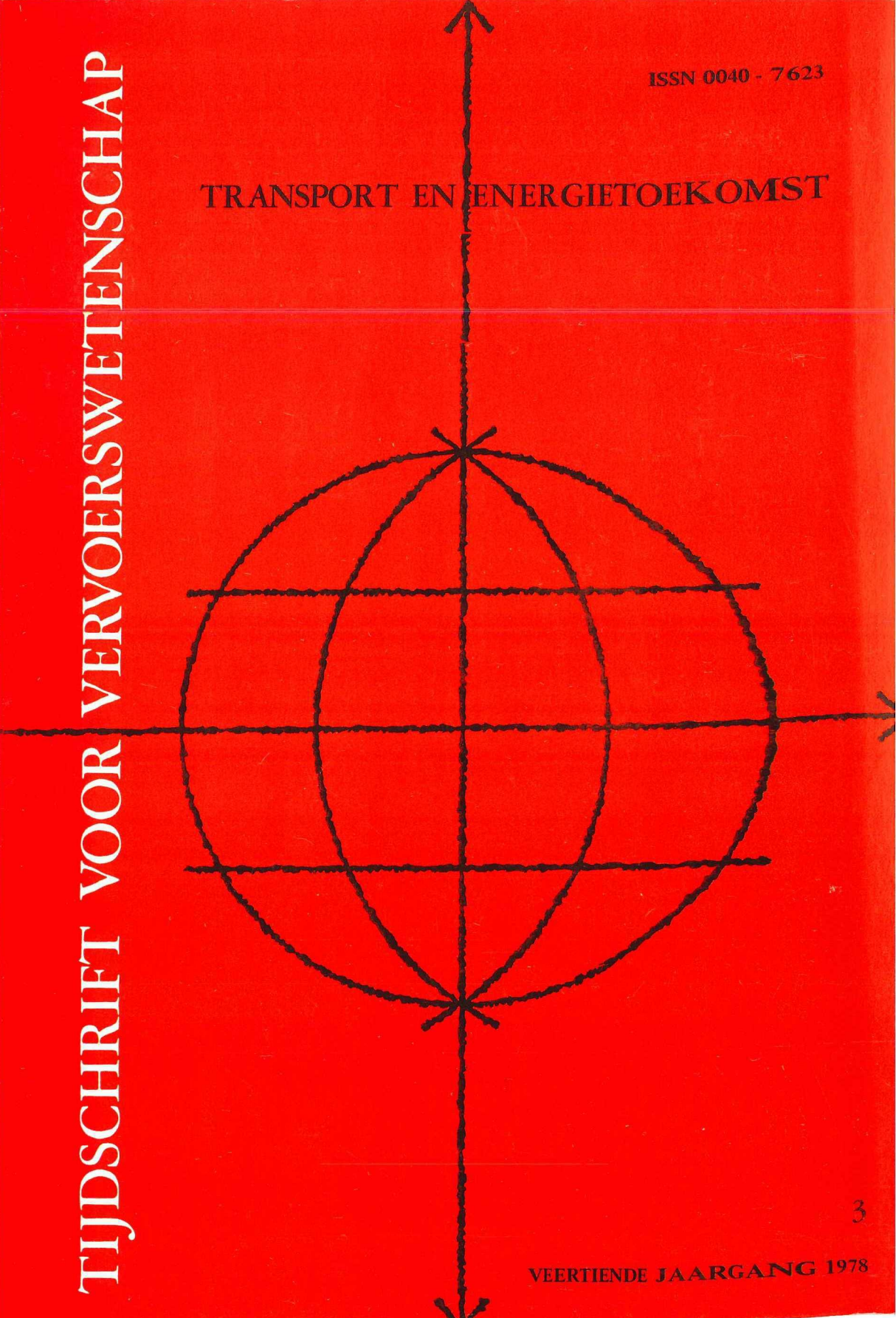
ISSN 0040 - 7623

TIJDSCHRIFT VOOR VERVOERSWETENSCHAP

TRANSPORT EN ENERGIETOEKOMST



3

VEERTIENDE JAARGANG 1978

TIJDSCHRIFT VOOR VERVOERSWETENSCHAP

(Magazine for Transport Science)
(Revue pour L'étude Scientifique des Transports)

REDACTIECOMMISSIE

Prof. Dr. H.C. Kuiler (voorzitter) – Drs. P.A.Th. van Agtmaal – Dr. F. van Dam –
Drs. G. Gort – Mr. G.W. van Hasselt – Dr. J.B. van der Kamp –
Prof. Drs. H.J. Noortman – Dr. W. Winkelmans

REDACTIERAAD

Prof. Dr. W.A.G. Blonk – Drs. J.A. Bourdrez – Mw. Mr. O.D. Gerbers –
Dr. H. den Harder – Drs. H.H. Horsting – Drs. J.H. van der Marel –
Prof. Ir. G.C. Meeuse – Dr. H.J. Molenaar – Prof. Drs. J.B. Polak –
Prof. Drs. E.H. van de Poll – Prof. Dr. J.P.B. Tissot van Patot –
J.J. Tulp – Prof. Mr. K. Vonk – Drs. H.A. Vos

Redactiesecretaris: Drs. E.J. Visser

Vaste medewerkers:
Mevr. Mr. O.D. Gerbers
J. Voordouw

VEERTIENDE JAARGANG
1978 – Nr. 3

KWARTAALSCHRIFT VAN DE STICHTING
NEDERLANDS VERVOERSWETENSCHAPPELIJK INSTITUUT
TREUBSTRAAT 35, 2288 EH RIJSWIJK

INHOUD

INLEIDING
TUSSEN GISTEREN EN MORGEN 165
Prof. Mr. K. Vonk

HET NATIONALE ENERGIEBELEID EN ZIJN GEVOLGEN
VOOR HET TRANSPORT 186
Mr. A.A.T. van Rhijn

HET VERANDERENDE ENERGIEBELEID 198
Drs. D. de Bruyne

WORLD ENERGY OUTLOOK AND TRANSPORT 212
Dr. Karl Kühne

LUCHTVAART EN ENERGIEGEBRUIK 236
Dr. Ir. B.M. Spee, Prof. Ir. H. Wittenberg

HET ENERGIEGEBRUIK DOOR HET OPENBAAR VERVOER 257
Ir. F. Oudendal

ENERGIEGEBRUIK BIJ HET WEGTRANSPORT
OVER TECHNISCHE EN GEINDUCEERDE VERBRUIKEN 273
Prof. Ir. G.J. van der Burgt

BINNENVAART EN ENERGIE-ONTWIKKELINGEN 292
Drs. R. Walthuis

De verantwoordelijkheid voor de inhoud der artikelen berust bij de schrijvers.

Overneming van de inhoud of van gedeelten daarvan slechts toegestaan met schriftelijke toestemming van het N.V.I.

Voor advertenties wende men zich tot het:
Nederlands Vervoerswetenschappelijk Instituut
Treubstraat 35
2288 EH RIJSWIJK

Druk: Smiet-Offset B.V. – 2512 GB Den Haag

Betaling abonnementen aan adm. Nederlands Vervoerswetenschappelijk Instituut, Treubstraat 35, 2288 EH Rijswijk. Postrekening nr. 398.92.19.

Abonnementsprijs f 85,– per jaar (buitenland f 97,75).

Studenten-abonnement f 35,–. Losse nummers f 30,–.

INLEIDING

TUSSEN GISTEREN EN MORGEN

door
Prof. Mr. K. Vonk

Handelen in onzekerheid

Transport en energie, het blijft een waagstuk een tijdschriftnummer aan dit thema te wijden, want het is omringd met onzekerheden. Toch staat bij dit thema één zekerheid voorop, nl. dat energie in haar tegenwoordige gedaanten en omvang voor de toekomst niet ter beschikking zal staan.
Transport is beweging en energie is de onontbeerlijke voorwaarde voor die beweging. Via sterk uiteenlopende technieken worden primaire energiegrondstoffen 1) zoals ruwe olie, steenkool, gas, grondstoffen voor kernenergie, omgezet in beweging en zo ontstaat het verplaatsingsproces. De eindfase van de omzetting in beweging vindt in het vervoermiddel zelf plaats, zodat de houder van een of meer vervoermiddelen voor tenminste twee hoofdvragen wordt gesteld: wordt mij voldoende energie aangeboden en tegen welke prijs, waarmee de tweede, wellicht nog belangrijker vraag is verbonden, te weten in welke technische vorm de energie wordt aangeboden. Zonder verplaatsingsprocessen is geen samenleving mogelijk, zodat een ieder, zonder uitzondering, daarbij is betrokken, hetzij als ondernemer, hetzij als gebruiker, privé of in een bedrijfshuishouding, hetzij als functionaris in een organisatie dan wel binnen overheidsverband.

Nu gaan er gezaghebbende stemmen op, die waarschuwen, dat ingrijpende wijzigingen binnen afzienbare tijd zijn te verwachten en dat duidelijk het ogenblik is aangebroken om op de toekomstige situatie in te spelen. Nuchtere zakelijkheid leidt er toe zich dan af te vragen hoe lang die beperkte tijd van de huidige energievoorzieningen zal duren, langs welke lijnen dat inspelen op zich veranderende energiesituaties zal verlopen, welke soorten van energie te verwachten zijn en wie bij dat inspelen het voortouw zullen nemen. De veronderstelling leek gewettigd, dat de lezers van dit tijdschrift in een terreinverkenning in deze richting geïnteresseerd zullen zijn.
Gedeeltelijk los van het voorgaande bestaat nog de vraag, hoe een acute politieke crisis tegemoet kan worden getreden. In 1973/1974 hebben we daarvan iets ervaren. Gelukkig werd de crisis ingedamd, maar de toen aan het licht getreden spanningen werken door, het gekraak in de wereldvoegen is hoorbaar.
De situatie in haar geheel gezien spoort stellig aan tot handelen, zij wordt tevens gekenmerkt door tal van vragen.

Algemene achtergrond

In dit nummer staat voorop het vraagstuk van de veranderingen, die zullen optreden zonder zware politieke crises. De lezer treft allereerst achtergrondinformatie over het energievraagstuk in zijn algemeenheid aan.
De ene bijdrage, die van Drs. de Bruyne, is voortgekomen vanuit de verantwoordelijkheid voor de bedrijfstak bestaande in winning en marketing van primaire energie, in de eerste plaats aardolie, een en ander gesteund door breed opgezette research. De bijdrage van Mr. van Rhijn is ontstaan uit medewerking aan de vormgeving van het overheidsbeleid. In de bijdrage van Drs. de Bruyne treft men de vermelding, dat de beschikbare olie ruim vóór het jaar 2000, en hoogst waarschijnlijk tussen 1985 en 1995, de vraag niet meer zal kunnen dekken. Deze vermelding krijgt des te meer reliëf door de cijfers in de bijdrage van Mr. van Rhijn, dat het Nederlandse transport tussen de 95 en 96% van zijn energiebehoefte afhankelijk is van olie. 2)
Bij de verkrijgbaarheid van olie is het Nederlandse transport dus zeer direct betrokken. De eerste vraag, die opkomt, is hoe het prijsverloop bij optredende schaarste zal zijn.
Beide schrijvers wijzen op de grote investeringsbehoeften, die met de opsporing van energiebronnen en met de technologische ontwikkeling gepaard gaan. Opgemerkt zij, dat een soortgelijk vraagstuk in de transportsector zich zal voordoen in verband met de technische aanpassingen en de daaruit ontstaande kapitaalbehoeften. Alles bijeen, zullen de ontwikkelingen op energiegebied door hun directe en indirecte gevolgen tot een aanzienlijk beslag op de kapitaalmarkten leiden.
Het is wellicht dienstig erop te wijzen, dat de twee bijdragen door een belangrijke achtergrond verbonden zijn, n.l. het WAES-report 3) (Workshop on Alternative Energy Strategies), resultaat van diepgaand onderzoek, waaraan regeringsinstellingen, bekende laboratoria, wetenschappelijke instituten, bedrijven en bedrijfsgroepen uit West-Europa, Japan en Amerika steun hebben gegeven. Mr. van Rhijn was lid van het leidinggevend team, de Shell-groep nam deel aan dat overleg. Alle deelnemers waren het erover eens, dat spanningen waarschijnlijk tussen 1985 en 1990 zullen optreden en dat het dringend noodzakelijk is de vraagstukken *reeds nu* aan te pakken. De studie werd afgesloten in 1976.

De recessie/depressie heeft in bepaalde sectoren tot vermindering van het energieverbruik geleid of tot vermindering van de groei. Wezenlijk verandert dit de situatie niet, er ontstaat hoogstens een opschuiving van een paar jaar. Enkele uitdrukkingen verdienen daarom nog de aandacht. Een recente studie van de British Advisory Council on Energy Conservation steunt de WAES-conclusie, wat de Britse spoorwegen doen uitroepen: wij zijn het meest betrouwbare transportsysteem (The Economist, 17 juni 1978).
De Commissie van de Europese Gemeenschappen spreekt in een mededeling van 17 maart 1978 de verwachting uit van een voortdurende sterke (opwaartse) druk van de vraag naar olievoorzieningen en derhalve ook op de prijzen in de komende

10 jaar. Er is geen reden zich door de tijdelijke olieovervloed in slaap te laten sussen. 4)
De Uitvoerende Secretaris van de Economische Commissie voor Europa (Ver. Naties) rekent in een nota van 6 febr. 1978 aan de Commissie voor, dat de stijging van de productie in de OPEC-landen zal zijn geabsorbeerd in 1985. Hij wijst op het vraagstuk of de stijging van de olieprijs voldoende zal zijn om de hoge kosten van het aanspreken van aangetoonde reserves te dekken en dus de productie daarvan tot ontwikkeling te brengen. Hij verbindt hieraan de suggestie of niet vanaf heden de vraag naar olie moet worden tegengegaan. 5)
Het Nederlands Instituut voor Vredesvraagstukken schaart zich in deze rij van waarschuwende visies. 6)
Aan het slot van zijn afscheidscollege 7) bracht Prof. Zimmerman impliciet tot uiting hoe duidelijk de parallel verloopt tussen enerzijds de stijging van het energieverbruik en anderzijds de inkomensstijging per hoofd van de wereldbevolking in de jaren 1950-1975. De cijfers zijn ontleend aan gegevens van de Verenigde Naties. Wij vermelden hier de begin- en eindcijfers van de 25-jarige reeks:

	Energieverbruik per hoofd in kg. steenkoolequivalent	Inkomen per hoofd in $ van 1970
1950	1003	467
1975	2028	950

Zou deze stijging op dezelfde voet doorgaan, dan zou krachtens de berekende correlatie het energiegebruik per hoofd van de wereldbevolking in het jaar 2000 zijn opgelopen tot 4500 kg. steenkoolequivalent. Op wat deze op het oog weinig zeggende cijfers inhouden, komen wij hieronder terug. Wel moeten we hier reeds opmerken, dat we dan zijn aangeland bij de paradox van Van Rhijn: uit hoofde van bezuiniging op energiegebruik zou de economische groei moeten worden vertraagd, maar terwille van de winning en technische innovatie ten behoeve van de energievoorziening hebben we de versterking van de toegevoegde waarde door middel van de economische groei nodig. Bovendien heeft de Wereldbank ons nog dezer dagen aangemaand de economische groei vol te houden terwille van een paar miljard mensen, wier welvaartsniveau weinig briljant is, waaronder nog 900 miljoen mensen beneden het bestaansminimum. Deze doelstelling houdt in, dat door de verbetering van het welvaartsniveau de inelasticiteit van de vraag naar energie toeneemt, d.w.z. er moet een stijgend minimum constante hoeveelheid energie geleverd worden.
We leggen de nadruk op deze algemene energievraagstukken wegens de genoemde 96%, of zelfs meer, van het Nederlandse transport, dat van olie afhankelijk is, terwijl toch olie het grootste probleem in de energiewereld vormt. De vraag, wanneer het werkelijk gaat knellen, is dus cruciaal voor de Nederlandse transportsituatie, ofschoon daar niet alleen.

Sectorsgewijze aanpak

Uit de veelheid van aspecten, die met het thema transport en energie verbonden zijn, is na het schetsen van de algemene energieachtergrond gekozen voor een sectorsgewijze benadering van het energiegebruik.
De bijdrage van Dr. Kühne vervult hierbij de functie van schakel tussen de algemene achtergrond en de plaats van de transportsector daarin. Het is verleidelijk het door hem gepresenteerde overvloedige materiaal hier te gaan afwegen, maar de lezer oordele zelf. Wat opvalt is een zeker algemeen gehouden optimisme: *mogelijk* zullen de moeilijkheden slechts geleidelijk tot het jaar 2000 oplopen. Tegelijkertijd komt hij echter tot de beklemmende conclusie, dat de transportsector het eerst en het hardst zal worden getroffen. Het grootste gedeelte van de oliegebruikers in deze sector heeft geen technische alternatieven voor ander energiegebruik ter beschikking. Uit de Energy Demand Studies (MIT Press, nov. 1976) 8) ontleenden we, dat in 1972 in Nederland ruim 30% van het oliegebruik aan de transportsector toeviel. Daarvan bedroeg ruim 10% voor bunkers, 8% voor goederenvervoer, openbaar personenvervoer en luchtvaart en 12% voor de particuliere auto. Aan die 10% en 8% wordt wel het laatst geraakt. Zelfs het goederenvervoer over de weg zal men zo lang mogelijk ongemoeid laten, nauw verweven als het is met de productie- en distributieprocessen. The International Road Union wijdde aan dit vraagstuk een belangrijk onderzoek en het Nederlands Vervoerswetenschappelijk Insituut kwam in een studie tot uiterst bescheiden mogelijkheden voor kostenbesparing via centra. 9)
Slechts op grote afstanden is onder bepaalde voorwaarden besparing denkbaar. In de 12% van de personenauto's zit veel consumptie in woon/werkverkeer. Mocht het werkelijk gaan nijpen, dan zullen zich daarop het eerst de prijsmaatregelen en/of restricties richten, gepaard aan het uitbreiden van alternatieven door openbaar vervoer onder versterkte aanwending van electrische energie. 10)
Uit dit voorbeeld van de transportsector blijkt al, dat men slechts vanuit een ontleding van het energiegebruik per sector en sub-sector van de samenleving en van het bedrijfsleven kan geraken tot het inzicht in de tegenwoordige en toekomstige energiebehoeften van de samenleving in haar geheel. Dit besef dateert pas uit de jongste tijd. 11)
Nog zo'n 25 jaar geleden meende men, dat men het energiegebruik kon afleiden uit de ontwikkeling van het bruto nationaal product en uit de technische vooruitgang. Deze methode berust op de waarneming, dat met de stijging van de welvaart het energiegebruik stijgt, terwijl tegelijkertijd de technische vooruitgang een daling van het specifieke energiegebruik bewerkt. Onder *specifiek energiegebruik* wordt verstaan het energiegebruik per eenheid product of prestatie, in het transport, dus het energiegebruik per reizigerkm. of per tonkm. Naarmate de techniek vanaf winning van primair energiegoed tot aan de energieomzetting in de levering van de eindprestatie verbeterde, daalde derhalve het energiegebruik per prestatie. Men verbond dus de ontwikkeling van het bruto nationaal product en de technische ontwikkeling met elkaar en meende uit deze verbinding de omvang van de toekomstige energiebehoeften

te kunnen afleiden. Deze methode vloeide voort uit de volstrekt overheersende positie van de kolen als energiebron. Men vergelijke de cijfers bij Mr. van Rhijn en Drs. de Bruyne. Het was deze methode, die de Hoge Autoriteit van de Europese Gemeenschap voor Kolen en Staal in 1953, kort na het aanvaarden van haar taak toepaste bij het opstellen van een prognose van het kolengebruik. Na verloop van enige jaren bleek de ontwikkeling van het kolengebruik volkomen fout te zijn geschat, in plaats van een tekort aan kolen bleek een overschot te ontstaan. De oorzaak lag in de snelle opkomst van de aardolie als energieleverancier. Dit bracht niet zomaar een eenvoudige verschuiving van energiebron teweeg. Integendeel, want niet alleen verloopt de technische keten van het energiegoed kolen vanaf de winning tot aan het verbruik van de specifieke energie heel anders dan bij aardolie, maar bovendien geschiedt de aanwending van aardolie voor energiedoeleinden aanzienlijk soepeler en gespecificeerder dan die van kolen.
Tenslotte nog beschikt de aardolie, via de petrochemische industrie, over een uitgebreid scala van aanwending voor niet-energetische doeleinden. Tegenover deze ruime aanwendingsmogelijkheden van de aardolie met haar bewegelijke kostenverhoudingen in de aanwending en de daaruit volgende multipele strategiekansen, legden de kolen het loodje.
Voorts verscheen nog het aardgas als energiegoed op het toneel. Na de zesdaagse oorlog van 1967 in het Middenoosten, die voor Israël in een versterkte militaire positie resulteerde, begon in de Arabische wereld omstreeks 1969 het besef door te dringen, dat leveringshoeveelheden en -prijzen als politieke machtsfactoren konden worden aangewend. Tesamen met niet-arabische olie-exporterende landen schiepen zij de OPEC (Organisatie van Petroleum Exporterende Landen) als niet te onderschatten machtsinstrument in de wereldenergievoorziening.
Wij zullen hier niet treden in de verwarde ontwikkelingen in het begin van de jaren zeventig, van prijsverhogingen van aardolie en het problematisch worden van aardolieconcessies. Zij troffen de Westerse regeringen nagenoeg onvoorbereid. De Energievoorziening en haar uiteenlopende structuren waren niet doordacht als beleidsvraagstuk van binnen- en van buitenlands beleid. 12)
In diezelfde periode bestond voorts nog het vertrouwen in een vrij snelle ontwikkeling van de nucleaire energie. De zich in een paar jaar tijd verscherpende situatie in de olievoorziening ontwikkelde zich tot een crisis tengevolge van de Jom Kippoeroorlog in september 1973. Sedertdien zijn de problemen alleen maar ingewikkelder geworden. Kortom een globale raming van energiebehoeften, gemeten aan de ontwikkeling van het bruto nationaal product, schiet ten enenmale tekort en het is volstrekt onrealistisch, zelfs ondoenlijk, de technische ontwikkeling in één cijfer of coëfficient samen te vatten. Een reeks van vragen is hiermee aan de orde. Om een aantal te noemen:

– welke *soorten* van primaire energie, zoals olie, kolen, gas, nucleaire energie, omgezette zonne-energie, de kinetische energie van wind en water enz., staan op korte, middellange, of lange termijn ter beschikking;

- tegen welke *prijzen* kunnen zij worden verkregen;
- kunnen de verschillende *sectoren* hun specifieke energiegebruik door middel van alle primaire energiegoederen dekken of slechts uit een enkele (het overgrote deel van het *transport alleen uit olie,* aldus een wijdverbreide mening); zal in de toekomst electriciteit de voornaamste energieoverbrenger zijn en in hoeverre kan op nucleaire energie worden gerekend;
- hoe wordt het meest *efficiënte* energierendement bereikt en volgens welke criteria worden *prioriteiten* in het energiegebruik vastgesteld, wanneer de ontwikkeling daartoe dwingt;
- binnen welke *politieke* constellaties zullen de leveringen van primaire energiegoederen zich (kunnen) voltrekken;
- welke veranderingen zullen in de *maatschappelijke structuren* (moeten) plaatsvinden tengevolge van de prijsontwikkelingen van bepaalde energiesoorten of in verband met de afhankelijkheid van bepaalde energiesoorten;
- hoe moet de afweging *van milieubeveiliging* en de *urgentie* van bepaalde voorzieningen verlopen;
- in welke richting en in welk tempo moet *research* worden verricht;
- welke *kapitaalbehoeften* ontstaan uit de te treffen voorzieningen, op welke termijn, en zijn de draagvlakken daarvoor aanwezig?

Het is verbluffend, hoe wij in een tweetal decennia van de energiemiddeleeuwen in de allermodernste structuurproblemen zijn terechtgekomen. De meest natuurlijke reactie tegenover deze stapel problemen zou zijn ze in de afvalbak te deponeren en dan maar af te wachten. Dat helpt evenwel niet, want een aantal of vele van die vragen zullen zich toch aanmelden. Even zinloos echter is alles tegelijk overhoop te halen. Eén ding is wel duidelijk, iedere sector kan bij zichzelf beginnen en wel zo eenvoudig mogelijk door na te gaan hoe het energiegebruik van de sector in elkaar zit, van primaire energie tot en met het specifieke energiegebruik, het opstellen dus van de energierekening. Op die wijze krijgt men zicht hoe op wijzigingen in de energievoorzieningen kan worden ingespeeld, zowel technisch als met betrekking tot prijzen en kosten. Er heeft een strijd van meningen plaats gevonden of het opzetten van energierekeningen, de "energy accounting", niet aan de economische wetenschappen moet worden overgelaten. Evenwel, energie-omzetting is allereerst een technisch thermo-dynamisch vraagstuk, dat aan de hand van theoretische analyse uit de praktijk moet worden opgediept.
In "Applied Energy" heeft F. Roberts de definitie gegeven: "Energy accounting, or energy analysis, is a systematic way of tracing the flows of energy through an industrial system". 13)
Met het oog op transport en communicatie maakt ook hij de opmerking: "the rate of substitution is sharply bounded". De technische aanpak levert de gegevens voor een economische, en waar nodig een planologische evaluatie. De varianten van analyse en evaluatie kunnen vervolgens in een dynamisch proces tegen elkaar worden afgewogen.

Wij komen hier een treffende demonstratie tegen, dat techniek voor de economie niet een exogeen gegeven is, maar dat de economie in de bepaling van de richting van de technische ontwikkeling een actief aandeel heeft, wat evenwel iets anders is dan overheersen. Het vereiste is werken in teamverband. 14)
Is het voor alle sectoren noodzakelijk op basis van energierekeningen hun plaats in het totaalbeeld van de energievoorziening zo nauwkeurig te bepalen en de beleidsalternatieven voor eventualiteiten op kortere en langere termijn te vinden, de transportsector is daarbij dan wel een van de meest urgente wegens zijn sleutelstelling in de samenleving en uit hoofde van zijn sterke onafhankelijkheid. De "energy accounting" biedt de niet te versmaden mogelijkheid om de welles-nietes sfeer te vermijden.
Dr. Zijlstra wijdt in zijn bovenvermeld werk een afzonderlijk hoofdstuk aan de vervoersector. 15)
Hij signaleert het lage energierendement van deze sector, het wegvervoer het ongunstigst met ten hoogste 25%, minder ongunstig de spoorwegen en de zeevaart met tegen de 40% . Bij deze gunstige categorie behoort ook de binnenvaart. In bijlage 1 vindt de lezer een energie-stroomschema voor West-Europa, dat het ECE-secretariaat te Genève voor het jaar 1972 heeft uitgewerkt. Ook hieruit blijkt het ongunstig energie-rendement van de transportsector. Bunkers zijn niet inbegrepen. Het transportaandeel is nu boven de 20% uitgestegen. Zijlstra wijst erop, dat het energiegebruik van het wegvervoer tussen 1960 en 1970 tweemaal zo snel toenam als het reële inkomen van gezinshuishoudingen. De spoorwegen noemt hij als zeldzaam voorbeeld, dat bij toenemende prestaties het energiegebruik daalt.

Dit tijdschriftnummer is tegen de algemene energieachtergrond toegespitst op benaderingen van het energierendement per vervoertak. Vergelijkende energierekeningen kunnen zij nog niet worden genoemd. Toch naderen het strakke betoog van Ir. Oudendal en de analyse van Dr. Spee en Prof. Wittenberg elkaar, waarbij de meer gevarieerde opzet van Prof. van der Burgt toch vergelijkbare elementen bevat evenals in de bijdrage van Drs. Walthuis aanzetten daartoe zijn te vinden.
Het moet een werkelijk pikant verhaal worden, wanneer de vervoertakken eens aan de hand van gelijke criteria systematisch worden gemeten op hun energierendement.

De zeevaart een hoofdstuk apart

Er bestaat, wanneer de toekomst van de energie aan de orde wordt gesteld, een markant verschil tussen de zeevaart en de andere vervoertakken, waarbij dan nog de pijpleidingen een tussenpositie innemen. Bij de zeevaart staat de vervoerfunctie voorop, de aanvoer van primaire energiegoederen, voornamelijk olie, kolen, gas. De pijpleiding komt hierbij in twee functies aan de orde. De ene functie ligt in de aanvoer naar en de afvoer van zeehavens met het zeetransport als tussenschakel, waarbij de technieken van pijpleiding, overslag, opslag, zeehaven en zeeschip op

elkaar worden afgestemd. De andere functie bestaat in het gebruik maken van de pijpleiding als substituut voor de zeevaart. Bij de benadering van de andere vervoertakken treedt daarentegen de verhouding van hun karakteristieken als energiegebruiker meer op de voorgrond, hun afhankelijkheid van bepaalde energievormen, waarbij ze uit een oogpunt van systematische vergelijking en functieafweging onder één noemer moeten worden gebracht.
In dit tijdschriftnummer treft de lezer geen artikel over het afzonderlijke probleemgebied van de zeevaart aan. De oorzaak daarvan is hierin gelegen, dat het Nederlands Maritiem Instituut in december 1977 aan zeevaart en pijpleidingen in hun betrekking tot energie een uitvoerig symposium heeft gewijd.
Een zinvolle evaluatie van het geheel zou een gedetailleerde weergave van het daar behandelde vergen plus de uitwerking van een structuurschema, waarbinnen de talloze interdependente variabelen in hun functionele betrekkingen zouden kunnen worden ondergebracht. Daarvan moest op dit ogenblik worden afgezien. Niettemin mocht de zeevaart in dit nummer niet ontbreken. Genoemd symposium was belangrijk genoeg en daarom volgt hieronder een weergave van de onderwerpen, waaruit moge blijken, wat ten aanzien van zeevaart, pijpleidingen en energie zoal aan de orde moet worden gesteld. 16)
Wie de titels van de op het symposium gehouden referaten overziet, zal op het eerste gezicht misschien menen, dat aan Varmann het eenvoudigste onderwerp van de reeks is toegevallen, nl. de economische, technologische en exploitatieve aspecten van het vervoer van steenkolen in vaste vorm overzee.
Wij hebben hier immers nog te maken met een klassieke vorm van transport. Zijn lezenswaardige verhandeling leert anders. Het aantal variabelen blijkt legio te zijn, zoals de varianten in scheepstypen en scheepsgrootten en de verschillen in haveninrichting die daarmede gepaard gaan, waarmee even zoveel varianten in kapitaalkosten en exploitatiekosten optreden. De openingszinnen, waarmee hij begint, kunnen als motto voor het gehele door het symposium behandelde probleemgebied gelden: sommige factoren zijn enigszins rationeel te benaderen, andere hangen van irrationele en onvoorspelbare ontwikkelingen af. En omdat alles met alles blijkt samen te hangen, zit er een zekere dreiging in dat irrationele en onvoorspelbare.

Het lijkt toch niet te dramatisch, wanneer men stelt, dat beheersing van de energievoorziening een kwestie van zijn of niet zijn is. De kern van de zaak lijkt mij op het symposium dan ook niet aan de orde te zijn gekomen, te weten met welke instrumenten het irrationele kan worden teruggedrongen en het onvoorspelbare in zekere graden van waarschijnlijkheid kan worden omgezet. Het zou onbillijk zijn, dit aan de opzet van het symposium te verwijten. Het is juist zijn verdienste, dat het door het op een rij zetten en ontleden van de vraagstukken de kwestie van de beheersbaarheid impliciet aan de orde stelt. De velerlei samenhang komen we al onmiddellijk bij de kolen tegen. Kolen kunnen niet alleen als vaste substantie worden vervoerd, maar ook in vloeibare vorm. Ze kunnen ook in gas worden omgezet en wat is beter, dit procédé op verzend- of op de bestemmingsplaats te doen gebeuren?

Schilling zet de grondlijnen van verschillende transporttechnieken met hun kostenstructuren tegen elkaar af. Daarop sluit Leininger aan met een uiteenzetting over de technische en economische aspecten van transport per pijpleiding als zodanig, terwijl Wallaert de ontwikkelingen in de bouw van offshore-pijpleidingen schetst. Mij trof de de inleiding van Bijl over de opslag en het transport van aardgas en de plaats van Nederland daarin als buitengemeen boeiend. Hoe technisch ingenieus en hoe kwetsbaar wordt onze wereld. Het is interessant in aansluiting daaraan Johnson's bijdrage over winning, aanvoer en opslag van LPG, juist ook zijn schattingen van economische gegevens en scheepsgrootten. Het dwingt onmiddellijk tot een vergelijking met de overwegingen van Ruts en Huijser over de effecten van schaalvergrotingen van gastankers.
Kleinbloesem enerzijds en anderzijds Dubbeldam en De Jong onderwerpen de positie van de Nederlandse havens aan een analyse terzake van de verwachtingen met betrekking tot energie-aanvoer en doorvoer, resp. de tonnagebehoeften. Wel valt op, dat, tenzij ik iets over het hoofd zag, noch de naam Amsterdam noch die van enig ander havengebied buiten Rijnmond wordt genoemd. Heel zacht gezegd een omissie bij de behandeling van Nederland in zo'n wereldvraagstuk!
Het heeft zijn nut, zoals Kleinbloesem doet, ons bij de dynamiek van de ontwikkeling te bepalen. Het is verleidelijk de cijfers van Dubbeldam en De Jong te vergelijken met een gedegen studie, die ik onlangs onder ogen kreeg, van David Hawdon 17) ook interessant in haar kostenanalyse. Dat moet hier achterwege blijven. Beide studies stemmen hierin overeen, dat 1980 een knik omlaag in de aanvoer laat zien, zij het dat die bij Hawdon niet onaanzienlijk dieper ligt. Wat betreft 1985 naderen de cijfers van beide studies elkaar in een verwachte stijging. Wel moet worden opgemerkt, dat zelfstandige oordeelvorming door de lezer slechts dan mogelijk is, indien studies een volledige opgave van het bronnenmateriaal en duidelijke omschrijving van de betrokken gebieden bevatten.
Vermelden we nog, dat het symposium eveneens inzette met het verstrekken van achtergrondinformatie, ditmaal van Geijsers en Bourdrez. Bovendien lichtte Warschauer milieu en veiligheidsaspecten toe. Tenslotte besluit Heijning de rij van bijdragen met een ordelijk en instructief overzicht van de technologische ontwikkelingen, die zich sedert 1970 hebben voorgedaan bij het transport van primaire energiegoederen.
We moeten het bij dit beknopte overzicht laten. De symposium-bundel biedt een goed overzicht van hetgeen er bij het lange afstand vervoer van primaire energiegoederen over grotere afstanden aan de orde is en prikkelt tot verdere ontwikkeling van het inzicht.
Nog twee opmerkingen. Overziet men de snelle dynamiek van de wereldontwikkeling, alleen al in de energiesector, stelt men zich voorts de vele alternatieven van technische ontwikkeling voor ogen met alwat daaraan vastzit aan economische activiteiten, aan tijdige en toch weloverwogen investeringsbeslissingen en zoveel meer, dan is spoed te betrachten met het instellen van een zeer zakelijk opgezette, het overheidsbeleid voorbereidende en ondersteunende Nationale Havenraad.

Een tweede opmerking betreft pijpleidingen. In verband met de aanlanding van overzee aangevoerd aardgas wordt wel het pleidooi gehoord het gas in plaats van overzee per pijpleiding te betrekken. Dit alternatief verdient slechts dan overweging, indien men over een net van pijpleidingen beschikt en over zodanige contracten, dat men van de ene leveringsbron op de andere kan overgaan. Zonder die waarborg zou ons land zich in zijn buitenlands beleid afhankelijk maken van één leverende mogendheid. In dit licht verdient de bijdrage van Ir. Bijl aan het symposium bijzondere aandacht. 18)

Enkele conclusies

Er is geen enkel excuus het energievraagstuk lichtvaardig voor zich uit te schuiven naar de toekomst, omdat er altijd wel weer olie en andere primaire energiegoederen gevonden worden. Voor wie de cijfers van Mr. van Rhijn en Drs. de Bruyne en van het Energie Transport Symposium nog niet overtuigend genoeg werken wijzen we op één keihard feit, de hiervoor genoemde cijferreeks van Prof. Zimmerman, die over de jaren 1950-1975 het zeer nauwe constante verband tussen de groei van het per capita inkomen van de wereldbevolking en het energiegebruik aantonen. Ontwikkelingsdeskundigen verzekeren ons, dat het energiegebruik centraal staat.
Laten wij eerst nog de Wereldbank aan het woord. Zij heeft voor een aantal bevolkingsgebieden geschat, dat daar de bevolking in het jaar 2000, afgaande op de te constateren groei, met ruim een miljard zal zijn toegenomen, dus over ruim 20 jaar. Voor de gehele wereld zal de gehele bevolking dan tussen de 5¼ en 5½ miljard belopen. Nemen wij veiligheidshalve 5½ miljard. De Wereldbank betuigt met nadruk, dat, willen catastrophes uitblijven, de economische groei moet doorgaan.
Bezien wij nu nog eens de reeks van Zimmerman, die op het ogenblik nog verder wetenschappelijk onderheid wordt.
Indien de aangetoonde ontwikkeling en verbanden over de jaren 1950-1975 met dezelfde beklemmende regelmaat worden voortgezet – het is volstrekt onzakelijk aan te nemen, dat zulke constante verbanden plotseling zouden ophouden te bestaan – dan komen wij tot de volgende cijfers. Het wereldgebruik aan energie zal dan *per hoofd* van de wereldbevolking 4500 kg steenkool-equivalenten bedragen. Het jaarverbruik van de wereldbevolking beloopt dan
5½ miljard (wereldbevolking) x 4500 kg. steenkool-equivalenten
= 24.75 miljard ton steenkoolequivalenten
= $24.75 \times 10^9 \times 29.3 \times 10^9$ Joule
= het equivalent van $\pm$ 320 miljoen vaten olie per dag. 19)

In 1975 bedroeg volgens de reeks van Zimmerman het energiegebruik op een wereldbevolking van 3½ miljard:
$3½ \times 10^9 \times 2028$ kg. steenkool-equivalent, wat neerkomt op het equivalent van ruim 92 miljoen vaten olie per dag.
Omdat het over zulke formidabele getallen gaat in een globaal kader is het aanbeve-

lenswaardig nog eens van andere gegevens uit te gaan. Ze zijn te vinden in het reeds eerder geciteerde document van de Economische Commissie voor Europa (Ver. Naties), gedateerd febr. 1978. Daarin wordt de energieconsumptie van de wereldbevolking in 1975 berekend op:
240394 x 10^{15} Joule, wat neerkomt op het equivalent van zo'n 108 miljoen vaten olie per dag. Het cijfer ligt $\pm$ 16% hoger dan het dagcijfer uit de Zimmerman-reeks. Dit kan zijn oorzaak vinden in de definitie van "consumptie" en verschillen in berekening van het energiegebruik vanaf primair energiegoed tot aan specifiek energiegebruik. Het doet er ook minder toe, het gaat hier allereerst om de orden van grootte als zodanig.
Hetzelfde document schat het wereldgebruik voor 1990, dus binnen 12 jaar, op 442665 x 10^{15} Joule = omstreeks het equivalent van 200 miljoen vaten per dag. Het werkelijk aandeel van de olie in dit energiegebruik wordt aangenomen op 44% in 1975 en 46% in 1990. 20) De ECE houdt het voor mogelijk, dat in 1990 de energieproductie nog met de vraag in evenwicht zal zijn, maar dan moet aan zeven voorwaarden zijn voldaan, zoals geen hoger economische groei dan 4% per jaar, een prijsstijging, die voldoende is om de vraag terug te dringen en de kosten te dekken van dure energiewinning op ver afgelegen plaatsen, de aanvaarding van een toenemende rol van nucleaire energie en van energie uit kolen, tijdige omschakeling van energiegebruik op andere energiebronnen dan aardolie, zodat de aardolie kan worden gereserveerd voor petro-chemische industrie en transport. 21)
De Wereldbank waarschuwt dan weer, dat de technologische kennis en het kapitaal ontbreken in een aantal landen, waar de energie gewonnen moet worden. Er is dus alle aanleiding van de Zimmerman-reeks uit te gaan bij het opstellen van berekeningen.
We mogen daarbij niet de vergissing begaan de vraagstelling te beperken tot de kwestie of er voldoende primaire energiegoederen te vinden zijn en ons verlustigen in kinderlijke fantasieën over wellicht aanwezige reserves. Wanneer we precies worden, zoals bij een zakelijke aangelegenheid betaamt, dan stuiten we bij het vraagstuk van de energievoorziening op een viertal hoofdcategorieën:

1. Het verkennen van de hoeveelheden technisch winbare primaire energiegoederen in de wereld, naar soorten en winplaatsen.
2. Een steeds voortgaande berekening van de financieringsbehoeften vanaf winning tot aan de plaatsen van het specifieke energiegebruik. Het nagaan van de middelen om daarin te voorzien.
3. De berekening van de energiekosten ter plaatse van het energiegebruik, het schatten van de stellig te verwachten aanzienlijke prijsstijging van de energie en het nagaan van de invloed daarvan op de maatschappelijke structuren.
4. De beheersing van de monetaire spanningen, veroorzaakt door de geldstromen, die nationaal en internationaal naar de energieproductiefactoren moeten toevloeien. – Voor Nederland met zijn internationaal kwetsbare positie een niet te verwaarlozen aspect –.

Pas wanneer de onder 1. genoemde hoeveelheden voldoende zijn om te grote spanningen ten aanzien van de behoeften te vermijden en de categorieën 2., 3. en 4. in nauw verband met 1. in onderling evenwicht kunnen worden gebracht, kan men zeggen, dat de energievoorziening wordt beheerst. Volgens insiders bestaat de mogelijkheid, dat over zo'n 50 jaar het energievraagstuk is opgelost. Als vraagstuk van voorhanden energie wel te verstaan, wanneer kernfusie een te beheersen en algemeen toepasbaar proces is geworden. Uit zeewater en andere stoffen zullen dan in praktisch onbeperkte hoeveelheid primaire energiegoederen gewonnen kunnen worden. Wat daarmee aan technische en organisatorische veranderingen gemoeid is, daarvoor schiet ons voorstellingsvermogen voorlopig tekort.
Het is ook niet het eerste punt, het is maar dat we het beginnen te beseffen. Voorop staat, dat we de eerste decennia zonder kleerscheuren doorkomen.
Dit zeer schetsmatig overzicht is hier gegeven om nogmaals de bijdragen van Mr. van Rhijn en Drs. de Bruyne te onderstrepen.

