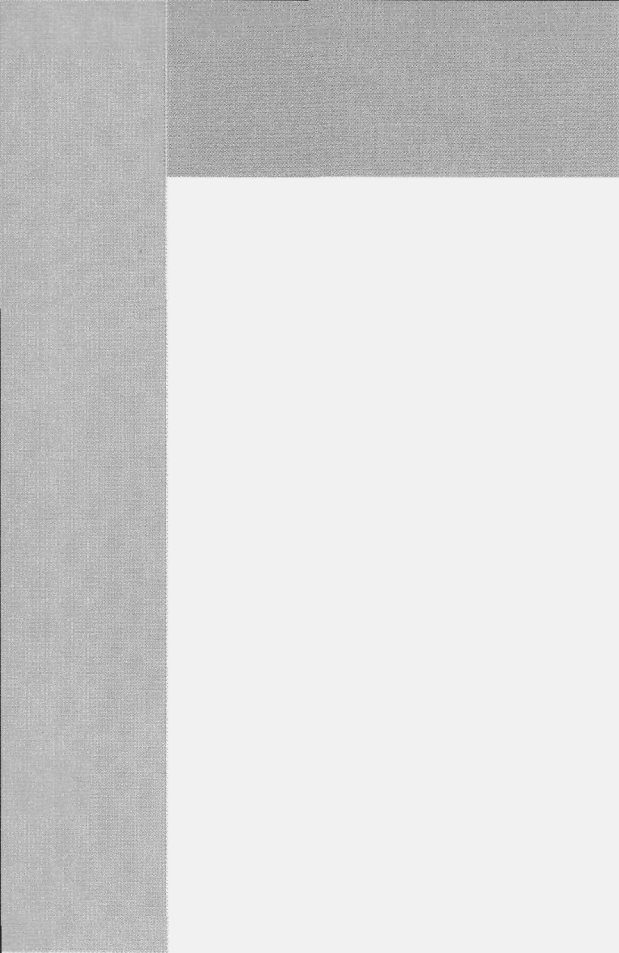


TNO & Co

**De praktijk
van kennisontwikkeling
met cofinanciering
door bedrijven**



Voorwoord

M.I. Platschorre

Voorzitter van de Commissie

EZ-doelfinanciering TNO

(1996-2000)



Ondernemen is vooruit zien. Liefst nog wat verder dan de concurrentie. De toekomst naar je hand zetten met nieuwe producten en processen. Extrapoleren van ontwikkelingen die zich nu al voltrekken. Vroege signalen van trendbreuken proberen op te vangen en je afvragen welke consequenties die kunnen hebben voor je bedrijf.

Bedrijven moeten zich permanent bezighouden met de vraag hoe hun wereld er over een aantal jaren uit zou kunnen zien en hoe ze zich op de nieuwe omstandigheden kunnen voorbereiden. Dat betekent investeren in kennis. Kennis die nodig is om straks, over enkele jaren, de concurrentiepositie veilig te stellen.

Bedrijven hebben behoefte aan kennis die ze op termijn kunnen gaan inzetten en TNO heeft als missie die kennis te ontwikkelen en over te dragen. De relatie is dus gauw gelegd. En toch blijkt telkens weer dat je erg je best moet doen om ook de meest voor-de-hand-liggende zaken goed te regelen. Het TNO Cofinancieringsprogramma is daar een goed voorbeeld van.

Het doet me veel genoegen om nu vast te stellen dat de ideeën over de sturing van het speurwerkprogramma van TNO, die in 1996 hebben geleid tot het cofinancieringsprogramma, in vruchtbare aarde zijn gevallen. Het programma beantwoordt aan de ambitieuze doelstellingen die toen zijn geformuleerd. De reeks bedrijven die intussen de weg naar TNO hebben gevonden, achter in dit boekje staan ze opgesomd, begint een plezierige omvang te krijgen.

In 1996 werd een commissie geïnstalleerd die onder mijn voorzitterschap in de jaren daarna nauw betrokken is geweest bij de omvorming van de zogenoemde EZ-doel-financiering aan TNO naar een financieringsmodel waarin cofinanciering door bedrijven centraal stond. Op deze wijze zou de marktgerichtheid van TNO een belangrijke stimulans moeten krijgen. Wij hebben in die periode de minister van Economische Zaken geadviseerd over de kwaliteit van het jaarlijkse onderzoekprogramma van TNO. We hebben van nabij ervaren met welk enthousiasme de TNO-ers de uitdaging oppakten en met welke energie de veranderingen zijn doorgevoerd. In 2000 mochten wij vaststellen dat de transformatie naar een volwassen cofinancieringsprogramma was gerealiseerd. Onze taak was daarmee volbracht.

