'n kans krijg je als mijnningenieur zelden en vooral niet op ventilatiegebied. De systemen in deze eeuwenoude mijnen zijn extreem ingewikkeld. Het zijn net grote sponzen met daarin een paar rietjes als ventilatieschachten. En het werk in een tinmijn is zeker niet ongevaarlijk. Er komt regelmatig radioactief gas vrij en het spreekt vanzelf dat een behoorlijk ventilatiesysteem voor de afvoer moet zorgen. Naar goed gebruik, en nog steeds verplicht volgens de Engelse mijnwet, zaten er twee kanaries in het kantoor. Die werden vroeger gebruikt om mijn gas (CH_4) te signaleren, maar als er Radon vrijkomt heb je er weinig aan.'

Kanaaltunnel

Van de tinmijnen die nog uit de Romeinse tijd stammen, maakt Hulscher de overgang naar het andere uiterste, de Kanaaltunnel. Hij begint als *ventilation engineer*. Twee jaar later wordt hij gepro-

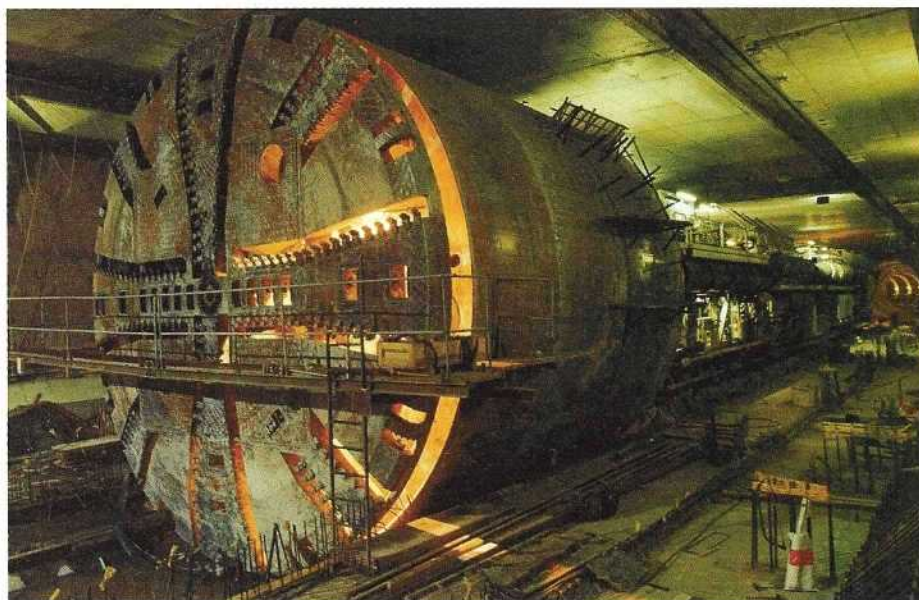


moveerd en kan hij er *senior* voor zetten. Eerst krijgt hij de verantwoording over de ventilatiesystemen die nodig zijn tijdens de constructie van de tunnel en vervolgens voor de installatie van de permanente systemen. 'Dat was een bijzonder leerzaam en veelzijdig project. Ik vond het extra interessant, omdat ik tijdens het laatste stadium moest samenwerken met de Fransen die toch een andere manier van werken hebben. Hun benadering van veiligheid verschilde met die van de Engelsen. Ondanks de strenge veiligheidsvoorschriften vielen aan onze kant meer slachtoffers dan bij de Fransen, die elkaar nauwlettend in de gaten hielden.' Na voltooiing van de tunnel in 1994 zoekt een headhunter contact met de vraag of hij voor het Amerikaanse Ingenieursbureau Parsons Brinckerhoff belangstelling heeft. 'Ik had er nog nooit van gehoord', bekent hij. 'Alhoewel ze de experts zijn op het gebied van metro's en ander infrastructuurwerk. Ons bureau heeft wereldwijd vijfduizend medewerkers in dienst.' Ze zoeken een ingenieur die met een team voor het ventilatie-ontwerp van de 'Jubilee Line Extension' kan zorgen, de metrolijn die het Londense Green Park met de Docklands verbindt. In die tijd pendelt hij tussen het hoofdkantoor in New York en de werkplek

De auteur is freelance journalist.