Wegenaanleg en ruimtelijke ordening

Ook in dit tijdschriftnummer komt men de opmerking tegen, dat opheffing van knelpunten in het wegverkeer door wegenverbetering of wegenaanleg het energiegebruik zou verminderen. In werkelijkheid liggen de zaken anders. Ten eerste kan opheffing van een knelpunt de verkeersaandrang weer op andere punten vergroten. Ten tweede lokt elke verbetering extra ritten uit, zodat het wegvak met een voorheen opgetreden knelpunt, wanneer het op een hoofdverbinding ligt, na verloop van tijd toch weer als een knelpunt te voorschijn komt, waarbij de druk op de inmiddels ontstane knelpunten elders, wegens de vergrote capaciteit van het eerste knelpunt niet evenredig terugvalt. Het gevolg is een vergroot energiegebruik en in het algemeen een vergroting van maatschappelijke kosten. Dit geldt nog in sterker mate voor de wegenaanleg, die altijd het bekende "traffic generating", het verkeersopwekkend effect heeft. 22)
Dit brengt ons op het lange termijn effect. Wegen zijn projecten op lange termijn, met lange termijneffecten voor de ruimtelijke ordening. Zelfs als de energieproblemen zich geleidelijk ontwikkelen en kunnen worden opgevangen, zal veel meer dan voorheen de nadruk liggen op electriciteit als energiedrager.
Daarnaast moet voortdurend rekening worden gehouden met politieke crises, die stagnatie in de olieleveringen oproepen. De voor de hand liggende beleidslijn is deze, dat het verkeersstelsel en de ruimtelijke ordening worden gericht op weerstandvermogen tegen oliecrises op korte termijn en op wijzigingen in de energieverhoudingen op de lange termijn. Anders ontstaat op lange termijn een situatie, waarbij aanzienlijke aanpassingsinvesteringen moeten worden gedaan op een tijdstip, dat een aanzienlijk beroep op de kapitaalvoorraad zal worden gedaan ter voorziening in de energiebehoeften. Het is noodzakelijk, dat de a.s. gedachtenwisseling tussen de Minister van Verkeer en Waterstaat en de Volksvertegenwoordiging

in het verband van de begroting wordt benut om de aspecten van de energievoorziening in hun betekenis voor de ontwikkeling van het verkeersstelsel in het heden tot op lange termijn te preciseren en een consistente beleidsontwikkeling met het Ministerie van Economische Zaken na te streven.

Mobiliteit

Op één punt treft men een vrij algemene opinie aan: de energieprijzen zullen, misschien zelfs in een niet eens zo verre toekomst, belangrijk stijgen. Beschouwingen over de mogelijke gevolgen van het economische bestel in het algemeen moeten hier terzijde worden gelaten. We gaan zelfs nog verder en beperken ons tot het particulier autogebruik, de veruit grootste categorie van energiegebruikers in de transportsector met bovendien nog het ongunstigst energierendement. De grote en nog steeds toenemende spreiding van het autobezit heeft tot een nieuw rechtsgevoel geleid, n.l. dat ieder lid van de samenleving een gelijk recht bezit op mobiliteit. Een scherpe prijsverhoging van energie met als gevolg het gewenste effect, dat de vraag wordt teruggedrongen, zullen de lagere inkomensgroepen het sterkst in hun mobiliteit aantasten. Er is mee te rekenen, dat dit effect maatschappelijk niet wordt aanvaard. Toch mag de consumptiebeperking van energie niet worden teruggedrongen.
Prof. Hartog heeft in een column in de NRC/Handelsblad de ingenieuze idee aangedragen de belastingvrije voet te verhogen met een bedrag ter hoogte van de waarde van de prijsstijging op jaarbasis. Een ieder blijft vrij, kan al dan niet een auto houden, maar de hoge motorbrandstofprijzen zullen toch een beperkende werking uitoefenen. Mijnerzijds is wel geopperd, wanneer nodig, het totale volume van het motorbrandstofgebruik in de hand te houden. Iedere kentekenhouder zou dan een gelijke hoeveelheid motorbrandstof krijgen toegewezen in de vorm van bonnen, die technisch de kwaliteit van geld bezitten en verhandelbaar zijn. Een ieder kan zo zijn eigen preferenties volgen. Bij de aanzienlijke voortgang van de automatisering behoeft dit administratief niet zo'n omslag te kosten. Zoiets zou vermoedelijk als EEG-maatregel moeten worden ingevoerd.
Studeerkamergedachten? Stellig, maar daar is de studeerkamer voor! De prijsstijging kan zeer wel intreden op een moment, dat de omschakeling van energiebedrijven, industrie en huishoudingen van aardolie op andere primaire energiegoederen, zoals kolen en nucleaire energie zich niet of niet voldoende heeft voltrokken. Tevens kan onder zulke omstandigheden de betalingsbalans zo zwaar worden belast, dat maatregelen niet kunnen uitblijven. We moeten de moed en de fantasie bezitten de zaken tot op de bodem uit te denken. We hebben nu nog de tijd daarvoor, waarschijnlijk.

De transportsector en het inspelen op de energietoekomst

Het inspelen op de energietoekomst is een zaak van heden. Evenmin als de dijken worden gebouwd op de verwachting van een gemiddelde stormvloed, maar tegen springtij bij storm, evenmin kan ten aanzien van de energievoorziening op zien komen worden gespeeld. De zorg voor de energievoorziening moet als even urgent worden ondergaan als de zorg voor de dijken. Belangrijk voor het beleid is de Algemene Energie Raad. Een Raad voor het Energie Onderzoek is in voorbereiding. Een onderzoeksorgaan van gewicht is ook het Energieonderzoek Centrum Nederland. In totaal zijn er wel zo'n dertigtal raden en commissies min of meer bij het energievraagstuk betrokken. Het is bepaald een lacune, dat de transportsector als zodanig niet bij beleidsbepaling en onderzoek is betrokken. De sector neemt in de samenleving een centrale plaats in en is van alle sectoren, naast de petrochemie, het gevoeligst voor de precaire oliesituatie.
Gelukkig is er enige vordering gekomen. De Minister van Verkeer en Waterstaat heeft aan het T.N.O. verzocht naar de betekenis van de energieverwachtingen voor de transportsector. Een drietal redenen pleit voor een bredere basis van dit onderzoek, hoezeer erkend moet worden, dat T.N.O. de taak met visie en grondig aanpakt.

1. Het verdient aanbeveling het onderzoek organisch in te passen in het geheel van lopende onderzoeken,
2. Het is van het hoogste belang de transportsector als zodanig in het onderzoek te betrekken. De sector beschikt over doeltreffende organisaties en zij dienen deelgenoot te worden gemaakt van verwachtingen, mogelijkheden en dreigingen.
3. Het probleemgebied bestrijkt gelijkelijk technische, economische en (bedrijfs) organisatorische aspecten.

Dit geldt te meer, omdat het inspelen op de toekomst reeds een beleidsvraag voor het heden is. Het richten van de ruimtelijke ordening op de toekomstige energie- en dus transportstructuur is een vraag van nu, de instandhouding en ontwikkeling van het openbaar vervoer is een vraag van nu, de havenontwikkeling i.v.m. de energieontwikkelingen vraagt beslissingen *nu*.

De oliecrisis 1973/74 en internationale aspecten

Wie de reeds hiervoor geciteerde studie-Van Ginkel van het N.I.V.V.V., door de Staatsdrukkerij uitgegeven, over de oliecrisis 1973/74 leest, rijzen de haren te berge. De lectuur van deze goed leesbare en gedocumenteerde studie is sterk aan te bevelen. Vergelijken wij de landen in de wereld met waterschappen.
Enkele eeuwen geleden handelden zij voor zichzelf, wentelden de wateroverlast op anderen af of trokken het benodigde water naar zichzelf toe. Een weloverwogen algemeen waterstaatsrégime, waaronder we nu leven, heeft aan de grote nadelen van

dat ongecoördineerde handelen een eind gemaakt. Welnu, de landen/"waterschappen" hebben in 1944 met de Verenigde Naties, waaronder een Economic and Social Council en regionale economische commissies een kader geschapen, maar het werkt weinig uit. Een aantal Europese landen/"waterschappen" heeft een regionaal verbond geschapen, de E.E.G., met vergaande verplichtingen voor gemeenschappelijk beheer, maar het wordt slap, met tegenzin en soms helemaal niet uitgevoerd. Juist in de energiecrisis 1973/74 bleek, dat de E.E.G. "intenties op papier" (Van Ginkel) 23) opleverde, die bovendien tegenstrijdig konden worden uitgelegd. Daarna heeft de O.E.C.D. wel op 15 november 1974 de International Energy Agency opgericht 24), maar het blijft bij studiewerk. Het kort geleden verschenen E.E.G.rapport "De Europese Gemeenschap en het energievraagstuk" is een landerig document. 25) De slotbeschouwing spreekt over "maatregelen van fragmentarische aard", "gebrek aan politieke bereidheid" enz., met als stichtelijk slot, dat al voldoende "kleine episoden" zijn doorlopen om aan het geheel een permanent karakter te geven, enz. Kort en goed, de landen/"waterschappen" blijven grotendeels op zichzelf, zo niet helemaal. Er is reden tot huiver, wanneer het op energiegebied gaat spannen. Dit waterschapsbeeld leidt tot een opvallende constatering. Het "water", d.w.z. de aardolie komt niet zomaar uit de natuur, maar het zijn de transnationale oliemaatschappijen, die het "water" (= de olie) door de kanalen laten lopen en de inlaat in de sluizen van de landen/"waterschappen" regelen. Zij doen dat via complexe organisaties, in een tastend evenwicht tussen centralisatie en decentralisatie. Hun leiders zijn niet beter dan andere mensen – de mens blijft mens –, maar zij zijn gebonden aan de tucht van balansen, verlies- en winstrekeningen en cash-flows. Op dit stelsel berust een goed deel van de energievoorziening van de wereld, een miljard of wat mensenlevens hangt ervan af. De landen/"waterschappen" met hun een paar eeuwen ten achter liggende organisaties als landen in hun geheel, hebben niets om daartegenover te stellen. Tijdens de energiecrisis 1973/74 liet men van Shell-zijde weten, dat als het nastreven van het nationale belang landen met elkaar in conflict bracht, de regeringen het onderling maar moesten uitzoeken. British Petroleum weigerde ondanks de druk van de Britse regering aan Groot-Brittannië een voorkeursbehandeling te geven en een zelfde houding nam zelfs de Compagnie Française des Pétroles tegenover de eigen regering aan. 26) Wel meent Van Ginkel, dat de crisis te kort heeft geduurd om voor wat de oliemaatschappijen betreft van een echte test te spreken. 27)

Toch is het gewenst een gedragscode voor transnationale ondernemingen tot stand te brengen, niet in de laatste plaats om de regeringen zelf in een meer bij de tijd aangepast spoor te leiden. 28)

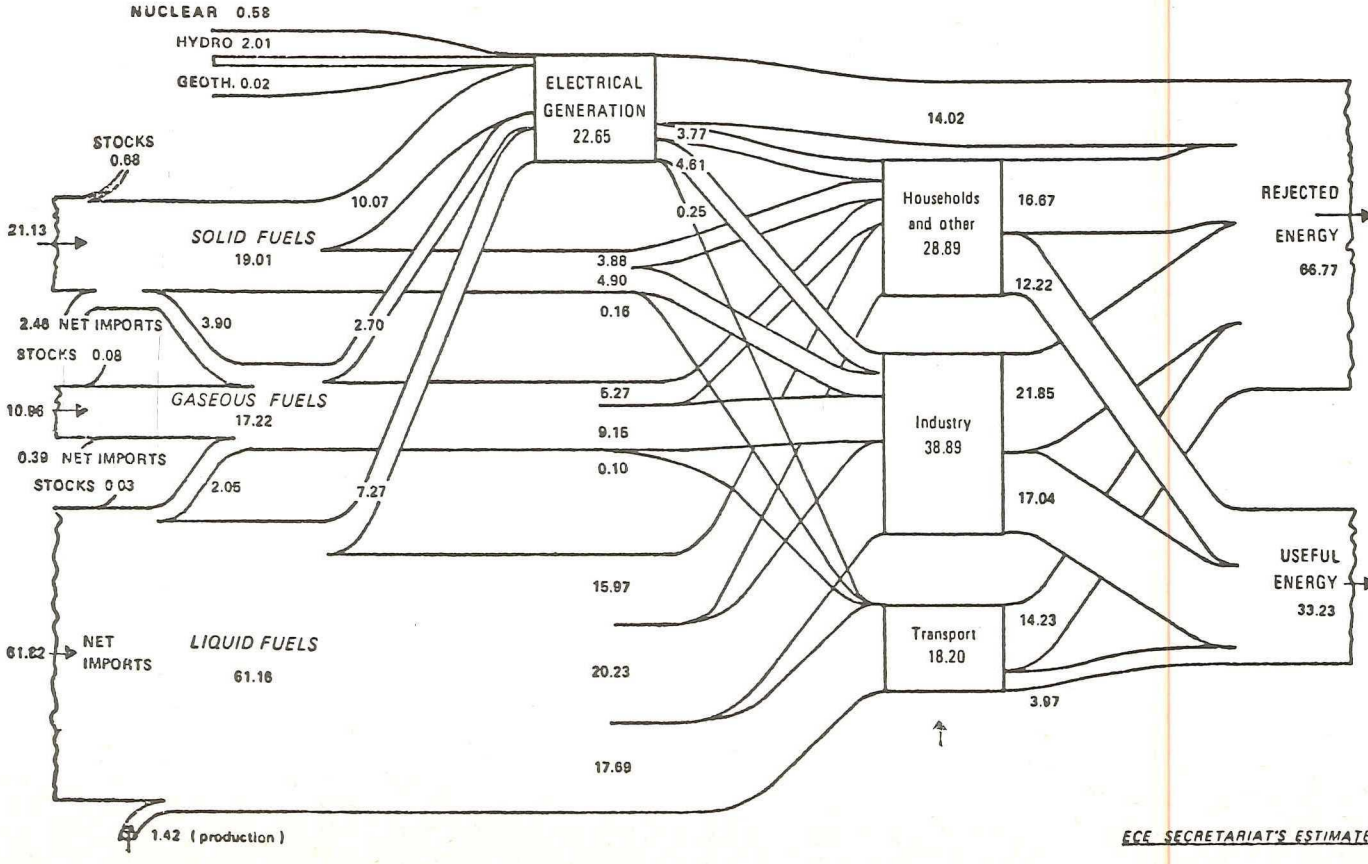
Hiermede zijn we weer op eigen terrein aangeland, want bij zo'n code is de alomtegenwoordige transportsector mede betrokken.

Slot

Dit tijdschriftnummer beoogt behalve het verstrekken van informatie, mede de eigen plaats van de wereld van het vervoer in een belangrijke problematiek te onderstrepen. Daarom wacht de redactie gaarne reacties of suggesties van de lezers in.

Energy flow in western Europe — 1972

(Percentages)



Standard Energy Conversions
(Equivalent Values Lie in Vertical Columns)

Unit																	Abbreviation
Barrels per Day of Oil Equivalent[1]	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.003	0.013	0.02	1	2.7	18,000	470 million	BDOE
Tons of Oil Equivalent[2]	—	—	—	—	—	—	—	0.022	0.023	0.09	0.13	0.65	1	50	135	0.9 million	23 x 10^9	TOE
Metric Tons of Coal Equivalent[3]	—	—	—	—	—	—	—	0.034	0.036	0.14	0.21	1	1.5	76	209	1.3 million	36 x 10^9	MTCE
Barrels of Oil Equivalent[4]	—	—	—	—	—	0.0064	0.02	0.16	0.17	0.68	1	4.8	7.4	365	1 TBOE	6.4 million	170 x 10^9	BOE
Cubic Meters of "Average" Natural Gas[5]	—	—	—	0.027	0.09	1	2.7	25	27	106	155	745	1150	57,000	0.155 million	1 x 10^9	27 x 10^{12}	Nm^3 NG
Kilowatthours	—	—	—	0.3	1	11	29	280	293	1160	1700	8140	12,600	0.62 million	1.7 million	11 x 10^9	290 x 10^{12}	kWh
Cubic Feet of "Average" Natural Gas[5]	—	—	—	1	3.4	37.3	100	950	1000	4000	5800	27,800	43,000	2.1 million	5.8 million	37.3 x 10^9	1 x 10^{15}	ft^3 NG
Kilocalories	0.24	0.25	1	252	860	9400	25,200	0.24 million	0.25 million	1 million	1.5 million	7 million	10.8 million	530 million	1.5 x 10^9	9.4 x 10^{12}	250 x 10^{15}	kcal
British Thermal Units	0.95	1	4.0	1000	3400	37,300	1 therm	0.95 million	1 million	4 million	5.8 million	27.3 million	43 million	2.1 x 10^9	5.8 x 10^9	37.3 x 10^{12}	1 Q	Btu
Kilojoules	1	1.06	4.2	1055	3600	39,400	105,500	1 million	1.06 million	4.2 million	6.1 million	29.3 million	45.4 million	2.2 x 10^9	6.1 x 10^9	39.4 x 10^{12}	1.06 x 10^{18}	kJ

Calorific values are measured gross. Rounded equivalents only are given.

[1] Equivalents in other units are shown on a per annum basis.
[2] of 43 million Btu (= 10,000 kcal/kg net cal. val.).
[3] of 12,000 Btu/lb = 7000 kcal/kg.
[4] of 5.8 million Btu.

— = insignificant
1 therm = 100,000 Btu
1 TBOE = 1000 BOE
1 Q = 10^{18} Btu
1 Quad = 10^{15} Btu

Noten

1. Voor toelichting op vormen van energie, zie bijv. Dr. K. Zijlstra - Energie Economie, ed. Elsevier 1977 - blz. 59 en 123 vlgg.
2. Volgens sommige recente analyses zou deze afhankelijkheid nu zelfs tot tegen de 99% belopen.
3. Energy - Global Prospects 1985 - 2000
   Mc. Graw Hill Book Company - 1977
4. COM (78) 101 def.
5. ECE XXXIII/2: Add. 2, par. 88 - 92
6. J. van Ginkel - Het Westen en de oliecrisis 1973 - 1974 NIVV reeks - 13, Staatsuitgeverij, februari 1978, blzz. 9 en 10.
7. L.J. Zimmerman – De verhouding tussen ontwikkelde en onderontwikkelde gebieden opnieuw bezien.
   Afscheidscollege 26 juni 1978. Faculteit der Economische Wetenschappen, Universiteit van Amsterdam, blzz. 14 en 15.
   Methode: de Janosi en Grayson: Patterns of Energy Consumption and Economic Growth and Structure – Journal of Development Studies, 1972 – 2.
   Zij geven: Log E = 0.9868 log Y + 0,38
   $R^2 = 0.989$
   waarbij E = energie per capita
   Y = inkomen per capita
   Inderdaad een opvallend nauw verband over een lange periode.
8. Deze studie is één van de drie omvangrijke basisrapporten van de WAES-studie. Het energiegebruik van het wegtransport en vooral van het privé autotransport is nog aanzienlijk toegenomen.
9. IRU studies ondernomen kort na de oliecrisis 1973/1974: Comparative Evaluation of Rail and Road Energy Consumption. The Energy Crisis and the Road Haulage Industry's Rates of Fuel Consumption.
   NVI – De betekenis van vervoercentra – augustus 1975
   Gabriel Bouladon – Perspectives d'avenir de l'automobile en function des politiques énergétiques et d'environnement – in "Transports" - februari 1978.
10. Een verfijnde analyse is te vinden bij Khageswar Bez: Demand for energy for transportation in The Netherlands – diss. Erasmus-Universiteit – 1978. Volgens de conclusies op blz. 80 zou slechts een drastische wijziging in de prijsverhouding privé/openbaar vervoer tot enige energiebesparing leiden.
11. Zie Zijlstra, o.c., blz. 152 vlgg.
12. Verwezen moge worden naar hfstt. 2 en 3 bij van Ginkel, o.c.
    Eveneens naar het wijdverbreide artikel van Turner en Bedore in de Internationale Spectator, aug. 1978, in International Affairs, juli 1978 en in Europa-Archiv, 13/1978 – Saodië Arabië – de macht van het geld –, waarin zelfs de harde woorden vallen: "verblinding (in het Westen), die voor een groot deel kan worden toegeschreven aan domheid en achterhaalde visie, in 't bijzonder bij Nixon".

13. R. Roberts – Energy Accounting, Applied Energy in Vol 4, no. 3, July 1978
P.F. Chapman – Energy Costs. A review of methods – Energy Policy, June 1974
14. Zie o.a. A. Heertje – Economie en Technische Ontwikkeling 1973. K. Vonk – Economie en Techniek in Economische Statistische Berichten 1976, nr. 2.
15. K. Zijlstra, o.c. blz. 45 vlgg.
16. Energie Transport Symposium, december 1977, Uitgave Nederlands Maritiem Instituut; Organisator: Dr. H.J. Molenaar; Voorzitter: Prof. Dr. F. Hartog. Aan te bevelen lectuur vormt nog: C.O. Jonkers – De transport verliesfaktor. Jubileumuitgave Werktuigkundige Studievereniging Isaac Newton, T.H. Twente. Prof. Jonkers betrekt verschillende vervoertakken in zijn analyse, maar in het bijzonder ook het zeetransport.
17. David Hawdon – Publicatie van Staniland Hall Associates Ltd., London 1977.
18. Een goed overzicht over de opzet van pijpleidingen in het algemeen vindt men o.a. bij Wasp, Thompson and Aude – Proces Basis and Economics of Pipeline Systems, Bulk Materials Handling, vol. 1, University of Pittsburg, 1971.
19. De onlangs aangenomen wereldstandaard voor equivalente energiemeting is de Joule.
    1 Joule = 0.24 calorie
    1 metrische ton kolen = $29{,}3 \times 10^9$ Joule
    = 4.8 barrels olie
    1 ton olie = 1.5 metrische ton kolen
    Voor een algemeen overzicht zie bijlage 2, waar een door de Shell-Groep beschikbaar gesteld overzicht van de standaard energie-omzettingen is te vinden.
20. ECE (XXXIII) 2 blzz. 43/44.
21. ECE (XXXIII) 2 blzz. 39/42.
22. Reeds in 1962 heeft Tillo E. Kuhn – Public Enterprise Economics – er op gewezen, dat netwerkeffecten zeer groot en complex zijn wegens het groot aantal mogelijke combinaties.
    Algemene formule:
    $\sum_{k=1}^{n} \binom{n}{k} = 2^n - 1$. Bij 4 projecten dus al $2^4 - 1 = 15$ combinaties.
    Dit geldt ook voor punten aan wegen. Het aantal verkeersbewegingen, dat los komt bij een nieuwe weg of een verkeersverbetering, is dus aanzienlijk groter dan het aantal punten dat wordt verbonden.
23. Van Ginkel, o.c. blz. 110
24. OECD – World Energy Outlook 1977
    Op blzz. 67 – 70 suggesties voor energiebesparing in de transportsector.
25. De Europese Gemeenschap en het Energievraagstuk - 1978, nr. 1.
26. Van Ginkel, o.c. blzz. 101/102
    Robert B. Stobauch – The oil companies in the crisis, in "Daedalus" vol. 104, nr. 4, 1975

27. Van Ginkel, o.c. blz. 111.
28. Met betrekking tot de internationale regelvorming zie de interessante Leidse oratie van Prof. Schermers, 30 juni 1978 – Integratie van Internationale Organisaties.

HET NATIONALE ENERGIEBELEID EN ZIJN GEVOLGEN VOOR HET TRANSPORT

door
Mr. A.A.T. van Rhijn
plaatsvervangend Directeur-Generaal voor de Energievoorziening
van het Ministerie van Economische Zaken

Inleiding

Alvorens in te gaan op de nationale energiepositie is eerst een korte indruk nodig van de internationale energiesituatie.
Na een evaluatie van de lessen die daaruit zijn te trekken wordt vervolgens ingegaan op ons nationale energiebeleid en de relatie tot het transportwezen.

De Internationale energiesituatie in het verleden

Sinds het einde van Wereldoorlog II is het wereldenergiegebruik fors gestegen. Consumeerde de wereld als geheel in 1950 nog maar zo'n 1750 mln. ton olie-equivalent (gas, olie, kolen etc. op een noemer gebracht); in 1974 was dit jaarlijkse gebruik al ruim 3 maal zo hoog. Dit betekende een groei van gemiddeld 5% per jaar over de hele periode. Met name sinds de oliecrisis kwam hierin enige kentering. Thans is deze groei niettemin nog steeds ruim 3% per jaar.

Interessant is de ontwikkeling van het gebruik per afzonderlijke energiedrager. Maakten kolen in 1950 nog rond 60% uit van het wereldenergiegebruik; momenteel is dit aandeel gedaald tot ca. een derde daarvan. Daarentegen nam het aardolie-aandeel sterk toe. Dit steeg van zo'n 27% in 1950 tot zo'n 45% thans. Olie is daarmee de belangrijkste energiebron van dit moment. Relatief de sterkste stijging onderging het aardgasaandeel. Dit is sinds de jaren '50 qua aandeel verdubbeld tot zo'n 20% . De rest van het gebruik wordt gedekt door waterkracht, kernenergie, hout enz.

Een andere vermeldenswaardige ontwikkeling van het energiegebruik vond plaats in de consumptie per landengroep. Zo namen de industrielanden in 1950 zo'n 75% van de wereldenergieconsumptie voor hun rekening. Ca. 20% kwam voor rekening van het Sino-Sovjet-blok. De overige ca. 5% werd gebruikt door de ontwikkelingslanden.

Momenteel is het aandeel van de ontwikkelingslanden in het totale gebruik van de wereld meer dan verdubbeld. Het aandeel van het Sino-Sovjet-blok groeide met de helft tot ca. 30% . Deze ontwikkelingen deden het aandeel van de industrielanden aanmerkelijk dalen tot minder dan 60% .

Spectaculair waren in de afgelopen 25 jaar ook de veranderingen op het terrein van de zelfvoorziening van energie. Zo kon bijv. de vrije wereld in 1950 nog vrijwel volledig voorzien in de eigen energiebehoefte. Thans is dit dekkingspercentage gedaald tot ruim 60% . De rest moet voortkomen uit import. Deze enorme mutatie kwam vooral, maar niet alleen tot stand, omdat de Verenigde Staten van energie-exporteur, grote importeur werden. Zo bedroeg de olie-import in de USA in het afgelopen jaar gemiddeld bijna 8.5 mln. vaten per dag. Dit betekent ca. 45% van de binnenlandse olie-behoefte.

Ook de positie van de EEG-landen werd aanzienlijk kwetsbaarder. Inmiddels steunt ruim de helft van de totale energieconsumptie in het gebied van de negen op import terwijl men in de jaren vijftig nog bijna self-supporting was met een import van slechts ca. 7%.

Significanter nog wordt bovengeschetst beeld wanneer we een ogenblik kijken naar de ontwikkeling van het oliegebruik. In de vijftiger jaren konden de industrielanden hun oliebehoefte nog voor rond 80% dekken uit binnenlandse productie. In 1974 was dit aandeel meer dan gehalveerd. Vooral de gezamenlijke EEG-landen, die hun huidig oliegebruik slechts voor zo'n 5% dekken uit eigen productie, nemen hierbij een kwetsbare positie in. Hierin kan enige verbetering komen door het ter beschikking komen van m.n. Noordzee reserves.

Ook aan het kolen- en gasfront veranderde het eén en ander, zij het minder spectaculair. Ook voor deze energiebronnen werden de industrielanden geleidelijk aan importeurs. Met name de EEG-landen voeren thans 15% van hun kolengebruik in hoewel de eigen kolenvoorraden nog immens zijn. Winning ervan is echter relatief duur. Dit betekent een gelijkblijvende, ja zelfs stagnerende productie in het licht van de huidige aanbodsituatie op de wereldmarkt. Investeringen in de kolenproductie in landen als Australië, Zuid-Afrika en Zuid-Amerika, werpen immers reeds nu vruchten af of zullen dit binnenkort doen. Aan de vraagkant is er evenwel nog twijfel om nu al de nodige verbintenissen aan te gaan, vooral voor langere termijn. Dit mede gegeven onzekerheden t.a.v. de conjuncturele ontwikkelingen en de te stellen milieunormen.
Als een gevolg daarvan aarzelen de producenten weer om te investeren in nieuwe productie-uitbreidingen, waardoor er enigszins sprake is van een vicieuze cirkel. "De vraag wacht op het aanbod en het aanbod op de vraag".

Voor wat betreft gas is de import in de Europese industrielanden nog maar enkele procenten van het totale gebruik. Hierin zal door LNG-invoer resp. gasaanvoer per pijpleiding een aanzienlijke wijziging kunnen komen. Het LNG aanbod is overigens thans nog betrekkelijk bescheiden. Echter op korte termijn kan hierin al een aanzienlijke wijziging komen door aanbod vanuit Noorwegen, Algerije, Nigeria en uiteraard uit het Midden-Oosten. M.n. voor Nederland kan dit van speciale betekenis

zijn omdat door gasimport bijv. ons eigen gas langer als strategische reserve beschikbaar is. Het is immer uitdrukkelijk niet de bedoeling door import het bestaande afzetbeleid te versoepelen.

De Nederlandse energiesituatie in het verleden

Vervolgens een enkel kenmerk van de Nederlandse energiesituatie in het verleden. Daarbij is eerst te wijzen op de zeer hoge groei van dit gebruik in het decennium dat aan de oliecrisis voorafging. Deze was bijna 9% per jaar en daarmee ongeveer de hoogste ter wereld. De verhouding tussen deze groei en die van het Bruto Nationaal Product kwam op 1.8 en was daarmee veel hoger dan in de overige EEG-landen (0.9 - 1.1).
Oorzaken van deze hoge "elasticiteit" zijn de specifieke Nederlandse economische structuur met een relatief sterke chemische en petrochemische sector, de aanwezigheid van grote hoeveelheden relatief goedkope energie in de jaren zestig, de in die jaren plaatsvindende doorbraak van de centrale verwarming en, niet te vergeten, de beginnende massa-motorisering van ons volk.

Van belang is voorts het hoge aandeel van gas in het Nederlandse enegiegebruik ad. 50 - 55% . Hiermee is dit gekomen op globaal het drievoudige van dat in de rest in de EEG. Daarentegen is het kolenaandeel in ons verbruik zowel relatief als absoluut laag. Dit is thans niet meer dan zo'n 4% tegenover nog ca. 80% zo'n vijentwintig jaar geleden. Vermeldenswaard tenslotte is dat Nederland onder de industrielanden een vrij unieke positie inneemt als netto-energie-exporteur, uitgedrukt althans in volume eenheden. Over de merites daarvan hebben we overigens thans - op zijn zachtst gezegd - enige twijfels.

Enkele toekomstige ontwikkelingen op wereldschaal

Tot voor kort volgde het energie-aanbod elke vraag. Energie werd derhalve niet beschouwd als een beperkende factor bij welke economische ontwikkeling dan ook. Zelfs daalden de relatieve prijzen van energie aanzienlijk. De eerste op het grote publiek gerichte waarschuwende woorden dat deze situatie niet voort zou duren, werden geuit in het rapport van de zgn. Club van Rome. De oliecrisis van 1973 onderstreepte deze visie. Niet alleen werd de korte termijn kwetsbaarheid aangetoond van de energie-invoerende landen, politiek bepaald als deze is. Ook brak toen het besef door dat we in snel tempo bezig zijn de wereld-energiereserves te gebruiken. Daarbij komt, dat, ondanks de omstandigheid dat zonder twijfel nieuwe voorraden zullen worden gevonden, nieuwe winning-technieken beschikbaar komen en nieuwe energiebronnen zullen worden ontwikkeld, een aantal bottlenecks aan de aanbodkant zijn te onderkennen.

Voor wat betreft de lange termijn speelt het probleem van de eindigheid van de fossiele energiebronnen.
Van de winbare energiegrondstoffen bestaat bovendien zo'n 90% uit kolen met een – mede uit milieu-oogpunt – vooralsnog beperkte inzetbaarheid.
Gezien de mate waarin de transportsector thans nog is aangewezen op olie(producten) – ruim 95% – is de positie van de oliereserves een punt van grote zorg. Hoe langer hoe meer wordt er dan ook op gewezen dat olie slechts dan zou moeten worden toegepast wanneer vervangende brandstoffen ontbreken. Olie kan dan zodoende m.n. in de transportsector worden ingezet resp. worden aangevoerd als grondstof voor de chemische en petrochemische industrie.

Op de tweede plaats, en dit speelt ook al op korte termijn, is te vermelden dat de productie van energie-voorraden en het beschikbaar zijn op plaatsen waar daarnaar wordt gevraagd, onzeker zijn. Primair is daarbij te denken aan politieke factoren. Voorts aan bezorgdheid, m.n. in de Arabische wereld maar ook elders, bijv. in het Verenigd Koninkrijk, over de snelheid waarmee de bij hun aanwezige voorraden worden uitgeput. Een volgende reden is, dat veel van de aangetoonde reserves aanwezig zijn in moeilijk toegankelijke gebieden. De winning daar kan vaak plaats vinden nadat nieuwe technieken beschikbaar zijn gekomen. Deze vereisen grote investeringen. Een probleem aan de aanbodkant is dan ook of er voor het onderzoek naar en de ontwikkeling van nieuwe bronnen en voorkomens voldoende kapitaal beschikbaar is. Het investeringsniveau voor de wereldenergievoorziening bedroeg volgens Shell in 1975 zo'n f 50 mld. (excl. de electriciteitsproductie). Dit zal, omdat steeds moeilijker bereikbare voorkomens moeten worden ontgonnen, in de komende 10 jaar tot minstens het 10-voudige stijgen. Deze forse stijging is in de eerste plaats een gevolg van de sterke stijging van de benodigde investeringen per eenheid energie. Zo kost bijvoorbeeld de ontwikkeling van een ton olie in de Noordzee gemiddeld 15-20 maal zoveel als een zelfde hoeveelheid ergens in de woestijnen van Saoudi-Arabië. Een tweede reden van dit alsmaar groeiend beslag op investeringsmiddelen is het gevolg van de nog steeds groeiende vraag naar energie, hoewel het groeitempo is afgezwakt.

Een volgend probleem zijn de zeer lange in het geding zijnde lead-times. Zo vergt de ontwikkeling van een kolenmijn tenminste 5 jaar; de opzet van een centrale - inclusief alle procedures - zo'n jaar of acht. De bouw van een kerncentrale vergt een nog langere periode. Scherper nog speelt dit probleem bij de ontwikkeling van nieuwe energiebronnen en technieken. Aangenomen mag worden dat de resultaten van huidig onderzoek naar nieuwe energiebronnen vóór de komende eeuwwisseling maar betrekkelijk weinig zullen bijdragen tot onze energievoorziening. Daar tegenover staat dat de aan deze ontwikkeling verbonden kosten immens groot zijn terwijl lang niet zeker is dat alle aanwezige opties in de praktijk bruikbaar zullen zijn. Overigens is op te merken, dat alleen methoden die thans resp. binnen zeer afzienbare termijn technisch-commercieel toepasbaar zijn nog voor 2000 een rol zullen kunnen vervullen bij onze energievoorziening.

Te bedenken is verder dat het voorhanden zijn van theoretische en technische oplossingen in de praktijk niet voldoende is. Steeds meer immers wordt productie van energie afgewogen tegen facetten als milieu, ruimtelijke ordening, veiligheid en de eigen voorziening op langere termijn.
Bovendien vergt deze afweging vaak zoveel tijd dat niet alleen sprake is van uitstel maar ook van afstel van de ontwikkeling van bepaalde energie voorkomens.

Dit alles betekent, dat pas op lange tot zeer lange termijn optimisme over de energievoorziening gerechtvaardigd lijkt. Op korte tot middellange termijn zal zich de energieproblematiek, die zich sinds de oliecrisis manifesteerde, naar algemene verwachting alleen nog maar verdiepen. Aangenomen wordt nl. dat deze crisis niet alleen zichtbaar zal zijn in de vorm van een toenemende afhankelijkheid van enkele energie-exporterende staten. Verwacht wordt voorts, dat bij uitblijven van een krachtig besparingsbeleid op internationale schaal resp. bij een aanzienlijke opleving van de economische groei in de periode 1985 - 1990 sprake zal zijn van een physiek aanbodtekort. Dat zal zich dan manifesteren in scherpe en abrupte prijsstijgingen. Daarvan zullen met name de ontwikkelingslanden de dupe worden die nu al vaak niet in staat zijn aan de broodnodige energie voor hun ontwikkeling te komen. Met name door de Workshop on Alternative Energy Strategies (WAES) is op deze problematiek gewezen. Uit andere studies blijkt keer op keer dezelfde teneur. Natuurlijk zijn er wel verschillen in aangenomen economische groei, in de aangenomen verhouding tussen economische groei en energiegebruik, in de aangenomen voorraden en de snelheid waarmee die kunnen worden ontsloten. Dus ook in het moment waarop de dreiging van physieke tekorten zich gaat vertalen in oplopende prijzen.

Bewust is als mogelijke "oplossing" voor deze op ons afkomende problematiek vertraging van de economische groei buiten beschouwing gelaten. Een zodanige politiek op wereldschaal lijkt immers geen realistische optie.
Men kan zich afvragen, of zo'n ontwikkeling die natuurlijk het tekort-moment zou kunnen uitstellen, niet averechts zou werken doordat ons over het algemeen en dus ook voor zowel – vaak veel investeringen vergende – energiebesparingen als voor vergroting van – duur – aanbod eenvoudig voldoende middelen zouden ontbreken.

De toekomstige situatie in Nederland

Terug nu naar de Nederlandse situatie. Momenteel gebruiken we hier zo'n 65 mln. ton olie equivalent. Ruim de helft daarvan bestaat uit gas; zo'n 4-5% uit kolen; zo'n 1,5% uit kernenergie; de rest is olie (ca. 42%). Los van elkaar zijn door verschillende organisaties bijv.: de SER, de WRR in zijn rapport Toekomstverkenningen, en de LSEO ramingen opgesteld over de ontwikkeling van dit verbruik. Afhankelijk van de

ingezette economische groei en de slagvaardigheid van het overheidsbeleid m.n. op besparingsgebied, wordt verwacht, dat in 2000 het energiegebruik zo'n 1.5 tot 2.5 maal zo hoog zal zijn als ons huidig gebruik. Zonder krachtig besparingsbeleid is een nog grotere stijging voorzien. Welke opties heeft Nederland nu om deze vraagontwikkeling binnen de perken te houden resp. daaraan te voldoen?

Op de eerste plaats rijst dan natuurlijk de vraag waarom we in ons land zo de nadruk leggen op energiebesparing. We bezitten naar huidig inzicht immers nog zo'n 2400 mld. m3 aardgas terwijl de invoerperspectieven gunstig lijken van zowel LNG als van LPG. Ter beantwoording van deze vraag zij eerst gewezen op het volgende. Uit bovenstaande cijfers blijkt dat van onze totale energieconsumptie 90 - 95% uit gas en olie bestaat. Dit zal in 1985 niet veel anders zijn. Wel zal dan naar huidig inzicht olie de belangrijkste energiebron voor ons land zijn. Een van de oorzaken daarvan is dat ons energiebeleid erop gericht is zolang mogelijk toe te kunnen met onze eigen gasvoorraden. Met het oog daarop wordt thans gaslevering aan grote ondervuurders (centrales, industriën) geleidelijk afgebouwd, waarbij uiteraard om distorsies te voorkomen de nodige voorzichtigheid in acht genomen wordt. Daar voor de verlaging van het gasaandeel voorshands geen gebruik kan worden gemaakt van kernenergie resp. van kolen bij afwezigheid van de nodige infrastructuur, is olie-inzet het enige alternatief. Uit het voorgaande zal duidelijk zijn dat dit uit oogpunt van betalingsbalanspositie, politiek-strategische afhankelijkheid etc. een nogal onwenselijke verandering betreft. Bovendien heeft Nederland zich in internationaal verband nl. in het kader van het Internationaal Energie Agentschap (IEA) juist verplicht om tesamen met 18 andere industrie-landen de olie-import terug te brengen tot 26 mln. vaten per dag in 1985. Terwijl andere landen hun olie-aandeel volgens huidige prognoses inderdaad zien teruglopen, verhogen wij dit juist.

Is het nu niet mogelijk om andere energiebronnen in wat grotere mate in te zetten? Ter beantwoording van deze vraag zij gewezen op de volgende factoren:

1) Het aandeel van kernenergie in onze energievoorziening zal op middellange termijn dalen i.p.v. stijgen. Zelfs al zou het groene licht worden gegeven voor de bouw van centrales, dan zal, gegeven vergunningsprocedures, bouwtijd etc. vóór 1990 zeer waarschijnlijk geen extra nucleaire energie ter beschikking staan. Inmiddels is aan de Tweede Kamer medegedeeld dat er een maatschappelijke discussie georganiseerd zal gaan worden over de wenselijkheid tot uitbreiding van ons nucleaire potentieel. In die discussie zal ook de opberging van radio-actief afval in ons land aan de orde moeten komen.

2) Op korte en middellange termijn is weinig te verwachten van meer kolengebruik. In onze centrales bestaat weinig ruimte voor koleninzet omdat deze in hoofdzaak geschikt zijn voor verbranding van olie en gas. Daarbij komt dat we momenteel in de publieke sector een overschot aan electrisch productievermogen

hebben. Dit betekent vooralsnog een geringe behoefte aan nieuwe capaciteit, waardoor de kolenkansen voorlopig klein zijn. Dit neemt overigens niet weg dat de koleninzet in centrales die thans ruim 1 mln. ton op jaarbasis bedraagt, tegen 1985 zo'n 3 à 4 maal zo hoog zal zijn. Dit, gevoegd bij de omstandigheid dat een gedeelte van de as (10 – 15%) niet in de onmiddellijke omgeving van de centrale kan worden opgeslagen, zal de transportbehoefte met name per binnenschip aanmerkelijk doen groeien.

Ook in de industrie lijkt uit hoofde van milieu-redenen en bij gebrek aan een voldoende infrastructuur weinig mogelijkheden voor een vergrote koleninzet, wanneer kolen althans op traditionele wijze zouden worden verbruikt. Op wat langere termijn kan daarin wijziging komen door vergassing van kolen resp. door toepassing van nieuwe verbrandingstechnieken bijv. de wervellaag verbranding.

Voor wat betreft de sector gezinnen lijkt een vergrote koleninzet niet alleen op korte, maar ook op lange tot zeer lange termijn buiten de orde. Ons gasafzetbeleid is er immers juist op gericht de sector kleingebruik zolang mogelijk te blijven beleveren. Daartoe immers worden de grote ondervuurders zowel via het gasallocatiebeleid als door het prijsbeleid ertoe gebracht de gasinzet te beperken resp. af te bouwen.

Bovenstaande schets omtrent ons toekomstig kolengebruik kan positief worden beïnvloed door nieuwe ontwikkelingen op het gebied van de kolentechnologie. De hernieuwde belangstelling voor kolen – niet in de laatste plaats uit prijsoogpunt – heeft namelijk een nieuwe stimulans gegeven aan deze ontwikkelingen. Het zoeken naar nieuwe kolentechnologieën richt zich op processen met een hoger rendement en minder milieuverontreiniging. Daarnaast op het verkrijgen van handzame vormen van brandstoffen via vergassing en liquefactie.
Tot 1985 echter hoeven we hiervan voor onze energievoorziening weinig te verwachten.

3) De vraag rijst natuurlijk waarom we het gasaandeel niet op hetzelfde peil kunnen houden als nu. Zoals hiervoor uiteengezet ziet het er niet naar uit, dat het energieprobleem tijdelijk verlicht weliswaar m.n. door de sterke conjuncturele teruggang, al op afzienbare termijn is opgelost. Nieuwe ontwikkelingen staan vaak nog in de kinderschoenen; andere energievormen worden uit een oogpunt van veiligheid en/of milieu niet of met veel weerstand en pas na langere tijd geaccepteerd. Er is daarom alles aan gelegen om gas, gezien ook het hoogwaardigheidsaspect, zó optimaal en zo langdurig mogelijk te gebruiken. Op die manier hebben we ook een appeltje voor de dorst voor het geval de olietoevoer om welke reden dan ook, wordt onderbroken. Bovendien dwingt goed rentmeesterschap ons zo zuinig mogelijk te doen omgaan met dat gas en het interen op ons nationaal vermogen zo veel mogelijk te beperken. Daarbij komt dat het zeer

de vraag is of wij in de toekomst erin zullen blijven slagen die energievoorraden van elders te importeren, die zo goed mogelijk zijn afgestemd op het zo veel mogelijk onaangetast laten van ons leefklimaat. Gezien de omvang van onze bevolkingsdichtheid en tevens gelet op de bestaande milieubelasting is Nederland immers betrekkelijk beperkt in de aanwending van alternatieven voor gas.