Een nieuwe commissie onder voorzitterschap van ir. J. Zuidam heeft het stokje overgenomen en adviseert onze minister over het nu volledig door de markt gedragen cofinancieringsprogramma van TNO.

De cofinancieringsideeën wérken en daarom is het goed om er nu nog meer bekendheid aan te geven. Ik hoop dat veel bedrijven zich door hun collega's die in dit boekje aan het woord komen, laten inspireren. Het is de moeite meer dan waard.

M.I. Platschorre

Inhoud

Kennisontwikkeling met en voor bedrijven	6
<i>Interviews</i>	
Functional genomics voor voedingstoffen	8
De thesaurus en de heilige graal	12
Loodsen op afstand	16
Safety first	20
Procesintensivering bij productie van kleefstoffen	24
CAD/CAM-kiezen	28
Gecontroleerde laagvorming bij anodiseren van aluminium	32
90.000 pk in een kastje	36
Explosief omvormen van grote producten	39
Compact disc kan nog veel compacter	42
De gevel in het zonnetje	46
Tot slot	49
Het TNO Cofinancieringsprogramma in kort bestek	50
Overzicht cofinanciers 1997 - 2000	52
Colofon	59

Kennisontwikkeling met en voor bedrijven

Wij willen u in dit boekje een kant van TNO laten zien die bij het Nederlandse bedrijfsleven wellicht nog wat minder bekend is. U kent TNO als instelling die in opdracht onderzoek en ontwikkelingswerk uitvoert. Ook onze rol als vraagbaak en als uitvoerder van een breed scala aan kwaliteitsgerichte activiteiten zal u waarschijnlijk bekend zijn. Allemaal activiteiten die draaien om het gericht toepassen van kennis.

Maar die kennis komt niet uit de lucht vallen. Die moeten we ontwikkelen en ons eigen maken. Dat kost in het algemeen veel tijd en dus geld. Investeren in nieuwe kennis en vaardigheden is vol risico's. Het is van groot belang dat wij bij die investeringen de goede keuzes maken. Dat betekent in ons geval: kiezen voor kennis die u als ondernemer straks nodig hebt om de permanente concurrentieslag vol te houden.

Onze kennisontwikkeling moet aansluiten bij uw toekomstige kennisbehoefte. Of, wat algemener, bij de behoeften van het Nederlandse bedrijfsleven. Hoe doen we dat? Het antwoord is in wezen simpel: door u direct te betrekken bij onze kennisontwikkeling en bij de keuzes die we daarbij maken. Daarvoor hebben we het zogenoemde TNO Cofinancieringsprogramma in het leven geroepen. In het kader van dat programma krijgen individuele bedrijven en ook groepen van bedrijven de gelegenheid om mee te sturen in ons speurwerk. Ze zitten met ons aan tafel en, niet onbelangrijk, ze betalen mee. Door mee te betalen wordt de positie van een bedrijf minder vrijblijvend en dat geeft ons meer zekerheid dat we kennis ontwikkelen die er ook echt toe doet. Het bedrijf van zijn kant creëert langs deze weg een voorsprong en krijgt invloed op de kennisontwikkeling bij TNO.

Door als cofinancier mee te investeren in kennisontwikkeling creëren we drievoudige winst. De cofinancier mag verwachten dat TNO op termijn over de kennis beschikt die hij denkt nodig te hebben. TNO weet zich verzekerd van een kennisportefeuille waarvoor een markt bestaat. De Nederlandse overheid, tenslotte, die TNO de noodzakelijke financiële middelen verschaft om zijn taken uit te voeren, heeft de garantie dat deze middelen doelgericht worden ingezet.