in Caïro

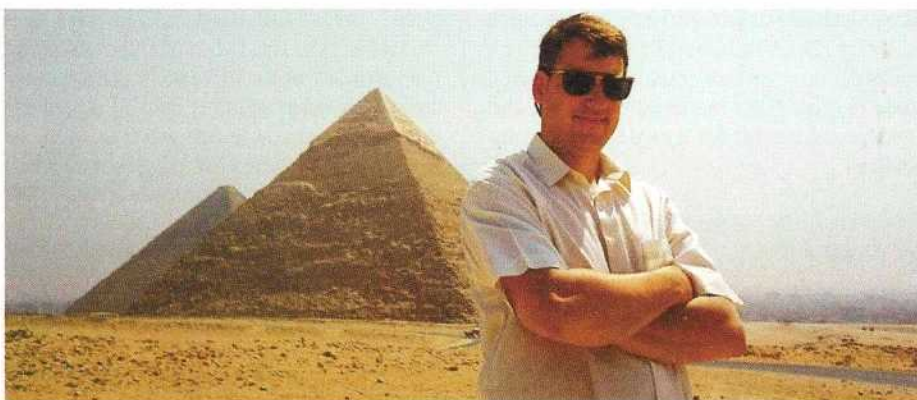
wereld'



Aanleg van de tweede metro in Caïro.

Een gedeelte van de metro is al in gebruik genomen.

Ir. Ruud Hulscher: 'Die tandheelkunde ben ik inmiddels vergeten.'



Londen. Na dit project belandt Hulscher met zijn gezin in Caïro.

El Gizah

'Deze metrolijn is weliswaar de tweede in Caïro, maar het is de eerste die voor het merendeel onder de grond is gebouwd. Drie kilometer gaat bovengronds en de rest, zo'n zestien kilometer, verdwijnt onder het dichtbevolkte centrum en de Nijl, richting El Gizah. Ondanks al dat water - de tunnel is namelijk geboord in met water verzadigd zand - lekt hij absoluut niet. Het blijkt één van de droogste tunnels ter wereld. Dit is een fantastisch project met ontzettend veel facetten. Als de metro in gebruik wordt genomen, vervoert hij meer dan een miljoen passagiers per dag.'

'Mijn werk heeft zich enorm verbreed en het is precies geworden wat ik wilde. Ik adviseer en draag tevens de verantwoording voor de installatie en de testen van alle elektrische, mechanische, telecommunicatie- en treinbeïnvloedingssystemen. En als E & M manager geef ik leiding aan achttien ingenieurs van diverse nationaliteiten. Die tandheelkunde ben ik inmiddels vergeten. Parsons Brinckerhoff werkt hier in een joint venture met Sabbour Associates, een Egyptisch raadgevend ingenieursbureau, en fungeert als consultant voor de opdrachtgever, de National Authority for Tunnels. Dat is een onderdeel van het Ministry of Transport. De uitvoering van de metro zelf is in handen van het Franse consortium Interinfra, dat zowel voor het civie-

le werk als de installatie van de apparatuur zorgt.'

'Wij zijn nu de derde en laatste fase van de aanleg ingegaan en het merkwaardige is dat de Egyptenaren denken dat ze het zonder ons kunnen stellen. Zij hebben de kunst een paar jaar afgekeken en vinden dat zij het alleen aan kunnen. Misschien denken ze zo geld te besparen, maar eerlijk gezegd vind ik dit een overschatting. Zij hebben toch niet de knowhow die wij hebben. Maar lang zullen wij hier niet meer vertoeven, het werk verloopt namelijk zo goed dat we ver op schema voorliggen. De totale geplande constructieduur is zes jaar. Sinds het begin heeft alles meegezeten. Het ziet er zelfs naar uit dat wij tien tot twaalf maanden eerder opleveren. Dat is alleen maar goed voor onze naam, alhoewel ik best nog wat langer zou willen blijven. Het werken en wonen is goed hier. Caïro op zich is een vieze stad, maar wij wonen heel plezierig in de buitenwijk Ma'adi, dat vroeger een zomerverblijf van de bemiddelde Egyptenaar was. Wij voelen ons erg thuis. Mijn vrouw is reuze actief en zit onder andere in het bestuur van de rugbyclub. De kinderen hebben het naar hun zin op de internationale school en verder is het een kwestie van aanpassen. Het enige wat ik af en toe mis, is een mooie fles wijn, want die Egyptische is niet te drinken.'