Het bovenstaande impliceert dat, waar alternatieve energie – zoals zon- en windenergie – pas in de 21 eeuw op enige schaal beschikbaar komt, Nederland in wezen:

- op korte en middellange termijn, slechts enkele echte opties heeft voor verbetering van zijn energiepositie, uiteraard naast een zo intensief mogelijk beleid gericht op onderzoek naar olie- en gasvoorkomens in eigen bodem. Het belangrijkste is uiteraard besparing. Daarnaast vergroting van – dure – import van m.n. kolen en LNG. Ook LPG-invoer vormt een – weliswaar van relatief geringe betekenis zijnde – optie.

- op lange termijn olie in toenemende mate kan vervangen door kernenergie en kolen, mits op voordien afdoende wijze de milieu-problematiek is opgelost. Ook een – sterk – vergrote LNG import kan er dan toe bijdragen het gebruik van onze eigen gasvoorraden langer in de tijd uit te smeren.

Transport en energiebesparing

In dit kader heeft het weinig zin in te gaan op de wijze van gebruik van alle instrumenten op besparingsgebied, welke globaal in de volgende categorieën zijn onder te brengen:

- prijsbeleid
- voorlichtingsbeleid
- subsidiebeleid
- voorschriften
- stadsverwarmingsbeleid

Een en ander toespitsend op de transportsector, dringt zich onmiddellijk het besef op, dat transport voor een belangrijk deel een afgeleide activiteit is. De nadruk ligt daarbij op "een belangrijk deel". Het is immers voor een ander deel zo, dat transport een stuwende werking heeft. Daarbij is met name te denken aan delen van het particuliere autoverkeer in de weekeinden en aan het massale vliegverkeer naar het zonnige zuiden. Aan te nemen is, dat hier geen specifieke verkeersbehoefte aan ten grondslag heeft gelegen in de zin van "er is een vervoerspanning tussen A en B, die bevredigd moet worden"; doch dat veeleer geldt een behoefte aan mobiliteit in het algemeen. De ontwikkeling van de techniek, de massaproduktie van auto's

de aanwezigheid van goedkope energie e.d. – dus elementen aan de aanbodzijde – hebben er vervolgens toe geleid, dat we ons bij het vorm geven aan die mobiliteitsbehoefte steeds sneller en steeds verder en steeds vaker zijn gaan verplaatsen. Wat gebeurt er nu, als één van die factoren, nl. goedkope energie, wegvalt? Gaan we dan weer fietsen op zondag, op vakantie in eigen land en laten we auto en vliegtuig voor wat ze zijn of beter: voor wat ze – lang geleden – waren, nl. speelgoed voor de happy few? De overtuiging bestaat zo'n ontwikkeling voor uitgesloten te houden. We zijn inmiddels aan onze vormen van mobiliteit gewend geraakt. Onze ruimtelijke indeling is er op aangepast. Belangrijke bedrijfstakken zijn er voor hun bestaan van afhankelijk geraakt. Denkbaar is dan ook, dat als het "slechts" om één factor, nl. duurdere energie gaat, het systeem zelf naar een oplossing zal streven. In concreto betekent dit: zuiniger auto's en vliegtuigen; verschuiving van de vraag naar vervoer in de richting van transport met een grotere produktie per eenheid ingezette energie; een betere organisatie van de vervoersystemen zodat we een hogere bezettingsgraad krijgen; een frequenter gebruik van het openbaar vervoer, e.d., maar niet een vermindering van het vervoer als zodanig. Uiteraard bestaat de kans dat deze a.h.w. defensieve reacties er op hun beurt weer toe zullen leiden dat de mobiliteit hier en daar zelfs nog zal toenemen. Immers, om een voorbeeld te halen uit de internationale luchtvaart: één van de middelen om tot een hogere bezettingsgraad te komen, is het aanboren d.m.v. tariefdifferentiatie van nieuwe markten.
Welnu , mits goed uitgevoerd, leidt dat tot meer vervoer.
Tot zover een aantal tendenties aan de aanbodzijde.

Hoe ziet het er aan de vraagzijde uit? Tot op zekere hoogte zal het duurder worden van energie worden gecompenseerd door acties van de vervoerders. Daarbij is in het bijzonder te denken aan verbetering van het energetisch rendement door de ontwikkeling en toepassing van nieuwe technieken. Dat neemt echter tijd. Bijv. met het ontwikkelen, produceren en op de markt brengen van nieuwe zuinige auto's, en het vervangen van het huidige wagenpark, zijn eerder decennia dan jaren gemoeid. Dus: de consument wordt wel degelijk geconfronteerd met hogere prijzen. Wat kan hij zelf doen? Blijvend in zijn patroon kan hij zuiniger rijden (actie 3 x 5); hij kan marginale ritten laten vallen en het openbaar vervoer gebruiken. Een meer ingrijpende stap is het veranderen van woon- en/of werkplaats. Nu zijn zowel de woningmarkt als de arbeidsmarkt niet bepaald stimulerend in dit opzicht, maar enige werking is te verwachten. Te wijzen is voorts op enkele sinds de oliecrisis bestaande ontwikkelingen in de USA, nl. carpooling en kiss and ride (het afgezet worden op startpunten van het openbaar vervoer) resp. park and ride-systemen. Een eveneens op wat langere termijn te verwachten effect kan zijn de overgang op dieselrijden, resp. op een kleinere, althans minder energiegebruikende auto. We zijn dan weer bij al aangestipte aanbodfactoren. De kring is rond.

Het spreekt voor zich, dat de overheid bij e.e.a. een rol speelt. Al de genoemde processen kunnen worden gestimuleerd of afgeremd. De overheid kan research

en development steunen. Dieselrijden, resp. het rijden in zuiniger auto's aantrekkelijk maken door fiscale maatregelen, het openbaar vervoer in stand houden en bevorderen, de consument over het energiegebruik informeren (energie-zuinigheidslabels b.v.), e.d.
Op langere termijn is te denken aan een verandering van meer structurele aard, nl. een verzwaring van het energetisch element in de ruimtelijke ordening. Dat betekent kleinere afstanden tussen woon- en werkgelegenheid, concentratie rond spoorstations e.d.
Betekent het ook bijv. een bewuste beperking van de wegenbouw? Hier is duidelijk van een dilemma sprake. Immers: op korte termijn betekent beperking van de wegenbouw waarschijnlijk vergroting van het energiegebruik (meer files, in het algemeen minder vlotte doorstroming). Op lange termijn echter zou het onjuist zijn nog wegen te bouwen waar we later geen behoefte aan hebben resp. die door hun aanwezigheid alleen al nieuw vervoer uitlokken.

Hetzelfde geldt bij de luchtvaart. Uitbreiding van aantal en capaciteit van de luchthavens vermindert congestie en spaart dus brandstof. Op lange termijn echter bevordert het het reizen door de lucht, wat energetisch althans minder aantrekkelijk lijkt dan vrijwel elke andere wijze van vervoer.
Wat nu te doen met dit complexe vraagstuk, in een zo flexibele situatie waardoor het er naar uitziet dat het schetsen van een alomvattend plan voor de verre toekomst waarin met alles rekening is gehouden onmogelijk is. Dat betekent, dat we pragmatisch te werk moeten gaan.
Laten we dan eerst nog eens kijken naar de hoeveelheden energie die in Nederland – exclusief lucht- en zeevaart – worden gebruikt in verkeer en vervoer.
Onderscheid moet dan worden gemaakt tussen het vervoer in de sfeer van gezinnen en overheid aan de ene kant en het vervoer in de sfeer van bedrijven aan de andere kant. Laatstgenoemde categorie omvat zowel de produktie van vervoerbedrijven als het zgn. eigen vervoer en is dus beroepsmatig. Het houdt grosso modo in het goederenvervoer en het openbaar vervoer. Eerstgenoemde vindt veelal plaats in de privésfeer, doch daarmee is niet gezegd dat er niet een groot deel zakelijk of semi-zakelijk vervoer (bijv. in woon- werkrelaties) in zou zitten.
In 1977 zag het energiegebruik in deze sectoren – onderscheiden naar energiedragers – er als volgt uit (uitgedrukt in mtoe's = miljoenen tonnen aardolie-equivalenten).

Energiegebruik van het vervoer in Nederland; 1977

	aardolieprodukten	electriciteit
Gezinnen en overheid	2,2	–
Bedrijven	5,7	0,1
	7,9	0,1

De electriciteit wordt uiteraard gebruikt door trein, tram en metro, gemeten is de output-waarde. Houden we echter rekening met het omzettingsrendement in de electrische centrales, dan moeten we om op primaire energiedragers te komen, het electriciteitscijfer met ca. 3 vermenigvuldigen. Het totale energiegebruik in het vervoer komt dan op 8,2 mtoe.

Het totale energiegebruik in Nederland was in 1977 63,3 mtoe. Het vervoer gebruikte dus 13%.
Zeer opvallend is natuurlijk dat deze 8,2 mtoe vrijwel geheel (96%) in de vorm van aardolieproducten geschiedt. Er is – behalve uiteraard de petrochemische industrie – geen tak van activiteit die zo sterk afhankelijk is van aardolie. Voor de toekomst wordt geen ander beeld verwacht. Het aandeel van het vervoer in het totale Nederlandse energiegebruik blijft 13% . Het aandeel van de olie loopt langzaam omhoog van 96 tot 98%.
We kunnen ook een andere vergelijking maken en zien welk aandeel de voor het vervoer nodige aardolieprodukten hebben in het totale Nederlandse aardolieproductenverbruik. Dan zien we een daling van 31% in 1977 tot ca. 23% in 1985 en 1990. De oorzaak van deze daling ligt echter niet bij een achterblijven van de vervoerssector maar bij – ik schetste het reeds – het vervangen van aardgas door olie in het totale energiepatroon.
Wat zich onontkoombaar aan ons opdringt, is het beeld van een activiteit, die is gebonden aan één energiedrager en nog wel aan de energiedrager waar elke voorspelling de grootste vraagtekens bij zet qua beschikbaarheid en prijs, i.c. olie of daarvan afgeleide vorm nl. LPG.
Hier is binnen de vervoersector – en zeker op korte termijn – niet erg veel aan te doen, tenzij we onze levensstijl drastisch zouden veranderen. Hierboven werden al genoemd de ontwikkeling van energie-zuiniger auto's (hoe zeer ook overwegingen van veiligheid en dus gewicht, en van milieu daar weer tegen in werken) en de opmars van de zuiniger dieselauto. Vooral deze laatste ontwikkeling is opzienbarend. Was het tot nu toe zo dat de dieselmotor vrijwel was voorbehouden aan grote zware auto's met van nature een overmaat aan kracht, zodat de geringere flexibiliteit van de dieselmotor niet hinderlijk was; thans zien we de ene kleine auto na de andere met een dieselmotor verschijnen. De problemen van gewicht, van geluid en van soepelheid blijken vrijwel te zijn opgelost. Een schoonheidsfoutje in ons fiscaal systeem, nl. dat van de dieseltoeslag die het rijden op diesel voor de "gemiddelde" automobilist niet bevordert, zal overigens nog weggenomen moeten worden. Dit is thans in onderzoek.
Sprekend over brandstoffen is er ook een andere mogelijkheid, nl. die van het bijmengen van alcohol als produkt van de chemische nijverheid of van de landbouw. Hiermee worden thans uitgebreide proeven gedaan en het ziet er naar uit, dat langs deze weg de afhankelijkheid van aardolie iets gunstiger kan worden. Anderzijds zou het kunnen zijn dat de wereldvoedselsituatie en de uiteindelijke beperktheid van de beschikbaarheid van landbouwgronden het inslaan van deze weg onmogelijk maken.

We kunnen in dit verband ook denken aan aardgas. Echter is niet te vergeten dat gas een nauwelijks minder schaarse energiedrager is dan olie.
Een stap in de goede richting zou natuurlijk kunnen zijn het overgaan op het openbare vervoer, vooral als we dan denken aan die trein die wordt gevoed door electriciteit uit kolen of kernenergie. Hier ligt een grote uitdaging aan de spoorwegen waarbij dan natuurlijk wel de kosten versus de kwaliteit (ook en vooral in de vorm van de bereikbaarheid) een rol spelen.

In dit kader leende het zich minder goed in te gaan op de te verwachten ontwikkelingen wat betreft het vervoer van energie zelf. Zoals hierboven geschetst zal Nederland in toenemende mate aangewezen zijn op ingevoerde energie. Voorshands ligt daarbij het zwaartepunt op olie. Op wat langere termijn op kolen, LNG, kernenergie en LPG. Het is duidelijk dat het energietransport daardoor aanzienlijke wijzigingen zal ondergaan qua soort als ook qua volume. Zowel de overheid als ook de particuliere sector zullen alle zeilen bij dienen te zetten om deze problematiek tijdig de baas te zijn.

HET VERANDERENDE ENERGIEBEELD *)

door
Drs. D. de Bruyne
President-Directeur van de N.V. Koninklijke Nederlandsche Petroleum Maatschappij
en
Vice-Voorzitter van het Comité van Groepsdirecteuren
van de Koninklijke Shell Groep

Het veranderende energiebeeld

Het is nog geen vijf jaar geleden dat mijn voorganger, de heer G.A. Wagner, het genoegen had een lezing voor U te houden. Dat was in een tijd toen energie overal de voorpagina's haalde. In november 1973 had de OPEC juist haar eerste eenzijdige prijsverhoging van ruwe olie doorgevoerd; de Arabische produktielanden legden een embargo op de levering van olie aan Nederland en de Verenigde Staten en de totale olie-export werd drastisch beperkt. In de periode van schaarste die daarop volgde wierpen de regeringen van de verbruikerslanden zich als om strijd op de beschikbare olie en de OPEC kondigde een volgende, nog forsere prijsverhoging aan. Een en ander leidde in drie maanden tijd tot een verviervoudiging van de prijs van olie (en van de inkomsten per vat voor de produktielanden). Zoals U weet, was het aanvoertekort van tijdelijke aard, de prijsverhogingen echter niet.

Het kon niet anders of er is sindsdien veel veranderd. Ik zou echter precies dezelfde woorden kunnen bezigen als waarmee de heer Wagner in november 1973 zijn lezing voor U begon: "Wij staan thans aan de vooravond van wat ongetwijfeld een kritieke periode voor de wereldolievoorziening zal zijn". De problemen waarvoor wij ons thans geplaatst zien, lijken minder dringend, maar zullen waarschijnlijk van veel langere duur zijn. Ik zou het daarom met U willen hebben over de positie die wij nu in het veranderende energiebeeld innemen en waar onze weg mogelijk heenvoert.

Als ik onze huidige problemen vergelijk met de energievooruitzichten op wat langere termijn, zou ik wensen dat wij het advies konden opvolgen van de boer die, toen iemand hem vroeg hoe een bepaald reisdoel het best kon worden bereikt, een moment nadacht en antwoordde: "Als ik U was zou ik een ander vertrekpunt nemen". Wij kunnen niet op onze schreden terugkeren, maar het is, dacht ik, de moeite waard ons een moment af te vragen hoe we op dit punt zijn aangeland, al was het alleen maar omdat van een onheilsprofeet redelijkerwijs mag worden verwacht dat hij zijn

*) Lezing voor de Nederlandse Kamer van Koophandel voor België & Luxemburg op 11 april 1978 te Antwerpen.

waarschuwingen nader verklaart, vooral als zijn toehoorders (om in bijbelse trant te blijven) de spreekwoordelijke "zeven vette jaren" lijken door te maken. Vervolgens wil ik stilstaan bij de energievooruitzichten voor de jaren tachtig en bij de factoren die deze vooruitzichten in gunstige of ongunstige zin zouden kunnen wijzigen.
Gemakkelijk vergeten wij hoe sterk ons oordeel over tal van zaken in de afgelopen vijf jaar is veranderd. 1973 was het jaar waarin de Europese Gemeenschap uitgroeide van zes tot negen landen en waarin Watergate een beruchte klank kreeg. De prijs van het goud lag nog op een stabel niveau van $ 38 per ounce, en de valuta's waren juist begonnen te zweven. In de belangrijke industrielanden was de inflatie reeds een bron van zorg, hoewel het percentage op jaarbasis toen ongeveer de helft bedroeg van wat het tot voor kort was. Hetzelfde gold voor de werkloosheidscijfers. Anderzijds lag het reële groeitempo van de economie in de OESO-landen op gemiddeld 7% per jaar, ongeveer tweemaal zo hoog als de thans verwachte groei.

Vraag

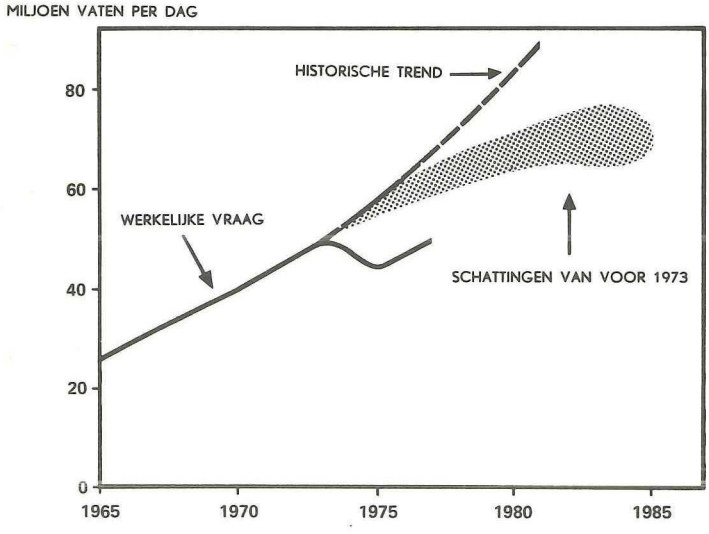
Wat energie betreft, behoort 1973 zeker tot een ander tijdperk. Vóór de crisis aan het eind van dat jaar vertoonde de wereldvraag naar energie een stijging van gemiddeld zo'n 5% per jaar. De bevolkingsgroei en het algemene streven naar verhoging van de levensstandaard gaven grond voor de verwachting dat de vraag in hetzelfde tempo zou blijven stijgen. Zoals U weet, gebeurde dit niet; het totale energieverbruik was vorig jaar slechts weinig hoger dan in 1973.

Wat olie betreft – en die voorziet nog steeds in meer dan de helft van de wereldenergiebehoefte – wil ik U laten zien wat er in feite gebeurde vergeleken met de geraamde vraag die ons voor ogen stond vóór de crisis van 1973 (figuur 1). De meeste ramingen van de olie-industrie waren toen nog gebaseerd op een verdere groei van de vraag, die ruwweg in overeenstemming was met de historische ontwikkeling. Toch werd in de planningscenario's van Shell-maatschappijen toen reeds rekening gehouden met de mogelijkheid van een op handen zijnde wijziging in het historische patroon als gevolg van de veranderende verhoudingen tussen de verbruikerslanden en de produktielanden en van de snel toenemende Amerikaanse olie-invoer, en de jaren zeventig werden reeds aangeduid als een periode van stroomversnellingen. Weinigen zullen echter hebben vermoed dat een zo woelig tijdperk zo spoedig zou aanbreken.

Zoals U ziet, heeft de vraag in de niet-communistische wereld zich weten te herstellen van de scherpe daling in 1974-1975. Maar in 1977 lag de vraag toch nog maar even boven de 2,5 miljard ton per jaar, weinig meer dan het topcijfer van vier jaar terug. Wanneer U dit vergelijkt met de van vóór de crisis daterende ramingen van de vraag voor 1977, zult U zien dat een hoeveelheid van ongeveer 250 tot 750 miljoen ton per jaar nooit gerealiseerd werd. U kunt daarbij als norm hanteren dat 250 miljoen per jaar meer dan driemaal de huidige vraag in de Benelux-landen is, terwijl 750 miljoen

VRAAG NAAR OLIE
(NIET-COMMUNISTISCHE WERELD)

Figuur 1



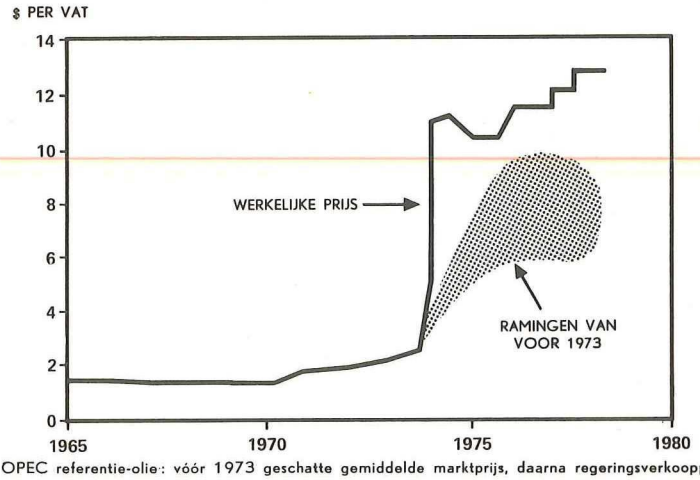
ton meer dan het totale verbruik van West-Europa vertegenwoordigt. In een industrie als de onze, waarin investeringen in nieuwe productiefaciliteiten, tankers en raffinaderijen moeten worden gedaan jaren voordat deze in bedrijf komen, heeft een dergelijk hiaat in de vraag een aantal vrij kostbare consequenties. Ik kom hier dadelijk nog op terug.

Prijzen

De andere meest voelbare verandering sinds 1973 is de enorme verhoging van de ruwe-olieprijzen die door de OPEC is opgelegd. De grafiek (figuur 2) laat de prijsontwikkeling zien in de actuele waarde van het geld. De prijsexplosie van 1973-1974 en de latere verhogingen volgden op een periode waarin de prijzen jarenlang stabiel waren geweest. Waren voor de grafiek dollars van constante waarde gebruikt, dan zou blijken dat de prijs op reële basis vóór de jaren zeventig gestadig daalde.

Ik heb ook aangegeven hoe wij in 1973 dachten over de mogelijke ontwikkeling van de OPEC-prijzen. Shell-maatschappijen verwachtten toen een prijsverhoging, omdat als de geïndustrialiseerde wereld in nog sterkere mate afhankelijk zou worden van OPEC-olie, dit onvermijdelijk tot een krappe aanbodsituatie zou leiden, en ook omdat de produktiekosten voor de meeste alternatieve energiebronnen reeds aanzienlijk hoger waren dan de olieprijs. Wat niemand voorzag was het tijdstip van de prijsver-

RUWE-OLIEPRIJZEN (ARABIAN LIGHT) * Figuur 2



* OPEC referentie-olie: vóór 1973 geschatte gemiddelde marktprijs, daarna regeringsverkoopprijs.

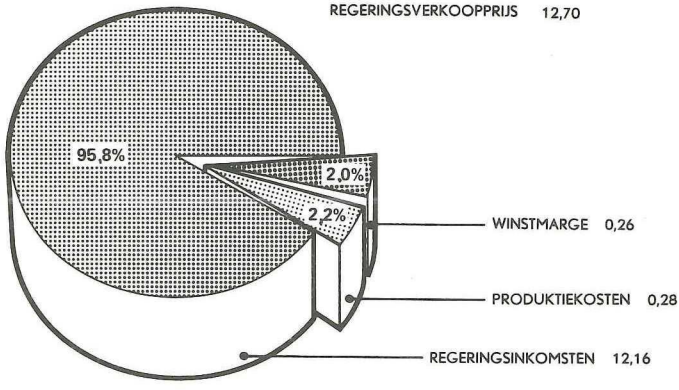
hoging en dat deze enorme verhoging over zo'n korte periode zou worden ingevoerd. De meeste scenario's veronderstelden in 1973 ook een geringere inflatie dan later het geval bleek te zijn.

Waar het uiteraard op aankomt is wat er in feite gebeurde. Het zal U zeker bekend zijn welke gevolgen de hogere olieprijzen hebben gehad voor de betalingsbalans van importerende landen, hoezeer de inkomsten van de exporterende landen zijn toegenomen en wat voor verschuiving van rijkdom dit met zich heeft gebracht.

Voor de olie-industrie brachten de hogere ruwe-olieprijzen, en de extra inflatie die daarvan een gevolg was, een enorme vergroting van de financiële dimensies teweeg. Om een eenvoudig voorbeeld te noemen: toen de prijs van olie vijf jaar geleden op ongeveer $ 2 per barrel lag, bedroegen de kosten van een lading ruwe olie in een mammoettanker $ 3 miljoen. Tegenwoordig zou eenzelfde lading OPEC referentie-olie à $ 12,70 per vat bijna $ 20 miljoen kosten. Voor een groep van maatschappijen waar dagelijks enkele miljoenen vaten omgaan heeft een dusdanige wijziging van de grondstoffenkosten enorme consequenties voor de behoefte aan werkkapitaal, vooral daar het gemiddeld meer dan twee maanden duurt voordat het merendeel van de verhandelde olie zijn weg door het systeem vanaf de laadhavens in het Midden-Oosten tot de verkoopinstallaties in Europa of Japan heeft gevonden.

Alvorens van dit onderwerp af te stappen, zou ik U nog één grafiek willen laten zien (figuur 3). Deze grafiek brengt in beeld hoeveel de oliemaatschappijen krijgen van de huidige prijs van de OPEC referentie-olie. In tegenstelling tot wat vaak beweerd

REFERENTIE-OLIE - f.o.b.-prijs in dollars per vat Figuur 3



wordt, gaat bijna de gehele verkoopprijs van $ 12,70 naar regeringen; de resterende 50 dollarcents moeten zowel de gemaakte produktiekosten dekken als de winstmarge voor de oliemaatschappij opleveren.

Veranderende opvattingen

Wanneer wij de bredere uitwerking van de prijsverhoging van 1973-1974 bezien, kan er geen twijfel over bestaan dat deze bijdroeg tot de ernstige economische recessie waarvan de meeste landen nog herstellende zijn, en dat deze beide factoren gezamenlijk de daling in de vraag naar olie veroorzaakten. Zelfs nu is het echter buitengewoon moeilijk het verband tussen oorzaak en gevolg vast te stellen. Een andere nieuwe, even moeilijk te meten factor die de vraag beïnvloedt, is de gewijzigde instelling ten opzichte van energie, en dat is wellicht het meest positieve resultaat van de oliecrisis. Onder consumenten is een groeiend besef waarneembaar dat energie waardevol is en dat de blijvende beschikbaarheid ervan niet langer een vanzelfsprekende zaak is.

Het marktmechanisme enerzijds en overheidsmaatregelen anderzijds hebben reeds tot aanzienlijke besparingen in het energiegebruik geleid. In de OESO-landen is er vergeleken met de situatie vóór de prijsverhoging van 1973 reeds een besparing van 2-3% in het primaire energieverbruik per eenheid van economische activiteit (BNP). Er kan op dit gebied nog veel meer worden gedaan, maar het is tenminste een begin.

Hetzelfde zou kunnen worden gezegd van het streven van de belangrijke verbruikers-

landen naar een rationeel energiebeleid. De politieke aanpak en de mogelijkheden om dit probleem op te lossen verschillen uiteraard van land tot land, maar elk land is bij machte een energieprijsbeleid en een investeringsbeleid te formuleren dat bijdraagt tot een efficiënter gebruik van bestaande energiebronnen en tot de ontwikkeling in binnen- of buitenland van alternatieven voor OPEC-olie. De meeste landen hebben daarmee wel een begin gemaakt, maar er is weinig vooruitgang geboekt, zoals blijkt uit het initiatief van President Carter in de Verenigde Staten en de pogingen om te komen tot een gemeenschappelijk energiebeleid hier in Europa.

Op het internationale vlak valt één concreet resultaat aan te wijzen in de vorm van het Internationale Energie Agentschap. Dit Agentschap, waarbij thans 19 belangrijke olie-importlanden zijn aangesloten, heeft een systeem ontworpen voor de toewijzing van olie in geval zich nog eens een noodsituatie van korte duur zou voordoen. Ook wordt gewerkt aan een systeem dat de regeringen informatie verschaft omtrent de prijzen, kosten en de behoefte aan werkkapitaal van de olie-industrie, terwijl nuttig werk is verricht voor het totstandbrengen van intergouvernementele samenwerking op lange termijn op energiegebied. Het feit blijft echter dat dit Agentschap geen beslissingsbevoegdheid heeft en niet kan ingrijpen wanneer er bij een vermeend of wezenlijk dreigend tekort gevaar bestaat van een algemene wedloop om olie.

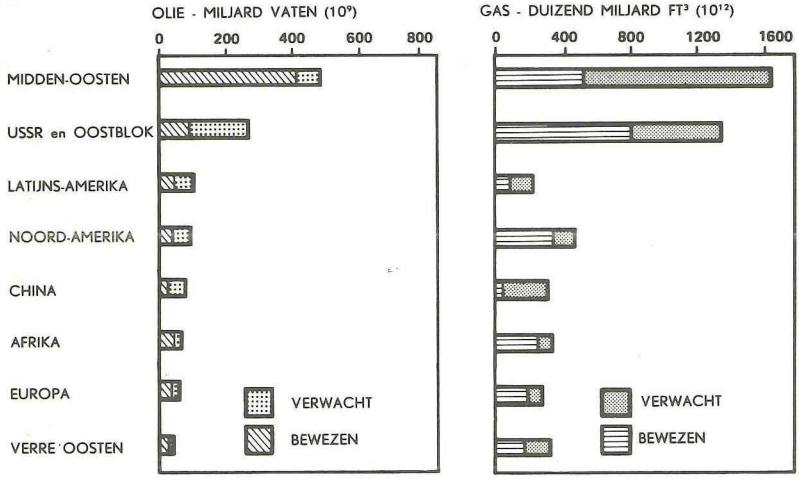
Tegen deze achtergrond kan de vraag gesteld worden hoe het thans met de energieproblemen en de mogelijkheden gesteld is.

Het huidige overschot

In de eerste plaats is het huidige olie-overschot voornamelijk een gevolg van de snelle ontwikkeling van nieuwe productiemogelijkheden in niet-OPEC-gebieden, en van een over de hele wereld langzaam herstel van de recente economische recessie. Naar verwachting zullen de Noordzee en Alaska tezamen aan het eind van 1978 ongeveer 175 miljoen ton olie per jaar produceren. In het begin van de jaren tachtig zal deze gezamenlijke productie de 300 miljoen ton per jaar benaderen en tegen die tijd zal nog eens 50 miljoen ton nieuwe productiecapaciteit in Mexico beschikbaar komen. Hoewel dit een indrukwekkende hoeveelheid lijkt, moeten we wel bedenken dat de olie-invoer van de Verenigde Staten alleen al vorig jaar met bijna 75 miljoen ton toenam. Zelfs wanneer men uitgaat van een zeer bescheiden toekomstige groei van de vraag, betekent die extra 300-500 miljoen ton nieuwe olie per jaar, hoe welkom ook, weinig meer dan een meevaller van korte duur voor de verbruikerslanden.

Zolang er sprake is van een overschot, kan de relatieve zekerheid van de aanvoer uit deze nieuwe bronnen buiten de traditionele productielanden gemakkelijk worden overschat. Deze grafiek (figuur 4) toont de verdeling van de bewezen wereldolie-reserves en wat daar in de toekomst vermoedelijk bijkomt. Ik geloof dat hierin een nuttige waarschuwing schuilt. U kunt zien dat de geraamde verdeling van de aardgas-reserves daarmee ongeveer overeenkomt.

BEWEZEN RESERVES EN GERAAMDE TOEKOMSTIGE VONDSTEN Figuur 4



Voor het moment echter zit er heel wat speling in het systeem. De onbenutte productiecapaciteit van de OPEC wordt momenteel geraamd op ongeveer 450 miljoen ton per jaar. Het is echter lang niet zeker hoeveel daarvan de betrokken regeringen bereid zouden zijn te gebruiken als daaraan behoefte bestond. Ramingen voor de wereldolievoorziening kunnen niet langer uitsluitend worden gebaseerd op een productieniveau dat technisch wellicht haalbaar is, rekening houdend met onze kennis van de bewezen reserves, van secundaire winningsmethoden en het potentieel voor nieuwe reserves. Wij moeten bij onze planning uitgaan van lagere, meer realistische cijfers, waarbij rekening wordt gehouden met de opstelling van de OPEC-landen ten opzichte van hun eigen financiële en politieke verlangens, en dat geldt met name voor Saoedi-Arabië. Zelfs bij redelijk optimistische veronderstellingen kan het verschil tussen deze beide planningen groot zijn.

Het raffinageprobleem in Europa

Voordat ik kom te spreken over de energievooruitzichten voor de jaren tachtig, zou ik even stil willen staan bij een ander aspect van de huidige situatie, namelijk het grote overschot aan transport- en verwerkingscapaciteit die jaren geleden werd besteld om in de verwachte groei van de vraag te kunnen voorzien. Deze groei bleef echter uit. Zoals U weet, heeft de scheepvaart over de gehele wereld met problemen te kampen en die beperken zich niet alleen tot de oliesector. De problemen op verwerkingsgebied doen zich om verschillende redenen met name in West-Europa voor.

Ten eerste verloopt het herstel van de vraag naar olie in Europa langzamer dan in de andere belangrijke verbruiksgebieden. Zo bedroeg het verbruik in West-Europa vorig jaar weinig meer dan 700 miljoen ton, nog altijd ongeveer 50 miljoen ton beneden het niveau van 1973.
Ten tweede bevindt een aanzienlijk deel van de in Europa aanwezige primaire destillatiecapaciteit zich in exportraffinaderijen, vooral hier in het gebied van Rotterdam, Antwerpen en in Italië. Wanneer er over de gehele wereld weinig vraag is, gebruiken de raffinaderijen elders hun eigen onbenutte capaciteit om produkten te vervaardigen die anders werden geïmporteerd. Het bestaande overschot in Europa wordt nog vergroot door de gestadige groei in de invoer van geraffineerde producten, voornamelijk uit Oost-Europa, waarvoor de tarieven en invoercontingenten van de Gemeenschap geen wezenlijke hinderpaal vormen. Daarnaast begint de nieuwe aanvoer van aardgascondensaten op de Europese markt te concurreren met de lichtere olieproducten. Bovendien is er spoedig een stroom nieuwe producten te verwachten van de grote exportraffinaderijen, die momenteel in Noord-Afrika en het Midden-Oosten in aanbouw zijn.

Dit alles heeft ertoe geleid dat de bezettingsgraad van de primaire destillatiecapaciteit in Europa gemiddeld 60 tot 70% bedraagt, vergeleken met een bedrijfsnorm van ongeveer 90% . Er is een overvloed aan producten op de markt en zowel de prijzen als de winstmarges hebben daar ernstig onder te lijden.

In een poging dit overschot te verkleinen, heeft de olie-industrie in Europa vorig jaar vrijwillig meer dan 80 miljoen ton per jaar aan primaire destillatiecapaciteit buiten bedrijf gesteld. Niettemin werd door de EEG-Commissie onlangs geraamd dat nog eens 60 miljoen ton buiten bedrijf zou moeten worden gesteld, wil men bereiken dat de bezettingsgraad voor de resterende capaciteit tegen 1980 op ongeveer 80% komt te liggen. Voor veel maatschappijen is de ruimte voor verdere bedrijfssluitingen beperkt om redenen van financiële, logistieke en sociale aard.

Er zit nog een andere kant aan het probleem. Nu er in de traditioneel op zware producten ingestelde vraag in Europa een verschuiving optreedt ten gunste van de lichtere producten wordt wel beweerd dat meer secundaire verwerkingscapaciteit nodig is om de ongewenste zwaardere fracties in lichtere om te kunnen zetten. Het is echter moeilijk te voorspellen hoe snel deze verschuiving in de vraag naar lichte producten zal doorzetten, of te berekenen welke invloed uitgaat van nieuwe factoren zoals de groeiende hoeveelheid lichte ruwe olie uit de Noordzee, die deel gaat uitmaken van de olievoorziening. Vermeden moet worden dat er in een te vroeg stadium te veel nieuwe omzettingscapaciteit wordt gebouwd.

Dat klinkt allemaal niet opwekkend, zult U zeggen, maar wat gaat dit iemand buiten de olie-industrie aan, vooral wanneer de consument zijn producten daardoor nog goedkoper kan aanschaffen ook? Ik wil in dit verband aanhalen wat de EEG-Commissie in haar studie over het raffinageprobleem te zeggen heeft:

"Het is voor een belangrijke sector van de olie- en gasindustrie een ongezonde situatie dat het rendement in de gemeenschappelijke markt voortdurend ontoereikend blijft, zelfs al wordt over de gehele linie (bijvoorbeeld door de winning van koolwaterstoffen, de vervaardiging van petrochemische producten en door activiteiten buiten de gemeenschappelijke markt) enige winst gemaakt om de investeringen te dekken. Het gevaar bestaat dat sommige maatschappijen zullen besluiten of gedwongen worden zich uit de betrokken afzetgebieden terug te trekken, dat dit tot minder concurrentie zal leiden en dat sommige noodzakelijke investeringen achterwege zullen blijven wegens cashflow-moeilijkheden, het excessief hoge leningenpeil en de onzekerheid ten aanzien van de winstmogelijkheden".

Zoals U wellicht weet, heeft de Commissie maatregelen overwogen om in deze situatie snel verbetering te brengen. Maar er bestaat tussen de regeringen en binnen de olie-industrie zelf nog geen overeenstemming over de beste maatregelen die tot dit doel kunnen leiden. Ik sta in principe achter de voorstellen van de Commissie maar ben van mening dat de oplossing uiteindelijk ligt in verdere pogingen van de olie-industrie zelf om aan het capaciteitsoverschot het hoofd te bieden, terwijl met de Commissie overleg kan worden gevoerd over de vooruitzichten voor de vraag op korte termijn. Zowel de Commissie als de lidstaten kunnen echter een aanvullende rol spelen door controle uit te oefenen op de invoer van producten en door er voor te zorgen dat handelsovereenkomsten met landen buiten de Gemeenschap rationeel zijn en aan hun doel beantwoorden.

Ik zou hieraan willen toevoegen dat ik mij gesterkt voel door de erkenning van de Commissie, dat elke sector van de olie-industrie zichzelf moet kunnen bedruipen, en ook door het feit dat het prijsbeleid van althans enkele regeringen, waaronder die van België, thans gebaseerd is op formules die automatisch de werkelijke kosten en de veranderende marktsituatie weerspiegelen.

Als de consument geen realistische prijs voor het product betaalt, betekent dit dat het verbruik wordt gesubsidieerd en dat de industrie huiverig zal zijn te investeren. Voor de verwerkings- en verkoopsector lijkt me dit een vanzelfsprekende zaak. Hetzelfde principe gaat nog sterker op voor de produktiesector, waar de ontwikkeling van nieuwe energiebronnen voor de jaren tachtig afhankelijk is van de investeringen die thans worden gedaan en van het winstniveau dat nodig is om deze investeringen gaande te houden.

De vooruitzichten voor de toekomst

Wat de toekomstige ontwikkeling van de wereldenergiebalans betreft, kunnen er heel wat dingen gebeuren tussen nu en het eind van deze eeuw waardoor wij onze huidige

prognoses moeten wijzigen. Op korte termijn echter zijn de mogelijkheden voor een snelle verandering beperkt. Transport-, verwarmings- en krachtopwekkingssystemen kunnen niet in een handomdraai worden gewijzigd. Soortgelijke beperkingen van infrastructurele aard doen zich voor in het bestaande aanvoersysteem, en met de ontwikkeling van nieuwe energiebronnen kan thans wel vijf tot vijftien jaar gemoeid zijn. Dit betekent dat de geïndustrialiseerde wereld voor het merendeel van haar energiebehoefte tot ver in de jaren tachtig afhankelijk zal blijven van olie en dat op korte termijn weinig kan worden gedaan om onze afhankelijkheid van de OPEC-landen te verkleinen.

Op langere termijn is de scala van mogelijkheden veel groter: het ligt er maar aan hoe men aankijkt tegen de vooruitzichten voor de economische groei in de belangrijke verbruiksgebieden, tegen een efficiënter energieverbruik en tegen de snelheid waarmee alternatieven beschikbaar komen. Maar tenzij men ervan uitgaat dat de vraag naar olie niet meer toeneemt, wijst alles erop dat de beschikbare olie ruim vóór het jaar 2000 en hoogstwaarschijnlijk tussen 1985 en 1995, de potentiële vraag niet meer zal kunnen dekken. Over het preciese tijdstip waarop dit zal gebeuren, kan men nog van mening verschillen, maar wat telt is dat, wanneer de vraag, evenals in 1973, weer begint aan te trekken tot het peil van de beschikbare olie, nieuwe energievoorraden in veel grotere hoeveelheden beschikbaar zullen moeten zijn dan op grond van de huidige ontwikkelingen mag worden verwacht.

De hogere prijs heeft het zoeken naar olie in nieuwe gebieden met behulp van nieuwe technieken – bijvoorbeeld in de poolgebieden en op grotere diepte in zee – gestimuleerd, evenals pogingen om het oliewinningspercentage uit bestaande velden op te voeren. Deze activiteiten ondervinden echter hinder van een hele reeks nieuwe beperkingen. Sommige daarvan vloeien voort uit de enorme kosten en de ingewikkelde technische problemen verbonden aan het werken in een onherbergzame omgeving en uit de lange aanlooptijden waarin de investeringen aan risico's bloot staan. De meeste beperkingen zijn echter door de mens bedacht, in de vorm van politieke risico's en onzekerheden, vertragingen uit milieu-overwegingen en een onrealistische houding ten opzichte van het winstniveau dat nodig is om deze zeer riskante langetermijnprojecten te kunnen rechtvaardigen. Wanneer men $ 5 miljard besteedt aan de ontwikkeling van een enkel veld (zoals een Shell-Maatschappij en haar partner momenteel in de Noordzee doen), moet de toegestane nettowinst in redelijke verhouding staan tot de omvang van de investeringen en tot de genomen risico's. Ik meen te mogen zeggen dat het tempo waarin nieuwe oliebronnen worden ontwikkeld evenveel te maken heeft met de houding van regeringen (zowel in geïndustrialiseerde als in ontwikkelingslanden) als met de vaardigheid waarmee oliemaatschappijen deze olie opsporen en winnen.

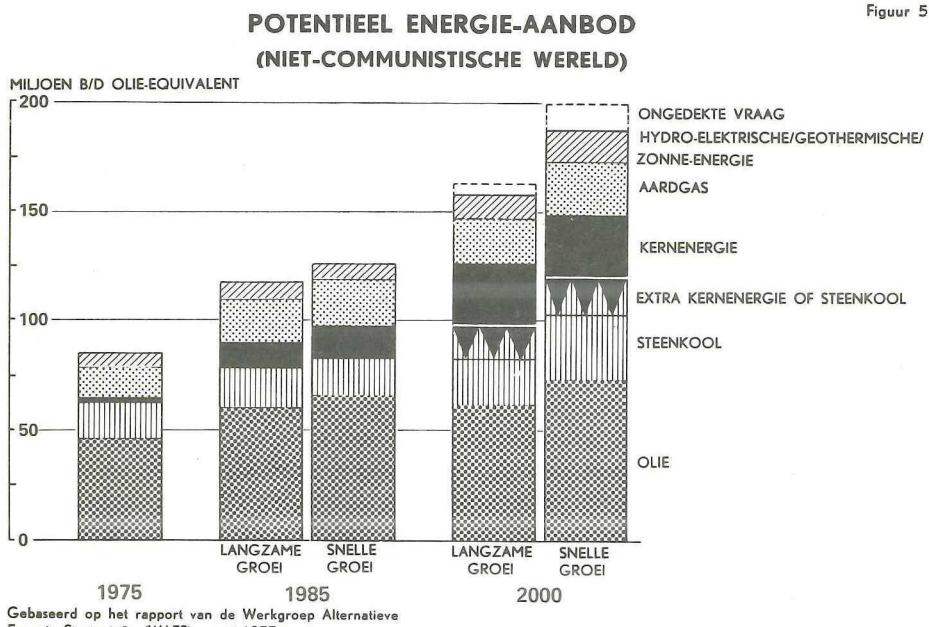
Toch, hoe optimistisch men over nieuwe olievondsten of over het productieniveau dat over grotere reserves beschikkende OPEC-landen zullen toestaan, ook mag zijn,

aan de langdurige positie van olie als brandstof die de wereldenergiebalans in evenwicht houdt, komt onvermijdelijk een einde.