Toen het TNO Cofinancieringsprogramma in 1997 startte kreeg TNO door de overheid een maatlat aangereikt. Van de totale financiële omvang van circa 90 miljoen gulden per jaar moest 40 procent door cofinanciers worden opgebracht. Het bleek al snel dat deze norm goed haalbaar was. Belangrijker nog om het succes van dit initiatief te bepalen is natuurlijk het aantal bedrijven dat de afgelopen jaren het cofinancieringstraject met ons is ingegaan. En dat mag er zijn: sinds de start zijn er ruim 800 projecten van de grond gekomen met minstens één cofinancier. Honderden individuele bedrijven en vele tientallen brancheorganisaties is de samenwerking met ons aangegaan. Het resultaat van al die projecten is kennis, waarmee het betrokken bedrijfsleven in vele gevallen direct zijn voordeel kan doen. Voor TNO is deze kennis toepasbaar in opdrachten van vele andere bedrijven. De afgesproken 'ingroeiperiode' van vier jaar is voltooid. De doelstelling van een volledig gecofinancierd onderzoekprogramma aan het eind van de ingroeiperiode is gerealiseerd. Een goed moment, leek ons, om voor het voetlicht te treden. En hoe zou dat beter kunnen dan door onze cofinanciers aan het woord te laten. Hun verhalen illustreren wat wij met samenwerking beogen.

Wij hebben bedrijven gevraagd wat hen heeft bewogen in een vroeg en risicovol stadium van kennisontwikkeling samen met ons op weg te gaan. Het gaat om projecten waarbij ondernemer en onderzoeksorganisatie samen hun nek uitsteken. We hebben er bewust voor gekozen te laten zien hoe zo'n proces begint.

Cofinancieringstrajecten lopen weliswaar gedurende een gelimiteerde periode, maar het hele idee van meesturen is veel meer een kwestie van het grijpen van de mogelijkheden dan het succesvol voltooien van een beperkt project. In een ideale situatie kan men zich zelfs voorstellen dat bedrijven op basis van een semi-permanent partnerschap gedurende langere tijd een onderzoeksrichting van TNO mede bepalen. Naast het verhaal van de ondernemer geven de gepresenteerde voorbeelden inzicht in de visie van TNO als de kennisleverancier die zich richt op de verwachte vraag van zijn markt.

In dit boekje presenteren wij elf recentelijk gestarte cofinancieringsprojecten. Elf voorbeelden uit een lange lijst met vraaggestuurde projecten die duidelijk maken dat bedrijven, groot en klein, het belang inzien van deze vorm van R&D-programmering.

Functional genomics voor voedingstoffen

Een gesprek met
mw. dr. A. Mensink (r) en
mw. dr.ir. L. M'Rabet (l)
(Numico Research) over
het cofinancieringsproject
*'Functional genomics
(multiële genexpressie-analyse)
van humane bloedcellen
– toepassingen in voedingsonderzoek'*



“Om uit te leggen wat functional genomics betekent, begin ik altijd met het toelichten van structural genomics”, zegt Anne Mensink, hoofd afdeling Biotechnologie van Numico Research B.V. in Wageningen. “Structural genomics wil zeggen dat de structuur van het genoom, de volgorde van het DNA, onderzocht wordt. Men wil precies weten hoe het eruit ziet, maar welke functie het heeft of voor welke eiwitten de DNA-stukjes een code bevatten, blijft veelal onbekend. Functional genomics wil dus niets anders zeggen dan dat wij op zoek gaan naar de functie van de genen.”

“Om de rol van verschillende genen bij bepaalde processen te achterhalen, moet je testen onder welke omstandigheden ze actief zijn of juist niet. En met welke stoffen die activiteit beïnvloed kan worden.” Haar collega Laura M'Rabet van de afdeling

Bioactieve Componenten vult aan: “Allergie is een mooi voorbeeld om dit te verduidelijken. Een allergische reactie is op cel-niveau te meten door de activiteit van de verantwoordelijke genen te volgen. Bij het optreden van allergie zijn die genen op dat moment actief; ze zijn aangeschakeld. Door het toedienen van bepaalde stoffen kan deze reactie worden onderdrukt. De genen zijn nu niet actief; ze zijn weer uitgeschakeld. Op deze manier kun je ook naar het effect van voedingstoffen kijken.”

“MET DEZE TEST KUNNEN IN KORTE TIJD
ZO'N 6000 GENEN BEKEKEN WORDEN”



Bundelen van kennis

Al vele jaren onderhouden TNO Voeding en Numico Research contact met elkaar. Het idee voor het project in het kader van het cofinancieringsprogramma kwam tot stand tijdens een brainstormsessie. Mensink: "TNO en onze onderzoeksgroepen hebben regelmatig contact. Tijdens één van deze bijeenkomsten kwamen we op het idee om onze krachten op het gebied van voeding enerzijds en genomics expertise anderzijds, te bundelen en zo een heel nieuw gebied van functional genomics te verkennen: de nutrigenomics. Hiermee kunnen we de kennis van functional genomics in Nederland fors versterken, want vergeleken met het buitenland hebben we op dit gebied nog een flinke impuls nodig." TNO brengt in het cofinancieringsproject kennis in op het gebied van het kwantificeren van genexpressie: de micro-

arrays. Met deze test kan in een korte tijd een zeer grote hoeveelheid genen, nu al zo'n 6000, bekeken worden. Numico heeft jarenlange onderzoekservaring op het gebied van klinische voedingen, zuigelingenvoeding en voedingssupplementen.