In de rubriek 'Over de grens' worden ingenieurs geportretteerd die in het buitenland werken. Kent u gegadigden voor deze rubriek, dan kunt u contact opnemen met de redactie van *De Ingenieur*, Postbus 1860, 1110 CD Diemen, tel. (020) 660 34 55.

Opvouwkiel voor grote jachten

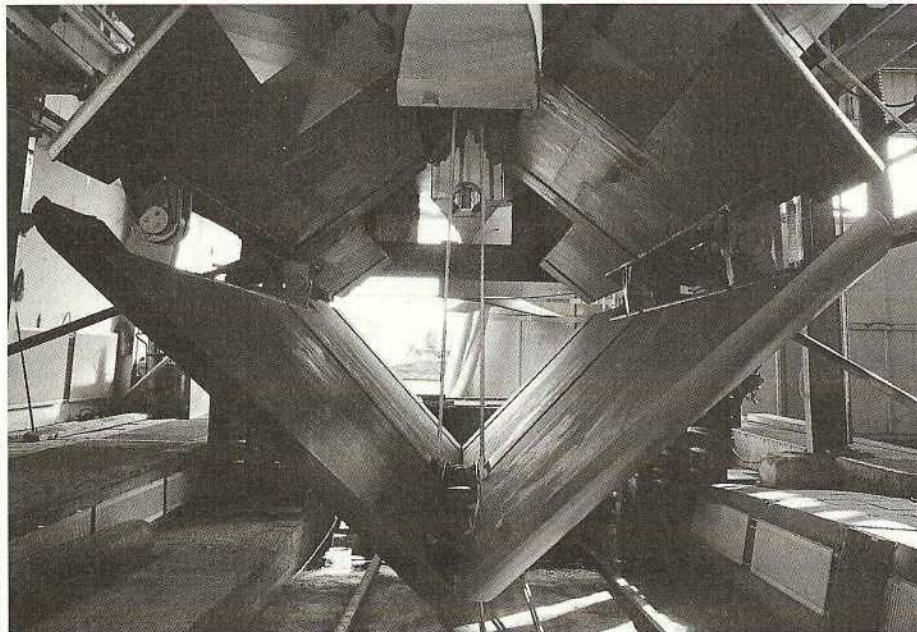


Foto: Henk Eertink, Markelo

Eigenaren van (vooral grote) zeiljachten hebben nogal eens problemen een ondiepe haven of baai binnen te varen. TechKnowSource heeft daarom in samenwerking met Jachtwerf Jongert een kielconstructie ontwikkeld, waarbij de kiel onder het jacht wordt opgevouwen. Dit gebeurt hydraulisch. Het ontwerp wordt als cassette aan jachtwerfven geleverd voor inbouw in elk relevant jacht. De cassette wordt met boutverbindingen schokbestendig in het casco bevestigd. De constructie vergt erg weinig ruimte en grote jachten kunnen met de opvouwkiel in ondiepe wateren varen. Met een druk op een knop wordt de kiel in één minuut opgevouwen en weer in één mi-

De opvouwbare kiel is leverbaar als cassette.

nuut in de originele kielvorm teruggebracht. De diepgang varieert van 2,50 meter tot 4,50 meter. Halverwege het uit- of invouwen is te zien dat de onderling scharnierende kieldelen een 'zoutedrop'-vorm aannemen. Technisch adviesbureau TechKnowSource ontwerpt en levert behalve voor de jacht- en scheepsbouw ook producten en diensten voor de bouw- en machine-industrie, aan ingenieursbureaus en aan de offshore-industrie. ●

Info: TechKnowSource, Waddinxveen; tel. (0182) 63 24 28.

Projectie 3D-beelden direct op netvlies

Een laser en een snel ronddraaiende spiegelende veelhoek vormen de onderdelen van een nieuwe techniek, waarbij visuele beelden direct op het netvlies van het oog worden geprojecteerd. De kwaliteit van de beelden is veel beter dan die van de bestaande afbeeldingstechnieken op een scherm. De nieuwe optische techniek is ongevaarlijk, omdat de intensiteit van het laserlicht vijfduizend maal kleiner is dan de dosis die het oog kan beschadigen.

De *retinal scanning display*-methode (RSD) is met financiële steun van de NWO-Technologiestichting STW en het Natuurkundig Laboratorium van Philips ontwikkeld aan de Technische Universiteit Delft. Met de RSD-techniek wordt een beeld opgebouwd door zeer snel met een lichtvlek lijnen onder elkaar te schrijven. De intensiteit van het licht verandert daarbij met de plaats langs de lijn. Dit gebeurt zo snel dat het oog het opgebouwde lichtpatroon als een samenhangend beeld waarneemt.