Alternatieven

Wat zijn de vooruitzichten voor de alternatieven?
Ik wil U een andere grafiek laten zien (figuur 5) om U een indruk te geven van de grotere hoeveelheden energie die nodig zouden zijn om, bij scenario's van respectievelijk langzame en snelle groei, in de vraag te voorzien wanneer de groei van de olieproductie begint af te nemen. Ik wil er nog eens met nadruk op wijzen dat de vermelde cijfers in ramingen zoals deze er minder toe doen dan het principe en de scala van mogelijkheden die zij in beeld brengen.

Figuur 5



Gebaseerd op het rapport van de Werkgroep Alternatieve Energie Strategieën (WAES) - mei 1977

Voor aardgas, steenkool en kernenergie is het potentieel, zowel qua omvang als wat de huidige stand van de technologie betreft, veel groter dan afgebeeld. Evenals bij olie moet bij realistische veronderstellingen echter rekening worden gehouden met aanlooptijden en andere beperkingen.

De aardgasreserves bijvoorbeeld zijn groot en het is niet waarschijnlijk dat deze het productieniveau in de resterende jaren van deze eeuw zullen beperken. Het fundamentele probleem bij gas is dat het vervoer bijzonder kostbaar is, ongeacht of dit nu

per pijpleiding of in vloeibare vorm geschiedt, en de omvangrijkste onaangebroken reserves liggen op grote afstand van de belangrijke afzetgebieden, bijvoorbeeld in het Midden-Oosten en Siberië. Daar komt bij, dat de prijs waartegen het gas in de meeste afzetgebieden wordt verkocht, ruim beneden zijn eigenlijke waarde ligt, of men nu uitgaat van de vervangingskosten of van de overeenkomstige olieprijs. En vanwege politieke en fiscale onzekerheden in zowel productie- als verbruikslanden, duurt het jaren voordat de onderhandelingen over ingewikkelde exportprojecten zijn afgerond.

Niettemin ben ik van mening dat de internationale handel in gas aanzienlijk zal toenemen. Gas wordt door de consument algemeen gezien als een schone en gemakkelijke brandstof; de infrastructuur om het in grote hoeveelheden te gebruiken is in veel landen reeds aanwezig en de binnenlandse voorraden zijn in sommige verbruikslanden niet meer toereikend om in de potentiële vraag te voorzien.

In West-Europa ziet het er naar uit dat de vraag in de voornaamste afzetgebieden tot in het midden van de jaren tachtig ruimschoots kan worden gedekt uit inheemse bronnen en door de reeds gecontracteerde hoeveelheden importgas (uit Noord-Afrika en de Sovjet-Unie). Voor de verdere toekomst zijn we echter aangewezen op meer afgelegen – en daarom duurdere – bronnen. Gezien de lange aanlooptijden die daarmee gemoeid zijn, betekent dit dat de voorbereidingen voor de noodzakelijke nieuwe invoer al een eind gevorderd moeten zijn.

Verscheidene vloeibaar-aardgasprojecten voor de jaren tachtig bevinden zich nu in de langdurige en moeilijke onderhandelingsfase en voor al die projecten geldt dat de investeerder risico loopt, en wel ten aanzien van de vraag of de marktprijs tegen die tijd hoog genoeg zal zijn om een rendabele exploitatie mogelijk te maken. Bij kapitaaluitgaven die per project zo'n $ 4 miljard bedragen, is dat een niet gering risico, hetgeen verklaart waarom de betrokken maatschappijen met grote omzichtigheid te werk gaan.

Steenkool en kernenergie

De wereldolie- en gasreserves verdwijnen in het niet vergeleken bij die van steenkool en de aanlooptijden voor investeringen in nieuwe steenkoolreserves zijn over het algemeen niet langer dan voor olie- of gasprojecten. Evenmin zijn er fundamentele technische problemen, die de ontwikkeling van een omvangrijke internationale handel in steenkool zouden kunnen belemmeren. Van alle alternatieve energiedragers zou steenkool het vlotst beschikbaar kunnen komen en importeurs betere waarborgen voor een constante aanvoer kunnen bieden door de grote geografische spreiding van de vindplaatsen.

Voor de moeilijkheden die momenteel vertragend werken op de ontwikkeling van

nieuwe steenkoolvoorkomens op een schaal als in de jaren tachtig nodig zal zijn, kunnen twee oorzaken worden genoemd. De eerste is het nog niet onderkennen van de noodzaak steenkool op grotere schaal toe te passen. Potentiële investeerders in kolenmijnen en internationale handelsprojecten moeten een zekere garantie hebben dat de regeringen de nodige infrastructurele ontvangstvoorzieningen treffen en een beleid voeren dat afnemers ertoe brengt opslagfaciliteiten en verbrandingsapparatuur voor steenkool te installeren. De tweede oorzaak ligt bij de vertraging op grond van milieuhygiënische bezwaren: in veel landen klinken krachtige protesten tegen de mijnbouw en tal van achterhaalde opvattingen over de nadelen van steenkool moeten nodig worden herzien.

Op langere termijn is een belangrijke toepassing voor steenkool weggelegd in de vorm van vloeibare of gasvormige brandstof. Aanzienlijke vooruitgang is reeds gemaakt met het oplossen van de technische problemen die daaraan verbonden zijn. Maar het probleem van de zeer hoge kosten is er nog steeds en het lijkt niet waarschijnlijk dat steenkool in gasvormige of vloeibare toestand vóór het jaar 2000 een rol van betekenis in de wereldenergievoorziening zal spelen.

U zult ongetwijfeld op de hoogte zijn van de problemen en vertragingen waarmee kernenergie te kampen heeft, voornamelijk om redenen die met de veiligheid van het milieu te maken hebben. Totdat deze emotioneel geladen kwestie is opgelost, zal kernenergie het grootste vraagteken blijven in de toekomstige energievoorziening. Tot op zekere hoogte zou een teleurstellende ontwikkeling op kernenergiegebied kunnen worden gecompenseerd door extra steenkool voor de opwekking van electriciteit. Er is echter vrijwel geen scenario met betrekking tot de vraag denkbaar, waarbij wij ons een dubbele teleurstelling zouden kunnen veroorloven.

De zichzelf vernieuwende energiebronnen zullen naar verwachting tot het jaar 2000 geen belangrijke extra bijdrage tot de energievoorziening kunnen leveren. De meeste voor hydro-elektrische centrales geschikte plaatsen in de industrielanden zijn reeds benut. Geothermische en zonne-energie zouden in sommige plaatsen van belang kunnen worden, maar andere meer buitenissige alternatieven zijn nog een eind van ons verwijderd, hetzij vanwege de enorm hoge kosten, hetzij omdat de technologie nog niet zo ver is.

Ik heb getracht aan te geven, waarom zich thans rond de toekomstige energievoorziening veel meer vragen aandienen dan op eenvoudige en afdoende wijze kunnen worden beantwoord. Het huidige overschot heeft in de verbruikslanden een misplaatst gevoel van geborgenheid teweeggebracht en regeringen zijn nog steeds geneigd hun keuzemogelijkheden in een op de korte termijn afgestemd nationaal kader te zien in plaats van als iets, dat deel uitmaakt van een internationaal lange-termijnprobleem.

Voor oliemaatschappijen bestaan er geen "veilige" veronderstellingen meer, die als basis zouden kunnen dienen voor het plannen van investeringsprogramma's. In veel der miljarden dollars kostende projecten waarin zij verplichtingen aangaan, schuilt een groot element van vertrouwen dat een rationeel energiebeleid, zowel nationaal als internationaal, spoedig zal worden gerealiseerd.

Voor ons allen geldt echter, dat de ons toegemeten tijd er angstwekkend kort begint uit te zien, willen we komen tot een soepele overgang van het olietijdperk naar een toekomst waarin alternatieve energievormen op grote schaal beschikbaar zijn wanneer de behoefte daaraan zich manifesteert.

WORLD ENERGY OUTLOOK AND TRANSPORT *)

by
Dr. Karl Kühne
Senior principal administrator in the Directorate-General for Transport of the EEC Commission

The problem of energy consumption in transportation is threefold: First, it must be seen against the background of the world energy supply situation as a whole, in the short, medium-term and longrun outlook. Second, the dynamics of consumption of energy by transport ought to be compared with the evolution of demand in general, both in the short and long run. Third, the most dynamic element in transport energy consumption is undoubtedly the private car; therefore, it merits special attention.

Prior to embarking on an analysis of this kind, which leads to more or less harzadous forecasts, it may be appropriate to sketch briefly the relative importante of energy consumption within the framework of the Common Market.

We are going to examine these points in a somewhat inverse order, starting with a general purview of the statistical situation in the Common Market, going on to discuss point two and three above, and ending with a general outlook (point one).

Importance of energy consumption in the transport sector

In order to assess the relative importance of energy consumption in transportation, we have first to decide whether we include the maritime sector or not. If we do, transport consumes roughly one fifth of total energy consumed in the nine countries of the Common Market, ever since the early seventies.

However, including bunkers seems somewhat arbitrary; ships are bunkering in countries where their journey ends or where fuel is rather cheap, without necessarily carrying most of their goods to or for that country; at any rate, bunkering is not part of inland consumption, and it covers the cheaper sort of fuel, mostly of a residual character. Finally, including maritime consumption in total figures understates the dynamic evolution of total transport consumption.

*) This article is written in a purely personal capacity and in no way engages the EEC Commission or any other community institution.

From 1963 to 1973, total energy consumption in the nine countries (excluding energy products consumed for non-energetic purposes) grew by roughly one half, and so did bunkering; but transport consumption excluding bunkering showed an increase of about 70% . If we compare 1976 with 1973, total consumption and bunkering are still hanging back by 2% , but transport consumption is 1,1% higher.

Again, this global approach understates sectoral dynamics of road and air transport. Over the period 1963-1973, railway consumption of energy was halved and now accounts for only 6,5% of transport consumption. Inland navigation which accounts for some 3,5% doubled its absolute consumption over this period, and road transport which holds the lion's share with more than 80% increased by 123% , while air transport consumption increased more than fourfold.

At any rate, we had better concentrate on the evolution of transport excluding bunkers, since the latter tend to follow the growth pattern of the economy as a whole, while inland transport consumption grows much more rapidly.

It is true that bunkering looms very large in oil products; if it is included, transport consumption of oil products reaches some 42,2% in 1976 of total oil consumption for energy purposes. This share of transport including bunkers had even been a little higher in 1963, namely 42,8% .

But this clearly understates the dynamics of the inland transport sector: Its share in total energy consumption (excluding non-energy use of energy products) amounted to 14,5% of final energy inland consumption in 1963 and 17,1% in 1976 (9 countries). If expressed as a share of gross inland consumption of energy products (including non-energy uses), it increased in that period from 12 to 14% .

It is therefore very likely that transport consumption of energy (excluding bunkers) will approach a share of 20% in total inland consumption of energy (excluding non-energy uses) in the early eighties.

Whereas in the late fifties, consumption of energy by transport represented approximately one third of the share of industry, it is now almost one half and might be in the eighties more than one half of household consumption.

Thus transport begins to loom large in energy consumption. Besides it becomes conspicuous because of its high and rather regular consumption growth rates. This brings us to our second point.

Evolution of GNP and energy demand of the economy

From a comparison of growth rates of the gross national products (gross inland product) and of gross inland consumption of energy, for the nine and the six countries in the Common Market, a number of conclusions may be drawn. With regard to energy consumption, we must bear in mind that the low growth rates of 1956/57 and 1967 were affected by two Suez crises, and the figures for 1974 by the embargo linked to the latest Middle East War.

First, growth rates in energy consumption show much greater swings , following the business cycle (or the "growth cycle"), in the fifties and sixties, than growth rates in gross national product. This is mainly due to large variations in the consumption of fuel in industry and transformation.

Energy consumption shows negative growth rates in the "growth recession" years 1953 and 1958 (the Suez crisis interfering by 1956), which saw relatively mild downswings in the GNP growth rate, the latter always remaining positive. In the sixties, negative growth rates on energy did not occur, although the growth rate of energy consumption in the nine countries fell below 3% in three years (1961, 1966 and 1967), which happened to the GNP growth rate only in the mild recession of 1967.

Second, growth rates both in the gross national product and in energy consumption tended to be higher in the fifties than in the sixties and especially the seventies. For the six countries, the average annual growth rates for GNP were in the fifties 5,89 and in the sixties 5,37, while for energy consumption they turned out lower in the first period (4,9%) and higher in the second one (6,29%).

By and large, there was a tendency for energy consumption to outpace general growth in the sixties. This tendency is confirmed by the deterioration the energy coefficient shows both in the United States and in Europe from 1966 onwards.

In the six countries, the consumption of energy per unit of GNP (TEC/1000 $) had decreased from 1956 (2,4%) to 1966 (2,13); from then onwards, it increased (to 2,24).

In the United States the corresponding figures are 2,75 for 1956, 2,64 for 1966 and 2,86 for 1970 (1). Here the phenomenon has led to a Report being established by the National Economic Research Associates Inc. (NERA – a firm of Consulting

(1) European Commission, "Perspektiven für die Entwicklung des Primärenergiebedarfs in der Gemeinschaft" (1975-1985) Dok. SEK (72)3283 of 4th October 1972, p. 58.

Economists) (1). In this Report, it is stated that the long-term trend of the energy/GNP ratio showed a decline ever since 1920 right up to 1966, i.e. a tendency of improvement in the use of energy. Prior to 1920 energy demand had been growing faster than GNP, which is understandable in view of the rise of energy consumption in the early days of modern society.

This earlier tendency towards a rise in the energy/GNP ratio has been explained as follows: "Changing economic structure in the direction of greater industrialization and mechanization in terms of rated horsepower equipment compared to output, which should lead to greater energy consumption per unit of national product, was apparently a dominant factor at work in the period until about World War I" (2). This trend was then reserved around 1920.

NERA then recognizes that the trend has again been reserved since 1966 right up to the early seventies: "The anomaly of the post-1966 period is that sustained high growth rates of energy accompanied moderate, low or negative growth in GNP".

Since the seventies saw a reappearance of the latter tendency since 1974 with a vengeance, NERA's analysis is of particular interest today, even if the energy consumption growth rates have been damped by the combined effect of OPEC price rises and slow growth.

NERA reached in 1972 the following conclusion: "The decline in (or possibly cessation of) the improvement in the heat rate in fossil-fuel power generation and the use of air conditioning account for about two-thirds of the identified basis of the trend reversal".

The overall efficiency allowance applicable to electricity as a percentage of total BTU consumed by utilities declined from 83,1 percent in 1947 to 70,7 percent in 1967 and rose continuously thereafter to 72,3 percent in 1970.

From these data we compute the relative contribution of each consuming sector to the upturn in the energy/GNP ratio, which was 10,5 percent over the period 1966-1970.

The total BTU loss due to electricity use accounted for 43,8 percent of the increase. The transportation sector accounted for 28,5 percent, the industrial sector, 19,1 percent, and the household-commercial sector, 16,2 percent (3).

---

(1) NERA, Fuels for the Electric Utility Industry, 1971-1985, New York 1972, pp.57 ff.
(2) S.H. SCHURR, B.C. WETSCHERTET alii: Energy in the American Economy: 1850-1875, Baltimore 1960, pp. 157-190.
(3) NERA, ibidem, pp. 69, 75, 76.

In other words: 70% of the deterioration in the energy/GNP ratio was due to a decrease in efficiency in electricity generation and in transport.

Roughly the same may have been true of the similar phenomenon in Europe, although no specific studies seem to have been made on this side of the Ocean.

We may, therefore, conclude that in the seven years preceding the OPEC price revolution of autumn 1973, powerful forces were at work in the economy making for a less efficient use of energy. And these forces largely affected transport.

It could be possible that one of the underlying reasons for this development was the relative cheapness of oil and therefore energy ever since 1957, to this extent, one might presume that the exorbitant price rises since 1973 would lead to an automatic strengthening of the forces favouring savings in energy.

However, some doubts arise if one studies more closely the reasons for the deterioration in the energy/GNP ratio prior to the oil crisis. It might even be possible that awareness of these reasons prodded OPEC into action.

First, it seems that the heat rate at central power stations which kept improving until the later fifties hit a sort of technological bottom around 1960. 40% efficiency seems to be considered the feasible limit under current technology in electricity generating plants; but the actual rate deteriorated in the early seventies to 44% and does not seem to have improved recently.

Second, there seems to be a growing tendency towards waste in the transport sector: Improvements in technical efficiency of motors seem to have been offset, at least since 1965/66 (the crucial moment for the overall deterioration in energy use!) by a tendency towards more powerful cars, inefficient traffic conditions and congestion in built-up areas, relative decline in the use of public transport, increase in empty-journeys (transport on own account), etc.

Third, it seems, that the areas of price-inelastic demand (household heating, household appliances, private transport, etc.) are of increasing importance as compared with price-elastic commercial and industrial demand.

All these factors may well offset the price rise, as long as governments do not take effective steps to reinforce the wholesome influence of the latter.

There is at least one indication that the deterioration in the energy/GNP ratio may have been well on the way even prior to 1966, in the Western World.

Morrison and Readling, in their great study (1) found out that in the USA "the ratio of the percentage change in energy consumption to a one percentage change in GNP ..... had undergone an increasing trend from 1947 through 1965, while still less than unity".

In Europe, this ratio which had hovered around 0,6 in the decade 1950-1960 reached almost unity in 1960-1971. If it has since fallen, for the nine countries, almost to the level of the first post-war decade (0,61), it is not quite sure whether this warrants the optimism displayed in some newer studies (2).

It is true that the European Commission, in its forecasts in 1970, still reckoned with a unity coefficient (1,022) and that it subsequently lowered this assumption until it reached 0,785 in July 1977 (3).

OECD calculated for EEC a coefficient of 0,96 for the period from 1960 to 1974; its forecast for the period 1974-1985 coincided with the above revised estimate of 0,8 (4). But OECD also points out that in the rest of Europe the energy coefficient is likely to remain above unity right up to 1985.

The trouble with all these forecasts is, that they seem to be based, for the latest period, on a sort of extrapolation of what happened in recent years which were fraught with recession, and on the assumption that plans for energy saving will bear some fruit.

A close look on recent figures does not seem to warrant much optimism. It is true that 1977 – a year of near-recession – saw an increase of energy consumption of only 1,1% , as compared with a GNP growth of 2% . But in a year of normal upswing like 1976, energy consumption increased much faster than GNP – with a growth rate of 6% as compared with 4,8% for GNP, i.e. showing a coefficient of 1,25. It is to be feared that, if normal growth of 4-5% is to be attained in the remaining years up to 1985, the coefficient will continue to hover around unity. On the other hand, hopes for a lower coefficient will have to rely on slower growth – which is not quite an exhilarating prospect! –, considering the slow progress being made in energy savings schemes.

---

(1) W.E. MORRISON/C.L. READLING, An Energy Model for the United States, Bureau of Mines Information Circular 8384, Washington, US Department of the Interior, 1968.
(2) See IFO-Study for EEC: "Die neue energiepolitische Situation in Ihren Zukunftskonsequenzen für den Verkehrsbereich", München, March 1978.
(3) EEC, Communications and Reports of 5th June 1974, 9/16 January 1976 and 29th January, 1977.
(4) OECD, World Energy Outlook, A Reassessment of Long-Term Energy Developments and Related Policies, Paris 1977, p. 55.

Transport and total energy consumption

However the growth scenario may turn out, one thing seems to be certain: Energy consumption in transport proved to be much less elastic – except in the years of oil crisis – than energy consumption in general and notably energy consumption by industry. In general, growth rates in traffic volume have been much higher than those of GNP, they may be used as a proxy for passenger and goods transport energy consumption for production purposes: possible technological savings may be considered to be offset by higher speed outside urban areas and growing congestion inside them.

Therefore, even if a decrease in the overall energy/GNP ratio might come about, this would only enhance the relative importance of energy consumption in transport which is likely to remain rather stable. As far as the six countries were concerned, in the fifties, the growth rate of energy for transport (3,87%) had still remained both below the growth rate of GNP (5,89%) and average energy consumption (4,9%). In the sixties, it began to bypass the growth rate of general energy consumption (6,29%) slightly (6,4%) and left the GNP growth rate well behind (5,37%). In the seventies, after the oil crisis and the recession have been overcome, transport consumption of energy seems to grow rather steadily, while the growth rate of general energy consumption shows larger swings.

There can be no doubt that the growth rate of energy consumption as a whole has been dampened considerably in recent years. This was of course originally due to the shock of the sudden increase in oil prices. However, there are a number of elements, which seem to indicate that energy costs, in real terms, have subsided considerably since then, being bypassed by general inflation and specifically by wage costs. Furthermore, the sluggish recovery since 1975 has tended to keep down energy consumption as a whole to levels which must not be considered as being representative of normal growth conditions.

In countries where such normal conditions prevail, energy consumption has surged upwards in spite of savings plans announced by their governments.

The case of the United States

The United States are the most recent example of a country enjoying normal growth rates: GNP grew by 5% in 1977 and, according to OECD forecasts, will go on growing by 4% in 1978.

OECD calculated early in 1977 that, on a basis of a GNP-growth rate of 4,4% 1974-1980, energy requirements would grow by 18% , i.e. by roughly 2,8% annually (1). This would yield a coefficient of about 0,6%.

In a study of the well-known oil expert Walter I. Levy, early in 1975 (2), total energy consumption was supposed to grow, if now new policy intervened, from 38 million barrels daily in 1975 to 44,7 in 1980; this would constitute a substantially higher growth rate of 3,3%.

It seems that the energy consumption has grown more in the way predicted by Levy.

Levy assumed that if no changes in policy would occur, the United States would have to import some 9,7 million daily barrels of oil by 1980 (3). This is very likely to be achieved. As a matter of fact, the United States imported already in 1977 some 7,7 million barrels of oil per day, more than 45% of its daily oil consumption of 17 million barrels. Carter wanted imports to be kept down to 6 million barrels per day, but this looks already utopian now. Carter's programme would have meant that from 1985 onwards, any further growth requirements would be offset by energy savings elsewhere, so that overall American energy consumption would cease to grow.

In fact, the United States are now relying on imports for about a quarter of their total energy consumption, as against 6,6% in 1971.

It is true that this is largely due to the fact that internal oil and even more natural gas production is being kept low by price control; the fact that is to be maintained already earned President Carter some suspicions that he might want "to conserve American oil for the future, even when energy is scarce and more expensive, importing oil meanwhile" (4).

However that may be: The fact remains that there has been a reversal in oil costs on both sides of the Atlantic. In the sixties, Europe imported oil at roughly 2 dollars a barrel, while oil cost roughly 3,5 dollars in the United States. Today, Europa has to pay on the average around 11 dollars a barrel; though the United States import at a slightly higher price, about one fifth of the oil input of US refineries is sold at only 5,7 dollars a barrel, and non-Alaskan oil is also one fifth cheaper than Middle-East oil, so that on balance American refineries and consumers pay less for their oil

(1) OECD World Energy Outlook, Paris 1977, p. 37.
(2) W.J. LEVY S.A. U.S. Oil Policy, Washington, April 1975 (Manuscript)
(3) Levy, ibidem, page 39.
(4) Alan Parker, Western Energy Policy after Carter, Lloyd's Bank Review, Jan. 1978, p. 35.

than European refineries and consumers – exactly the reverse of what happened in the sixties. It may be that, while cheap oil helped to boost European growth in the sixties, it now works the other way round. Some sources even maintain that the average price paid by U.S. refineries per barrel is as low as 7,66 dollars – about one half of European prices, because "lower tier old oil" constitutes about 60% of total US consumption (1). Today, for instance, the American consumer pays roughly 1,36 French francs, for one litre of super, while the French consumer pays 2,31 FF. The reason is, of course, that the Frenchman pays 1,35 FF in taxes, while the American consumer pays almost nothing – 0,054 FF.

In other words: As long as Carter does not succeed in limiting US consumption, America will continue to seek in Middle-East oil, making it more expensive for Europeans than it would otherwise be, contrary to what happened in the sixties, when America contributed to the oil glut by protectionist methods.

The (short-term) oil glut

It may of course be said that there is now a new oil glut, which seems to belie all dire predictions as to the future shortage of oil. This oil glut already started in 1976; in the month of June of that year, Tony Benn held his national energy conference, and one commentator recalled the energy conference presided over by Eric Varley in 1974, when "everybody agreed on an obviously nonsense consencus: namely, that the rise in oil prices – which was bound to cut demand below potential supply – would instead make Britain desperately short of energy ..... Today, one third of the way to 1980, Britain is in what one speaker at the conference engagingly called a most unexpected short-term energy glut, which will last as far ahead as one can see": (2).

The problem is whether this short term energy glut reflects longer-term-trends. Three remarks need be made:

First, although dire forebodings for the eighties do not seem to be justified any more, there are still plenty of reports by oil companies, CIA and scientific bodies, which keep on predicting an energy shortage in the 1990s. It is true that these are contested by some experts, notably Adelman and some conservation economists, who argue that such a shortage should at least be foreshadowed by a secular relative rise in costs.

---

(1) J.P. SERENI: Energie, Le Grand Voyage de Jimmy Carter, Le Nouvel Economiste; No. 78, 25.4.1977, p. 43.
(2) Economist, June 26, 1976, Article "Energy through pressure".

Second, even if the artificially created price hitch in 1973/4 cannot be considered to reflect real shortages, it indicates at least, if one takes into account the production limits introduced by some producers (notably Kuwait and Libya) that some suppliers fear a coming shortage and sudden cost rises in the future. It is indeed possible that oil, being a low-cost resource as far as production costs are concerned, as it once showed a sudden rise of production figures, will one day also show a sudden decline, without any alarm signal in slowly rising costs.

The peculiar situation of transport

Third, even if energy as a whole may not be in short supply prior to the 1990s, it must not be forgotten that transport – if one leaves aside electrification – largely for technical reasons relies on oil supplies. If the rise in transport demand continues unabashed, there is a certain likelihood that:

- administrations will clamp down on transport in any short term emergency, be it conditioned by war, embargo or cartel action;
- if there is any energy shortage forthcoming in the 1990s, transport is going to feel the pinch much earlier since it has to rely almost exclusively on oil products;
- it is to be feared that technological achievements will largely be offset by the trend towards energy-intensive modes and more powerful engines in transport, a tendency that will be reinforced by further increases in traffic volume, especially in those countries where highspeed motorways networks are still capable of considerable expansion.

Three points must be stressed: First, those modes of transport which are particularly energy-intensive show at the same time the most dynamic development. Second, though inefficiencies in the use of energy may be abated by a host of technical measures, they are not likely to affect the vehicle park in the near future, but only in the long run. Third, organisational and political measures aiming at energy saving are likely to run into all sorts of institutional, political and sociological obstacles.

Therefore, there does not seem to be much hope that the situation may change very soon. In other words: the share of transport in total energy consumption and especially oil consumption is likely to go on rising, even if overall savings schemes are to be introduced on a grand scale.

Specific energy consumption in transport

All available studies agree that public passenger ground transport is the most efficient mode as far as energy consumption is concerned; bus transport ranks foremost, with rail transport coming in a close second. This presupposes of course a reasonable degree of capacity utilization.

Thus, the TNO-Study (1) submitted to the European Commission in 1974 found out that the Consumption of energy, expressed in kilo-calories per passenger kilometres, was roughly as follows:

Table I. Ratios of Energy Consumption in Passenger Transport

		Ratio	Kilo calories/ Passenger Kilometres
	Bus	100	180 – 305
	Tram	150	325
European	Car	300	630 – 645
American	Car	400	600 – 1140
	Air	600	

As for goods transport, the same study stated the following figures (2):

Table II. Ratios of Energy Consumption in Goods Transport

	Ratio	Kcal/ tkm
Inland Waterways	100	80 – 115
Pipelines	40	70 – 75
Rail	50-220	100 – 200
Road (interurban)	370	340 – 420
Air	2000-6000	3650 – 5920

(1) Instituut voor Wegtransportmiddelen (TNO). Rapport No. 03-2-10004. La Consommation d'énergie des moyens de transport, Bxl, juin 1974, p. 30/37.
(2) Ibidem, p. 66.

In the following year, an IFO-Study reached similar conclusions: (1)

Table III. Specific energy consumption coefficients

	Passenger Transport TEC/100 passenger kilometres	Goods Transport TEC/100 ton kilometres
Bus	1,21	--
Tram and subway	2,03	--
Train	2,56	3,37
Car	5,54	--
Lorry	--	7,95
Air	10,35	--

We need not stress that so far public transport has been on the wane, in Western societies, which accounts for the inexorable rise in the relative impact of transport on total energy consumption. The reasons which are largely of a sociological character, as far as passenger transport is concerned, and which are related to the growing importance of extra-price considerations (speed, accessibility etc.) and accessory operations in goods transport, cannot be discussed in this context so far, transport policy has not succeeded in reversing the trend away from public transport and towards more energy-intensive transport, which prevails in almost all countries; the modal split has increasingly turned against energy-saving in transport.

Technical improvements

As to the second point – a possible technical revolution –, various devices are being discussed regarding cars: notably improved petrol engines (better part-load running, fuel injection, etc.), improved (continuous) transmission, improved electrical equipment, ignition, etc., in aerodynamic design, reduction of vehicle weight, studies of engine/fuel matching, etc.

As to heavy goods vehicles and buses, improvements discussed concern turbocharging, gears and transmission, tyres and suspension, aerodynamic design, etc.

In the longer run, engines using wide-cut and other fuels, stratified charge engines, no-coolant engines, electric propulsion, fuel cells, etc. are being discussed.

(1) IFO-Study (Authors: S. Wieczorek/Gabriele Winterholler). Der Energieverbrauch im Verkehr, München, 1975, p. 28.

A continuous introduction of improvements by motor car manufacturers would lead to a slow reduction of specific energy consumption over a number of years. On the average, a car population is completely replaced every 15 years. There is a tendency towards an increase in the average age of cars in use; in Western Germany, the average car had in 1964 an age of 3 1/2 years and in 1978 of 5 years; life cycles which were 109 months in 1974 are 123 months in 1978 (1). Therefore, technical changes tend to take a longer time to work through.

On the other hand, technical improvements may be largely offset by increased parks, increased volumes of traffic, a trend towards more powerful engines, and worse driving conditions. These factors will have to be dealt with by organisational and political measures.

As far as technical conditions are concerned, there are two great hopes: the electrical car and a fuel revolution.

Electrical delivery vans and plant trucks are already in use in large numbers; their advantages lie in the fact that at low speeds, an electric motor provides more capacity for acceleration. However, conventional lead-acid batteries are not capable of supplying the energy and power requirements of urban cars. Even so, good prospects exist for a so-called "hybrid car", which is powered by a small heat-engine and a battery system for urban use. If the heat engine drives a generator, this would allow for self-contained recharge of the batteries.

Even so, given the desire of most car owners to use their car inside and outside cities, it does not seem to be very likely that a major break-through of the electric or hybrid car will occur in the very near future.

On the other hand, greater hope seems to be justified for a break-through of hydrogen-fuelled motorcars. Hydrogen engines tend to be more efficient and pollution-free. If based on metallic hydride, they require about three times more storage volume and weight for fuel and tankage combined, but are far safer. It has been calculated that a total conversion to a H_2 system in the United States would require an investment of 133 million dollars. On the other hand, total investment to maintain an expanded petroleum industry has been estimated at 113 billion dollars, over the next 13 years (2).

---

(1) IFO-Study for European Commission: Die neue verkehrspolitische Situation in Ihren Zukunftskonsequenzen für den Verkehrsbereich, München, March 1978, p. 64 ff.

(2) M.L. SHEPARD/F.H. COCKS/I.B. CHADDOCK/C.M. HARMON, Introduction to Energy Technology, Ann Arbor/Michigan, 1976, pp. 145-152.

Policy measures

A great number of political and organizational steps have been discussed. They range from measures of transport policy designed to influence the modal split in favour of public transport, to taxation measures destined to favour less energy-intensive means of transport and organisational measures of all kinds.

It is obvious that, in this context, we cannot discuss the first of these categories of measures which regard transport policy in general. As to taxation measures which do not belong to the first category, we may consider proposals to promote the use of diesel cars. Greater weight, larger initial cost, noise, smell and lower speed ceilings outside cities have so far prevented the spread of diesel cars in private use. It is hoped that this may change, if a small diesel engine with enhanced fuel economy will be developed, which brings us back to technical problems. Proposals have been made to encourage the use of diesel cars through fiscal means, but this would hardly be interesting for owners of cars running less than 50 000 km per year. Thus, only taxis and company-owned fleets of vehicles may benefit from such measures.

Given the already high level of fuel taxation combined with price inelasticity in most countries, consumption can hardly be discouraged by further taxation unless this reaches prohibitive levels, which would then encourage OPEC countries to raise basic oil prices even higher.

Organizational measures of various kinds have been discussed in Subgroup D Report of the Working Party "Rational Use of Energy" of the European Commission (1). Short of a major revolution of the taxation system (high taxation of vehicles circulating in high density areas or roads, through electronic devices), increased parking fees, attractive public transport, encouragement of rational driving techniques, modification of urban structures and measures designed to improve the traffic flow ("green waves") have been suggested.

In extra-urban traffic, speed limits have also been discussed. While there is agreement on the fact that direct savings may be small, indirect savings of energy may be considerable in the long run, when sales of more powerful cars are being inhibited. This is just the reason why this measure is opposed by the motorcar industry.

Finally, much can be gained by improving the load factor of vehicles. This may involve fiscal measures designed to favour car-sharing and car-pooling, a change in policy allowing for remunerative pick-up services by private cars, mixed transport in vehicles of firms transporting goods on their own account, etc.

---

(1) Doc. XVII/367/76E, D 1 ff.

Hypothetical overall savings quantified

An attempt had been made by OECD in 1977 to quantify possible energy savings through a mixture of such measures. It was estimated that existing speed limits in EEC save 1,5% of energy, in the Netherlands even 4% , and that their generalization (at a level of 110 kilometres?) may add further savings of 2,5% in EEC.

Improved automobile efficiency may add as much as 10% in EEC, while increased truck efficiency and improved truck load add a further 0,5% in the Netherlands; however, it should not be forgotten that this last factor is estimated to yield as much as 7,9% in the United States.

Operational improvements and better load factors in air transport seem to have yielded in the same country 3,8% and car pooling 1,7% .

On top of all this, OECD thought higher fuel prices might yield from 2,5 to 7,5% in the USA and shifts to public passenger transport and rail freight services a further 3,7% in EEC.

Actual savings in EEC through increased fuel prices are estimated to be 5-10% , and existing speed limits 1,5% more.

Total savings through the additional measures mentioned are estimated to amount to 16,2% (1).

Such calculations may appear to be somewhat daring, if they aim at an actual reduction of consumption. It would seem to be more realistic to aim at cutting annual growth rates especially in petrol consumption.

That there is great scope especially for savings in fuel consumption by cars can be seen, if one compares the development of quantities consumed per private car in EEC countries over time:

TABLE IV
Specific annual petrol consumption per private car (in tons) (2)

	Germany	France	Italy	Nether-lands	Bel-gium	Great Britain	Ireland	Den-mark	EEC
1950	2.358	1.448	2.446	5.675	3.031	1.756	1.734	3.712	1.957
1960	1.390	998	1.527	2.429	1.486	1.377	1.745	1.831	1.333
1965	1.203	961	1.253	1.722	1.264	1.158	1.623	1.722	1.172
1970	1.195	1.005	1.002	1.419	1.118	1.223	1.723	1.384	1.137
1973	1.151	1.115	889	1.255	1.122	1.271	1.796	1.268	1.127
1976	1.149	1.079	664	1.040	1.093	1.190	1.551	1.222	1.037

(1) OECD, World Engergy Outlook, A Report by the Secretary General, Paris 1977, p.69 ff.
(2) IFO Report 1978, Table A 14.

These figures are of course the result of many interacting forces, such as car and motor design, annual mileage, car size, number of cars per family .... Over the years, they reflect technical progress; but this seems to have slowed down since 1965, or was offset by other factors.

Even so, it remains amazing that specific consumption per car came down to almost one quarter in Italy, and remained almost stationary in Ireland. Even if one takes into account the use of smaller cars in poorer countries like these, the differences between countries remain amazing.

The table will require further study. In the meantime, any outlook into the future must start from such data. As far as we can see, the number of vehicles and the annual mileage are the two most important factors for future energy consumption; two other factors, specific consumption per engine and the trend towards more powerful cars may largely offset each other. A fifth factor, the configuration of the network, may well be independent, and a sixth, fuel prices, exercises a moderate influence in the long run.

As far as we can see, annual mileage tends to decrease slowly in highly motorized countries like Germany; but the car population keeps increasing, in absolute and relative terms. So it does in other countries; and as far as these do not yet have an extensive network of motorways, their extension will push up annual mileage three to four times as much as an extension of the ordinary road network. So far, this tendency has not been appreciably mitigated by rising prices of petrol; demand seems to react inelastically in the long run. How will energy supply and especially oil supply react?

Dire prophecies

"The possession of a check book is not itself evidence of wealth. We have had a certain quantity of oil placed to our credit in the Bank of Nature on which we have been drawing checks for twenty years ..... Some day the check will come back indorsed "no deposits", and we are approaching that day very fast". (1)

When was this prophecy made? – In 1882, by Henry E. Wrigley, a well-known authority, in an address before the American Institute of Mining Engineers (2).

(1) H.F. WILLIAMSON, Prophecies of Scarcity or Exhaustion of Natural Resources in the United States, American Economic Review, Papers and Proceedings, Volume XXXV, May 1945, no. 2, p. 107.

(2) H.E. WRIGLEY, The Amount of Oil Remaining in Pennsylvania and New York, Transactions of American Institute of Mining Engineers, Vol. (May 1881-February 1882), p. 360/.

He was not the only one to foresee an early exhaustion of oil supplies. In a Report of 1909, the National Conservation Commission (1) David T. Day of the US Geolofical Survey said:
"Regarding the limits of time within which the present supply (of petroleum) will be exhausted, it is clear that, ... continuing the present rate of increase in production, the supply will be exhausted in 1935".

As a matter of fact, actual production between 1909 and 1935 was approximately 15,4 billion barrels, as had been rather precisely predicted by the Report which estimated the reserves in 1909 at around 15 billion. But the snag was that already at the end of 1933, proved reserves stood again at 13,4 billion barrels ..... (2).

Williamson to whom we are indebted for these quotations draws the conclusion that "the inaccuracy of these early prophecies is obvious. At best they were little more than intelligent guesses; at worst they were pure products of the imagination". (3).

There are two long run questions: First, will oil really become scarce around 1990, as many sources want us to-day to believe? Second: Even if it is not to become scarce as early as that, as this author is inclined to believe, should it not be reserved for transport, where the difficulties of finding substitutes are obviously greater, while using other energy sources in chemical industry and for domestic heating purposes, rather than the other way round?

This author believes that the second question is the relevant one; however, he does not feel competent enough to answer it. So a few words will be said about the first question.

As to the first question, it may be true that, as Williamson says "the prophecies of exhaustion or depletion of our national resources" are nowadays based on "better estimates of the extent and nature of resources". But it is doubtful whether it can still be held that "they are much less spectacular in their estimates of future rates of exploitation" (3).

(1) Senate document NP 676, 60th Congress, 2nd session, Febr. 1905/
(2) H.F. WILLIAMSON, Prophecies of Scarcity or Exhaustion of National Resources in the United States, American Economic Review, Papers and Proceedings, Vol. XXXV, May 1945, no. 2, p. 107.
(3) Ibidem, p. 108.

This can certainly not be said of the statement by an illustrious economist like Gunnar Myrdal, who thinks that "oil is bound to become scarcer, as a result of which we face a serious situation within a decade and a still more serious one in the long run", for "the large-scale substitution of other sources of energy for oil would be expensive". (1)

Myrdal refers to a number of governmental studies "and the additional research that is now being conducted more or less independently of governments and of vested interests like the huge oil companies (which have recently expanded their dominance over the whole energy field)".

First, it is questionable whether many studies exist outside the realm of government agencies (e.g. CIA) and oil companies which do predict a shortage of oil.

Second, in general studies of scarcity, it is in most cases emphasized that coming scarcities can be expected to throw a sort of long shadow ahead by showing "natural" (i.e. non-cartel) cost and price increases a long time before physical shortage will actually set in.

Third, the classic comparison of proved reserves and (growing) production does not seem to show a great change over the years.

The list of doom predictions

Most predictions pointing to a coming oil shortage were made by "vested interests". Thus, Exxon argued, only in 1973, that the 90 million tons of (then) proved oil reserves would be exhausted in 1992 (2). Its President declared on 29th November 1973 "that the rate of discovery of oil is about 3 billion tons each year; today, world consumption reaches already this figure, so that what is discovered is immediately consumed"(3). The famous (though company-employed) oil expert Levy (4) predicted in 1974 that "oil reserves may well be exhausted in perhaps 20 to 30 years".The "First Report of the *Trilateral Task Force"* of June 1974 saw already the "end of the hydrocarbon age in about 30 or 40 years hence".(5), although, a new report by that task force in June 1978 (author: J. Sawhill) is somewhat more cautious; it foresees difficulties from the mid-nineties onwards.

---

(1) G. MYRDAL, The Energy Crisis and International Cooperation in: Challenge, March/April 1978, p.66
(2) Esso, Gegenwärtige und künftige Probleme der Energieversorgung, Hamburg, Frühjahr 1973, p. 9
(3) J.K. JAMIESON, "World Energy: Themes and Facts", Speech before Financial Analysts, San Francisco, 29th November 1973 published by Esso, 19.12.1973
(4) Walter J. LEVY, World Oil Cooperation or International Chaos (Manuscript) New York, June 1974
(5) J.C. CAMPBELL/G. de CARMOY/Sh. KONDO: Energy - The Imperative for a Trilateral Approach, New York, June 1974, p.4.

Early in 1977, the height of the doom predictions was reached by the famous CIA-report, which saw a serious world energy shortage by 1985; this report prompted President Carter into action. An even gloomier view was presented by the "Workshop on Alternative Energy Strategies" (WAES) (1), which says: "The end of the era of growth in oil production is probably at the most only 15 years away", and whose Project Director, Prof. C. Wilson of MIT, thinks oil demand could exceed supply by 1983.

Early in 1978, the economist Alan Parker published an article (2) arguing that a major economic desaster could occur within 10 or 15 years unless energy demand growth could be checked now, for then adjustment would have to be pressed into a short period.

Protest by optimists

Against this, quite a number of experts have protested. On the supply side, an expert like Adelman argued, in 1972/73, that there was no likelihood that oil supplies would become scarse prior to the end of the century, at any rate; marginal extraction costs would remain stationary around 20 cents in constant prices of 1970 (3).