"IEDER LEVERT VANUIT ZIJN EIGEN EXPERTISE EEN GELIJKWAARDIGE BIJDRAGE; HET IS EEN ECHTE WISSELWERKING"

Optimaliseren

De gangbare methoden om het effect van een voedingsstof op genniveau te bekijken geven vaak slechts informatie over de activiteit van één gen. "Met de methode van TNO is het misschien mogelijk om de invloed van een voedingsstof op 10.000 genen in één keer te bepalen. Dit is het vooruitstrevende aan ons cofinancieringsproject. Het onderzoeksgebied is voor beide partijen nieuw, en daardoor zeer inspirerend. Ieder levert vanuit zijn eigen expertise een gelijkwaardige bijdrage. Het is een echte wisselwerking", vertelt M'Rabet enthousiast. "Genomics technologie maakt het mogelijk om op een holistische manier genexpressie te bestuderen. Door ook onbekende genen in de analyse mee te nemen kunnen nieuwe aangrijpingspunten voor interventies worden ontdekt."

In de eerste fase van het project wordt de analysemethode geoptimaliseerd en gestandaardiseerd. Hierbij gaat het in eerste instantie om praktische vragen, zoals: hoe lang moet je wachten voor je gaat meten en wat zijn de optimale condities voor de reactie? De meting met een DNA-microarray speelt zich af op één vierkante centimeter van een doorzichtig glasplaatje. Hierop bevinden zich duizenden menselijke genen. M'Rabet: "Al deze genen kun je in een keer aflezen met behulp van fluorescerende stoffen. Afhankelijk van het wel of niet tot expressie komen van de genen zie



je rode of groene vlekjes ontstaan, die een bepaald patroon vormen op een donkere achtergrond. De verandering van activiteit van de genen wordt op deze manier zichtbaar gemaakt. Uiteraard testen we dit met modelstoffen. Van deze stoffen is het resultaat met de gangbare meetmethoden bekend, zodat we op deze manier de resultaten van de DNA-arraymethode kunnen valideren.”

“MET WAT AFGENOMEN BLOED KUNNEN WE STRAKS HET EFFECT VAN EEN VOEDINGSSTOF TESTEN”

Dataverwerking

Naast het optimaliseren van de metingen zelf is de verwerking van de gegevens een belangrijk onderdeel van het project. Mensink: “Een array dat voorzien is van duizenden genen genereert een enorme hoeveelheid data, die geïnterpreteerd moet worden. Hoe kunnen we zoveel gegevens snel interpreteren en de relevante gegevens eruit halen? In eerste instantie zal gekeken worden naar genen die sterk verhoogd of verlaagd tot expressie komen. TNO heeft veel ervaring met dit soort softwareontwikkeling voor dataverwerking,

de zogenaamde bioinformatica. Patroonherkenning geeft bijvoorbeeld al snel een overzicht van de resultaten.”

Een bijzonder onderdeel van het project is de toepassing van de analysemethode op bloedcellen. “Bloed is in vergelijking met een stukje weefsel, makkelijk van een persoon of patiënt af te nemen. Nu doen we nog studies aan weefsels van vrijwilligers en proefdieren. Met bloedcellen kan straks ex vivo, buiten het lichaam, het effect van een voedingsstof worden getest”, zo voorspelt Mensink. “Omdat het eindresultaat van het project niet te voorzien is, heeft gedetailleerde invulling van de tweede en derde fase nog weinig zin. Afhankelijk van de resultaten uit de eerste fase kijken we verder. We zijn zeer benieuwd. Als deze testmethode werkt is het ook zeer interessant om deze te gebruiken voor diagnostische toepassingen.”