Een laserbundel projecteert zeer klein puntjes op het netvlies en zo dicht naast elkaar, dat het oog ze niet meer als punten waarneemt. Met de RSD-techniek zijn natuurgeloue beelden na te bootsen die een groot deel van het blikveld beslaan. Driedimensionale beelden worden daarbij opgewekt door aan ieder oog een iets verschillend beeld aan te bieden. Ook is het mogelijk een beeld uit meer kleuren samen te stellen. ●

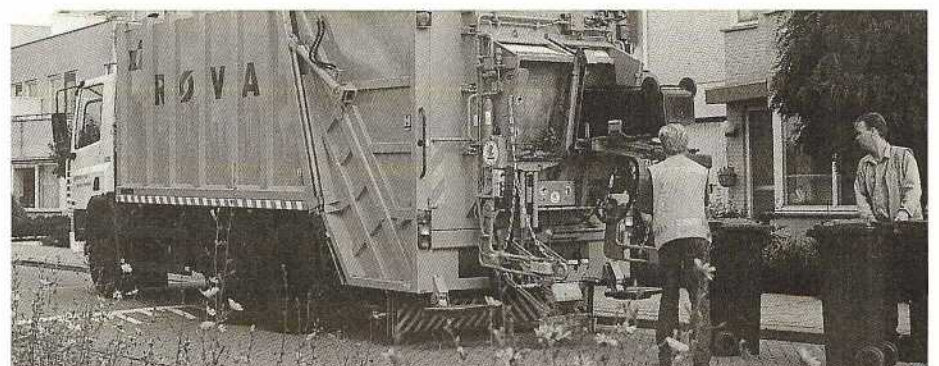
Info: Ir. G. de Wit, TUD; tel. (015) 278 21 16.

Vuilniswagens gaan over op LPG

Binnenkort introduceert Rova, verantwoordelijk voor het ophalen van afval in 21 gemeenten in de regio IJssel-Vecht en de gemeente Amersfoort, de eerste vuilniswagen op LPG. Als brandstof biedt LPG vooral in stedelijke gebieden grote voordelen. Een vrachtauto op LPG is schoner en stiller dan een vergelijkbare vrachtauto op diesel. Om de betrouwbaarheid, verminderde milieubelasting en de financiële haalbaarheid vast te stellen wordt gedurende een periode van ruim een jaar bij Rova met twee vrachtwagens voor huishoudelijk afval op LPG gereden. Het cabine-chassis is van Daf, type 75-240. De omgebouwde dieselmotor is een Daf RS 180 kW 8,65 liter met turbo en intercooling. De vier LPG-tanks hebben een gezamenlijke inhoud van 400 liter. Een brede inzet van LPG kan voor het milieu een aanzienlijk voordeel betekenen. De

proef is een pilotproject, die moet leiden tot een brede toepassing van LPG als motorbrandstof voor de afvalbranche. Transport en Logistiek Nederland schat het potentieel

De eerste afvalwagen van Rova die op LPG loopt.



voor de toepassing op ongeveer 30 procent van het totale diesilverbruik in het goederenvervoer. Het project heeft subsidie gekregen van het programma 'Stiller, Schoner en Zuiniger' van het ministerie van Verkeer en Waterstaat. ●

Info: Rova Holding, Herman Dorgelo; tel. (038) 427 37 19.

Ondiepe polder als eiland in zee goedkoopst

In het kader van de Perspectievennota van het kabinet over de toekomst van de Nederlandse infrastructuur heeft het Waterloopkundig Laboratorium WL een studie uitgebracht over een eiland voor de kust. Het rapport besteedt behalve aan locatie en vormgeving van het luchthaven-eiland

CIVIELE TECHNIEK

Rioleringen gekraakt

British Gas heeft begin jaren tachtig de 'pipe-cracking'-methode ontwikkeld. Met perslucht wordt een grondraket door oude rioleringsleidingen gedreven. De diameter van de raket is groter dan die van de oude leiding, waardoor deze van binnenuit wordt versplinterd en in de omliggende aarde wordt gedrukt. Op deze manier ontstaat een stabiele tunnel voor een nieuwe leiding (hard-PVC buis), die aan de grondraket is gekoppeld. Een trekketting houdt de nieuwe buiselementen op spanning. Tegelijkertijd zorgt een lierkabel aan de kop van de raket voor een goede geleiding door de tunnel. Met de methode kan de diameter tot 60 % worden vergroot, wat perspectieven biedt voor aanzienlijke capaciteitsvergroting. Dit najaar demonstreerde Aannamebedrijf Roelofsen in Harderwijk de voor Nederland nieuwe 'buisenkraak'-methode.