Others argued that what mattered was rather the structure of world demand than its rate of growth, since the latter was abating in the long run. Thus, a study by two French economists, Davies and Frisch, reached shortly before the outbreak of the oil crisis the conclusion that the growth rate of world consumption of oil, which had still been as high as 8,3% per year from 1960 to 1970, fell to 5,8% in 1971 and 5,1% in 1972, though rising towards 7% around the end of the last year. But the United States are now relying on imports which tend to cover 30% of that oil consumption. Prophetically, the authors predicted an "inevitable price rise" because of this massive American intervention (4). If there were really a coming shortage of oil, this should have been foreshadowed in rising costs and for prices, as Barnett and Morse argued in their study of "Neo-Ricardian" predictions of raw material shortage (5), a test which fails to indicate coming oil shortages, according to them. Now, this argument has been contested by Levy, who contends that" in a free competitive market, prices would not, at this time, reflect future shortages of supply and would thus provide no encouragement for the development of substitutes". (6).

---

(1) Energy: Global Prospects 1985-2000, Report of WAES, New York 1977
(2) Alan PARKER, Lloyds Bank Review, 3.1.1978
(3) A. ADELMAN, The World Petroleum Market, Baltimore 1972, 2nd ed. 1973, p. 73
(4) P. DAVIES and Jean-Romain FRISCH, l'energie en 1972/73, Revue d'Economie politique, Sept. Oct. 1973, No. 5, 83, année, p. 894, 898, 910.
(5) H.J. BARNETT/Ch. MORSE, Scarcity and Growth, Baltimore 1963, p. 206, 211
(6) LEVY, a.a.O. S. 14.

This argument has been reexamined by several economists in recent publications.

Surrey and Page argue in 1975 that "inferred reserves ..... are frequently estimated to be much larger than the "proven" reserves. The latter are usually little more than what it has so far been in the commercial interest of an industry to discover .... Between 1951 and 1971 estimates of "proven" world reserves (of oil) increased by a factor of 5,7 ..... in spite of the large quantities which have been extracted ..... None of the forecasts made by leading petroleum geologists over the past twenty years suggests that ultimately recoverable reserves are less than 1,300.000 million barrels - three times the crude oil reserves quoted in the limits to growth ..... (1).

In 1976, Salant proved that in the competitive case, price can indeed" never rise by more than the rate of interest in equilibrium", but competitors would exhaust their study so that a cartel could finally take over which "will conserve enough to continue selling after the competitors drop out", which might lead to a sudden prior jump and after that to a "monotonically increased price" (2).

However this may be: It seems to be certain that "competitive capitalism works ..... simply by ignoring that resources are finite .... There is no major example of a multitude of owners who did not rush, like the gold-diggers of California, to mine their commodity as quickly as possible ..... Fast selling is likely in view of the uncertainty about the amount the market will bear in the future and about the possibilities of technical progress in the production of substitutes, ... "and" the resource will ..... be sold at prices close to cost of production (3).

The latter two considerations may also prevail in the case of a monopolist; nevertheless, the monopolist "will be able to retard the extraction of an exhaustable resource significantly". He will have to estimate an optimum retardation period, weighing his profits against a possible provocation effect regarding substitutes (4).

The question is: Are such monopolist activities a boon or a plague? They will make the resource last longer, and they will provoke research into substitutes by higher prices. Under competition, similar results could only be obtained by governmental saving schemes on the demand side and by channeling finance (e.g. profits forgone by monopolists) into research.

---

(1) A.J. SURREY/W. PAGE, Some Issues in the Current Debate about Energy and Natural Resources in the Economies of natural resource depletion, edited by D.W. Pearce/J. Rose, London, 1975, p. 61/2.

(2) Exhaustible Resources and Industrial Structure, Journal of Political Economy, Vol. 84, No. 5, Oct. 1976.

(3) Bertram Schefold, Energy and Economic Theory, Zeitschrift für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, 1977, Heft 3, page 232.

(4) See Pearce D.W. (ed.)The Economics of Natural Resource Depletion, London, 1975.

Findyck examines in 1978 the same problem and reaches indeed the conclusion that in a period of 35 years, monopoly prices would be higher except for the last 15 years, for oil, as compared to competitive prices (1). Since the oil industry is heavily cartellized, prices can be expected to remain high, without indicating the degree of actual scarcity of the resource.

The CIA report was flatly contradicted in September 1977 in a report issued by the *US international Trade Commission,* which categorically states that it was unable to find any evidence to support the CIA's position, and that there would be no severe shortage of energy in the next ten years, although the price of oil might rise to $ 20 per barrel.

It is often claimed that a high monopoly price is necessary to bring forth the vast amounts of financial means required for further investment and research. But the means for the latter would be better employed in the hands of consumer countries, and it is doubtful whether actual funds required for exploration will rise to that extent: "Exploration costs per ton of reserves discovered can be misleading; for example, due to the fact that recent discoveries tend to be underreported and that exploration costs tend to be higher in entirely new areas ..... (2).

Sober-minded objective statements

On the other hand, individual resources are obviously finite, and there can be no doubt that we must distinguish between stocks of fossil resources that can be depleted and a flow of currently usable and incessantly recreated resources like solar energy that can not. In the longer run, surely the transition will have to be made to the use of a flow instead of the depletion of a stock.

There may be an intermediate solution to bridge the gap – either a "temporary move back to coal" or "making hydrogen produced from the electrolysis of water a resource" (3). But anyway, the transition may be rather smooth, in spite of the dire prophecies and the difficulties may appear rather in the short run. A new Symposium of an UNITAR-sponsored Conference of experts started from the current assumption that, on the basis of current oil consumption of 20 billion barrels, only 33 years of supply seemed to be warranted, and that consumption doubled since 1965. However, its editors, Meyer and Hocott, admit that "the conclusion of the nature-made petroleum and gas energy economy lies at most a half-century away",

(1) K.S. FINDYCK, Gains to Producers ..... The Review of Economics and Statistics, Vol. IX, May 1978, No. 2, p. 238 ff. 242.
(2) Surrey/Page, ibidem, p. 63.
(3) Pearce and Rose, Editorial Introduction, Economics of Depletion, ibidem, p. 11.

but insist that there are "possible new sources of nature-made petroleum and gas and improvements in recovery", so that "petroleum resources are large and sufficient to permit the world a smooth transition to alternative energy sources". Simply an increase of the recovery rates by 10% would put a further 175 billion barrels into the energy bank, plus a similar increase in future discoverable fields. (1).

Reasonable estimates of ultimate world oil reserves tended to flatten out over time, as Warman has proved; they increased by two and a half from the forties to the fifties, but only doubled from the fifties to the sixties, to stabilize finally around 2000 billion barrels (2). According to Robinson, world proved reserves of oil stood in 1972 at 35 years' supply (1947: 22), those of gas at 41 years' supply (3).

Others like Hubbert (4) have pointed out that estimated oil reserves, which he supposes to range between 1350 and 2100 billion barrels - although they may be as high as three times the size of proved oil reserves - are less than one-tenth of ultimately recoverable coal reserves.

Nevertheless, this figure would still correspond to about three times the amount of proved reserves and a hundred years of supply at to-day's consumption rates.

Even so, this would not exclude considerable difficulties if there were either a sudden recovery of overall demand for oil or a temporary breakdown of supply because of new tensions in the highly concentrated oil areas of the Middle East. Nor does it exclude partial difficulties because of the rather uninterrupted rise of demand for motor spirits.

A special problem for investment finance

From a practical point of view, it may even turn out that the medium-term and short-term outlook presents more problems than the long run prospect.

There are two questions: First, will there be sufficient resources to finance new research on known and alternative sources of energy?

Second: If so, will political attitudes of oil supply countries permit a regular and stable supply?

---

(1) R.F. MEYER (ed.): The future supply of nature-made petroleum and gas, Oxford, 1977.
(2) H.R. WARMAN, The Future of Oil, Geographical Journal, Sept. 1972
(3) Colin ROBINSON, The depletion of Energy Resources in: Pearce/Rose: the Economics of national resource depletion, p. 27/28.
(4) K. HUBBERT, Energy Resources, in: Resources and Man, San Francisco 1969, and: The Energy Resources of the Earth, in: Energy and Power, San Francisco, 1971.

The latter problem cannot be discussed within the scope of this text. A few words may be said about the first one.

As to the first point, Davies and Frisch predicted in 1973 that an investment of some 500 billion dollars must be forthcoming in the period 1970-1980 if oil production were to grow at a sufficient rate, but that OPEC-countries which had touched an income of 11 billion dollars in 1972 were likely to get "between 150 and 160 billion dollars" in that period, which would not be available for reinvestment in energy production. Actually, the Industrial World has been punctured at an even higher rate. Levy estimated in 1974 world oil imports which cost 20 billion dollars in 1972 cost more than 100 billion in 1974; their share in world imports as a whole amounted to 7,7% in 1970 and early in 1974 to some 23% (1). But it is very doubtful whether the resources taken away from industrial countries were actually tantamount to a reduction in energy investment. It is probable that they were rather financed by a reduction in overall consumption, through the change in the terms of trade, and investment may rather have been stimulated for all sources of energy in the wake of the oil price hitch, as compared to what it would otherwise have been.

---

(1) LEVY, a.a.O., p. 7, 15.

CONCLUSIONS

From the aforesaid text, we may draw the following conclusions:

It is somewhat doubtful whether the outlook for oil supplies in the eighties and nineties is as bleak as some reports imply. Even so, it seems to be certain that oil demand especially for transport and even more so for transport by private car will continue to rise rather fast, showing growth rates which outstrip those of other sectors and which do not decrease substantially, as compared with the last decade prior to the oil crisis of 1973.

It can therefore be foreseen that measures intended to encourage energy savings and possibly restrictive measures will tend to hit transport harder than other sectors, especially in an emergency situation.

For these reasons, efforts should be made to bring about savings of energy, not only through technical improvements with regard to vehicles and infrastructure, but also through a series of rationalization methods and organizational steps, which might ensure a higher degree of efficiency in the use of energy and substantial savings, so as to avoid the tensions that may appear in any new emergency situation or in the

event of any possible shortage that might develop in the eighties or nineties.

At any rate, even if an energy crisis is not in the offing right away, this must not be considered as an excuse to postpone feasible measures indefinitely and to avoid basic decisions regarding a restructuring of the transport network, technical and organizational improvements that might lead to a higher efficiency in the use of energy by transport.

LUCHTVAART EN ENERGIEGEBRUIK

door
Dr. Ir. B.M. Spee
Adjunct-Directeur Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium Amsterdam
en
Prof. Ir. H. Wittenberg
Afdeling der Luchtvaart- en Ruimtevaarttechniek,
Technische Hogeschool Delft

1. Inleiding

Waar in het volgende wordt gesproken over energiegebruik heeft dit uitsluitend betrekking op de energie die benodigd is voor de voortstuwing van vliegtuigen. Het energiegebruik op de luchthavens, de energie die benodigd is voor de fabricage van vliegtuigen e.d. blijven buiten beschouwing.

Op het ogenblik is het aandeel van de luchtvaart in het energiegebruik nog zeer bescheiden, zelfs in landen waar het luchtverkeer een relatief belangrijke plaats inneemt. In Europa is het aandeel van de luchtvaart minder dan 2% van het totale energiegebruik, in de Verenigde Staten minder dan 3%.

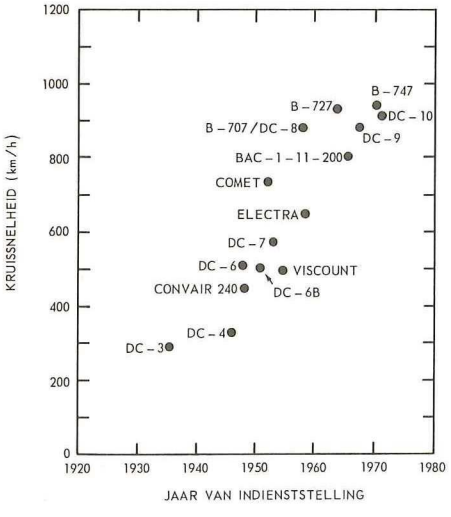
Indien de groei van de luchtvaart zo groot zou blijven als in het recente verleden het geval was, zou echter het aandeel van de luchtvaart in het totale energiegebruik snel toenemen. Stel dat van nu af de totale vraag naar energie in de wereld met 5% per jaar zou toenemen en de groei van en het energiegebruik door de luchtvaart met 15% , een continuering van de groei in de zestiger jaren. In dat geval zou over 25 jaar het aandeel van de luchtvaart in het totale energiegebruik tot ongeveer 25% zijn gestegen.

Een belangrijke vraag is daarom of een groei van de luchtvaart van ongeveer 15% zoals in het verleden optrad ook voor de komende decennia mag worden verwacht. Om deze vraag te kunnen beantwoorden moet worden nagegaan of de redenen, die in het verleden tot deze snelle groei hebben geleid, in de toekomst eveneens aanwezig zullen zijn.

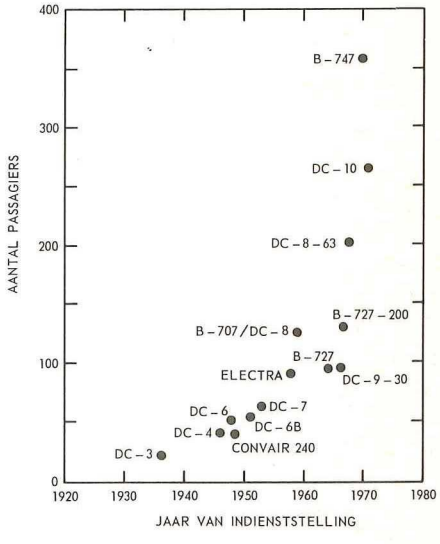
Een tweede reden waarom voor de luchtvaart het probleem van het energiegebruik een bijzondere rol speelt, is dat van alle middelen van *openbaar* vervoer de luchtvaart het meest afhankelijk is van olie als brandstof voor de voortstuwing.

2. De groei van de luchtvaart in het verleden

Een belangrijke reden voor de spectaculaire groei van de luchtvaart in het verleden was de voortdurende sterke stijging van de productiviteit van het verkeersvliegtuig. Deze productiviteitsstijging werd veroorzaakt door vergroting van de snelheid, vooral door de introductie van de straalmotor in combinatie met de pijlvleugel in het begin van de jaren 60, alsmede door vergroting van de capaciteit vooral met de komst van de zogenaamde wide-body vliegtuigen in het begin van de jaren 70, zoals aangegeven in de figuren 1 en 2.



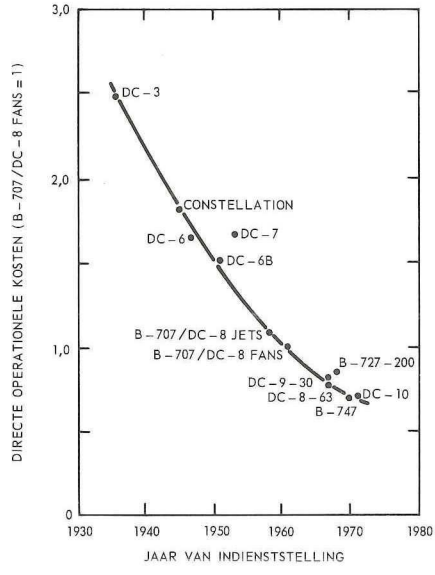
Figuur 1: De verhoging van de vliegsnelheid



Figuur 2: De vergroting van de capaciteit

Als gevolg van de sterke stijging van de productiviteit zijn de kosten van het vliegen, de kosten per passagierkilometer, ver achtergebleven bij de inflatie, zoals aangegeven in figuur 3, waardoor het vliegen relatief steeds goedkoper is geworden. Omdat bovendien, met name in de ontwikkelde landen, het besteedbare inkomen, alsmede de hoeveelheid vrije tijd, steeg kwam het vliegen in deze landen binnen het bereik van de grote massa, met als gevolg een spectaculaire groei. Dit proces heeft in het begin van de jaren 60 plaatsgevonden in de V.S., aan het eind van de jaren 60 in West-Europa en voltrekt zich thans in landen zoals Japan en de Sovjet-Unie.

De verlaging van de kosten van het vliegen werd mede veroorzaakt door het feit dat de brandstofkosten relatief daalden. Overigens vormden de brandstofkosten vóór de



Figuur 3: Directe operationele kosten

oliecrisis slechts een betrekkelijk gering deel van de totale operationele kosten, in de orde van grootte van 10 tot 15 %.

3. De toekomstige groei van de luchtvaart

Verwacht mag worden dat in de toekomst de groei van de luchtvaart minder zal zijn dan in het verleden het geval was. Een zo sterke stijging van de productiviteit als in het verleden zal niet meer optreden, omdat – afgezien van het supersone vliegtuig – de snelheid niet significant meer zal worden verhoogd. Wel zal nog een verdere vergroting van de capaciteit plaatsvinden. De korte-afstandsvliegtuigen van de klasse van de Boeing B 727 en de Mc Donnell Douglas DC 9 zullen in de tachtiger jaren vervangen worden door vliegtuigen voor 160 à 200 passagiers, hetgeen voor deze categorie een capaciteitsvergroting van ongeveer 50% betekent. Een dergelijke capaciteitsvergroting treedt ook op bij de toekomstige vervanging van de F 28 voor 85 passagiers door de F 28 Super voor 100 tot 130 passagiers. Mogelijk zullen tegen het jaar 2000 lange afstandsvliegtuigen voor meer dan 500 passagiers hun intrede doen.

Een vermindering van de productiviteitsstijging betekent dat de kosten van het vliegen meer dan in het verleden de inflatie zullen volgen, hetgeen een negatief

effect zal hebben op de groei van het luchtverkeer. Dit wordt nog versterkt doordat de groei van het besteedbare inkomen geringer is geworden, waardoor het twijfelachtig is of landen, die daarvoor nu het eerst in aanmerking komen, in de nabije toekomst op werkelijk grote schaal aan het luchtverkeer zullen gaan deelnemen. De toekomstige groei van de luchtvaart zal in belangrijke mate bepaald worden door de ontwikkeling van de wereldeconomie die op haar beurt sterk afhankelijk is van de ontwikkeling van de brandstofprijzen.

De brandstofprijzen zijn eind 1973 / begin 1974 met een factor 3 gestegen, waardoor het aandeel van de brandstofkosten in de kosten van het vliegen aanzienlijk werd vergroot. Het effect van de verhoging van de brandstofprijzen werd gedeeltelijk gecompenseerd doordat het brandstofgebruik afnam vanwege de introductie van nieuwe motoren. De in de jaren 60 in gebruik genomen eerste generatie turbofans hadden een brandstofgebruik dat 10 à 15% lager was dan dat van de turbojets die aan het eind van de vijftiger jaren waren geïntroduceerd. De tweede generatie turbofans van de wide-body vliegtuigen die in het begin van de jaren 70 aan het luchtverkeer gingen deelnemen gaven een verdere verbetering van het brandstofgebruik van nog eens 20 tot 25% (zie ook par. 6.2).

Vermindering van het brandstofgebruik is altijd al een belangrijk streven geweest in de luchtvaart, ook toen de brandstof nog goedkoop was. Minder brandstofgebruik leidt namelijk bij gelijkblijvend startgewicht onmiddellijk tot een toeneming van de vlieglengte voor een gegeven betalende lading of een vergroting van de betalende lading bij een voorgeschreven vlieglengte. De oliecrisis en de daarmee samenhangende scherpe stijging van de brandstofprijzen hebben echter de noodzaak tot minimalisering van het brandstofgebruik in de luchtvaart nog aanzienlijk versterkt.
Na de stijging in 1973/1974 volgden de brandstofprijzen ongeveer de inflatie. Verwacht wordt dat deze tendens zich in de nabije toekomst zal voortzetten, hetgeen ongeveer verdubbeling van de prijs betekent aan het eind van de jaren 80.

Het is onmogelijk een nauwkeurige schatting van de toekomstige groei van de luchtvaart te maken. Het is onwaarschijnlijk dat de groeipercentages uit de jaren 60 nogmaals over een langere periode zullen worden gehaald. De prognoses van de jaarlijkse groei in passagierkilometers (tonkilometers) voor de komende 10 jaar lopen nogal uiteen en liggen tussen de 5 en 10% , waarbij de grootste onzekerheid de groei van het vrachtvervoer betreft. Een groei van 7% per jaar betekent een viervoudige toeneming in 20 jaar.

Deze groeipercentages zijn erop gebaseerd dat de plaats van de luchtvaart in de totale vervoersector ongewijzigd zal blijven, dat wil zeggen dat het vliegtuig het aangewezen vervoermiddel is voor het vervoer van passagiers, post en kleine stukgoederen over afstanden groter dan 400 à 500 kilometer. Het lijkt onwaarschijnlijk dat in de voorspelbare toekomst deze vervoertaak door andersoortige vervoermiddelen zal worden overgenomen.

4. Problemen samenhangend met de groei van de luchtvaart

Ook bij een bescheiden groei van 5% zal de luchtvaart in de komende decennia met een aantal technische en financiële problemen worden geconfronteerd.

Eén daarvan is het probleem van de congestie van het luchtruim. Aan het eind van de zestiger jaren ontstonden in de V.S. bij een aantal grote luchthavens belangrijke vertragingen omdat de grote stroom van vliegtuigbewegingen niet meer kon worden verwerkt. Dit probleem nam daarna tijdelijk af als gevolg van de introductie van de wide-body vliegtuigen, maar zal in de nabije toekomst weer kunnen optreden. Uitbreiding van de bestaande en aanleg van nieuwe vliegvelden stuiten veelal op bezwaren en vragen ook om grote investeringen. Daarom zal de capaciteit van de in gebruik zijnde luchthavens zoveel mogelijk moeten worden vergroot teneinde de groei van het luchtverkeer te kunnen opvangen.

Een vergroting van de verkeersdichtheid, dat wil zeggen het korter achter elkaar vliegen dan momenteel gebruikelijk, zowel in de nabijheid van het vliegveld als "en route" is bij de huidige stand van de techniek nauwelijks mogelijk zonder dat de veiligheid in gevaar wordt gebracht. Nieuwe ontwikkelingen zijn daarom noodzakelijk op het gebied van zeer nauwkeurige systemen voor navigatie en geavanceerde landingshulpmiddelen. De ontwikkeling van deze nieuwe systemen zal nog veel onderzoek vergen en een belangrijk probleem bij de invoering ervan zal zijn dat het noodzakelijk is om te komen tot internationale afspraken omtrent hun gebruik. De introductie van dergelijke nieuwe systemen zal echter noodzakelijkerwijs in de komende 20 jaar moeten plaatsvinden, omdat het aantal vliegtuigbewegingen, zelfs bij de genoemde bescheiden groei van 5% en rekening houdend met een verdere vergroting van de capaciteit van de vliegtuigen, in deze periode ongeveer zal verdubbelen.

Het is niet onmogelijk dat wegens het congestie-probleem het V/STOL-vliegtuig, dat gebruik kan maken van delen van het luchtruim op en rond grote luchthavens die niet door conventionele vliegtuigen kunnen worden benut, zijn intrede zal doen in het luchtverkeer over korte afstanden (zie ook par. 8).

Een tweede probleem dat moet worden opgelost is dat van de geluidshinder. Geluidshinder is de voornaamste reden voor de eerdergenoemde weerstand tegen de uitbreiding van bestaande en de aanleg van nieuwe vliegvelden. De geluidshinder wordt vooral veroorzaakt door de turbojets en door de eerste generatie turbofans. De geluidsproductie van de tweede generatie turbofans is belangrijk geringer, omdat de snelheid van de uittredende gasstraal lager is. De menging van deze gasstraal met de omringende lucht is nl. de oorzaak van het zogenaamde straallawaai (jet noise). De tweede generatie turbofans is ook wat het brandstofgebruik betreft aanzienlijk beter dan de turbojets en de eerste generatie turbofans. Dit betekent dat alle toekomstige vliegtuigen met geluidsarme motoren zullen worden uitgerust waar-

door het probleem van de geluidshinder belangrijk minder zal worden. De termijn waarop dit zal gebeuren hangt er mede vanaf wanneer de overheden strengere geluidsnormen zullen invoeren, waardoor de luchtvaartmaatschappijen gedwongen worden hun oude, luidruchtige vliegtuigen te vervangen.

De voortdurende groei van de luchtvaart geeft ook een financiëel probleem. Amerikaanse vliegtuigfabrikanten hebben berekend dat door de toenemende vraag en door de noodzakelijke vervanging van de bestaande, verouderde vliegtuigen in de komende 10 jaar voor ongeveer 50 miljard dollar in nieuwe vliegtuigen zal moeten worden geïnvesteerd door de luchtvaartmaatschappijen. Tot voor kort werd dit als een onoverkomelijk probleem gezien als niet de overheid, zoals bij ander openbaar vervoer, te hulp zou komen. Intussen lijkt met het thans aantrekken van de vraag de financiële positie van de luchtvaartmaatschappijen zoveel verbeterd dat deze tot een dergelijk grote investering in staat worden geacht.

5. Factoren die het brandstofgebruik bepalen

Als criterium voor de beoordeling van de brandstofeconomie van het vliegtuig wordt meestal gebruikt de geleverde vervoerprestatie in passagierkilometers of tonkilometers per eenheid gebruikte brandstof. Bij een vliegsnelheid V (km/h) en een betalende lading W_p (ton) is de tonkilometer-productie W_pV (ton km/h) en wordt de brandstofeconomie bij een brandstofgebruik F (kg/h):

$$E_F = \frac{W_pV}{F} \quad \text{(ton km/kg brandstof)} \qquad (1)$$

De factor E_F volgens de uitdrukking (1) is een momentane grootheid, die voor de gemiddeld in de kruisvlucht optredende vliegtoestand kan worden opgegeven. Figuur 4 geeft een aantal grootheden voor enkele generaties van verkeersvliegtuigen, waaruit de tonkilometer-productie en de brandstofeconomie volgen. Duidelijk blijkt hieruit dat de vervoerprestatie van het verkeersvliegtuig in de loop der jaren zeer sterk is gestegen, waarbij voor de laatste generatie van straalverkeersvliegtuigen de brandstofeconomie zelfs is verbeterd ten opzichte van de veel langzamere verkeersvliegtuigen met zuigermotor en schroef.

De brandstofeconomie E_F kan nader in verband worden gebracht met enkele karakteristieke grootheden van het vliegtuig en de voortstuwingsinstallatie.
Het brandstofgebruik F is afhankelijk van het totale rendement van de voortstuwing, dat is gedefiniëerd als:

JAAR	VLIEGTUIG-TYPE	START-GEWICHT (ton)	AANTAL PASSA-GIERS	KRUIS-SNELHEID V (km/h)	BETA-LENDE LADING W_p (ton)	BRAND-STOF-VERBRUIK F (kg/h)	ton km PRODUCTIE $W_p V$ (ton km/h)	BRANDSTOF ECONOMIE E_F (ton km/kg BRANDSTOF)
1940	TWEEMOTORIG SCHROEF-VLIEGTUIG	13	30	275	3	250	825	3,3
1955	VIERMOTORIG SCHROEF-VLIEGTUIG	65	100	550	10	1 500	5 500	3,7
1965	VIERMOTORIG STRAAL-VLIEGTUIG 1e GENERATIE	145	150	850	17	5 500	14 500	2,6
1975	IDEM, 2e GENERATIE	350	400	900	65	13 000	58 500	4,5

Figuur 4: De brandstofeconomie van verkeersvliegtuigen

$$\eta_{tot} = \frac{\text{geleverde mechanische arbeid}}{\text{energieinhoud van de gebruikte brandstof}} = \frac{TV}{HF} \qquad (2)$$

waarin : T = geleverde voortstuwingskracht en H = verbrandingswaarde, de maximale energie die bij volledige verbranding van een gewichtseenheid brandstof vrij komt.

In de horizontale evenwichtsvlucht is de draagkracht L op het vliegtuig gelijk aan het vliegtuiggewicht W en de voortstuwende kracht T gelijk aan de vliegweerstand D. Gebruikmakend van de betrekkingen L = W en T = D volgt door combinatie van (1) en (2):

$$E_F = \eta_{tot} \; H \; \frac{L}{D} \frac{W_p}{W} \qquad (3)$$

Volgens betrekking (3) wordt de brandstofeconomie E_F bepaald door de volgende kwaliteitscijfers:

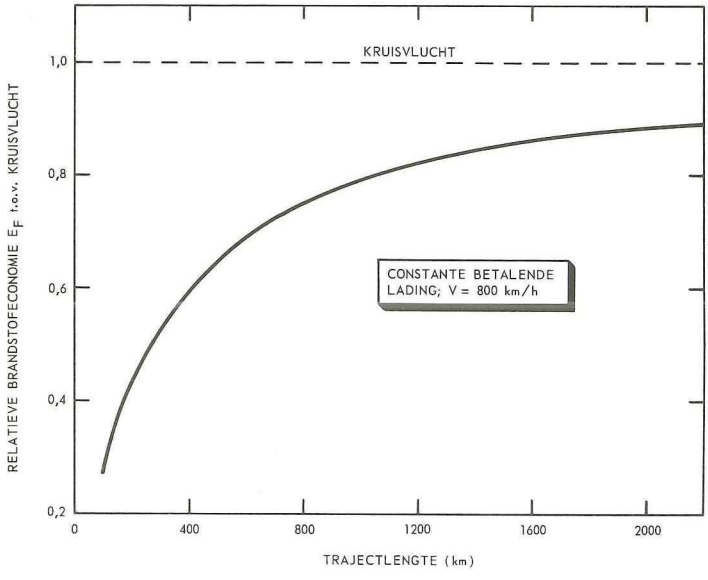
– het rendement van de voortstuwingsinstallatie η_{tot}, waarmee de brandstofenergie wordt omgezet in voortstuwingsenergie; dit rendement wordt zowel

bepaald door het thermodynamische proces in de motor als door de wijze waarop de door de motor opgewekte energie wordt omgezet in een voortstuwende kracht (d.m.v. een luchtschroef of stuwstraal);
- de verbrandingswaarde H, als kwaliteitscijfer voor de gebruikte brandstof;
- de draagkracht-weerstand verhouding L/D, die afhankelijk is van de aërodynamische kwaliteit van het vliegtuig onder de beschouwde vluchtomstandigheden (snelheid en hoogte);
- de relatieve betalende lading $\frac{W_p}{W}$, de verhouding tussen het gewicht van de vervoerde (betalende) lading en het totale vliegtuiggewicht.

In de volgende paragrafen wordt nader aangegeven op welke wijze de brandstofeconomie E_F in de toekomst zal kunnen worden verbeterd door verhoging van de hier gegeven kwaliteitscijfers.

In algemene zin kan hier echter nog op twee bijzonderheden worden gewezen. Allereerst volgt uit de betrekking (3) dat de brandstofeconomie slechts bepaald wordt door verhoudingen en daardoor in beginsel niet afhankelijk is van de grootte van het vliegtuig. Dit in tegenspraak tot de (onjuiste) veronderstelling dat grote vliegtuigen een betere brandstofeconomie zouden hebben dan kleinere typen. Verschillen die in dit opzicht tussen bestaande vliegtuigtypen met variërende grootte worden aangetroffen, moeten dan ook primair worden toegeschreven aan verschillende ontwerp-vlieglengten, toepassing van motoren van verschillende generaties e.d.

Voorts is in het voorafgaande uitsluitend beschouwd de brandstofeconomie in de kruisvlucht, d.w.z. de vlucht op hoogte waarin het grootste deel van de trajectlengte wordt afgelegd. De brandstofeconomie E_F kan ook worden gegeven per vlucht, waarbij het aantal geproduceerde betalende tonkilometers wordt gedeeld door het totale gebruik aan brandstof (inclusief starten, stijgen, dalen, etc.). Daar het grotere brandstofgebruik in de andere vluchtfasen relatief in betekenis toeneemt naarmate de trajectlengte (dus de kruisvlucht) korter is, wordt voor een gegeven vliegtuigtype de brandstofeconomie in het algemeen ongunstiger naarmate dit type op een kortere trajectlengte wordt ingezet. Figuur 5 geeft een voorbeeld, waaruit duidelijk de nadelige invloed van een korte trajectlengte op de brandstofeconomie blijkt.



Figuur 5: De invloed van de trajectlengte op de brandstofeconomie

6. Nieuwe, brandstofbesparende technieken

6.1 Vliegtuigtechniek

De oliecrisis en de daaropvolgende vergroting van het aandeel van de brandstofkosten in de operationele kosten hebben ertoe geleid dat vooral in de laatste 5 jaar het onderzoek bij de luchtvaartlaboratoria en de vliegtuigindustrieën erop gericht is vliegtuigen te ontwikkelen die minder brandstof gebruiken dan de bestaande.

Na de oliecrisis zijn door het verbeteren van de operationele procedures, zoals het optimaliseren van vliegbaan en snelheid en het minimaliseren van taxi- en wachttijden voor bestaande vliegtuigen brandstofbesparingen van ongeveer 2% bereikt. Een verdere optimalisering zal mogelijk worden door de ontwikkeling van kleine en lichte "on-board" computers. Een besparing van dezelfde orde van grootte kan ook worden verkregen door verbetering van de aërodynamische "gladheid", dat wil zeggen door verwijdering van uitsteeksels, randen en oneffenheden in de vliegtuighuid, waardoor de weerstand minder wordt.

Een aanzienlijk grotere vermindering van het brandstofgebruik is mogelijk door de toepassing van de zogenaamde superkritieke vleugels. Bij deze vleugels treden in de

kruisvluchtconditie aan de bovenzijde van de vleugel in de stroming lokaal snelheden op die aanzienlijk groter zijn dan de geluidssnelheid, zonder dat dit aanleiding geeft tot de vorming van schokgolven en de daarmee samenhangende weerstandsverhoging. Dit in tegenstelling tot de conventionele vleugels waarbij de lokale snelheden steeds kleiner dan de geluidssnelheid moeten zijn om schokgolven te vermijden. Dit betekent dat met de superkritieke vleugel een aanzienlijk hogere kruissnelheid kan worden bereikt dan met een conventionele vleugel.

De winst zal naar de huidige inzichten echter niet worden gezocht in een verhoging van de kruissnelheid, maar in verbetering van de brandstofeconomie bij gelijkblijvende kruissnelheid. Er zijn daartoe verschillende mogelijkheden:

- een kleiner vleugeloppervlak met hogere vleugelbelasting en een grotere draagkracht-weerstand verhouding;
- de vleugel lichter construeren door de mogelijkheid tot vergroting van de dikte-koorde verhouding te benutten;
- de grotere dikte-koorde verhouding gebruiken voor vergroting van de vleugelslankheid (bij gelijkblijvend constructiegewicht) waardoor de geïnduceerde weerstand kleiner wordt;
- verkleining van de pijlhoek van de vleugel, waardoor een hogere maximale draagkracht en een grotere draagkracht-weerstand verhouding bij start en landing wordt verkregen.

Optimaal is waarschijnlijk een combinatie waarbij de vleugel relatief dikker is en een grotere slankheid, een kleinere pijlhoek en een hogere vleugelbelasting heeft.

De toepassing van de superkritieke vleugel met grote slankheid zal een vermindering van het brandstofgebruik ten opzichte van dat van de huidige vliegtuigen van 10 tot 15% kunnen geven. Het is zeker dat de toekomstige vliegtuigen met dergelijke vleugels zullen worden uitgerust, ook de vliegtuigen die thans worden ontworpen om in het begin van de tachtiger jaren de bestaande vliegtuigen voor de korte en middenlange afstand te vervangen.

Een belangrijke brandstofbesparing zal ook kunnen worden verkregen doordat nieuwe constructiewijzen en nieuwe materialen kunnen bijdragen tot een reductie van het constructiegewicht en daardoor tot een vergroting van de nuttige lading. De met vezels versterkte kunststoffen (composieten) hebben nieuwe perspectieven gekregen door het gebruik van koolstofvezels. Voorts zijn er verdere ontwikkelingen op het gebied van titaniumlegeringen en aluminiumlegeringen en bieden gemengde constructies (lichtmetaal-composieten) goede mogelijkheden.

In de volgende generatie vliegtuigen voor de korte en middenlange afstand, die in het begin van de tachtiger jaren zullen worden geïntroduceerd, zullen composieten

nog slechts worden toegepast in de zogenaamde secundaire constructiedelen waarbij bezwijken niet direct fatale gevolgen heeft. De winst in brandstofgebruik zal dan tot 2 à 3% beperkt blijven. Als in de tachtiger jaren voldoende ervaring met dergelijke materialen is opgedaan, zullen zij rond 1990 op veel grotere schaal in vliegtuigen kunnen worden toegepast, ook voor primaire constructiedelen, hetgeen een brandstofbesparing van 10 tot 15% kan geven.

Toepassing van "active control" besturingssystemen, waarbij de stabiliteit van het vliegtuig op kunstmatige wijze wordt bewerkstelligd, kan ertoe leiden dat bij toekomstige vliegtuigen de staartvlakken kleiner zullen zijn dan bij de huidige vliegtuigen en dus minder wrijvingsweerstand hebben. Dit leidt bovendien tot een gewichtsreductie en een vergroting van de draagkracht-weerstand verhouding als gevolg van een verbetering van de verdeling van de draagkracht over vleugel en staart. Door het toepassen van active controls kunnen verder de belastingen, bijvoorbeeld op de vleugel worden verlaagd waardoor lichter kan worden geconstrueerd. Brandstofbesparingen tot 5% lijken in de jaren 80 mogelijk door het gebruik van active controls.

Op langere termijn zou laminarisering van de stroming om het vliegtuig tot een verdere verbetering van de brandstofeconomie kunnen leiden. De turbulente wrijvingsweerstand vormt een belangrijk deel van de totale vliegtuigweerstand en laminarisering van de stroming over een gedeelte van vleugels en romp kan daarom een significante weerstandsverlaging geven. Brandstofbesparingen van 20 tot 30% zijn in principe mogelijk. De technische problemen samenhangend met laminarisering zijn echter groot zodat toepassing niet voor het einde van deze eeuw wordt voorzien.

6.2 Motortechniek

De ontwikkeling van het vliegtuig is – zowel wat betreft de vliegtuiggrootte, de af te leggen afstanden als de bereikbare snelheden – steeds in sterke mate bepaald door de mogelijkheden die de motortechniek kon bieden. In verband met de hierna te behandelen perspectieven van de motortechniek met betrekking tot de verbetering van de brandstofeconomie in de toekomst, is het van belang om op te merken, dat de tijdsduur die thans met de ontwikkeling en invoering van nieuwe motoren gemoeid is, in vele jaren moet worden gemeten (5 à 10 jaar). De huidige zuinige, tweede generatie turbofan-motoren met grote omloopverhouding en een stuwkracht van ongeveer 20 ton, in gebruik bij Airbus, Mc Donnel Douglas DC 10, Lockheed Tristar en Boeing 747, zullen ook in de tachtiger jaren in gebruik blijven, terwijl de thans in ontwikkeling zijnde 10-tons motoren (General Electric/SNECMA, Pratt and Witney) de middelgrote vliegtuigen voor de jaren tachtig en negentig zullen voortstuwen.

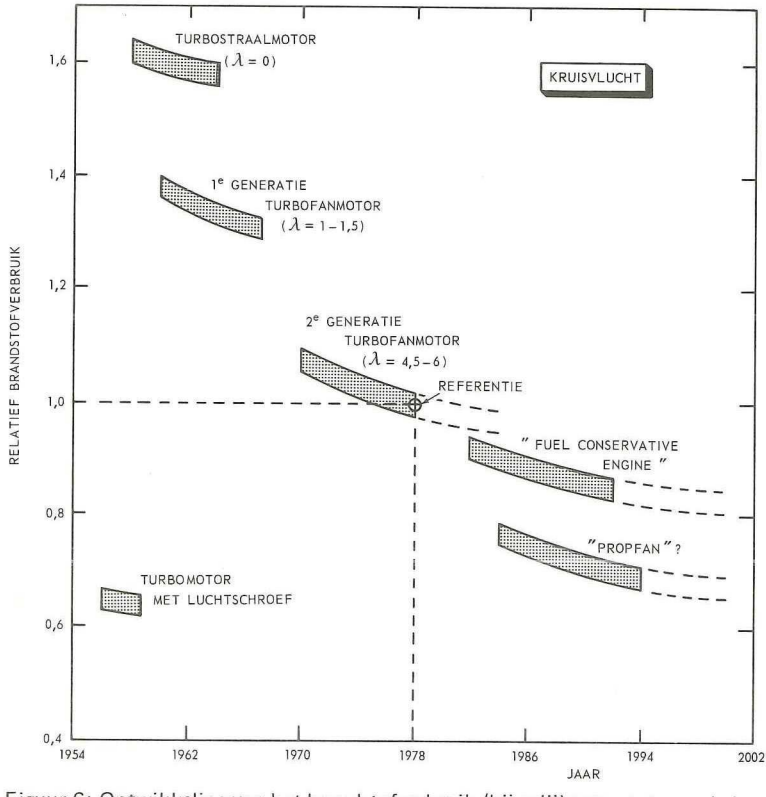
De technologie van deze motortypen is reeds in hoge mate gefixeerd. Door productontwikkeling, zoals verbeteringen aan componenten en vermindering van prestatiedegradatie tijdens de levensduur, wordt ook voor deze motoren nog enige verbetering

van het brandstofgebruik mogelijk geacht, doch slechts tot een grootte-orde van 2 tot 5% van het huidige gebruik. Deze verbeteringen zullen voor een deel in reeds in gebruik zijnde motoren kunnen worden doorgevoerd en voor het overige slechts in nieuw te produceren versies.

Een verdere verlaging van het brandstofgebruik met 10 à 15% is mogelijk voor nieuw te ontwerpen straalmotoren gebaseerd op de huidige concepties, doch met hogere omloopverhouding, hogere turbinetemperatuur en compressieverhouding, alsmede verbetering van de rendementen van de roterende componenten. De ontwikkeling van deze "fuel conservative engines" zal een aanzienlijke inspanning vereisen, daar het noodzakelijk is om de genoemde verbeteringen in één ontwerpstap te verwezenlijken. Het voordeel van een hogere turbinetemperatuur en compressieverhouding kan nl. geheel verloren gaan, indien dat gepaard gaat met lagere rendementen van de componenten.

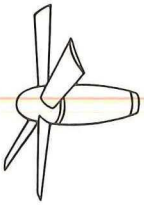
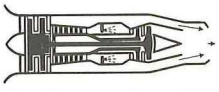
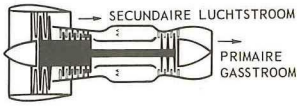
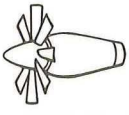
Een essentieel kenmerk van de vliegtuigvoortstuwing is dat het rendement toeneemt naarmate de voorstuwende kracht bij een gegeven snelheid wordt opgewekt door een grotere lucht- of gasmassa naar achteren te versnellen. De luchtschroef levert daardoor in beginsel een hoog voortstuwingsrendement, dat echter wegens compressibiliteitsverschijnselen boven snelheden van 600 à 700 km/h sterk afneemt. De eerste straalmotoren versnelden slechts de relatief kleine massa atmosferische lucht, die voor het verbrandingsproces (met luchtovermaat) wordt gebruikt en hadden vergeleken met de luchtschroef een laag voortstuwingsrendement, dat evenwel met toenemende snelheid groter wordt. De doorbraak tot een zuiniger straalvoortstuwing met vliegsnelheden van 800 à 900 km/h in het civiele luchtverkeer kon dan ook slechts worden verkregen door toepassing van omlooplucht ("by-pass"- en turbofan-motoren), waarbij naast de luchtmassa die aan het verbrandingsproces deelneemt, ook extra atmosferische lucht wordt versneld door middel van een afzonderlijke lagedruk compressor of "fan". De omloopverhouding λ (massastroom koude lucht/massastroom warme lucht) bedroeg bij de motoren van de eerste generatie 1 à 1,5 en voor de huidige tweede generatie motoren 4,5 à 6, terwijl voor de "fuel conservative engines" deze verhouding mogelijk tot 8 à 10 zal worden verhoogd. Bij verhoging van de omloopverhouding wordt de meertraps-compressor voor de versnelling van de koude lucht vervangen door een enkelvoudige veelbladige ommantelde luchtschroef.