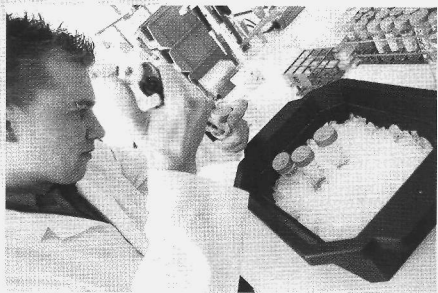
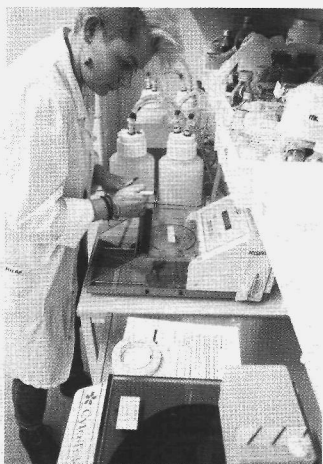
Het belang van TNO

**Projectleider: dr.ir. B. van Ommen,
TNO Voeding**

Medicijnen worden veelal toegediend om een ziekte te bestrijden. Goede voeding kan een belangrijke rol spelen in het voorkomen hiervan. Om te voren te bepalen of een genees- of voedingsmiddel een gunstige uitwerking heeft, zijn nieuwe en snelle methoden in ontwikkeling, gebaseerd op genetische technologie (genomics). Hiermee kan de uitwerking van stoffen op celniveau worden gevolgd door naar de activiteit (expressie) van de genen te kijken.

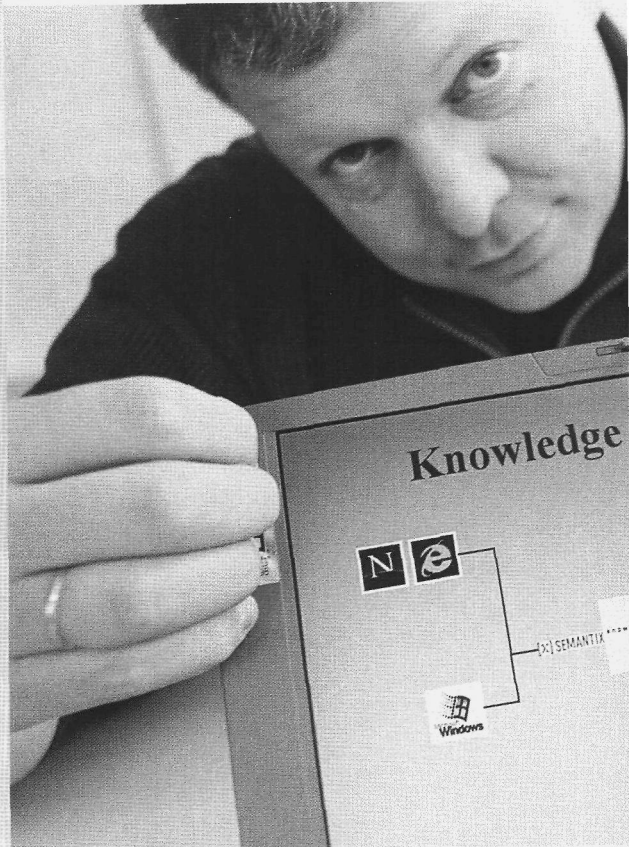
TNO Voeding heeft brede ervaring op het gebied van het voedingsonderzoek en beschikt bovendien over ruime kennis van de moleculaire genetica. Deze laatste expertise heeft geleid tot de ontwikkeling van de DNA-microarray: een analyse-methode waarmee het mogelijk is om de expressie van tienduizenden genen tegelijk te bestuderen. In samenwerking met Numico Research BV wil TNO Voeding de analysemethode verder verbeteren en geschikt maken voor onderzoek naar het effect van voedingsstoffen op de gezondheid (nutrigenomics). Hiermee combineert TNO zowel de eigen kennis op dit gebied, als de specifieke kennis van Numico over de ontwikkeling van nieuwe bioactieve voedingscomponenten. Voor de verwerking van de grote hoeveelheid informatie die deze methode genereert, heeft TNO expertise in huis op het gebied van de bioinformatica.

Met de uiteindelijk verworven kennis kan TNO de DNA-microarray op vele andere onderzoeksgebieden inzetten.