Info: Ingenieursbureau Westenberg, Postbus 256, 3840 AG Harderwijk; tel. (0341) 43 13 39.



Vervanging van oude riolering door PVC-buis met de 'buisenkraak'-methode.

vooral aandacht aan de kuststabiliteit en de inpassing in de natuurlijke ontwikkeling van de kust. Voor de vorm van het eiland heeft WL gekozen voor een deltavormige driehoek, die een voldoende groot oppervlak koppelt aan een relatief korte zeewering. Stormachtig weer op de Noordzee maakt de bouw van een zware waterkering noodzakelijk. Een getrapte uitvoering breekt grote golven al op enige afstand, waardoor de belasting van de dijk afneemt. Afhankelijk van de zijde van het eiland ligt de kruin van de dijk op ongeveer NAP +16 m. Uit de studie blijkt dat aanleg van het eiland als ondiepe polder of net boven NAP het goedkoopste is.

Het bouwrijp maken van een eiland van 2400 hectare plus de oeverbescherming kost ruim zes miljard gulden, exclusief een verbinding met het vasteland. Uit de studie komen twee voorkeurlocaties naar voren: één op 17 km buiten de kust voor Zandvoort, de andere op 10 km voor Noordwijk. De locatie wordt in eerste instantie bepaald door de afstand tot Schiphol (tot maximaal 50 km).

Info: Waterloopkundig Laboratorium, R. Thieman; tel. (015) 285 8777

Artist impression van een kunstmatig, deltavormig eiland voor de Noordzeekust.



MATERIAALKUNDE

IJzer beter beschermd tegen roest en slijtage

Ijzernitride beschermt ijzer tegen roestvorming en slijtage. Een laagje nikkel op het ijzeroppervlak bevordert deze roestwering. Hierdoor kan het nitreren bij lagere temperaturen plaatsvinden. Op 16 oktober 1997 promoveerde drs. Dieuwert Inia aan de Universiteit Utrecht op het nitreren van ijzer bij lage temperaturen.

In bestaande methoden wordt het ijzernitridelaagje gevormd door het ijzer te verhitten tot ongeveer 550 °C, in aanwezigheid van ammoniakgas. Bij deze temperatuur valt ammoniak in stikstof- en waterstofatomen uiteen. De stikstofatomen dringen het bovenste laagje van het ijzer binnen en reageren met het ijzer tot ijzernitride. Bij 550 °C dissocieert ook het gevormde laagje ijzernitride. Dit splitst zich in ijzer en stikstofgas. Dit is niet gewenst, want het stikstofgas maakt het ijzer poreuzer, wat weer kan lei-

den tot een ongewenste grotere gevoeligheid voor roesten.

De nieuw ontwikkelde methode kan plaatsvinden bij ongeveer 300 °C. Voor het 'nitreren' wordt eerst bovenop het ijzer een laagje nikkel aangebracht. Dit laagje beschermt het onderliggende ijzer tegen de oxidatiereacties en versnelt het uiteenval- len van ammoniakgas en de opname en doorgifte van stikstof aan het ijzer. Uit metingen is gebleken dat er zich geen poriën in de laag vormen. De methode wordt toegepast bij producten met dunne aaneengesloten nitridelaagjes, zoals bij scheerkoppen, assen en tandwielen. Op de nieuwe methode is in Nederland octrooi aangevraagd.

Info: Universiteit Utrecht, Marjolein Schlarmann, tel (030) 253 35 50.

Nieuwe brandmelder voor tunnels

Brandmeldinstallaties in tunnels en ondergrondse transportsystemen moeten niet alleen bij het geringste onraad afgaan, maar moeten ook onder extreme omstandigheden functioneren. Siemens heeft voor de ontwikkeling van een dergelijk veeleisend apparaat met behulp van glasvezel- en lasertechnologie de sensorkabel Fibrolaser II en een detectiemodule gefabriceerd. Deze brandmelder meet met laserlicht zeer precies de trillingsveranderingen in de kristalstructuur van de glasvezelverbinding, die bij temperatuurschommelingen optreden. De temperaturen worden over de totale kabellengte (tot 4 km per detectiemodule) gemeten. Het systeem werkt doorlopend en onder alle omstandigheden.