Figuur 6 brengt de geschetste ontwikkeling betreffende het brandstofgebruik in beeld, terwijl in figuur 7 de opbouw van de diverse motortypen schetsmatig is aangegeven met vermelding van karakteristieke waarden voor de omloopverhoudingen en het snelheidsgebied (uitgedrukt in het getal van Mach M = vliegsnelheid/geluidssnelheid). Duidelijk blijkt uit deze figuren het voordeel van schroefvoortstuwing wat betreft het brandstofgebruik, waartegenover echter het nadeel van de aanzienlijk lagere vliegsnelheid staat.



Figuur 6: Ontwikkeling van het brandstofverbruik (bij gelijke voortstuwende kracht)

Een mogelijke ontwikkeling, die nog een verdere verbetering van het brandstofgebruik t.o.v. de "fuel conservative engines" zou kunnen geven bij hogere vliegsnelheden dan de normale luchtschroef is de "propfan", waarbij een veelbladige schroef met relatief kleine diameter wordt toegepast. Dit concept is nog geheel in het stadium van onderzoek en zal eerst in de jaren 90 voor praktische toepassing in aanmerking kunnen komen. Thans kan niet worden overzien, in hoeverre een terugkeer naar verkeersvliegtuigen met (geavanceerde) schroefvoortstuwing in de verdere toekomst zal plaats vinden.

MOTORTYPE		OMLOOP VERHOUDING λ	GETAL VAN MACH *) Ma	OPBOUW
TURBOMOTOR MET LUCHTSCHROEF		~ 100	0,4 – 0,6	
TURBO – STRAALMOTOR		0	0,8 – 2	
TURBO – FAN MOTOR	1e GENERATIE	1 – 1,5	0,75 – 0,85	
	2e GENERATIE	4,5 – 6		
	3e GENERATIE (FUEL CONSER-VATIVE ENGINE)	8 – 10?		
PROPFAN		~ 50	0,7 – 0,8	

*) GETAL VAN MACH Ma = V/a ; V = VLIEGSNELHEID; a = GELUIDSSNELHEID (1080 km/h OP 10 km HOOGTE)

Figuur 7: Voortstuwingsinstallaties voor verkeersvliegtuigen

7. Alternatieve brandstoffen

In de luchtvaart zijn reeds uitvoerige studies uitgevoerd naar het gebruik van alternatieve brandstoffen. Hierbij is gebleken dat de huidige koolwaterstofbrandstoffen van natuurlijke oorsprong (kerosine) qua verbrandingswaarde per gewichtseenheid en soortelijk gewicht (waardoor het tankvolume wordt bepaald) voor toepassing in het vliegtuig zeer gunstig zijn. De vereiste hoeveelheid brandstof kan bij gebruik van deze brandstoffen vrijwel steeds in de vleugel worden ondergebracht, zodat de romp geheel aan de te vervoeren lading aan passagiers en vracht kan worden aangepast.

Teneinde de beschikbaarheid van natuurlijke aardolie voor de luchtvaart te verruimen, wordt thans onderzoek uitgevoerd om de eisen voor de vliegtuigbrandstof te verlichten, zodat een groter deel van de geraffineerde aardolieproducten kan worden gebruikt.

Een voor de hand liggende oplossing bij toenemende schaarste aan natuurlijke aardolie is hun vervanging door overeenkomstige synthetische koolwaterstofbrandstoffen, die kunnen worden verkregen uit oliehoudende leisteen, teerzanden en kolen. Hierbij zijn de benodigde aanpassingen van het vliegtuig en het brandstofvoorzieningssysteem op de luchthavens slechts gering in vergelijking met de andere hierna te noemen alternatieven.

Naar de huidige inzichten komen als alternatieve brandstoffen het meest in aanmerking vloeibaar methaan en vloeibare waterstof. De eigenschappen van vloeibaar methaan en waterstof in vergelijking met de conventionele koolwaterstof-brandstof zijn in figuur 8 gegeven. Methaan heeft een ca 16% hogere verbrandingswaarde dan

	CONVENTIONELE TURBINEBRANDSTOF (NATUURLIJK OF SYNTHETISCH)	VLOEIBAAR METHAAN (CH_4)	VLOEIBARE WATERSTOF (H_2)
RELATIEVE VERBRANDINGSWAARDE	1	1,16	2,77
RELATIEVE DICHTHEID (SOORTELIJK GEWICHT)	1	0,53	0,085
TEMPERATUUR VOOR OPSLAG IN VLOEIBARE TOESTAND	OMGEVINGS TEMPERATUUR	−162° C	−253° C
STARTGEWICHT VAN VLIEGTUIG BIJ GELIJKE BETALENDE LADING EN TRAJECTLENGTE	1	0,90	0,67

Figuur 8: Eigenschappen van alternatieve brandstoffen en hun invloed op het vliegtuiggewicht

kerosine, doch het soortelijk gewicht is slechts 53% , zodat een aanzienlijk groter tankvolume nodig is. Voor vloeibare waterstof is de verbrandingswaarde nog aanzienlijk hoger, doch het soortelijk gewicht veel lager. Bij de laatstgenoemde brandstof wordt voor een bepaalde vervoertaak het startgewicht in belangrijke mate lager, doch het benodigde tankvolume is viermaal groter, waardoor de brandstof geheel of gedeeltelijk in de romp moet worden meegevoerd.

Het blijkt dat de huidige vliegtuigvorm weinig is aangepast aan de krachtige, doch lichte waterstof als brandstof en nieuwe concepties wat betreft de vormgeving lijken vereist.

Een belangrijk bijkomend nadeel van zowel methaan als waterstof is dat zij slechts vloeibaar zijn in cryogene toestand. De vliegtuigtanks moeten daarom zeer goed geïsoleerd zijn en de behandeling op de grond vereist bijzondere zorg. Anderzijds is waterstof een zeer "schone" brandstof, die uit milieu-oogpunt gunstig is. Bij gebruik van waterstof zal de productie vrijwel zeker op de grote luchthavens zelf moeten worden uitgevoerd en dit zal grote installaties vereisen die, bijvoorbeeld voor de luchthaven van Chicago, bij de huidige verkeersomvang een capaciteit zouden moeten hebben die dertig maal groter is dan de installaties, die nodig waren voor de uitvoering van het Apollo-project.

Veelal wordt dan ook gesteld dat waterstof als vliegtuigbrandstof slechts aantrekkelijk is in het kader van een totale op waterstof gebaseerde energiehuishouding, waarbij grote hoeveelheden waterstof voor vele doeleinden worden geproduceerd door middel van electrolyse van water met bijvoorbeeld kernfusie als energiebron.

Zonder een dergelijke (grootschalige) voorziening kan waterstof echter ook door vergassing van steenkool worden verkregen.
Het totale energiebudget van de productie van synthetische kerosine, vloeibare methaan en vloeibare waterstof uit steenkool is gegeven in figuur 9, waarbij de ongunstige verhoudingen voor waterstofproductie uit steenkool blijkt, hetgeen in een hoge prijs van de waterstof zal resulteren.

BRANDSTOF	ENERGIE TOEVOER		ENERGIE OPBRENGST		OPBRENGST / TOEVOER
	KOLEN	PROCES – ENERGIE	BRANDSTOF	BIJ – PRODUCTEN	---
SYNTHETISCHE TURBINE – BRANDSTOF	100	16	24	46	0,60
VLOEIBAAR METHAAN	100	5	41	13	0,51
VLOEIBARE WATERSTOF	100	50	35	12	0,31

Figuur 9: Productie van alternatieve vliegtuigbrandstoffen uit steenkool

Een andere mogelijkheid is een kernreactor als energiebron te gebruiken. In dit geval is het brandstofgebruik in de zin van massagebruik vrijwel nihil. Vliegtuigen kunnen gedurende lange tijd opereren zonder wisseling van de kernsplijtingselementen (b.v.

10.000 uur). De kernreactor levert warmte, die door middel van een circulatiesysteem met warmtewisselaars wordt toegevoerd aan de lucht, die door de straalmotor stroomt. Bij de huidige stand van de techniek wat betreft de warmtewisselaars zijn de mogelijke temperaturen in de straalmotor lager dan bij conventionele motoren, waardoor onvoldoende stuwkracht in de start kan worden ontwikkeld en een starthulp in de vorm van verbranding met een chemische brandstof nodig blijft.

De kernreactor vraagt een groot gewicht aan afschermingsmateriaal tegen straling, waardoor deze wijze van voortstuwing slechts in aanmerking komt voor zeer grote vliegtuigen met een startgewicht boven 500 à 700 ton (vergelijk Boeing 747, startgewicht 350 ton). Als eis t.a.v. de veiligheid moet voorts worden gesteld dat de kernreactor geen gevaar voor de omgeving mag opleveren bij het optreden van een vliegtuigongeval.

Hoewel in beginsel de oplossing voor de problemen van warmtewisselaar, straling en ongevalprotectie denkbaar zijn, moet de toepassing van kernenergie voor vliegtuigen vooralsnog in een verre toekomst worden gedacht. Het meest waarschijnlijk lijkt nog de toepassing voor zeer grote vrachtvliegtuigen voor transporten over zeer lange afstanden.

8. Bijzondere vliegtuigentypen

In de jaren 60 bestonden grote verwachtingen t.a.v. de toepassing van supersone vliegsnelheden in het toekomstige luchtverkeer. Terwijl de Europese inspanningen op dit gebied hebben geleid tot de ontwikkeling van de Aerospatiale/BAC Concorde, die in de komende jaren op bescheiden schaal in het luchtverkeer zal opereren, is de ontwikkeling van de Amerikaanse SST in het begin van de zeventiger jaren afgebroken.

De hoge (supersone) vliegsnelheid leidt tot een hoog rendement van de voortstuwingsinstallatie (bij de Concorde een zuivere turbostraalmotor zonder omlooplucht); het voordeel hiervan wordt echter meer dan te niet gedaan door de ongunstige draagkracht-weerstand verhouding die samenhangt met het optreden van schokgolven bij supersone snelheden (die ook de supersone boem veroorzaken). Ter vergelijking met de subsone verkeersvliegtuigen in figuur 4, geldt voor de Concorde (startgewicht: 181 ton; max. aantal passagiers 128) in de kruisvlucht: V = 2150 km/h, W_p = 12,7 ton, W_pV = 27.300 tonkm/h en E_F = 1,47 tonkm/kg brandstof. Terwijl door de hoge vliegsnelheid de tonkilometer-productie ondanks de relatief kleine betalende lading bij de Concorde vergelijkbaar is met een veel groter subsoon type, is de brandstofeconomie beduidend slechter. Bij de huidige stand van de techniek is dit de prijs, die voor een veel snellere wijze van luchttransport moet worden betaald.

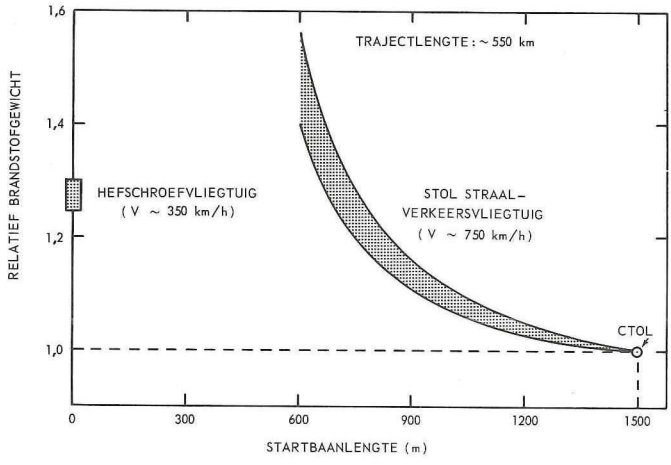
In de U.S.A. bestaat de verwachting dat in het komende decennium het supersone vliegtuig opnieuw in ontwikkeling zal worden genomen. Voor een supersoon vliegtuig van de tweede generatie zal de brandstofeconomie in aanzienlijke mate kunnen worden verbeterd t.o.v. de Concorde door verbeterde aërodynamische vormgeving (hogere draagkracht-weerstand verhouding) en verbeterde motoren. Ontwikkelingen van zogenaamde "variable cycle"-motoren zijn in studie, waarbij de voordelen van de zuivere straalmotor en turbofan-motoren kunnen worden gecombineerd. Ook de verhouding betalende lading-startgewicht zal beduidend kunnen worden verbeterd, evenals het geluidsniveau van het vliegtuig in start en landing.

Ook voor het supersoon verkeersvliegtuig kan het gebruik van waterstof als brandstof voordelen bieden. Voor het hypersone verkeersvliegtuig (getal van Mach 6 à 8) is waterstof zelfs de aangewezen brandstof voor stuwstraalmotoren, waarbij het verbrandingsproces in de motor bij supersone snelheid plaats vindt (scramjet = supersonic combustion ramjet). Dergelijke hypersone vliegtuigen zouden de afstanden tussen alle wereldsteden op aarde in enkele vlieguren kunnen overbruggen; hun ontwikkeling wordt echter niet vóór de volgende eeuw verwacht.

Voor het korte afstandsverkeer liggen nieuwe mogelijkheden in de toepassing van V/STOL-vliegtuigen (Vertical/Short Take-Off and Landing) voor gebruik van kleinere vliegvelden en/of gebruik van thans onbenutte delen van het luchtruim op grote luchthavens, waarvoor het luchtverkeer met conventionele vliegtuigen (CTOL = Conventional Take-Off and Landing) het verzadigingspunt heeft bereikt.

De introductie van V/STOL-vliegtuigen in het toekomstig luchtverkeer is nog met veel onzekerheid omgeven. Het extra vermogen of stuwkracht nodig voor de korte of verticale) start en landing en het daarmede verbonden hogere gewicht van de voortstuwingsinstallatie, heeft een ongunstige invloed op het brandstofgebruik en de verhouding betalende lading/vliegtuiggewicht. De brandstofeconomie van deze vliegtuigen zal dan ook ongunstiger zijn dan voor CTOL-vliegtuigen die voor een overeenkomstige vervoertaak zijn ontworpen. Dit wordt geïllustreerd door figuur 10, waaruit ook de relatieve ongunstige eigenschappen ten aanzien van het brandstofgebruik voor het hefschroefvliegtuig blijkt.

In sommige studies wordt ook het luchtschip als een brandstof-economisch vervoermiddel aangeduid en een herleving van dit type van luchtvaartuig in het luchtverkeer bepleit, b.v. voor vrachtvervoer. Figuur 11 geeft een vergelijking van enkele eigenschappen voor een groot luchtschip (ontworpen volgens hedendaagse maatstaven) en een groot subsoon straal-vrachtvliegtuig. De gunstige brandstofeconomie E_F van het luchtschip t.o.v. het vliegtuig hangt samen met zijn lage vliegsnelheid. Door de grote afmetingen, voortvloeiend uit de noodzaak van het opwekken van de vereiste draagkracht door luchtverplaatsing, en de daarmede verbonden luchtweerstand, neemt het energiegebruik van het luchtschip sterk toe bij vergroting van de snelheid. Bij ove-



Figuur 10: Invloed van startlengte op brandstofgebruik

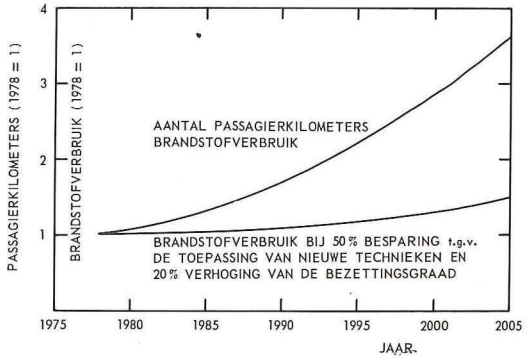
	START-GEWICHT (ton)	VRACHT-LADING W_p (ton)	KRUIS-SNELHEID V_{cr} (km/h)	BRAND-STOF VERBRUIK (kg/h)	ton km PRODUCTIE $W_p V_{cr}$ (ton km/h)	BRANDSTOF ECONOMIE E_F (ton km/kg BRANDSTOF)
SUBSOON STRAAL-VRACHTVERKEERS-VLIEGTUIG	365	115	900	13 500	103 500	7,7
LUCHTSCHIP	850	265	180	3 500	47 700	13,6

Figuur 11: Brandstofeconomie van vliegtuig en luchtschip

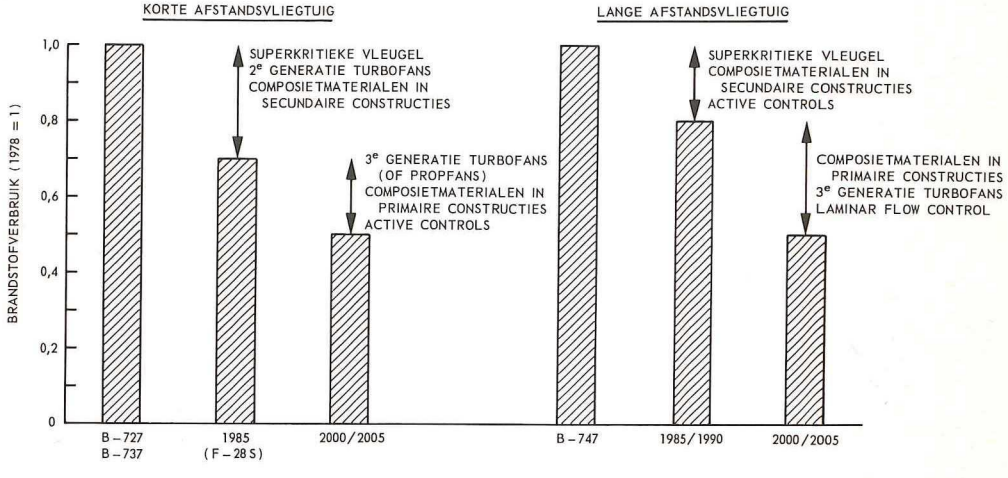
rigens gelijkblijvende omstandigheden zou het in figuur 11 beschouwde luchtschip bij een snelheid van 240 km/h reeds deze zelfde waarde van E_F verkrijgen als het subsone straal-vrachtvliegtuig (met snelheid van 900 km/h). Het luchtschip biedt daardoor slechts zeer beperkte mogelijkheden voor modern luchtvervoer; speciale toepassingen voor vervoer van zeer grote lasten over relatief korte afstanden, b.v. in moeilijk toegankelijke gebieden, zijn echter denkbaar. De hoge investeringen, die nodig zijn voor de bouw van een klein aantal (grote) luchtschepen voor dergelijke toepassingen, maken een hernieuwde introductie echter niet waarschijnlijk, mede gezien de moeilijke hanteerbaarheid onder minder gunstige weersomstandigheden (o.a. gevoeligheid voor wind).

9. Conclusie

De nieuwe technieken zullen een grote invloed hebben op het energiegebruik in de luchtvaart. Als uitgegaan wordt van een groei van 5% per jaar zou na 25 jaar, dus in het jaar 2003, het brandstofgebruik door de luchtvaart 3,4 x zo groot zijn als thans, zoals aangegeven in figuur 12. Als de vloot van 2003 50% minder brandstof zou gebruiken dan de huidige vloot, hetgeen technisch tot de mogelijkheden behoort, figuur 13, dan zou het brandstofgebruik niet meer dan 1,7x zo groot zijn als thans.



Figuur 12: Passagierkilometers en brandstofverbruik door de luchtvaart bij 5% groei per jaar



Figuur 13: De toepassing van brandstofbesparende technieken

Als energiedrager heeft de steenkool bij de spoor- en tramwegen een grote rol gespeeld, maar is als zodanig in ons land niet meer direct in gebruik. De kolengestookte stoomlocomotief rijdt hier alleen nog maar op enkele toeristische lijnen. Wel wordt steenkool verstookt voor de opwekking van electriciteit. Een toepassing van de steenkool waarvan mag worden aangenomen, dat deze in de komende jaren in belangrijkheid zal toenemen.

Een vergroten van het aandeel van de toepassing van electriciteit bij het Openbaar Vervoer kan worden verkregen door (meer) gebruik te maken van de trolleybus, een zinvolle tussenvorm van de electrische tram en de dieselbus. Daarbij wordt niet alleen de afhankelijkheid van het Openbaar Vervoer van vloeibare brandstof verminderd, omdat electriciteit met meerdere primaire energiedragers kan worden opgewekt, maar tevens kunnen met de trolleybus een aantal niet-onbelangrijke voordelen worden verkregen bijv. in de sfeer van het verminderen van de belasting van de omgeving door geluidshinder en uitlaatgassenemissie. E.e.a. wordt in dit artikel nader beschreven. Daarbij wordt tevens aandacht besteed aan een middel om bij het huidige openbaar vervoer energie te besparen, nl. door het gedeeltelijk terugwinnen van remenergie. Een besparing, die op zich aantrekkelijk lijkt ondanks het feit dat het Openbaar Vervoer al zuinig is met energie.

De vervoertechnieken

Bij het Openbaar Vervoer wordt gebruik gemaakt van twee vervoertechnieken: de railvervoertechnieken en de wegvervoertechnieken. Dit zijn in meerdere opzichten fundamenteel verschillende technieken.

Bij de railvervoertechniek wordt gebruik gemaakt van het stalen wiel, dat rolt op de stalen rail. De wielen zijn daarbij zijdelings geleid door de wrijving tussen wiel en rail in de dwarsrichting van het spoor en door de wielflenzen, die bij het aanlopen tegen de binnenzijde van de beide benen van het spoor een verder naar buiten bewegen van de wielen verhinderen. Een zgn. gedwongen, zijdelingse geleiding.
Twee wielen vormen met een as een star wielstel, dat doorgaans met één, soms twee andere wielstellen in een voertuigraam of een draaistelframe gelagerd is.
De rolweerstand van het stalen wiel op de stalen rail is laag, in de orde van grootte van 1,8 à 2,2 kg per 1000 kg wielbelasting (de kracht tussen wiel en rail loodrecht – verticaal – op het loopvlak van de rail). Deze lage rolweerstand leidt er toe, dat het energiegebruik nodig om de rolweerstand te overwinnen, klein zal zijn bij een voertuig, dat zonder zgn. parasitaire bewegingen, in gewone taal: zonder slingeren en schudden, over de baan voortbewogen wordt.

Bij de wegvervoertechniek wordt gebruik gemaakt van de luchtband, die gelegd is om een stalen of lichtmetalen wiel. Dit wiel met een luchtband rolt over een

betonnen, asfalt of stenen wegdek en wordt zijdelings geleid door de wrijving tussen band en wegdek.
De rolweerstand is vrij groot, nl. 15 à 25 kg bij 1000 kg wielbelasting bij een glad en droog wegdek en is sterk afhankelijk van de wrijvingscoëfficient tussen band en wegdek. Deze coëfficient wordt o.a. weer sterk beïnvloed door eventuele vloeistoflagen tussen band en wegdek. Daarom wordt bij de wegvervoertechniek niet gesproken van een gedwongen, zijdelingse geleiding.

Alhoewel de bestuurbaarheid van een wegvoertuig een voordeel is, omdat daarmee een (weg)*vlakte* bereden kan worden inplaats van een (rail)*lijn*, zoals bij de railvervoertechniek, heeft het ontbreken van de gedwongen, zijdelingse geleiding het grote nadeel dat de treinvorming, die bij de railvervoertechniek een wezenlijk winstpunt is, bij de wegvervoertechniek maar beperkt gebruikt kan worden. Een trekker met een zgn. opleggervoertuig en een aanhangwagen is al het maximum, dat in verband met de zijdelingse beheersbaarheid uit veiligheidsoverwegingen nog acceptabel is.

Bij een wegvoertuig zijn de wielen, die aan de linker- en rechterzijde van het voertuig zijn aangebracht, niet per as onderling star gekoppeld, zoals bij het railvoertuig. Dit geldt voor de niet-aangedreven wielen en in zekere zin ook voor de aangedreven wielen, die nl. per as door een zgn. differentieel zijn gekoppeld. Dit mechanisme maakt het rijden door bogen met een kleine straal mogelijk zonder dat daarbij slepen of doorslaan (in gewone taal – overigens onjuist – slippen genoemd) optreedt, nl. door een verevening tussen het toerental van het wiel, dat zich aan de binnenkant van de bocht bevindt t.o.v. het toerental van het wiel aan de buitenzijde.
Anderzijds leidt het toepassen van het differentieel bij wegvoertuigen tot een eerder doorslaan (op hol gaan) van één der aangedreven wielen met als gevolg een verminderde zijdelingse beheersbaarheid van de voertuigbeweging (Slipscholen hebben daarom en ook daardoor een belangrijke reden van bestaan).
De gedwongen, zijdelingse geleiding, die bij de railvervoertechniek wordt gebruikt, maakt het, zoals reeds vermeld werd, daar mogelijk om de treinvorming, het rijden met meerdere gekoppelde voertuigen, toe te passen. Treinvorming is mede aantrekkelijk om nl. de luchtweerstand te verminderen (en daarmee het energiegebruik) t.o.v. het rijden met hetzelfde aantal losse voertuigen. Er wordt bij treinvorming, gekoppeld rijden, zowel bespaard op de stuwweerstand, die veroorzaakt wordt door de kop van de voertuigen, als op de zuigweerstand, die door luchtwervelingen ontstaat na elk voertuig.

Dit beeld, van het verschil in luchtweerstand, wordt nog wat complexer doordat de eerder genoemde grote flexibiliteit van het wegvervoer op de "vlakte" t.o.v. de starre, zijdelingse geleiding van het railvoertuig, op de raillijn nog een consequentie heeft, nl. dat de wegvoertuigen maar voor één rijrichting geschikt en gestroomlijnd behoeven te zijn. Zij kunnen voor die ene richting in dat opzicht geoptimaliseerd zijn, net als vliegtuigen en schepen (met uitzondering van veerboten).

Als bij railvoertuigen aan het einde van een lijn de tijd en de plaats ontbreken om te keren, moet de stroomlijning van de voertuigen een compromis zijn voor de beide rijrichtingen. Dit verschil in stroomlijning van weg- en railvoertuigen speelt overigens bij de luchtweerstand, dus bij het energiegebruik nodig voor het overwinnen van de luchtweerstand, niet zo'n wezenlijke rol, omdat de snelheid van de wegvoertuigen, die gebruikt worden voor openbaar vervoer, beperkt is tot 90 km/u en daarbij de luchtweerstand nog relatief klein is t.o.v. de rolweerstand. Bij de trein ligt dit anders door de doorgaans hogere maximum snelheid.

Naast een groot verschil in voertuigtechniek, voor wat betreft de soorten van wielen en rijbanen, is er nog een ander zeer wezenlijk verschil tussen de railvervoer- en de wegvervoertechniek, nl. het verschil in eigen gewicht van de voertuigen per zitplaats. Dit verschil ontstaat o.a. door het wel of niet rekening moeten houden met koppelingskrachten, die ontstaan door het rijden met gekoppelde voertuigen.
Bij de trein, de metro en soms de tram moet wel met deze krachten rekening worden gehouden, bij de bus echter niet.

Verder ontstaat het verschil door een gehele andere benadering bij het bepalen welk maximum aantal passagiers in een voertuig kunnen en mogen worden vervoerd.
Mede daardoor wordt bij de railvervoertechniek, omdat een veel grotere reserve moet en kan worden ingebouwd, verhoudingsgewijs zwaarder geconstrueerd.
Dit is mede van wezenlijke betekenis voor de veiligheid van de inzittenden van deze vervoermiddelen.

Het grotere eigen gewicht is geen nadeel voor het energiegebruik, omdat een compensatie optreedt ten opzichte van bijv. de lichter geconstrueerde wegvoertuigen door de eerder genoemde, aanzienlijk lagere specifieke rolweerstand van het stalen wiel op de stalen rail in vergelijking tot deze weerstand van het wiel met een rubber luchtband, dat rolt over een glad en droog wegdek.

Daar bovendien de railvoertuigen met een doorgaans geheel vrije baan de rijstijl zo kunnen beheersen, dat zoveel mogelijk van het uitrollen wordt geprofiteerd en er daardoor minder bewegingsenergie bij het afremmen als warmte verloren gaat, wordt het energiegebruik (uiteindelijk) niet nadelig beïnvloed door het grotere eigen gewicht per zitplaats. Overigens is het energiegebruik per zitplaatskilometer – zoals uit het volgende hoofdstuk zal blijken – een niet in alle opzichten bevredigend vergelijkingscijfer.

Alhoewel nog meerdere facetten van de beide vervoertechnieken te vermelden zouden zijn, werden in het voorgaande de meest essentiele factoren, die een invloed hebben op het energiegebruik, reeds genoemd.

In een afzonderlijk hoofdstuk beschrijven wij de zgn. geavanceerde, de "nieuwe" vervoertechnieken, die echter wat betreft het energiegebruik per zitplaatskilometer weinig aantrekkelijk zijn. Desondanks is het zinvol om van deze nieuwe technieken de zweeftechnieken te vermelden. Zij kunnen namelijk worden toegepast in de zgn. Personal Rapid Transit systemen, die te vergelijken zijn met horizontaal bewegende liften in dicht bebouwde centra. Zulke systemen zijn zo te automatiseren, dat volledige zelfbediening mogelijk wordt.
Het is juist daarom te verwachten, dat er verdere ontwikkelingen van PRT-systemen zullen komen, dus ondanks het relatief hoge energiegebruik.

Het energiegebruik.

Cijfers over het energiegebruik voor het vervoer van personen en goederen hebben alleen betekenis, als de wijze waarop en de omstandigheden waaronder dat vervoer is uitgevoerd zoveel mogelijk zijn vermeld.
Maar, zelfs dan hebben deze cijfers nog maar een beperkte waarde. Doorgaans zijn namelijk de spreidingen in het energiegebruik groot door allerlei storende factoren, die in de practijk kunnen optreden.

Ieder die een auto bezit, of er een tot zijn beschikking heeft en zelf zijn benzine moet betalen, weet dat hij zuinig en onzuinig kan rijden. Dit is niet alleen een verschil in rijstijl. Daar spelen ook andere factoren een rol bij mee, zoals de toestand van de weg en de onderhoudstoestand van de auto, d.w.z. zowel van de motor, als van de banden en de schokdempers.

Ook cijfers voor het specifieke energiegebruik, die bijv. zijn gebaseerd op jaarcijfers (totaalcijfers van het gebruik en van de vervoerprestaties), waarbij incidentele invloeden door deze langere periode worden afgevlakt, vereisen nog een uiterst zorgvuldige "schoning" alvorens er conclusies aan mogen worden verbonden.

Een voorbeeld ter toelichting:
In 1976 werd voor alle soorten wegverkeer met personenauto's ongeveer 4,5 mia. liter benzine verbruikt. D.i. 146,9 x 10^{15} Joules en dit energiegebruik is 5,66% van het toenmalige nationale energiegebruik (2583 x 10^{15} Joules). Wordt het energiegebruik toegerekend, dat nodig is voor o.a. raffinage en distributie van de benzine dan wordt deze 5,66% : ong. 7%.

In hetzelfde jaar werd voor de electrische tractie in ons land (trein, metro en tram) 1,9% van het nationale electriciteitsproductie verbruikt. D.i. 1,9 x 10^{-2} x 52,6 TWh = 3,6 x 10^{15} Joules, zijnde 0,14% van het nationale energiegebruik. Teruggerekend naar de primaire energie wordt dit: 0,35%.

Laten wij voor de eenvoud buiten beschouwing dat niet al het electrisch gereden railvervoer personenvervoer is, dan blijkt dat bij 100 mia. personenkilometers van de auto en 10 mia. reizigerskilometers van de trein, de metro en de tram in dat jaar het Openbaar Vervoer gemiddeld de helft zuiniger is met energie voor die verplaatsingen.

Dit voorbeeld geldt bij een heel scala van bezettingsgraden van de voertuigen. Bij de auto is de bezettingsgraad sterk afhankelijk van het verplaatsingsmotief, maar gemiddeld zeker niet boven de 50% . Bij het Openbaar Vervoer is de bezettingsgraad ook afhankelijk van het verplaatsingsmotief, maar vooral sterk tijdafhankelijk hetgeen blijkt uit de zgn. spitsuur- en daluurbezettingen, die veelal ver uit elkaar liggen. Het voorbeeld geldt eveneens bij een heel scala van verplaatsingsafstanden. Bij de personenauto is deze voor een belangrijk deel kort, veelal in de stad, met lage gemiddelde snelheid en met veel stilstaan en weer aanzetten. Wat betreft energiegebruik onzuinig. Bij het Openbaar Vervoer zijn de gemiddelde reisafstanden langer, zeker bij de trein en de metro.

Daar bij het Openbaar Vervoer de in de daluren beschikbare vervoerscapaciteit benut kan worden door een toenemend aantal reizigers zonder dat dit tot een bepaalde grens tot een noemenswaardig groter energiegebruik leidt, ligt juist daar een mogelijkheid voor het op nationaal niveau sparen van energie voor die verplaatsingen, omdat die Openbaar-Vervoerverplaatsingen veelal relatief onzuinige autoverplaatsingen zullen (kunnen) vervangen.

Uiteraard is bij deze simplificatie de kwaliteit van de verplaatsing niet mee in beschouwing genomen en zouden er meerdere argumenten aan te voeren zijn om aan te tonen dat in bepaalde gevallen de autoverplaatsingen niet zinvol te vervangen zijn door verplaatsingen met het Openbaar Vervoer. Maar, evenzeer zullen er ongetwijfeld legio verplaatsingen zijn waarvoor het Openbaar-Vervoeralternatief wel zinvol zal blijken te zijn. Maatgevend in zo'n beoordeling is de vraag: "Hoe groot is de nood?"

Anders geformuleerd: "Wanneer dreigt er nu werkelijk een energieschaarste?"
Uit hetgeen zich nu om ons afspeelt, valt niet anders te concluderen dan dat de nood niet als hoog ervaren wordt. Wellicht – zoals wij later misschien zullen bemerken – ten onrechte, want het gaat op het wereldpolitieke vlak niet alleen om de energie! Maar dit hier ter zijde.

Naast het helaas in gebruik geraakte vergelijken van niet altijd vergelijkbare cijfers voor het energiegebruik is het wellicht verhelderend om de marginale verschuiving in het energiegebruik na te gaan, die optreedt bij de substitutie van bijv. 1000 personenkilometers per auto door 1000 reizigerskilometer met het Openbaar Vervoer. In figuur 1 is het energiegebruik aangegeven in Mega Joules (MJ) per reizigerskilometer als functie van de bezettingsgraad, het aantal inzittenden (echt zittenden en eventueel staanden) gedeeld door het aantal *zit*plaatsen.

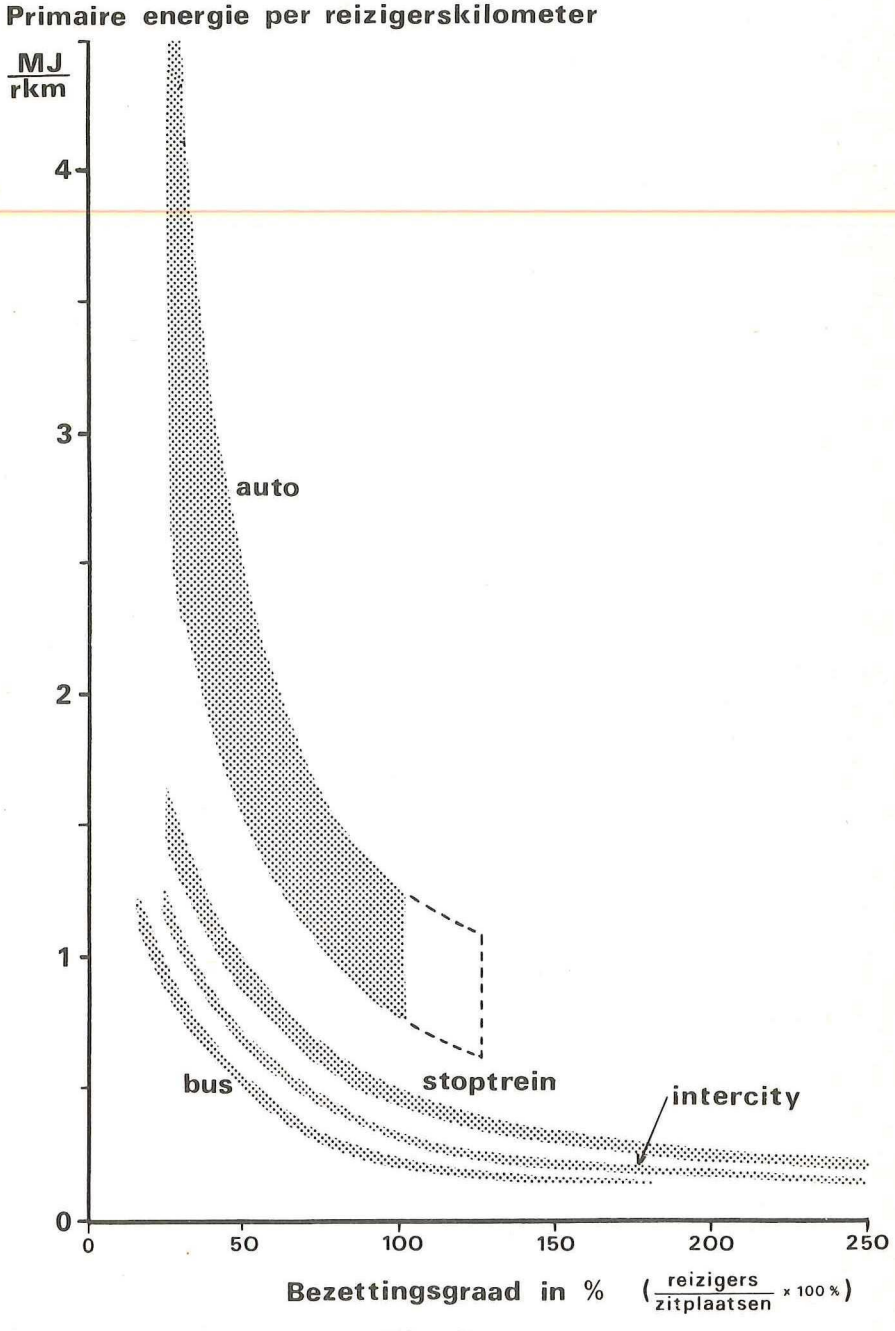

Primaire energie per reizigerskilometer
MJ
rkm
4
3
2
1
0
auto
bus
stoptrein
intercity
0
50
100
150
200
250
Bezettingsgraad in % (reizigers / zitplaatsen x 100 %)

Fig. 1

Bij een bezettingsgraad van 25% is het energiegebruik per reizigerskilometer voor:

– de personenauto	3,0 MJ.
– de streekbus	1,0 „ .
– de stoptrein	1,6 „ .
– de Intercity	1,2 „ .

Het marginale energiegebruik per extra inzittende is voor een personenauto met een gewicht van 900 kg op de buitenweg: 0,2 MJ/r.km.

– de streekbus	0,045 „ / „ .
– de stoptrein	0,030 „ / „ .
– de Intercity	0,018 „ / „ .

Gaan wij nu de veronderstelde 1000 reizigerskilometers toerekenen aan de personenauto, de streekbus of de trein, dan blijkt de onvergelijkbaarheid van de drie typen vervoermiddelen. Wij vergelijken met elkaar een renpaard, een trekpaard en een olifant, of om dichter bij de techniek te blijven: een Cessna met een F 27 en een DC 9. Ondanks deze onvergelijkbaarheid is het wel duidelijk, dat er bespaard kan worden op het energiegebruik bij het vervoer van personen met deze vervoermiddelen: auto, bus en trein.

Bij de substitutie van 1000 reizigerskilometers met de personenauto door hetzelfde aantal reizigerskilometers per trein is rekening houdende met een voor- en natransport met de auto naar en van de parkeerstations de besparing rond de 900 MJ. Dit is 900 KJ/r.km (KJ = Kilo Joules). Omgerekend is dit een besparing van een liter benzine per 47 reizigerskilometers, een verbruik van 1 op 11,7 met vier inzittenden per auto, die er overigens maar zelden in zitten. M.a.w. de besparing zal in werkelijkheid groter zijn.

In figuur 2 is de bovengenoemde onvergelijkbaarheid van de drie typen vervoermiddelen auto, bus en trein opnieuw uitgebeeld door het energiegebruik per reizigerskilometer uit te zetten tegen het aantal passagiers per vervoerseenheid: de personenauto, de streekbus en de trein, een zgn. tweewagen treinstel van de Nederlandse Spoorwegen.

Zo zouden dus verschillende berekeningen kunnen worden gemaakt ondanks de onvergelijkbaarheid. Uit zulke berekeningen kunnen al naar gelang het doel kleine en grote besparingen komen. Dit is op zich niet zo wezenlijk, omdat er in een vergelijking nog vele andere factoren een rol mee spelen. De tendens is echter duidelijk: substitutie van verplaatsingen met de personenauto door verplaatsingen met de bus of de trein geeft een besparing van energie.

Sommige auteurs en soms zelfs onderzoekers hebben op dit gebied berekeningen

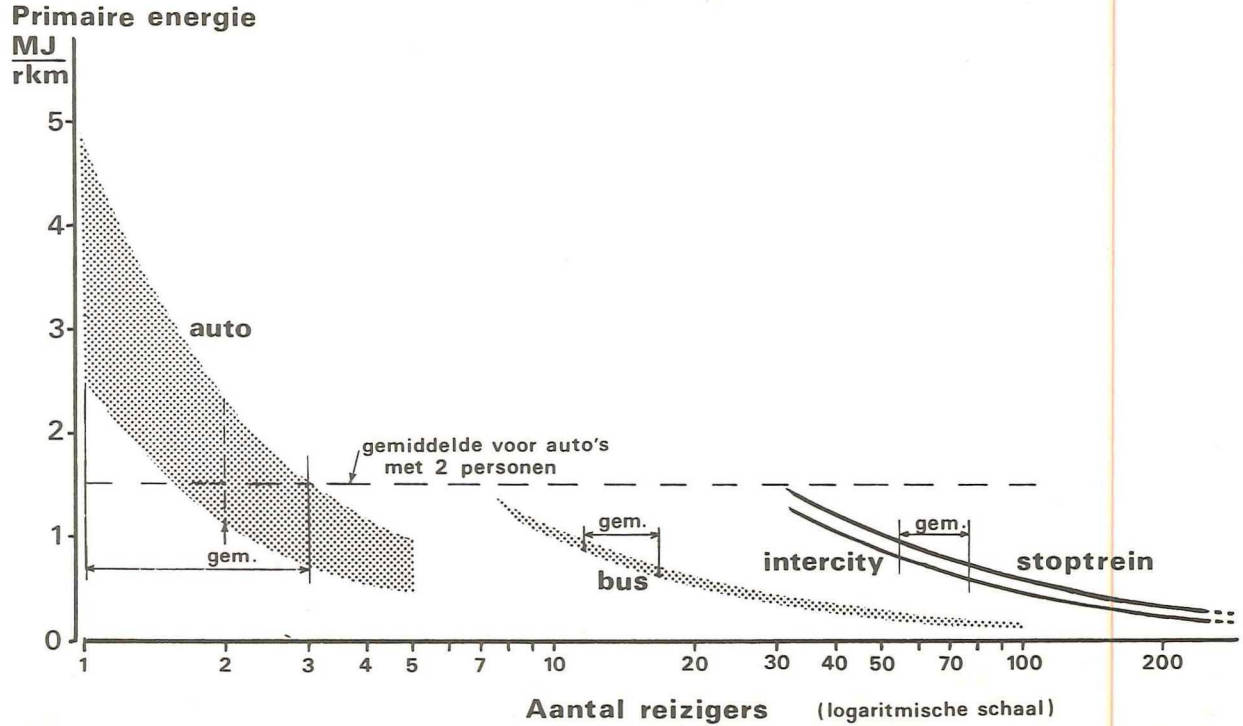

Primaire energie
MJ
rkm
5
4
3
2
1
0
auto
gemiddelde voor auto's
met 2 personen
gem.
gem.
bus
gem.
intercity
stoptrein
1
2
3
4
5
7
10
20
30
40
50
70
100
200
Aantal reizigers
(logaritmische schaal)

Fig. 2

gemaakt en hebben menigmaal daarbij te eenzijdig naar bepaalde effecten toegewerkt. Hetzij door een onjuist gebruik van gegevens en/of door nog meer onjuiste extrapolaties.
Het dan uitkomen op niet verantwoorde en onjuiste conclusies is dan ook vrijwel onvermijdelijk.
Voorbeelden daarvan zijn er uit het binnenland, maar ook vanuit het buitenland. Het feit dat dit voorkomt bewijst hoe gemakkelijk in deze vrij gecompliceerde materie bepaalde effecten over het hoofd gezien kunnen worden en te grote vereenvoudigingen bij de berekeningen worden aangebracht.