De thesaurus en de heilige graal

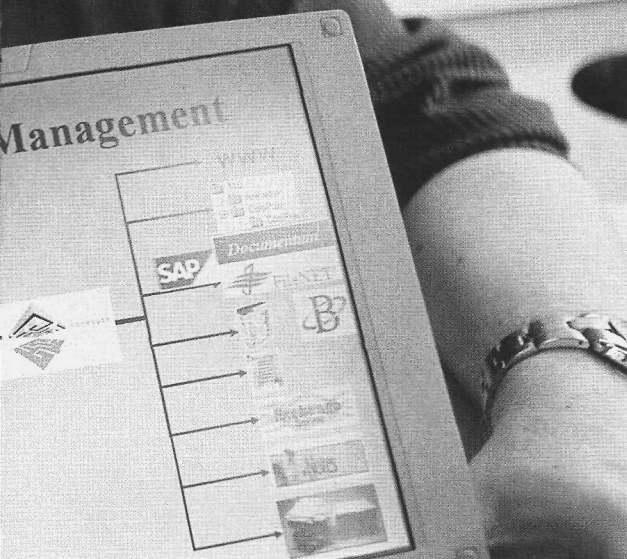
Gesprek met **J.P. Raven**
(Knowledge Concepts) over het
cofinancieringsproject
*'Chembase (concept van dynamische
en gebruikersgecentreerde informatie-
ontsluiting)'*



Wie zoekt, zal vinden, zegt het spreekwoord. Maar dat is geen garantie dat je dan vindt wat je zoekt. Wie wel eens een woord in een zoekmachine op internet heeft getypt, die kent het probleem. Eén zoekactie genereert soms meer dan dertigduizend hits. De hoeveelheid digitaal opgeslagen informatie is inmiddels zo groot en onbeheersbaar geworden, dat het omgekeerde tegenwoordig ook blijkt te kloppen: wie vindt, zal zoeken. Het ordenen en snel terugvinden van documenten is uitgegroeid tot een van de belangrijkste onderzoeksterreinen van de informatietechnologie.

**"HET IS ONDOENLIJK GEWORDEN MET
MENSKRACHT ALLE BESTAANDE DOCUMENTEN
TE ORDENEN"**

Het vinden van informatie wordt een stuk eenvoudiger als de documenten vooraf zijn geclassificeerd en zijn gekoppeld aan een thesaurus, een trefwoordenbank waar de begrippen zijn gerangschikt naar betekenis. Het labelen van documenten is een tijdrovende bezigheid, omdat het uitsluitend handmatig kan gebeuren. Het is echter ondoenlijk geworden om met menskracht alle bestaande documenten te ordenen. Heel veel informatie kan hierdoor niet worden ontsloten. Daarnaast heeft iedere branche zijn eigen vakterminologie en al dat verschillend jargon bemoeilijkt de inzichtelijkheid van documenten. Een computerprogramma dat automatisch een thesaurus van een specifieke branche produceert, zou voor zeer veel bedrijven een uitkomst zijn. Zo kan veel gericht naar informatie worden gezocht. En het zou helemaal mooi zijn als dat programma dat in



elke taal kan doen, zodat een vreemde taal ook geen barrière meer vormt. "Zo'n taal-onafhankelijke automatische thesaurus-bouwer is de heilige graal die wij zoeken", zegt Jan Paul Raven van Knowledge Concepts.

Informatieontsluiting

Het bedrijf Knowledge Concepts heeft op het gebied van informatieontsluiting baanbrekend werk verricht. Knowledge Concepts ontwerpt taaltechnologische software voor de kennismanagement software industrie. In deze snelgroeiende industrie, die een geschatte omvang heeft van 1 tot 2 miljard dollar en wordt gedomineerd door bedrijven in de VS en Canada, is Knowledge Concepts een Nederlandse benjamin.

"Ons product Content Enabler stelt mensen in staat documentensets in zes ver-

schillende talen gelijktijdig te doorzoeken. Maar dan moet de zoekvraag wel zijn verrijkt met een thesaurus. Zo'n branchespecifieke thesaurus bestaat in de meeste gevallen niet. Hierdoor konden we ons product niet optimaal doorontwikkelen", stelt Jan Paul Raven van het bedrijf Knowledge Concepts.

Omstreeks dezelfde tijd liep TNO in verband met zijn eigen productontwikkeling tegen een gelijksoortige problematiek aan en initieerde het project Chembase. TNO kende Knowledge Concepts al van vroegere contacten en dat was een goede basis voor een cofinancieringsproject. In de eerste fase van het project Chembase onderzocht TNO of het mogelijk is een programma te ontwerpen, dat met behulp van een onverrijkte set documenten (niet gelabeld met een trefwoord), uit zichzelf een begrijpelijke terminologiebank genereert. Uit de resultaten bleek dat het niet haalbaar is een thesaurus te genereren die voor mensen begrijpelijk is.