De brandmelder kan de exacte plaats van de brand bepalen en verschaft bovendien belangrijke informatie over de ernst en richting van de brand. De software beschikt over een vrij instelbare alarmgrens en een eenvoudige indeling in brandcompartimenten. Fibrolaser II is volledig immuun voor elektromagnetische beïnvloeding en vervuiling. De robuuste sensorkabel is onderhoudsvrij, waardoor geen tijdelijke afsluitingen voor het verkeer meer noodzakelijk zijn. ●

Info: Siemens Nederland, Prinses Beatrixlaan 26, Den Haag.



De brandmelder Fibrolaser II is speciaal ontwikkeld voor tunnels, ondergrondse stations en transportbanden.

MILIEUTECHNIEK

Dieselauto's op drijfgas

Onder auspiciën van het Internationaal Energie Agentschap (IEA) wordt onderzoek gedaan naar de mogelijkheden om dimethylether (DME) te gebruiken als schone brandstof voor dieselauto's. Volgens de Nederlandse organisatie voor energie en milieu (Novem) lijkt DME een uitstekende vervanger van dieselolie. Het internationale onderzoek wordt geleid door TNO-wegtransport in Delft.

DME was tot voor kort alleen bekend als drijfgas in spuitbussen. Min of meer bij toeval vonden Deense onderzoekers een methode om DME goedkoper en grootschaliger te produceren. Zo kwam ook de toepassing als motorbrandstof in beeld. DME lijkt sterk op LPG; het gas kan op dezelfde manier worden getankt en er is een soortgelijke brandstoftank voor nodig. Terwijl LPG een alternatief is voor benzinemotoren, is DME geschikt voor gebruik in dieselmotoren. Net als dieselolie heeft DME geen vonk nodig om te ontbranden. In principe is de brandstof geschikt voor alle typen dieselmotoren. Het meest aantrekkelijk is echter de toepassing in

vrachtwagens, omdat daar vrijwel geen concurrentie is van andere brandstoffen. Er wordt al jaren gezocht naar alternatieve brandstoffen voor het wegvervoer. De huidige brandstoffen, benzine en dieselolie, hebben belangrijke nadelen. De aardolie, het basisproduct, komt uit politiek instabiele landen in het Midden-Oosten. Daarnaast veroorzaakt vooral dieselolie bij verbranding luchtverontreiniging. LPG is eigenlijk maar een halve oplossing: autogas is redelijk schoon bij de verbranding, maar het blijft een aardolieproduct. Het aantrekkelijke van DME is dat het beide problemen aanpakt. In tegenstelling tot LPG kan DME uit verschillende grondstoffen worden gehaald. Aardgas lijkt op dit moment de meest aantrekkelijke grondstof, maar desgewenst kan DME ook worden gemaakt van steenkool en in de toekomst zelfs van natuurlijke materialen, zoals duurzaam geproduceerd hout. Als DME wordt gebruikt in een aangepaste dieselmotor, is de uitstoot van milieubelastende stoffen opvallend laag. Een dieselmotor met DME kan zich op dit punt

uitstekend meten met een motor op LPG of benzine, zelfs als die is voorzien van een driewegkatalysator. Het grote voordeel ten opzichte van dieselolie is dat er vrijwel geen roetdeeltjes worden uitgestoten.

Verschillende autofabrikanten en toeleveranciers zijn al bezig om de techniek verder te ontwikkelen. Een probleem is nog dat DME agressief is voor de meeste kunststoffen en rubbers. Voor het afdichten van de vloeistof moet dus ander materiaal worden gebruikt. Ook is er een nieuw brandstof-injectiesysteem nodig, omdat DME slechter smeert dan dieselolie. In principe zijn deze technische problemen oplosbaar, maar voordat DME voldoet aan de huidige, hoge kwaliteitsnormen van de auto-industrie, is nog meer research nodig. De verwachting is dat DME over tien jaar op grote schaal kan worden gebruikt. ●

Info: Novem, ing. B. van Spanje, tel. (030) 239 34 80.