Het CBO-Rapport.

CBO is de afkorting van Congressional Budget Office. Dit noord-amerikaanse instituut publiceerde in 1977 een rapport met de titel:
"Urban Transportation and Energy:
The Potential Savings of Different Modes",
(Serial No. 95 - 8).

Het rapport werd opgesteld voor de:
Committee on Environment and Public Works U.S. Senate.

De schrijvers van het rapport zijn nu precies in de valkuil terecht gekomen, die in het voorgaande werd aangeduid. Zij komen o.a. tot de conclusie dat in het stedelijk vervoer de wegvervoertechniek, dus de autobus (de dieselbus) uit het oogpunt van energiegebruik gunstiger zou zijn dan de railtechniek, i.c. de sneltram en/of de metro.

Hevig aangevallen op de gekozen uitgangspunten, de gemaakte veronderstellingen en de gevolgde rekenmethoden, die mede leidden tot een aantal onjuiste conclusies, verdedigde de directeur van het CBO, Mevrouw Alice M. Rivlin zich met de uitspraak dat het rapport niet bedoeld was om een handleiding te zijn voor het bestuur van een stad om daarvoor een vervoersysteem te kiezen. Bij zo'n keuze, was haar toelichting, spelen een groot aantal overwegingen een rol naast die betreffende het gebruik van energie voor het vervoer van personen in de stad.
Ongelukkigerwijs is deze relativering pas door haar kenbaar gemaakt na het uitbrengen van het rapport.

Bij het tegenover elkaar plaatsen van zgn. light railway, sneltram-achtige oplossingen, de metro en de dieselbus is een tussenvorm, namelijk de trolleybus een zinvol alternatief. Eigenlijk als het ware een goede kruising tussen twee technieken. Een combinatie van de als positief te beoordelen eigenschappen van de bus en de tram, met aan de andere kant weinig van de nadelen.

De moderne trolleybus.

Uit de Geschiedenis van de Techniek blijkt, dat als een nieuwe techniek haar intrede doet, er bij de uitvoering van een eerste toepassing vaak wordt uitgegaan van bestaande constructies. De oudste typen personenauto's waren in wezen koetsen zonder het paard en met daarvoor in de plaats de verbrandingsmotor.
Het ontwikkelingswerk van bijv. Citroën, die van nederlandse afkomst was, leverde in het begin van de Jaren Dertig een geheel eigen type personenauto op, dat op meerdere punten fundamenteel afweek van bijv. de eerste Daimler. Nog steeds is Citroën's conceptie niet alleen het uitgangspunt voor de eigen producten, maar ook voor die van menig ander succesvol concurrerend automerk.
Tussen het werk van Daimler en dat van Citroën lag een periode, die achteraf als langdurig kan worden beschouwd, nl. meerdere tientallen jaren.

Hetzelfde beeld komt naar voren als wij de ontwikkelingslijn: electrische tram, autobus en trolleybus in gedachten nemen.
De trolleybussen van zo'n veertig jaar geleden waren eigenlijk autobussen, waarvan de verbrandingsmotor en de mechanische transmissie vervangen waren door de electrische aandrijving van de tram. In de toenmalige uitvoering van de techniek te robuust en eigenlijk te zwaar om in een lichter geconstrueerd wegvoertuig geplaatst te worden, zeker wat betreft de sterkstroomschakelapparatuur.

Daar door de ontwikkeling van de vermogenselectronica de zgn. pulssturing mogelijk geworden is voor de electrische tractie en deze vorm van vermogensregeling aanzienlijk minder verliezen in de vorm van warmte oplevert in vergelijking met klassieke electrische installaties, is nu de weg geopend om deze nieuwe techniek toe te passen in wegvoertuigen, de trolleybussen. Dit, niet in de laatste plaats vanwege het lagere gewicht.
Met het herleven van de gelede dieselbus, die tot maximaal 170 personen kan vervoeren, ligt nu tevens de weg open voor de nieuwe ontwikkeling van de (gelede) trolleybus.

Twee andere belangrijke ontwikkelingen zullen hierbij een rol spelen:

- de automatische apparatuur waarmee de stroomafnemers de rijdraden weer opzoeken na een gewenste of een ongewilde onderbreking. Dit weer opzoeken van de rijdraden en het weer aanleggen van de stroomafnemers tegen de rijdraden geschiedt al rijdende, zodat er daardoor geen tijd verloren gaat,

- de vliegwielaggregaten, waarin de energie die vrijkomt bij het afremmen van het voertuig opgeslagen kan worden in de vorm van mechanische energie, die bij een opnieuw aanzetten en/of versnellen van het voertuig weer kan worden benut als electrische energie voor de aandrijving.

De combinatie van de twee ontwikkelingen geeft namelijk de mogelijkheid om op verschillende delen van een trolleybusnet de bovenleidingen plaatselijk weg te laten. Deze open stukken worden dan overbrugd door te rijden met energie die onttrokken wordt aan het vliegwielaggregaat.

Het laten vervallen van stukken van de bovenleidingen is vooral aantrekkelijk bij pleinen, kruisingen en splitsingen van wegen. Niet alleen omdat dit visueel aantrekkelijk is en de storende bossen van bovenleidingmasten vermeden kunnen worden, maar tevens omdat het niet onaanzienlijk kan schelen in de aanleg- en onderhoudskosten van de bovenleidingen.
Daarmee wordt dan ook weer indirect energie gespaard.

Daar de additionele machines en apparaten van de genoemde beide ontwikkelingen extra energie, materiaal en onderhoud vereisen, zal een balans moeten uitmaken na hoeveel bedrijfsjaren deze door zal slaan ten gunste van het toepassen van de vliegwielaggregaten en de automatische apparatuur om de stroomafnemers weer tegen de rijdraden te plaatsen. Het toepassen van vliegwielaggregaten wordt zeker winstgevend wanneer bij het huidige bedrijf het terugvoeren van de electrische stroom in het net bij het remmen, de zgn. recuperatie niet mogelijk is door een te geringe afname door andere voertuigen.

Met de moderne trolleybus wordt op zinvolle wijze de toepassing gecombineerd van de electrische aandrijving, dus een grotere onafhankelijkheid van de primaire energiedragers die nodig zijn om de electriciteit op te wekken, met de techniek van het wegvoertuig. Deze techniek is weinig aantrekkelijk in verband met de relatief hoge rolweerstand en het ontbreken van de mogelijkheid van treinvorming.
Daarnaast is de techniek wel aantrekkelijk omdat er meestal geen afzonderlijke weginfrastructuur voor vereist is.

Ten aanzien van dit laatstgenoemde punt van de infrastructuur is nog op te merken, dat de geldigheid van dit argument beperkt is tot vervoerstromen met een niet te grote dichtheid. Overschrijdt de dichtheid bepaalde grenzen, bijv. 3500 à 4500 personen per richting per rijstrook per uur, dan is er per tijdseenheid behoefte aan een groter aantal voertuigen zonder een verdere verkorting van de opvolgingstijden en treedt dus in de "hiërarchie van de vervoertechnieken" de railtechniek naar voren: de stadstram, de sneltram, de metro en de trein.

De geavanceerde vervoertechnieken.

Een jaar of vijf geleden werd zowel in de desbetreffende vakliteratuur, als in de Bijvoegsels van de zaterdagedities van de dagbladen uitvoerig gepubliceerd over de zgn. "nieuwe" technieken.

Aan de studie en het onderzoek over en aan de ontwikkeling van deze technieken werden zowel in West-Europa, als in de USA en Japan grote bedragen besteed. De verwachtingen waren hooggespannen, maar de resultaten waren uiteindelijk gering. Op zich was dit niet verwonderlijk, omdat deze technieken geen of maar beperkt een oplossing boden, of bieden voor de wezenlijke problemen van het Openbaar Vervoer.
Of de voertuigen nu zweven, danwel op wielen rollen, blijft om het even wat betreft deze problemen. Er komen er met zo'n nieuwe techniek alleen maar bij, zoals bijv. een toenemend energiegebruik. Ter verduidelijking is dit weergegeven in figuur 3.

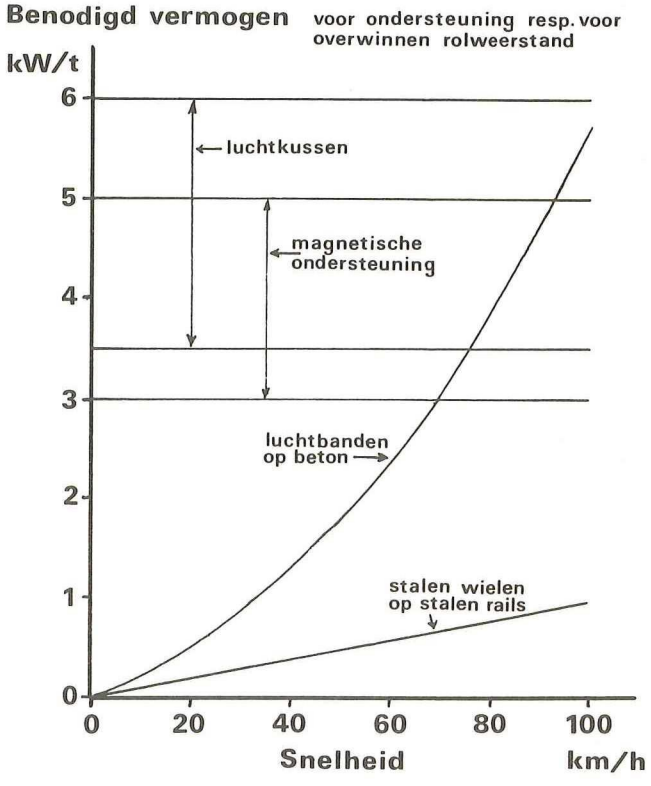


Fig. 3

Toch hebben deze technieken misschien wel een bestaandsgrond, nl. voor het vervoeren van sterk geconcentreerde stromen van reizigers over *korte* afstanden. Dit dus ondanks het hoge energiegebruik voor de ondersteuning.

Bij voertuigen met een luchtkussen ondersteuning of een magnetische ondersteuning

is er geen mechanisch contact tussen de voertuigen en de baan. Daardoor zijn er geen mechanische slijtageverschijnselen en daardoor weer ontbreekt bij deze technieken een belangrijke en personeelsintensieve onderhoudspost. Waarschijnlijk zullen ook de onderhoudskosten van de infrastructuur laag zijn, omdat de krachten die door de voertuigen op de baan worden uitgeoefend gedempt worden in het luchtkussen of in het magnetische veld van de ondersteuning. Tegenover het hoge energiegebruik voor de ondersteuning staan een aantal besparingen in de onderhoudssfeer, die ook zekere energiebesparingen zullen betekenen.

Door de automatisering van de bediening, waarvoor de reiziger alleen maar zijn bestemming hoeft aan te geven en het vervoerproces verder verloopt met behulp van één of meerdere computers, treedt er een verschuiving op van bedienend personeel naar personeel voor toezicht en voor het onderhoud.
Er is een zekere analogie met de automatisering van de telefoon. Daar is er echter ook een aanzienlijke capaciteitswinst ontstaan, welke analogie er bij de PRT-systemen niet zal zijn (electronen verplaatsen zich nu eenmaal vlugger).

De vraag: "Wanneer zulke geautomatiseerde vervoersystemen zullen worden toegepast op een grotere schaal dan een proefproject?", is nu niet te beantwoorden. Dit is mede afhankelijk van stadsontwikkelingen. Het lijkt echter wel redelijk om te veronderstellen dat zij er komen in dicht bebouwde centra.
Het is niet waarschijnlijk, dat zulke systemen er komen voor de lange(re) afstanden. Te hoge infrastructuurkosten en veel te hoge energiekosten voor het overwinnen van de luchtweerstand bij zeer hoge snelheden, die weer nodig zouden zijn om de infrastructuur te rechtvaardigen. Een visieuze cirkel, waarbij ook de beschikbare energie een rol zal spelen.

Het goederenvervoer.

In grote trekken geldt bij een vergelijking van het goederenvervoer over de weg en over de rail hetzelfde als voor het personenvervoer als wij de energiezijde van het vervoer beschouwen. Dit houdt in dat het gecombineerde weg/rail vervoer van gecontaineriseerde lading, die dus op een relatief eenvoudige wijze tussen de twee technieken is over te slaan, tot energiebesparingen kan leiden, naar onze mening zelfs op kortere afstanden van bijv. rond de 100 kilometer.

Het door het gecombineerde weg/rail vervoer, niet alleen van containers, maar ook van complete wegvoertuigen op de trein, leidt naast de energiebesparing tot niet onbelangrijke nevenvoordelen, zoals het verminderen van de congestie op de hoofdwegen en een verminderen van de onveiligheid van het wegverkeer, die ontstaat door het mengen van vervoermiddelen van verschillende grootten (personenauto's en grote vrachtauto's).

Het bevorderen van het Openbaar Vervoer.

Het argument van de energiebesparing speelt nog geen grote rol in de vervoermiddelenkeuze en daardoor in de huidige vervoerwijzeverdeling, de zgn. modal split.
Indien de energieproblematiek zwaar weegt of gaat wegen dan is er naar de nu bestaande inzichten een belangrijke verandering van de mentaliteit van het reizende publiek vereist om de keuze voor het gebruik van de auto om te buigen naar het gebruiken van het Openbaar Vervoer voor die verplaatsingen, waarvoor het Openbaar Vervoer een zinvol alternatief is.
Hoe zinvol het alternatief is, hangt ook af van de nood die er zal zijn op het energiegebied. Men denke bijvoorbeeld terug aan de jaren '46-'50 toen er nog echt schaarste was.

Het prijsmechanisme zal misschien een rol moeten spelen in het keuzeproces, maar over de prijselasticiteiten is weinig bekend, zowel voor nu, maar zeker voor in de toekomst.
Studie en onderzoek lijken gewenst. Zie bijv. de publicatie:
"Simulation der Auswirkungen einen Energieverknappung im regionalen Verkehrssystem eines Ballungsraumes", Dokumentation 44, Opdrachtgever: Der Bundesminister für Verkehr te Bonn, Opdrachtnemer: Kocks Consult GmbH te Koblenz, Juni 1977.

Verantwoording.

De figuren 1 en 2 zijn van de hand van Ir. F.J. de Haan, die ook het onderbouwend onderzoek en rekenwerk ervoor verrichtte. Voor de daaraan bestede energie is hier een woord van dank op zijn plaats.

De figuur 3 werd overgenomen uit de:
"Proceedings of the International Cryogenic Engineering Conference", Eindhoven 1972.
De voordracht van Shima en Kyotami, figuur 10.
Ook gepubliceerd in het tijdschrift "Openbaar Vervoer" van Maart 1975, blz. 67.

Eenheden.

In de tekst is gebruikt de eenheid kg, kilogram in de (oude) betekenis van kilogramkracht (1 kgf) uit het (vervallen) c.g.s.-stelsel.
In het SI-stelsel zijn de grondeenheden o.a. de kilogrammassa, de meter en de seconde. De eenheid voor de kracht is de Newton.

De aanwezigheid van dit fijnmazige wegennet maakte, toen de auto economisch haalbaar werd voor brede bevolkingslagen, dat de migratie "naar buiten" ontstond en ook vestiging van grote en kleine industrie relatief ver van grote steden aantrekkelijk werd.
Daardoor nam tussen 1960 en 1976 het totaal inwonertal van plaatsen tussen 5.000 en 50.000 inwoners toe van 5,1 naar 7,23 x 10^6 ofwel 53 % van de Nederlandse bevolking.
Uiteraard bracht dit investeringen mee in bedrijfsgebouwen en woningen en natuurlijk wegen in bebouwde kommen. Die stegen van 25.278 km lengte in 1966 tot 34.810 km in 1975, echter ook weer niet evenredig met het aantal voertuigen, doch met het aantal huizen. Door de economische levensduur van gebouwen zal in de tot stand gekomen ruimtelijke ordening niet veel meer aangepast kunnen worden op korte termijn zonder dat grote verliezen geïncasseerd moeten worden en mensen een belangrijke daling in hun standaard van wonen ondergaan.
De sleutel tot de geschetste ontwikkelingen was het beschikbaar komen van snelle voertuigen voor diffuus transport, d.w.z. wegvoertuigen òf voor collectief gebruik, de autobus, òf in de strikt individuele vorm eerst in massa bromfietsen, later personenauto's.
Een andere wijziging voltrok zich bij ambachtslieden, servicemonteurs voor allerlei technische installaties, handelsreizigers, enz. waar de arbeidsproductiviteit sterk verhoogd kon worden, doordat auto's fungeren als mobiele werkplaats en/of magazijn en als persoonlijk vervoer, terwijl tenslotte het in sociaal opzicht niet meer acceptabel zijn van zware lichamelijke inspanning bij vervoer of blootgesteld worden aan slecht weer de handkarren, bestelfietsen en gewone fietsen door auto's deed vervangen.

De dreigende energieschaarste zou deze ontwikkeling niet slechts kunnen onderbreken, maar zelfs het geheel kunnen ondermijnen en in belangrijke mate waardeloos maken als er geen mogelijkheden zouden zijn de gemotoriseerde en snelle transportmiddelen, die het sleutelelement in deze samenlevingsopbouw zijn, in bedrijf te houden.
Wat er kan gebeuren bij een zich langzaam ontwikkelende energieschaarste wordt beïnvloed door de signatuur van de dan optredende regering. Is er een vrije markt met door de schaarste hoge prijzen of hebben we politieke leiders aan het bewind, die niet alleen geloven dat zij persoonlijk ingewijd zijn in het geheim van de verdelende rechtvaardigheid, maar die bovendien menen dat zij dat kunnen uitzaaien in de ambtelijke organen.

Op de wat langere duur zullen de effecten slechts marginaal verschillen omdat bij distributiesystemen op een zwarte (vrije) markt toch hoge brandstofprijzen zullen ontstaan, misschien zelfs veel hoger dan anders omdat de risico's van ontduiking, verschrijving, fraude ook hun prijs hebben. Echter toch wel spectaculaire sprongen in de brandstofprijzen door accijnsveranderingen hebben geen vermindering in de

km-prestatie van het wegverkeer laten zien. Er was slechts een tijdelijke wijziging te zien in de keuze van de auto's, een duidelijke voorkeur voor de wagens met lichtere motoren. De km-prestatie van een auto bleek weinig gevoelig voor de brandstofprijs en toont daarmee een soortgelijk beeld als de consumptie van brood, groenten of aardappelen in relatie tot de prijs.

Als de prijsontwikkeling voor "auto-energie" niet explosief is, dan is het voor de auto-industrie mogelijk tijdig belangrijk zuiniger typen op de markt te brengen en dat zou betekenen dat het patroon van wonen en werken zoals dat nu voor ons ligt zonder schokken verder zal evolueren.
De vraag is dan of er technisch en organisatorisch mogelijkheden bestaan om binnen een redelijk te schatten tijdsbestek van zo'n 10 à 15 jaar het diffuse transportsysteem met het huidige potentieel om te bouwen op een veel lagere energiebehoefte.

De antwoorden die op die vraag gegeven kunnen worden zouden richtinggevend kunnen zijn voor alle politici als zij zich met welzijns- en welstandsvraagstukken bezighouden. Immers de welvaart is door de mensen voor een deel uitgedrukt in grotere mobiliteit mogelijk door kortere werkweken en lange vakanties. Die mobiliteitsexplosie bleek behalve bij recreatiereizen vooral in het woon-werkverkeer.
Hoe zal men een op handen zijnde daling van die welvaart, door stijging van energiekosten in zijn wijze van leven gaan compenseren? Simplistisch uitgedrukt, òf men zet de centrale verwarming af en woont 's winters in één kamer maar gaat met de auto naar het werk òf men fietst 's ochtends en 's avonds een uur door storm en regen en houdt het hele huis warm?
Dit òf-òf beeld is het niet. Eerst zal men de nog ter beschikking zijnde reserves gaan mobiliseren.

2. Energiegebruiksplaatsen bij wegverkeersmiddelen.

Het is typerend voor de snelheid waarmee de massa-motorisering heeft doorgezet dat een aantal politieke groeperingen alleen aandacht blijkt te besteden aan de verkeersbezwaren en -overlast, die bovendien hoofdzakelijk grote stadsproblemen zijn.
Men hoort nauwelijks van de positieve effecten van de massa-motorisering voor de plattelandsbevolking en dat heel ruim opgevat. Die negatieve benadering wordt ook nog bevorderd doordat men niet goed raad blijkt te weten met de sanering en reorganisatie van de openbaar-vervoerbedrijven, speciaal die met railnetten, nu de functie daarvan in hoge mate werd uitgehold nu het grootste deel van de bevolking de aangeboden vervoerdiensten niet blijkt te kunnen of willen gebruiken.
Het dreigende energietekort schijnt soms een "blessing in disguise" om vroegere misschattingen over de publieke voorkeuren in het vervoer als een vooruitziende blik te kunnen presenteren.

Het valt op dat in recente "praatstukken" over verkeer en vervoer regeringsfunctionarissen nergens rekening houden met een evolutie van de diverse voertuigtypen, aanpassing van wegenstelsels en de organisatie van de verkeersafwikkeling waardoor de aanpassing aan functionele eisen, die omstreeks 1990 of 2000 kunnen gelden, anders en gunstiger kan zijn dan waarvan men nu uitgaat. Daardoor komt de visie van de regering niet verder dan dat een restauratie van de stedelijke levensstijl die tussen 1930 en 1950 bestond een oplossing zou vormen om de nu noodzakelijke mobiliteit terug te dringen en minder energie te gebruiken door weer van fiets, tram en trein gebruik te maken.

Het is mijns inziens echter allerminst te verwachten dat de automobielindustrie en alles wat daarmee annex is zal ophouden om die privé voertuigen te maken, die de consument kan gebruiken. Bij de technische evolutie ziet men nooit een werktuig uit een vroegere generatie weer opkomen want het is juist tot verdwijnen gedoemd, doordat zijn functie beter door iets anders vervuld wordt. De "vlucht" voor de energieschaarste zal dus ook in principe alleen maar naar voren kunnen zijn, d.w.z. dezelfde vervoerfunctie moet met minder energie of met gemakkelijk te winnen energie verricht worden.

Vanuit de Energieraad is er wel eens op gewezen dat bij het wegverkeer onnodig veel brandstof gebruikt zou worden door het slechte rendement van een auto, in het bijzonder de benzine-auto. Uit C.B.S.-gegevens volgt dat de personenauto gemiddeld 10,8 km per liter brandstof presteert met twee personen bezet en of dat nu veel of weinig is, kan men slechts zeggen als bekend is wat het verbruik is voor een identieke vervoerprestatie met andere voertuigen. Trams en treinen vallen af want ze rijden niet van huis tot huis op ieder moment van dag of nacht; vrachtauto en bus kunnen dat wel doch verbruiken dan meer. Een motorfiets kan dat ook maar is wel 15x onveiliger per rzgkm en minder comfortabel. Fiets en bromfiets halen vaak de snelheid niet. De bewering is, bij het ontbreken van een concurrent, een loze uitspraak.

De brandstofeconomie van wegvoertuigen ligt dus in de sfeer van het halen van het technisch mogelijke en zelfs de vergelijking van het verbruik van Cadillac of grote Mercedes met dat van een Renault 5 GTL of Citroën 2 CV beweegt zich op het niveau van bemoeizucht met iemands privé behoeften.
Men zal moeten waken voor absolutering van de grootte van een brandstofverbruik. Men gebruikt overal in de samenleving werktuigen omdat de kosten van werktuig, energie en arbeidstijd lager blijken dan die van de man met blote handen.

Bij maatregelen om de prestatie in rzgkm of tkm 1 omhoog te brengen is er natuurlijk altijd iets dat ingeleverd moet worden. Het is niet onderzocht wat het grote publiek van de huidige auto en de wijze waarop men met het ding rijdt zou willen laten vallen als daarmee een interessante winst in brandstofeconomie geboekt zou worden. De schrijver volgt dus zijn eigen taxatie van dit aspect.

Om het technische van het energieverbruik wat te omlijnen het volgende:
Als we iets in een horizontaal vlak verplaatsen zouden we geen arbeid verrichten, tenzij er weerstanden bij die verplaatsing overwonnen moeten worden. In ons in hoofdzaak vlakke land is één van de middelen tot een laag energiegebruik het zo laag mogelijk houden van allerlei weerstanden. Dit is dus een duidelijk geografisch voordeel ten opzichte van bergachtige streken. Als wij dus 8 % van het nationale energiegebruik aan wegtransport besteden, dan zit er misschien een rendementsverbetering in lagere weerstanden. Verder gebruiken motoren chemische energie, die in mechanische wordt omgezet. Dat biedt echter niet veel perspectief. We hebben nu het verbruik om technische redenen aangegeven. Daaroverheen komt een extra verbruik, ontstaan door de organisatie van de verkeersafwikkeling waaronder de aard van de wegennetten. Verder gebruik dat voortvloeit uit wensen voor lawaaivermindering, lagere uitlaatgashinder, veiligheidsmotieven in allerlei uitingen. Dit kan als geinduceerd verbruik aangegeven worden. De vermindering ervan zal vaak in een combinatie van organisatorische en technische ingrepen bereikt kunnen worden.

Als we eerst de technische mogelijkheden de revue laten passeren, dan krijgen we verlaging van de weerstanden. Daarbij gaat het om rolweerstand en luchtweerstand die bij een *vaste* snelheid bij een bepaald type auto in goede conditie steeds hetzelfde opleveren. Allereerst de rolweerstand, die ontstaat door het rollen van de banden over de weg (òf, en dan is de weerstand heel hoog, bij het vormen van een spoor in grond). Er worden ook wat verliezen van allerlei tandwielen, enz. bijgeteld doch als de auto op bedrijfstemperatuur is, dan zijn deze laag. Die weerstand is evenredig met de massa, of huiselijker gezegd het gewicht, en is globaal 0,01 van het gewicht. Voor gangbare snelheden is er nauwelijks snelheidsinvloed. De invloed op het energiegebruik is zodanig dat een personenauto van 1.000 kg ca. 1.500 liter benzine op 100.000 km gebruikt om die rolweerstand te overwinnen. Bij een vrachtwagen ligt dat wat gunstiger, zo'n 1.000 liter per 100.000 km voor iedere ton gewicht.

De rolweerstand is gebleken te variëren bij effen of oneffen wegdekken en al of niet harde banden, alsmede de soort band. Om redenen van stootisolatie en misschien ook bestuurbaarheid en remwerking hebben we bij personenauto's grote banden met lage bandspanning. Die rolweerstand gaat sterk omlaag met hogere bandspanningen en men zou dus smalle, lichte wielen met banden voor hoge druk kunnen toepassen en daardoor de rolweerstand tenminste halveren. Het dan dreigende discomfort kan door aanvullingen van het veersysteem bestreden worden, maar ook zal men wegdekoppervlakken van voor het comfort met harde banden gunstige typen kunnen toepassen.

Vrachtauto's rijden al met hoge bandspanningen maar ook daar kan met voordeel nog wel wat bij. Vrachtauto's hebben vaak veel wielen en assen en die lopen niet altijd even goed in één lijn, hetgeen weerstand opwekt. Uit de spoorwegtechniek is bekend dat de laagste rolweerstanden optreden bij een stalen wiel op rails, globaal 1/3 of 1/4 van de waarden bij vrachtauto's. Het zou daarom energiegunstig kunnen zijn te

onderzoeken of in autowegen geen speciale stroken ingebed kunnen worden voor zeer harde vrachtautowielen om lagere rolweerstanden te realiseren dan nu bekend zijn.

Naast de rolweerstand hebben we de luchtweerstand die een gevolg is van de wervelingen van flinke porties lucht als een auto door stilstaande lucht rijdt. Fraai te zien bij regen en op stoffige grindwegen en bij heel wat auto's duidelijk hoorbaar als ze op snelheid zijn. De grootte van de luchtweerstand wordt èn door de vorm èn door de afmetingen (vooral de breedte x hoogte) bepaald. Hierin kunnen allerlei auto's dus sterk onderling verschillen, maar niet in het feit dat die luchtweerstand evenredig is met het kwadraat van de snelheid. Van 70 tot 100 km/uur snelheid verdubbelt de luchtweerstand en bij 140 km/uur is zij viermaal hoger dan bij 70 km/uur.
Voor een gemiddelde personenauto, rond 1.000 kg gewicht, topsnelheid ca. 150 km/uur, is bij topsnelheid de weerstand voor 90 % luchtweerstand en dat lijkt dan toch wel heel belangrijk. Echter bij een buitenwegtempo van 100 à 110 km/uur is die weerstand de helft en wordt de verhouding rolweerstand-luchtweerstand ca. 1 op 4 à 5, terwijl in de stad bij snelheden van rond 40 km/uur de luchtweerstand nog slechts de helft van de rolweerstand is. De luchtweerstand als oorzaak van energieconsumptie blijkt een verbruikspost waarvan we de grootte zelf beïnvloeden door de reistijd die we bij een bepaalde vervoerrelatie denken nodig te hebben. Het niveau van de snelheid hangt af van de plaatselijke verkeerssamenstelling (b.v. een mobiele kraan of een extra brede wagen), het gemiddelde wagentype, aard wegdek, uitzicht, smalle rijstroken op bruggen, te korte invoegstroken vanaf zijwegen, kortom een reeks minder gelukkige uitvoeringen van détails in het wegennet die ons de dagelijks fileberichten opleveren.

Via bestelwagen en lichte vrachtwagen is er een continue overgang naar het zware vrachtverkeer. De luchtweerstand hiervan is bij 100 à 120 km/uur topsnelheid ruwweg even groot als de rolweerstand en dus groot omdat dat vrachtverkeer toch per stuk 30 à 50 ton weegt. De vorm is qua luchtweerstand buitengewoon slecht door de hoekige vormen, hetgeen ieder wel kan aanvoelen door vergelijking met rompvormen als van verkeersvliegtuigen of enkele zeer gunstige personenauto's als de laatste Porches of de vorige grote Citroën, de DS. In de vrachtwagensector zou met weinig kostbare research grote en interessante vooruitgang geboekt kunnen worden, doch het gegroeide wettelijke kader, de laad- en lostechnieken, vorm van de lading, beletten autoproducenten en ondernemers ook maar één cent van die voordelen praktisch te realiseren.
Een zeer rendabele propositie, door een lagere luchtweerstand maar ook met het oog op de arbeidsproductiviteit, vergroting van het trekkerrendement en de wegcapaciteit, is "treinvorming" op daarvoor geschikte wegen, d.w.z. een trekker sleept behalve zijn oplegger nog één of meerdere aanhangwagens. Er kunnen geen veiligheidsbezwaren zijn; die zijn in de U.S.A. bekeken en opgelost. Ook hier echter heeft de overheid de sleutel om deze mogelijkheid open te stellen nog niet omgedraaid.

Dat de verlaging van het energieverbruik in de bedrijfswagensector weinig initiatieven, hoogstens marginaal gerommel, laat zien komt door de pat-stelling die er bestaat tussen enerzijds overheid en anderzijds transportondernemers en voertuigconstructeurs. Achter allerlei bepalingen die de uitvoeringsvorm van vrachtwagens limiteren, kan men een goed doorwrochte afstemming vermoeden van de mogelijkheden van het wegenstelsel en de maximale maten en gewichten van vrachtvoertuigen, eventueel ook nog de bewaking van bepaalde concurrentieverhoudingen.
In de practijk ligt dat net even anders. De totstandkoming van allerlei regelingen volgt een "haasje-over"-principe. Ter illustratie, zodra er om niet geheel duidelijke redenen een bepaalde maximale asdruk is toegestaan, worden er auto's geconstrueerd, waarbij hogere asdrukken mogelijk zijn als die al in andere landen niet toegestaan waren en vervoerders benutten die extra capaciteit als dat gewenst is.
De overheid onderhoudt wegen en verzwaart periodiek de wegdekken hier en daar en verbetert tracé's. Na verloop van tijd kunnen die hogere asdrukken, die clandestien vaak voorkwamen, dan gelegaliseerd worden. Soortgelijke geschiedenissen zijn er voor lengten, breedten en hoogten en gaat u maar door.

Het is wat frivool om alle procedures, internationaal overleg en loodzware verantwoordelijkheid van toelatende instanties in essentie terug te brengen tot haasje over spelen. Men kan ook zwaarwichtig spreken over het spanningsveld tussen de gemeenschap, vertegenwoordigd door de overheid en meer in het bijzonder de Rijksdienst Wegverkeer en de groepen van de verkeerspolitie en de commerciële vervoerwereld. In dat spanningsveld spelen concurrerende vervoertechnologieën als spoor en binnenvaart ook nog een duchtig woordje mee, zodat er internationaal bepalingen opduiken die doen vermoeden dat wat goed zou zijn voor de verkeersveiligheid, ook goed kan helpen tegen spoorwegtekorten. De rol die de overheid tegenover het wegvervoer speelde is altijd remmend en afwerend geweest met één uitzonderingsperiode, nl. tussen 1945 en 1950 toen men inzag dat alleen het wegvervoer in staat was over vernielde wegdekken, haastig volgegooide bomkraters en noodbruggen, vervoer te leveren. Van die episode is weinig blijven hangen. De technische vooruitgang en economische groei schijnt nu alleen door de mazen van de wet heen bereikbaar. Maar om een zuiniger brandstofverbruik te realiseren, zijn zulke grove inbreuken op bestaande regels nodig, dat de ondernemer, die dat probeert, grotere kans op politie-ingrijpen loopt als een bromfietser of motorrijder zonder valhelm. Nodig is nl. dat men de rechthoekige vormen van b.v. de container gaat afronden door bijplaatsing van vloeistukken. Dat vergroot de lengte en misschien gaat men ook wel over de toegestane asbelasting. Het kan ook nodig zijn de wielkuipen zijdelings af te schermen, waarbij de maximale breedte overschreden wordt.
Het is mogelijk dat men om een goed resultaat te bereiken een veel lichtere motor (d.w.z. met lager vermogen) kan monteren, waarbij de nu gewenste acceleratie niet meer gehaald wordt.
Als men de kostprijs van het wegvervoer bij stijgende brandstofkosten wil handhaven (en die doelstelling zal unaniem gesteund worden), dan is een toetsing van allerlei

nu gestelde regels op hun bijdrage tot dit doel gevolgd door kritische herschrijving, even onvermijdelijk als tijdrovend. Misschien is een afsnijding te vinden door van allerlei limiterende besluiten voor nationaal gebruik ontheffing mogelijk te maken als daarmee brandstofbesparing in principe mogelijk is. Op deze wijze zou men de in de bedrijven en instituten aanwezige kennis en ervaring kunnen mobiliseren. Misschien zal men verbaasd kijken als allerlei onbedoelde en niet vermoede frustaties en nadelen daarmee bloot komen.

Résumerend is de luchtweerstand een weerstandscomponent, waaraan nog veel af te bouwen valt, vooral in de sector van het zware verkeer en mogelijk ook de autobussen. Ook in de personenwagenhoek is nog wel het nodige aan winst te boeken, doch dit zal met zich meebrengen, dat bepaalde mogelijkheden die de auto nu heeft, verloren zullen gaan. Men kan b.v. aan combinatiewagens weinig stroomlijnen zonder de bestelautofaciliteit aan te tasten. Niettemin voor allerlei persoonlijk transport van één of twee mensen, eventueel met kinderen, zijn grote verlagingen van de luchtweerstand mogelijk.
Echter voor alle vervoer waarbij de luchtweerstand een remmende factor is geldt dat het energiegebruik per kilometer kwadratisch met de snelheid zal stijgen voor de luchtweerstandsportie van de gehele weerstand. Door dit effect wordt bij een bepaalde gewenste reissnelheid de laagste energieconsumptie behaald als de maximale snelheid die tijdens de reis bereikt wordt nauwelijks boven de reissnelheid ligt. Fluctuaties in de snelheid zijn dus nadelig. Er is daarom bepaald iets positiefs te zeggen over het gebruik van automaten om de snelheid te regelen die in U.S.A.-wagens te koop zijn onder de benaming "Cruise control".

De kinetische energie.

Een andere energieverbruikspost die blijkens recente studies allerminst verwaarloosd mag worden is de brandstof die gevraagd wordt om een voertuig op snelheid te brengen. De kinetische energie ($1/2\ m^*V^2$ als V de snelheid is in m/sec. en m^* de massa in kg met nog wat toeslagen voor de energie van roterende delen, o.a. de draaiende motor en wielen) vertegenwoordigt een portie energie die we in principe zouden kunnen terugwinnen als we, tot stoppen gedwongen, de auto zouden kunnen laten uitlopen. Dat kunnen we zelden of nooit en bovendien is het knap vervelend om de laatste paar honderd meter eerst met fiets-, en dan met wandelsnelheid af te sukkelen en daarom remmen we gewoonlijk, zeker in stadsverkeer, die energie weg, d.w.z. we zetten haar om in warmte en/of slijtageprodukten van de remmen.
Het relatief hoge verbruik van auto's in stadsverkeer schrijven we gewoonlijk toe aan stationair draaien voor verkeerslichten of bij wachten om voorrang te verlenen. Echter ook een flinke portie brandstof verdwijnt door voertuigen op snelheid te brengen en ze dan enkele honderden meters verder weer stil te zetten. Of men hard accelereert of meer bezadigd optrekt, maakt wel enig verschil, maar het echte "verkwistings-

principe" is het "stop and go" rijden en niet de stijl waarmee het gebeurt. Een globale indruk van de orde van grootte voor personenwagens krijgt men door te vergelijken met de afstand (S in m) die men met een constante snelheid (V in km/uur) zou kunnen afleggen voor de portie brandstof die met één acceleratie gemoeid is. Daarvoor geldt bij personenauto's $S \approx 10V$ of één acceleratie tot 100 km/uur is goed voor de brandstof van 1 km rijden. Voor de autobussen ligt dat nog iets minder gunstig en bij het zware vrachtverkeer wordt een en ander sterk bepaald door het al of niet volbeladen zijn. Natuurlijk is die wijziging in kinetische energie er bij iedere snelheidswisseling, b.v. even accelereren om in te halen van 100 tot 125 km/uur kost evenveel extra als een keer optrekken van 0 tot 75 km/uur.

Gegeven het snelheidsniveau op verschillende soorten wegen is de enige fysische grootheid, die deze brandstofpost regelt, het voertuiggewicht of nauwkeuriger uitgedrukt, de massa. Eigenlijk moeten we de zaak scherper stellen. Mensen en dingen moeten vervoerd worden en daarmee hangt onvermijdelijk samen dat de massa van dit transportgoed tenminste éénmaal op snelheid wordt gebracht en weer gestopt moet worden. Door de netwerkstructuur van de wegen wordt dat meestal vele malen meer. Maar behalve de netto massa van het transportgoed accelereren en remmen we tevens de massa van het voertuig die als tarra beschouwd moet worden. Wat er aan energie in de acceleratie verloren gaat, zal dus mede afhangen van de tarra-netto verhouding of de eigengewicht/nuttige lading-verhouding van het type voertuig. De verhouding tarra-netto is bij personentransport zéér uiteenlopend van 25 tot 1,7 (25 bij één persoon in een volwassen Amerikaanse of Europese auto en 1,7 als vier personen in een Citroën Eend of kleine Fiat rijden).
Voor het goederentransport vinden we auto's en combinaties met open laadbakken die vol 2 à 3 maal hun eigen gewicht meenemen en die dus 0,3 à 0,5 voor de tarra-netto verhouding laten zien. Bij gesloten wagens, koelauto's, tankauto's, etc ligt die relatie rond 0,8 à 1,5.
Bij het openbaar vervoer over de weg is bij de gemiddelde bezetting van 8 personen per bus de tarra-verhouding ca. 15, die in de daluren tot 50 à 100 toeneemt. Dit is overigens nog gunstig vergeleken met railverkeer waar dezelfde lage bezettingsgraad die tarra-netto verhouding boven de 200 schuift. In spitsverkeer komen we bij bussen met staande passagiers aan 1,3 à 1,5.
Van de brandstofgebruiksposten in het transport heeft die voor acceleratie bepaald het meest het karakter van verspilling. De kinetische energie die we in het voertuig brachten ten koste van een portie brandstof, remmen we grotendeels weg en dat kost dan weer remmen- en bandslijtage. De bestrijding van deze verspilling begint bij het voertuiggewicht in verhouding tot de nuttige last. Als we het brandstofgebruik willen verbeteren zullen we ons moeten concentreren op de techniek van lichte auto's of betere voertuigen want het geldt voor alle rollende verkeersmiddelen. Temeer daar ook de rolweerstandspost hiermee gunstig beïnvloed wordt. Eén van de natuurtalenten op het gebied van de autotechniek in de periode 1910 tot 1940, de Fransman Bugatti, heeft dat reeds kernachtig samengevat: "Le poids, c'est l'ennemi!".

Bij een veel lichtere autoconstructie zou de industrie nog niet meer doen dan de verspilling in de verkeersafwikkeling door stoppen en accelereren terug te brengen. Veel meer wordt bereikt als men die situaties, waarin stoppen nu nodig is, organisatorisch weet te elimineren. De afgelopen jaren is het echter juist de andere richting uitgegaan. Men bouwt verkeersdrempels in plaats van fly-overs, riskante voetgangerslichten en zebra's in plaats van veilige onderdoorgangen, men poogt juist de afwikkeling van het autoverkeer zo moeilijk mogelijk te maken. De investeringen in infrastructuur van deze aard zijn gericht op brandstofverspilling om nog te zwijgen van hun antiproduktief karakter door de opgewekte vertraging. Als het brandstofaspect serieus de aandacht krijgt dan zal men òf de afwikkeling van het autoverkeer zoveel mogelijk moeten bevorderen, òf autogebruik in een bepaalde stadswijk moeten verbieden en het langzame verkeer daar de hele straat geven.
De hierbij nodige prioriteitenstelling kan men slechts voorkomen door een gescheiden infrastructuur voor langzaam- en snelverkeer, waarbij op onvermijdelijke kruisingen beide soorten verkeer over elkaar heen gevoerd worden.