"DOOR ONDER MEER KUNSTMATIGE INTELLIGENTIE KAN DE COMPUTER BEPAALDE BETEKENISVOLLE INFORMATIE AFLEIDEN UIT TEKSTEN"

Wat het zo lastig maakt is dat een computer onmogelijk een mensentaal in al zijn facetten kan leren. Veel woorden zijn dubbelzinnig en de juiste betekenis valt alleen uit de context op te maken. Toch kan de computer door een combinatie van instrumenten uit de statistiek, linguïstiek en kunstmatige intelligentie bepaalde semantische (betekenisvolle) informatie afleiden uit teksten die met elkaar verband houden. Op deze manier zoek je een logica die boven de taal uitstijgt en deze methode kan dus in principe worden toegepast op iedere taal, of dat nou Nederlands is, Hebreeuws of Japans.



Toepassingsmogelijkheden

"Ondanks de negatieve resultaten van de eerste fase bij TNO zagen we bij Knowledge Concepts wel toepassingsmogelijkheden met zo'n onbegrijpelijke thesaurus. Door een combinatie van technieken is het mogelijk een automatisch gestructureerde terminologiebank op te bouwen, uit te breiden en te onderhouden. Deze dynamische en gebruikersgecentreerde toepassing kan een oplossing vormen voor tal van problemen die momenteel in de markt spelen", legt Jan Paul Raven uit.

TNO besloot vervolgens de tweede fase van het cofinancieringsproject Chembase toe te spitsen op deze dynamische toepassing, met als einddoel de ontwikkeling van een testbaar prototype. Jan Paul Raven van Knowledge Concepts verwacht dat de procedure in de zomer van 2001 klaar is voor gebruik.

**"VEILIGHEIDSDIENSTEN EN POLITIE ZULLEN
HIER DANKBAAR GEBRUIK VAN MAKEN**

"Zodra TNO het project Chembase succesvol heeft afgerond en wij de ontwikkelde technologie hebben geïntegreerd in onze eigen producten, zullen de volgende sectoren hier dankbaar gebruik van gaan maken: alle branches en bedrijven die onder hevige concurrentiedruk staan en die snel moeten inspelen op veranderingen in de markt, zoals marketing- en salesafdelingen; kennisintensieve sectoren, zoals de farmacie en de automobielindustrie, die veel aan onderzoek en ontwikkeling doen; de veiligheidsdiensten en politie, die informatie snel moeten kunnen opsporen en vergelijken; tenslotte overheidsinstanties en organisaties met een publieke functie en een informerende taak", aldus verduidelijkt Raven het maatschappelijk belang van het project.

De heilige graal is tot op heden niet gevonden. Maar we zijn er misschien dichtbij, nu het zoeken naar de juiste informatie zoveel sneller en gericht kan, dankzij de inspanningen van taaltechnologische specialisten.



Het belang van TNO

**Projectleider: H.A.P. Kolb,
TNO TPD**

De technologie die in het kader van het project Chembase door TNO wordt ontwikkeld, kan gebruikt worden als een uitstekend hulpmiddel om informatie sneller en accurater te vinden. Hierdoor sluit Chembase naadloos aan bij de missie van de afdeling multimediatechnologie: het ontsluiten en structureren van de informatiestroom. De afdeling multimediatechnologie is een onderdeel van de divisie informatiesystemen van TNO TPD. Chembase is een kans om een stap verder te komen op weg naar een gebruikersgecentreerde informatieverwerking. Bovendien was TNO al op zoek naar mogelijkheden om thesauri automatisch te genereren en te manipuleren in verband met de ontwikkeling van het eigen classificatiesysteem Adjust. Adjust werkt alleen goed op basis van een thesaurus en een verzameling gelabelde teksten. Met behulp van de Chembasetechniek vergt het programma Adjust straks aanzienlijk minder inspanning. In de toekomst zullen alle vijftien onderzoeksinstituten van TNO in meer of mindere mate gaan profiteren van deze techniek.

Daarnaast zal de technologie in samenwerking met de cofinancieringspartner Knowledge Concepts in een aantal producten worden geïntegreerd, die vervolgens met een licentie van TNO zullen worden verkocht.