Het komt erop neer dat het km-resultaat uit de toegevoerde brandstof sterk in negatieve zin bevorderd wordt door snelheidswisseling of zelfs "stop and go" kenmerken van de verkeersstroom en dit is dus in de eerste plaats afhankelijk van de ontwerpfilosofie die gold bij de uitvoering van het wegennet. Er zijn echter autogebruiken, b.v. stadsbussen, besteldiensten in de stad, surveillancewagens van de politie, "buslichters" van de P.T.T., waarvan de essentie van het gebruik juist optrekken en stoppen is en de brandstofverspilling dus inherent aan de dienst. Voorlopig zal men daar niet veel meer aan kunnen doen dan de te accelereren tarra minimaal te maken. Moeten stadsbussen de hele dag zo groot zijn en moeten ze niet juist bij alle haltes stoppen omdat ze zo groot zijn? Een en ander is een gevolg van het aandeel van de arbeidskosten van de chauffeur in de exploitatie, maar een na te streven brandstofeconomie zou tot andere oplossingen kunnen leiden. Er wordt echter op vele plaatsen in de wereld ontwikkelingswerk gedaan om deze verspilling van kinetische energie tegen te gaan en wel door het voertuig recupererend te laten remmen. Een veelbelovende methode is om de wagen te voorzien van een of meer vliegwielen die met een bijzondere overbrenging aan de wielen gekoppeld zijn. Als de wagen eenmaal met de motor op snelheid gebracht is, en weer moet stoppen, dan gebeurt dit door de snelheid van de wielen af te remmen tegen de dan nog stilstaande vliegwielen. Naarmate de auto in snelheid daalt stijgt het toerental van de vliegwielen en daarmee gaat de in de auto aanwezige kinetische energie bij snelheid minderen over naar de vliegwielen. Als de auto stil staat en de kinetische energie van de voortgaande beweging nul is, is die energie dan niet als bij normale remmen vernietigd, maar nog voor 80 of 90% ter beschikking in die op volle snelheid draaiende vliegwielen. Bij op snelheid komen, haalt men eerst de energie uit de vliegwielen en de rest uit de motor. Er zijn nog andere manieren om de kinetische energie terug te winnen maar de vliegwielen schijnen de beste kansen te bieden.

Het motorenrendement.

De gesignaleerde weerstanden worden overwonnen met de krachtbron waarvoor in principe alle bekende typen in aanmerking zouden komen, van de technisch achterhaalde stoommachine af tot de gasturbine toe, als men in het voertuig zelf een warmtewerktuig, d.w.z. een omzetter van chemische in mechanische energie toepast. Praktisch valt de keus op benzine-, L.P.G.- of dieselmotor. Een andere mogelijkheid is de energie in de vorm van electrische energie toe te voeren, hetzij langs een rijdraad of in het voertuig opgeslagen in accu's.

In principe zijn er ook mogelijkheden mechanische energie als zodanig op te slaan b.v. in hydraulische accumulatoren, als perslucht in drukvaten of in vliegwielen. Soms is er met deze principes een bruikbaar voertuig gemaakt voor bijzondere toepassingen b.v. in omgevingen met hoog explosierisico. Waarom blijft van al die mogelijkheden alleen de verbrandingsmotor (en als electrisch voertuig de trolley-bus op uiterst bescheiden schaal) als geschikt type over? Dat hangt samen met de operationele eisen die de voertuiggebruiker stelt. Doordat de rolweerstand stijgt met het gewicht en de luchtweerstand met het volume is het onmogelijk of in ieder geval zeer onpraktisch een brandstof te hebben van groot gewicht of volume. De "energie-inhoud" per eenheid van gewicht en volume moet hoog zijn en daaraan voldoet de fossiele brandstof, aardolie, op een nog niet door andere brandstoffen geëvenaarde wijze. Die aardolie kunnen we niet als ruw produkt gebruiken maar via raffinage worden tegen lage kosten de geschikte vormen benzine, L.P.G. en gasolie verkregen. Die energie-inhoud is grofweg 10.500 kcal per kg of 44.000 kJoule/kg en dat is erg hoog. Niet fossiele brandstoffen als aethanol of methanol geven ongeveer de helft, en hout slechts één derde. Met circa 3 à 5% van het eigen gewicht van de auto aan brandstof wordt een actieradius van omstreeks 400 km gehaald, waardoor stops voor de energievoorziening niet als lastig ervaren worden. Andere sterke punten zijn de hygiëne, het gemak, en de meting bij het brandstof tanken, terwijl ook de veiligheid met eenvoudige voorzorgen voldoende verzekerd blijkt.

Nog weer een ander voor het wegverkeer in de historisch gegroeide vorm hoogst belangrijke eigenschap is de onmiddellijke reactie van de krachtbron op bedieningssignalen van de bestuurder. Vrijwel zonder vertraging reageert de trekkracht aan de auto op de gaspedaalbeweging. Hoezeer dat gewenst is bleek bij de eerste gasturbinetoepassingen. Daar verliep 1 à 2 sec. tussen gas geven en de stijging van de trekkracht van de turbine. Heel lastig bij verkeerslichten en een goede reden om niet spontaan aan inhaalmanoeuvres op drukkere wegen te beginnen ondanks het grote snelheidspotentieel van de turbinewagen. Twee andere pluspunten van de benzine en de dieselmotor zijn de grote regelbaarheid en het lage gewicht per kW of pk dat 2 à 3 kg/kW bedraagt, gerekend naar het maximaal te leveren vermogen. Dat maximale vermogen wordt overigens gewoonlijk alleen bij topsnelheid geproduceerd en de motor draait dan ook meestal heel matig belast. Een middenklasse wagen vraagt bij

50 à 70 km/uur snelheid zo'n 5 à 10% van het topvermogen. Als het verbruik per geproduceerde hoeveelheid arbeid bij lage motorbelasting even goed zou blijven als in de buurt van het maximale vermogen, dan zou zo'n middenklasser bij 50 à 70 km/uur een verbruik van 1 liter op 30 à 35 km moeten halen. Maar allerlei verliezen die ontstaan als een 60 kW motor maar 3 à 4 kW mag leveren doet dat verbruik, gemeten in reincultuur, dalen tot ca. 1 liter op 20 km. Het "stop and go" bedrijf in stadsverkeer doet de mogelijke 1 liter op 20 km praktisch instorten tot 1 liter op 10 km. Het verloop van verbruiken afhankelijk van de snelheid geeft de figuur. Dieselmotoren zijn in hun verbruik per kW/h minder gevoelig voor een lage motorbelasting dan de benzinemotor. Ook praktisch blijkt dit uit hogere km-prestatie per liter van dieselauto's, vooral in de stad.
Het beeld dat men krijgt is geflatteerd. De vervangende diesel is steeds van een lager vermogen, omdat een motor van hetzelfde vermogen te groot en te zwaar zou zijn. Door de turbocharger komt de diesel qua afmetingen etc. dichter bij de gebruikelijke benzinemotor te liggen, maar kost toch in fabricage belangrijk meer.

Als de diensten die wij van auto's vroegen merendeels een constante motorbelasting op ca. 2/3 van het maximale vermogen zouden geven, dan zou er uit een oogpunt van brandstofconsumptie van de motor weinig bezwaar kunnen bestaan. Men zou dan technisch ongeveer even goed zitten als het bedrijf in electrische centrales of de motoren in schepen op dienstsnelheid. Nu is het vaak zo dat de gebruiker een grote motor wil in verband met de acceleratie na allerlei verkeersobstructies of het slepen van een caravan in de vakanties. Meestentijds draait die motor veel te laag belast en gebruikt dan een flink deel van zijn brandstof voor niets beters dan zichzelf in gang houden. Bij de aankoop van auto's wordt steeds gemaximaliseerd. Deze situatie zou doorbroken kunnen worden als men 2e of 3e wagens niet meer als luxe en verspilling opvat, maar als een vervoermiddel "naar maat", d.w.z. optimaal voor wat men er die dag mee denkt te doen. Dat is pas mogelijk bij een fiscaal regiem en assurantievoorwaarden, die het gebruik van de juiste voertuigtypen stimuleren. Voorlopig is het enige selectieve autogebruik dat de overheid kent, niet stimuleert, de overgang naar fiets of bus, resp. trein en dat is juist anders dan de selectie van een voor de job aangepaste auto.

Van de andere krachtbronnen schijnt de electromotor op grond van de hygiëne wat op te rukken. Dat is minder een energie- dan een milieukwestie. Qua energiegebruik is electriciteit bij de opwekking van stroom aan de centrale weliswaar zeer gunstig, maar de opslag in accu's stuit op rendements- en gewichtsproblemen. Daardoor zijn accuvoertuigen dermate zwaar (en kostbaar) dat zij qua rijweerstand zichzelf "om zeep" helpen, zodra men een gebruikelijke actieradius van meer dan 200 km en een snelheid van 100 km/uur zou vragen. Het is dan ook een illusie dat het huidige vervoer of zelfs maar een fractie ervan met accu-auto's en electriciteit gedaan zou kunnen worden. Niettemin zou in het engere stedelijke verkeer een electrische auto rijdend langs stroomrails of op een accu, op plaatsen waar die stroomvoorziening

te duur is, een oplossing kunnen zijn. Niet omdat zijn energiegebruik per km gunstig is, maar omdat de opwekking van electriciteit mogelijk is met steenkool, water, desnoods windkracht, en de auto met verbrandingsmotor voorlopig een hoogwaardige vloeibare brandstof vraagt.

De geïnduceerde verbruiksposten.

In het voorgaande is onder acceleratie al naar voren gekomen dat alle voertuigen met welke krachtbron ook, in brandstofrendement teruglopen door snelheidsvariaties. Een aantal van die wisselingen hangt samen met de wensen van de bestuurder maar als men zich een willekeurige rit van huis tot huis voor de geest haalt, dan zijn er talrijke bochten, kruisingen, voorrangsregels, onderhoudswerk aan de weg, filevorming, die de auto tot stilstand en weer accelereren dwingen. Nu is extra energiegebruik een onderdeel van de vervoerkosten waarin ook betaald wordt voor de kosten van de weg en voor de reistijd of anders de gemiddelde te realiseren snelheid hemelsbreed gemeten. Soms zal extra energie in omrijden gespendeerd worden omdat er geen rechtstreekse weg is tussen de punten waartussen de reis zich afspeelt.
In het politieke touwtrekken over grof- of fijnmazige wegennetten heeft het energiegebruik nauwelijks geteld. Men sprak meer over aantasting van het landschap door autowegen en het ruimtebeslag door die wegen. Daarin hebben demagogische effecten zwaar moeten tellen want er ligt reeds 2 km weg per km^2 en het gaat er feitelijk alleen om of deze matig of sterk verbeterd moeten worden ten bate van het autogebruik of dat wij hardnekkig willen doorgaan meer tijd, meer brandstof, meer autoslijtage en vooral een grotere onveiligheid dan nodig is aan ons autogebruik te verbinden. Als we ervan uitgaan dat wij nog jarenlang met snelheden tussen 15 en 150 km/uur mechanisch transport nodig hebben, onverschillig of dit met auto's, autobussen, electromobielen of veredelde bromfietsen lopend op benzine, gasolie of methanol plaatsvindt, dan zullen al die uiteenlopende voertuigen het laagste energiegebruik per verplaatsing hebben als ze met een vaste kruissnelheid over de kortste route kunnen rijden. Zowel in de bebouwde kommen als op buitenwegen zou men moeten toewerken naar routes, die men met een vaste snelheid zonder stop zou kunnen afrijden inclusief uiteraard de bochten, afsplitsingen en invoegingen. De huidige middenklassers gebruiken bij de stadssnelheid van rond 50 à 60 km/uur al 6 of 7 liter per 100 km ofwel omstreeks 1 liter op 15 km. Zou men die vaste "stopvrije" snelheid mogelijk maken, dan openen zich ook perspectieven om het gebruik te verbeteren tot 4 à 5 1/100 km op ca. 1 liter op 22 km. En dán zijn de auto's nog geheel volgens de huidige opvattingen. Bij andere vormen van de auto komen verbruiken van 1 liter op 50 km binnen bereik.

Veiligheid bij botsingen.

Sinds een tiental jaren toont de overheid een grote verontrusting voor de overlevingskansen van inzittenden in botsende auto's. In de U.S.A. had dit tot gevolg dat men een reeks specificaties opstelde voor veiliger auto's, hoewel allerminst vaststond dat het gewenste effect in het dagelijkse verkeer behoorlijk parallel liep met de opgelegde wijzigingen. Wel was op voorhand duidelijk dat de auto's breder, langer en vooral zwaarder zouden worden.
Nu na 1974 de energiebehoefte van het verkeerssysteem als een dreigend probleem gezien wordt, is men ijlings de prioriteiten aan het verschuiven en is het minder nodig dat de consumenten zware, op botsingen geconstrueerde auto's kopen, maar is het urgent dat de auto's veel lichter worden en een bepaalde zuinigheid bereiken. Natuurlijk heeft dit Amerikaanse wensenpakket ook duidelijke sporen getrokken in de Europese en Japanse auto-industrie, maar het is moeilijk na te gaan welke gewichtstoenames hierdoor ontstaan zijn. In ieder geval werden de auto's duurder in aanschaf en gebruik zonder dat uit de ongevallenstatistieken blijkt dat de voorgespiegelde spectaculaire veiligheidswinst nu ook echt meetbaar wordt. Dat zou toch, nu die meer veilige auto's al jarenlang verkocht zijn, moeten blijken.
Het wordt langzamerhand tijd om de vraag te stellen of een mondige verkeersdeelnemer niet meer en beter gediend is met onpartijdige informatie, over door de overheid te betalen onderzoek van auto's en verkeersvoorzieningen uitgebracht door gekwalificeerde instituten. Dan kan hij zelf besluiten welk soort auto hem de grootste veiligheid kan geven op onoverzichtelijke wegkruisingen, gladde wegdekken, in de regengordijnen die ontstaan bij spoorvorming in het wegdek, enz. Het is op zijn minst tegenstrijdig dat de verkeersdeelnemer die niet mag rijden dan met een veiligheidsriem om in een auto die aan diverse veiligheidseisen voldoet toch helemaal vrij is om te gaan fietsen met 3,5 x hogere kans op een dodelijk ongeval als hij even ver zou fietsen als autorijden, op een bromfiets een negenvoudig risico mag lopen en op een motor zelfs een vijftienvoudig ondanks het dragen van helmen.
Het is zeker dat al deze tere veiligheidszorgen het brandstofgebruik indirect geen goed hebben gedaan. Daar energiegunstige auto's, zonder twijfel bij botsingen een lager incasseringsvermogen zullen hebben, lijkt het een verstandige zaak de keus voor de mate van veiligheid van zijn auto aan de consument terug te geven. Anders krijgen we de al te dwaze situatie dat de gemotoriseerde weggebruiker als de brandstof veel duurder is, de door de overheid veilig geachte auto niet kan betalen en dus verwezen wordt naar de belangrijk onveiliger tweewielers. Iedere auto gebruikt vrijwel dagelijks brandstof, maar één op de 60 à 70 auto's komt ééns per jaar in een statistisch geregistreerde botsing.

Milieu-eisen.

Een andere allerminst te verwaarlozen geïnduceerde energiepost komt door eisen die voortvloeien uit milieugezichtspunten. Sommigen spreken liever van milieubescherming, maar bij een reeks maatregelen zou men zich toch moeten afvragen wie tegen wie en wat beschermt. Immers het is buiten kijf, dat het menselijk bestaan belangrijk lichter en aangenamer geworden is door allerlei zwaar werk met mechanische hulpmiddelen en energie te doen. De gevolgen zijn zichtbaar in de verhoging van de gemiddelde leeftijd en de omvang van de bejaardenvoorzieningen. Nu is er praktisch geen milieumaatregel die niet tevens een verhoging van het energiegebruik met zich meesleept en die daardoor als strijdig in zichzelf beschouwd moet worden. Het is in het kader van dit opstel onmogelijk om meer te doen dan enkele saillante zaken uit het vervoersveld te lichten.

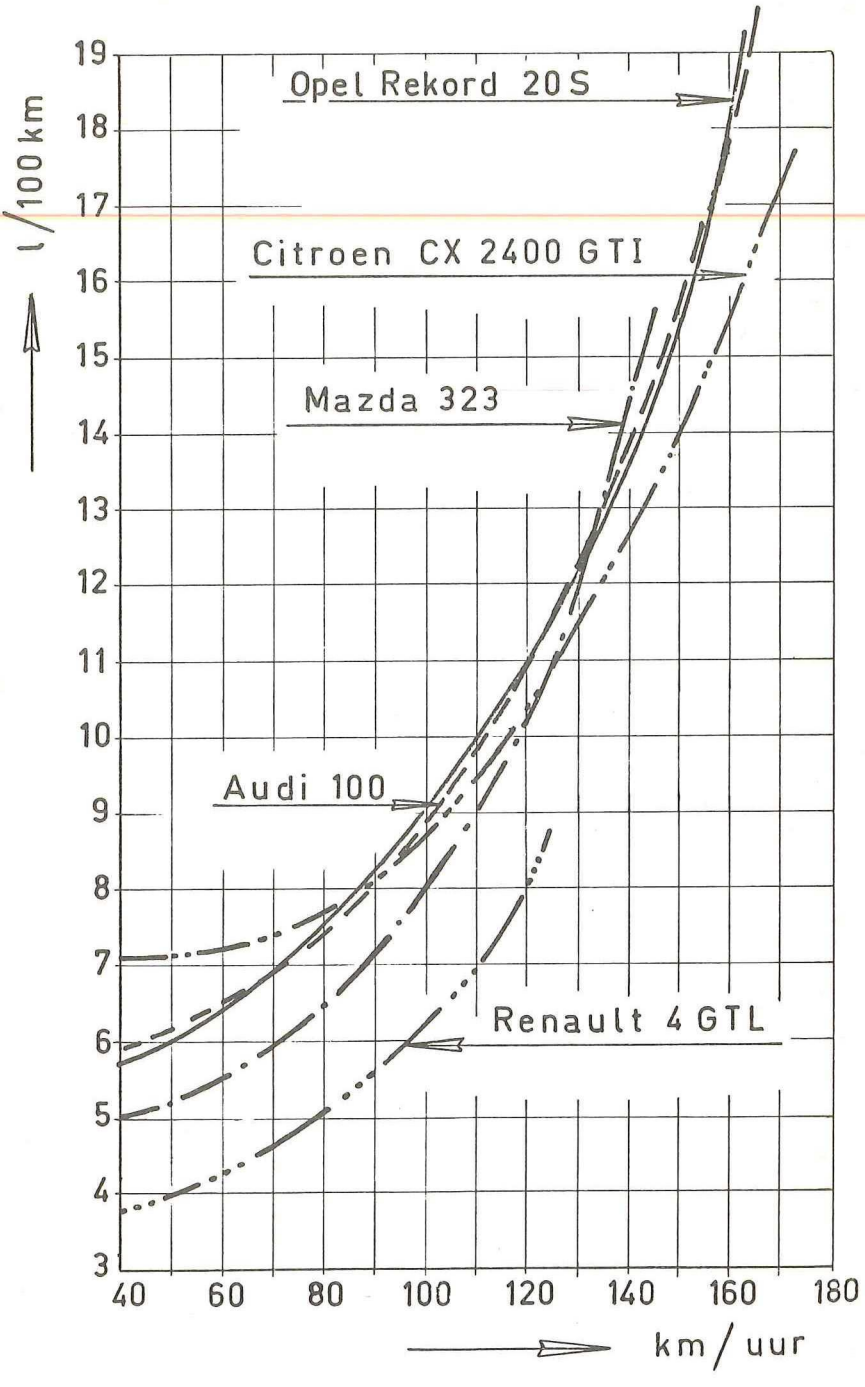
Landschapsbescherming.

Er worden talrijke acties gevoerd om de ontwikkeling van een goed wegennet voor auto's tegen te gaan. Dit betekent dan meer energiegebruik door omrijden en stagnerend verkeer, stationair draaien en weer accelereren. Naast het verhoogde energiegebruik is er echter een stijging van de ongewenste componenten in de uitlaatgassen en toename van eventuele lawaai-overlast doordat accelererend verkeer zowel krachtiger als discontinu lawaai produceert.

Luchtverontreiniging.

In uitlaatgassen van de omzetters van chemische energie in mechanische zijn altijd oxydatieproducten als waterdamp en kooldioxyde aanwezig, normale componenten zoals die ook bij de uitgestoten adem van mensen en dieren en dus in de atmosfeer worden aangetroffen. Daarnaast worden er enkele stoffen gevormd die als schadelijk gekwalificeerd worden. Het gaat om koolmonoxyde, stikstofoxyden, onverbrande of onvolledig verbrande koolwaterstoffen en vaste deeltjes als roet en loodoxyde. Veel van deze oxyden en koolwaterstoffen worden ook buiten menselijke activiteiten om in de natuur gevormd en dan wordt het toch wat moeilijk om tout court van schadelijk te spreken. Dat is dan ook niet zo en alles hangt af van de optredende concentratie. Aangetoond is dat in sommige Amerikaanse steden en een stad als Tokio de auto-uitlaatgassen in combinatie met industriële verbrandingsgassen aanleiding zijn tot z.g. smogvorming op sommige windstille dagen. Men kan zich nu afvragen of het gewenst is dat auto's op de Zeeuwse eilanden en het platteland onderworpen moeten worden aan uitlaatgasnormen die hun oorsprong vinden in de smogproblemen van Los Angelos en Tokio. Maar misschien produceert het stagnerende verkeer op het spitsuur in Amsterdam of Utrecht dan wel zoveel uitlaatgas

auto's. Het toch al altijd energiekosten sparende vrachtverkeer zou eerst nieuwe legale mogelijkheden moeten krijgen om zuiniger te draaien. Voordat men kan beginnen om de hoeveelheid vervoerbrandstof mogelijk te halveren, zal eerst in het denken van de massa over het verkeer een en ander bijgesteld moeten worden. Verkeer wordt overwegend afgeschilderd als een gevaarlijke, lawaaiige bezigheid, die allerlei vroeger mooie en rustige plekjes verknoeid heeft om geen betere reden dan dat allerlei mensen ook zo nodig moeten autorijden. Het beeld van het wegverkeer dat hierdoor ontstaan is, is van een in essentie onsociale, overbodige luxe. Dat imago is opgebouwd door een groep hardop dromende politici, planologen en stedebouwers die met negatie van de kwaliteiten en verkeersrelaties waarom het gaat de suggestie wekken alsof we, als we maar even tot ons verstand zouden willen komen, de functie van dat ongeordende wegverkeer zouden kunnen laten overnemen door het op een veel hoger sociaal niveau liggende, goed georganiseerde openbaar vervoer.
Die suggestie is op technische gronden en om zowel produktietechnische als economische redenen volslagen onhaalbaar.
Als de gemeenschap in zijn totaliteit tot het inzicht kan worden gebracht dat het enige alternatief voor een wegverkeer met vele bezwaren en tekortkomingen alleen maar een ander wegverkeer kan zijn, nadat de bezwaren systematisch zijn opgeruimd, dan zou de geïntegreerde aanpak door overheid, wegbeheerders, industrie en gebruikers georganiseerd kunnen worden.


l/100 km
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
Opel Rekord 20S
Citroen CX 2400 GTI
Mazda 323
Audi 100
Renault 4 GTL
40
60
80
100
120
140
160
180
km/uur

BINNENVAART EN ENERGIE-ONTWIKKELINGEN

door
Drs. R. Walthuis
Adjunct-directeur Europese Waterweg-Transporten B.V.

Inleiding

Een steeds ingewikkelder wordende economische problematiek, officiële prognoses die nooit uitkomen, technologische veranderingen, internationalisatie, toenemende invloed van lokale, regionale, nationale en internationale overheden, veranderende maatschappelijke prioriteiten, politieke ontwikkelingen in binnen- en buitenland: met dit alles wordt ook de ondernemer geconfronteerd via een informatiestroom die hem dreigt te bedelven. Aangezien van hem verwacht wordt dat hij leiding geeft aan de organisatie die hem is toevertrouwd, is de tijd die hij voor het verwerken van die informatiestroom beschikbaar heeft, zeer beperkt.
Toch zal hij in die beperkte tijd die informatie moeten selecteren, in zich opnemen en groeperen, op waarde schatten en naar relevantie voor zijn bedrijf rangschikken om zich een toekomstbeeld te kunnen vormen, waarop hij zijn beslissingen baseert. Let wel, beslissingen, die bepalend kunnen zijn voor het voortbestaan van zijn bedrijf.

Dit mag wel eens gezegd worden in een tijd waarin het verketteren van de ondernemer zich tot een vrij populaire sport heeft ontwikkeld; het mag vooral gezegd worden in de context van een situatie waarin een wetenschappelijk tijdschrift de rollen omdraait en in plaats van een klare professionele toekomstvisie aan te bieden, bij de ondernemer als amateur-ziener te biecht gaat.

Eerlijkheidshalve moet worden toegegeven, dat een deel van de toekomst wordt "gemaakt" binnen ondernemingen, zodat de wetenschapper daarnaar wel moet informeren om niet met grove hiaten in zijn werk te worden geconfronteerd.

Helaas is in de bedrijfstak transport de mogelijkheid tot het zelf maken van een stukje toekomst beperkt. Natuurlijk is men steeds op zoek naar verbetering en vernieuwing van transportmethodes, maar de lading moet door anderen worden geleverd. Wijzigingen in hoeveelheid en verschijningsvorm van de lading zijn daardoor voor de bedrijfstak een extern en niet of nauwelijks beinvloedbaar gebeuren, waarop dan tijdig en adequaat dient te worden gereageerd.

Van welke veronderstellingen moet men uitgaan?

Bovenstaande, generaliserend geformuleerde probleemstelling geldt zeker en in hevige mate wanneer men anno 1978 de toekomstige ontwikkelingen met betrekking tot en als gevolg van het energie-vraagstuk probeert te schetsen.

Simpelweg kan gesteld worden dat "men" het niet weet, ongeacht wie "men" is, regering of politicus, wetenschapper of ondernemer.

De belangrijkste oorzaken voor die onzekerheid liggen in de volgende vragen opgesloten:

1. Wat gaan de olieprijzen in de komende jaren doen?
2. Welke invloed zal er van de energieprijzen uitgaan op de economische groei van de geindustrialiseerde landen?
3. Zullen er belangrijke structurele wijzigingen in het produktiepatroon van die landen optreden?
4. Welke energiepolitiek zal door die landen worden gevoerd als reactie op het olieprobleem?

Wat de Nederlandse Rijn- en binnenvaart betreft kan de vraagstelling beperkt worden tot 2 landen, Nederland en Duitsland.
Aangezien de schrijver van dit artikel werkzaam is in de droge vaart en zich dientengevolge te weinig deskundig voelt op het gebied van de tankvaart, zal hij zich noodgedwongen onthouden van uitspraken met betrekking tot dat geheel aparte vakgebied.

Voor hem kan de vraagstelling daarom als volgt worden samengevat:

1. Welke gevolgen heeft het energievraagstuk voor die industrieën, die vandaag de grote voortbrengers van droge lading zijn.
2. Welke verschuivingen zullen optreden tussen de verschillende energiedragers en zullen deze verschuivingen leiden tot voor de droge vaart nieuwe vervoerstromen.

Uitgangspunt van alle meningen en prognoses over de toekomstige energievoorziening is het schaarser en duurder worden van aardolie. Van verschillende zijden wordt reeds ernstig gewaarschuwd voor een acute olieschaarste in het midden der 80er jaren, wanneer niet tijdig door de grote olieverbruikende landen maatregelen worden genomen tegen een voortgezette groei van het verbruik.

De mate en het tempo waarin de prijzen zullen stijgen zal van internationaal-politieke, economische en monetaire factoren afhangen. Denkbaar is dat de prijsstijging zich geleidelijk voltrekt, maar krachtig genoeg is om in combinatie met de dreiging van schaarste een proces opgang te zetten of te versnellen van energiebesparing enerzijds en het aanboren van andere energiebronnen anderzijds, waardoor ernstige verstoringen van de Westerse economieën uitblijven.

Men zoekt evenwel tevergeefs naar een antwoord op de vragen of ook in geval van een dergelijke geleidelijke ontwikkeling geen belangrijke fundamentele wijzigingen zullen optreden in de economische structuur van de geindustrialiseerde landen en of, resp. in welke mate de kansen op een reële economische groei daardoor niet worden aangetast.

Een goede illustratie van het hier gestelde probleem biedt het recente rapport*) van drie Duitse wetenschappelijke instituten over de toekomstige vraag naar energie in de Duitse Bondsrepubliek en de dekking daarvan. De in dit rapport opgestelde prognoses gaan uit van een voortgezette reële economische groei, zoals door de opdrachtgever, de Duitse Minister van Economische Zaken is aangegeven. Dit uitgangspunt impliceert volgens het rapport tevens het uitblijven van ingrijpende veranderingen in de economische structuur. Het rapport constateert simpeltjes dat "andere Annahmen über Wirtschaftswachstum und Wirtschaftsstruktur zu anderen Prognoseergebnissen führen" en moet het dan – terecht – daarbij laten.

De geinteresseerde transportondernemer vraagt zich wel af wat de waarde van een dergelijke prognose is, vooral wanneer hij zich realiseert dat juist de drie grote leveranciers van droge lading, de ijzer- en staalindustrie, de chemische industrie en de bouwstoffenindustrie, tevens de grootste energieverbruikers in Duitsland zijn en ook het hardst zijn getroffen door de recessie die na de oliecrisis van 1973 is ingetreden.
Aangezien er geen andere concrete voorspellingen beschikbaar zijn, kan hij weinig anders doen dan hopen dat de Duitse Minister van Economische Zaken t.z.t. niet al te optimistisch zal blijken te zijn geweest. Een troost biedt overigens het feit, dat de Duitse staalindustrie in het Roergebied, evenals de Nederlandse Hoogovens, gerekend mag worden tot de modernste en meest efficiënte van Europa.
Het vraagstuk van de substituten voor aardolie draait zowel in Nederland als in Duitsland in de eerste plaats om de vraag naar het ja of nee tegen uitbreiding van de kernenergie.

In de basisprognose van het eerder genoemde Duitse rapport wordt voor 1985 gerekend met een geinstalleerd vermogen van kerncentrales van 30.000 megawatt (1975: 3.500 mw), waarmee de kernenergie dan een aandeel van 34,6 % in de totale stroomopwekking zou bereiken. (6,9 % in 1975).
Vanwege toenemende onzekerheid over het realiseren van de kernenergieplannen heeft men echter een alternatieve berekening gemaakt, uitgaande van 18.000 megawatt geinstalleerd vermogen.
Het stroomtekort dat daardoor in Duitsland ontstaat, zou moeten worden opgevangen door steenkolen en in mindere mate door bruinkolen. Als ook dit, vooral op grond van milieuproblemen niet mogelijk zou zijn, blijft er weinig anders over dan een vergroting van het verbruik van olie en/of gas.

Dezelfde discussie als in Nederland dus.

---

*) "Die künftige Entwicklung der Energienachfrage in der Bundesrepublik Deutschland und deren Deckung" opgesteld door:
Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Berlin
Energiewirtschaftliches Institut an der Universität Köln
Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung, Essen

Het door de vorige regering van dit land genomen principebesluit tot de bouw van 3 kerncentrales rond 1985 is inmiddels weer teruggenomen. Voor de komende 1 1/2 à 2 jaar is een brede maatschappelijke discussie gepland, die moet uitmonden in de beslissing: kernenergie of kolen. Gezien de bouwtijd van een kerncentrale is het jaar 1985 daarmede in elk geval van de baan.
De realiteit van vandaag is, dat 2 centrales, gelegen aan groot vaarwater, reeds gedeeltelijk weer zijn overgegaan op gebruik van kolen en een verdere uitbreiding daarvan gepland hebben in 1981. Van andere centrales is bekend dat zij de kolenoptie diepgaand onderzoeken.

De Directeur-Generaal Energievoorziening van het Ministerie van Economische Zaken heeft kortgeleden het kolengebruik door Nederlandse centrales geschat op 3 à 4 mln ton in 1981 en 7 à 7,5 mln ton tegen het eind van de jaren '80.

Zou gekozen worden voor kolen in plaats van kernenergie, dan zou de bouw van nieuwe kolencentrales na 1985 en vooral na 1990 een stijging van het kolenverbruik veroorzaken tot ca. 20 mln ton in 1995.

Toepassing van kolen op grote schaal brengt zowel voor Duitsland als voor Nederland belangrijke problemen met zich mee: noodzaak van rookgasontzwaveling, uitstoot van stikstofoxyden en kooldioxyde, het asprobleem.
Duitsland heeft daarbij nog de handicap dat de thans bestaande kolencentrales (23,7 % van de totale electriciteitsproduktie) grotendeels verouderd en aan vervanging toe zijn.
Nieuwe technieken, die in ontwikkeling zijn en een belangrijk deel van de milieutechnische nadelen kunnen elimineren, zijn in dit stadium nog niet beschikbaar. Nederland verkeert in dat opzicht in een betere positie. Het moet dan echter wel snel zijn besluit nemen om tijd en stimulansen voor die technische ontwikkeling te scheppen.
Van nieuwe energiedragers, zoals zon, wind en getijden, mag, blijkens alle publicaties, in deze eeuw geen bijdrage van enige betekenis worden verwacht.

Uit de talrijke bovengeschetste onzekerheden kan men, samenvattend, de volgende veronderstellingen destilleren:
a. voortzetting van de economische groei,
b. geen ingrijpende wijzigingen in de produktiestructuur van Duitsland en Nederland,
c. stijging van het kolenverbruik ter vervanging van olie en aardgas, die des te groter zal zijn naarmate de kernenergie in beide landen als alternatieve energiedrager wordt afgewezen.

Effecten op het vervoer per binnenschip

In de Rijn- en binnenvaart heerst al geruime tijd een situatie van overcapaciteit aan scheepsruimte, die door de sinds 1975 bestaande recessie sterk wordt geaccentueerd. (De problemen in de tankvaart – het moge hier toch even worden gememoreerd – zijn sinds 1973 zelfs van zeer ernstige aard als gevolg van een plotseling door de energiecrisis veroorzaakt capaciteitsoverschot in de orde van grootte van 50 %).

Voor de bedrijfstak is dan ook in de allereerste plaats van belang de veronderstelling van een verdergaande economische groei, die ook geldt voor de industrieën waaraan de binnenvaart een groot deel van zijn lading te danken heeft.

Stilstand, of een nog verdergaande teruggang, zou de huidige, niet rooskleurige, situatie, bestendigen of verslechteren. Hierbij dient men te bedenken dat de winstschommelingen in de bedrijfstak van nature een grote amplitude vertonen. Via een snelwerkend marktmechanisme gaat een tekort aan lading vrijwel meteen samen met een laag prijsniveau, waardoor de inkomsten in een soort dubbele versnelling achteruit hollen. Dit verschijnsel heeft overigens ertoe geleid dat in het binnenlandse vervoer van zowel Duitsland als Nederland door de overheid vastgestelde, resp. goedgekeurde vrachtprijzen bestaan, zodat het marktmechanisme in de geschetste vorm alleen in het internationale vervoer functioneert.
Het is daarom niet onbegrijpelijk dat ook in de internationale vaart gewerkt wordt aan bepaalde maatregelen die de gevolgen van de bestaande overcapaciteit moeten verzachten of liever nog elimineren.
Daarbij denkt men in eerste instantie aan opheffing van de overcapaciteit zelve door middel van sloopremies en een genuanceerd vergunningsysteem bij nieuwbouw. Het voert in het kader van dit artikel te ver om deze materie in details uit te werken. Het zal echter duidelijk zijn dat invoering van dergelijke maatregelen onderworpen is aan internationale, en derhalve zeer moeizame besluitvorming. Een veel simpeler oplossing zou worden geboden door structurele groei van het ladingaanbod. Voor zover dit ladingaanbod wordt gevormd door nieuwe kolenstromen mag de "droge" binnenvaart dit beschouwen als een prettige kant van het energieprobleem.

Electrische centrales liggen, in verband met koeling, aan het water. Wanneer dat een rivier of kanaal is met een behoorlijke diepte en breedte biedt dat water tevens een goedkope aanvoermogelijkheid voor de benodigde kolen.

Wat Duitsland betreft mogen de verwachtingen van de Nederlandse Rijnvaart echter niet te hoog gespannen zijn. Verreweg het grootste gedeelte van de kolenbehoefte kan door binnenlandse produktie worden gedekt. Aangezien het binnenduitse vervoer in het algemeen voorbehouden is aan de Duitse binnenvaart, zal Nederland slechts baat vinden bij een groei van de export van Duitse kolen (voornamelijk cokeskolen) via Rotterdam en import van kolen naar Duitsland via de Nederlandse zeehavens.

Als de Bondsrepubliek kiest vóór kernenergie zal de import nauwelijks toenemen ten opzichte van de thans reeds bestaande stromen.
Gaat Duitsland evenwel niet over tot verdere uitbreiding van het aantal kerncentrales, dan mag op gezag van de eerder geciteerde 3 wetenschappelijke instituten op een aanzienlijke stijging van de import worden gerekend.

In Nederland zijn het de centrales in Nijmegen en Geertruidenberg die gedeeltelijk reeds op kolen zijn overgeschakeld en daaraan in het begin van de 80er jaren nog uitbreiding zullen geven. Beide centrales liggen aan goed vaarwater en maken voor hun aanvoer gebruik van de binnenvaart.
Welke vestigingsplaatsen gekozen zullen worden voor de centrales die na 1985 gebouwd gaan worden is nog onbekend, zeker zo lang de keuze tussen kernenergie en kolen nog niet is gemaakt.
Worden het inderdaad kolencentrales dan mag worden aangenomen dat een goede en goedkope aanvoermogelijkheid van de brandstof één van de belangrijke vestigingsfactoren zal zijn. De keuze zal dan al gauw vallen op aanvoer per binnenschip. Men bedenke daarbij, dat een aanvoerbehoefte van bijv. 2 mln ton per jaar voor één centrale verwerking van een kleine 10.000 ton per dag betekent. Op zich een respectabele hoeveelheid.
In moderne binnenvaarttermen komt dat echter neer op één duwkonvooi met 4 bakken of 5 à 8 motorschepen. De bestaande grote vaarwegen in Nederland bieden, zeker bij voortgaande schaalvergroting in de binnenvaart, nog zoveel capaciteit, dat een veelvoud van dergelijke porties van 2 mln ton kan worden opgevangen zonder belangrijke additionele infrastructurele kosten.
Wel zal gezorgd moeten worden voor een behoorlijke spreiding van de aanvoer in de tijd. Dit betekent dat het traditionele systeem van directe overname van de lading door het binnenschip uit het zeeschip zal moeten worden verlaten.
In plaats daarvan zal regelmatige dagelijkse afname vanaf de in de zeehaven opgebouwde voorraden moeten plaatsvinden. Een dergelijke aanpassing van het transportproces is overigens geen nieuw verschijnsel. De aanvoer van ertsen voor de Duitse staalindustrie vindt al vanaf het begin der 70er jaren op die wijze plaats.

Het is bovendien om veel meer dan infrastructurele redenen een gewenste en logische ontwikkeling:
a. de centrales behoeven niet in dure overbodige loscapaciteit te investeren om pieken in de aanvoer te kunnen opvangen,
b. de binnenvaart kan de inzet van het materieel optimaliseren,
c. voor het zeevervoer kan worden gebruik gemaakt van de grootste klasse bulkcarriers, wat qua transportkosten vooral van belang is bij aankoop van de kolen in verafgelegen landen als Australië, Zuid-Afrika en de Verenigde Staten.

Nodig daarvoor is een modern overslagbedrijf in de zeehaven, gelegen aan diep vaarwater en beschikkend over voldoende opslagruimte.

Het mag bekend worden verondersteld, dat de plannen voor een dergelijke kolenterminal, te bouwen op de Maasvlakte, in een vergevorderd stadium van voorbereiding zijn.

De ervaringen in het vervoer voor de Duitse staalindustrie hebben geleerd dat voor de afwikkeling van grote stromen massagoed duwvaart de goedkoopste en ook voor terminal en ontvanger meest efficiënte wijze van vervoer is.
Naarmate de laad- en lostijden korter worden, maakt ook het grote éénruims motorschip een goede kans op een rendabele exploitatie bij inzet in een dergelijk vervoer. Kleine schepen met meer ruimen betekenen in alle opzichten een verstoring van het als het ware geindustrialiseerde transportproces.

Op grond hiervan mag worden aangenomen dat het op gang komen van nieuwe kolenstromen een belangrijke impuls zal betekenen voor de vernieuwing en schaalvergroting van de Nederlandse "droge" binnenvloot en in het bijzonder voor de verdere ontwikkeling van de duwvaart.

Binnenvaart en energieverbruik

Het vervoer is zelf een belangrijke verbruiker van energie. In de Duitse Bondsrepubliek is het transport verantwoordelijk voor 13,3 % van het totale verbruik aan primaire energie, wat – ter vergelijking – neerkomt op 55 % van het industriële energieverbruik.
In deze cijfers is het zeer aanzienlijke verbruik van het personenvervoer over de weg natuurlijk begrepen.
In de beleidsnota goederenvervoer 1974 van de Nederlandse regering wordt erop gewezen, dat van de 3 vervoertechnieken de binnenvaart het zuinigst is in het energieverbruik.

Een ruwe berekening toont voor de binnenvaart een verbruik van 167 kcal per ton/km aan, voor het railvervoer 300 kcal en voor het wegvervoer 500 kcal. Natuurlijk moeten deze cijfers met de nodige voorzichtigheid worden gehanteerd.
In de eerste plaats is hier sprake van ruwe gemiddelden uit gegevens, die binnen één vervoertechniek een grote spreiding vertonen. In de binnenvaart bijv. verschilt het energieverbruik per ton/km aanzienlijk als gevolg van verschillen in scheepstype, vaarweg (stroomverhoudingen), aantal lege vaarten e.d. In de tweede plaats is voor een eerlijke vergelijking nodig, dat ook het energieverbruik van eventuele aansluitende vervoerhandelingen worden meegeteld.

De auto levert in principe huis-huis vervoer, terwijl de binnenvaart overslag en soms ook nog aansluitend wegvervoer met zich meebrengt. Niettemin zijn de onderlinge verschillen zo groot, dat een andere volgorde in energieverbruik uitgesloten lijkt.

Men mag dus concluderen dat de binnenvaart op het punt van energie een belangrijk comparatief kostenvoordeel heeft boven de andere vervoertechnieken, dat groter wordt naarmate de prijzen verder stijgen.

In het kader van een actieve bezuinigingspolitiek, met name in tijden van een dreigende of daadwerkelijke schaarste aan energie, zal een overheid al gauw de neiging hebben daar waar mogelijk het vervoer per binnenschip te stimuleren.
Het al aanwezige kostenvoordeel betekent overigens niet, dat de binnenvaart nu op zijn lauweren rust. Integendeel, een verdrievoudiging in 5 jaar van de kostenpost brandstofverbruik leidt natuurlijk tot het zoeken naar besparingsmogelijkheden. Bij de bouw van nieuwe duwboten en motorschepen zullen de motoren meer dan ooit te voren op hun brandstofverbruik worden gekozen.
De "Versuchsanstalt für Binnenschiffbau" in Duisburg is bovendien bezig met onderzoekingen naar zowel een verminderd brandstofverbruik voor scheepsmotoren als een verminderde waterweerstand der vaartuigen door vormaanpassingen.

Eventuele positieve uitkomsten van deze onderzoekingen zullen pas op langere termijn in concrete energiebesparingen terug te vinden zijn. Samenvattend kan ook, wat dit aspect betreft, de toekomstige positie van de binnenvaart in positieve zin worden beoordeeld.