Loodsen op afstand

Een gesprek met **ir. A.J.M. van der Vlucht**
(RADAC) over het
cofinancieringsproject
*'Waterstroomprofielmetingen
op afstand met SHIRA (Ship's Radar)'*

Het binnenloodsen van vrachtschepen is een vak dat jarenlange kennis van en ervaring met vaargeulen en waterstromen vereist. "Bij zwaar weer moet de loods met een helikopter aan boord worden gezet. Dit is vrij duur. Alleen grote vrachtschepen, waarbij elke minuut oponthoud telt, maken hiervan gebruik. De kleinere schepen blijven buiten wachten tot het beter weer wordt", weet Tom van der Vlucht, oprichter en directeur van het vier koppen tellende bedrijf RADAC. "Met het radarsysteem SHIRA (Ship's Radar) van TNO Fysisch en Elektronisch Laboratorium is het binnenkort mogelijk schepen op afstand binnen te loodsen. Het radarsysteem kan van elke plek in de toegangsgeul actuele informatie geven over de richting en kracht van de golven en stromingen rond het schip. Het is dan niet meer nodig om een loods aan boord te brengen."

Samenwerkingsverbanden

RADAC is een jong en klein bedrijf, gespecialiseerd in het ontwikkelen van software voor het verwerken, interpreteren en visualiseren van meetgegevens van radarsystemen. De naam staat voor radar en akoestiek, maar voorlopig concentreren de werkzaamheden zich op signaalverwerking van radargegevens. Aangezien de drijfveer van RADAC bestaat uit het ontwikkelen van nieuwe toepassingsgebieden voor bestaande radarsystemen, is Van der Vlucht voortdurend op zoek naar nieuwe samenwerkingsverbanden met producenten en kennisinstellingen.

"IN DE TOEKOMST HOEFT ER BIJ ZWAAR
WEER GEEN LOODSMAN MET EEN HELIKOP-
TER AAN BOORD TE WORDEN GEBRACHT"



Van der Vlucht is geen onbekende in het radarnetwerk. Twaalf jaar lang heeft hij bij Rijkswaterstaat ervaring opgedaan met apparatuur om waterbewegingen in kaart te brengen. Uit die tijd kent hij TNO en hij heeft sindsdien met verschillende afdelingen samengewerkt. In 1990 was hij mede-oprichter van The Oceanographic Company of the Netherlands (OCN), waarna hij Rijkswaterstaat verliet. De volgende stap naar een geheel eigen bedrijf was logisch: "OCN ging zich richten op advisering, terwijl ik meer de kant op wilde van kant-en-klare producten en de toepassing van informatieverwerkingssystemen op het volgen van waterbewegingen."

Signaalverwerking

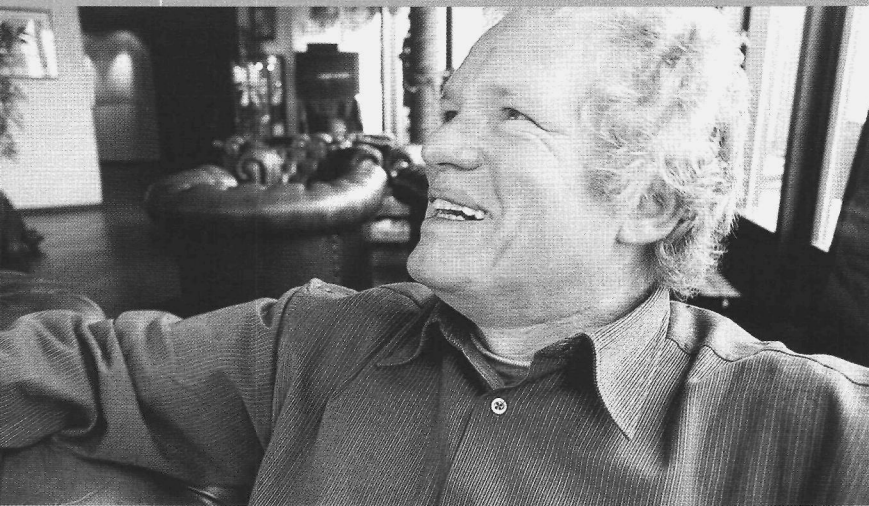
Twee jaar geleden ging Van der Vlucht van start met zijn eerste product: de Waveguide. Hij zag toen mogelijkheden

voor het meten van waterstanden en golven met een systeem dat door de Delftse firma Enraf op de markt was gebracht voor het bepalen van het olieniveau in opslag-tanks. Het cofinancieringsproject met TNO is het tweede grote project dat RADAC sinds haar korte bestaan aanpakt. Van de Vlucht ziet in het binnenloodsen van schepen een nieuwe toepassing voor het radar-systeem SHIRA van TNO. SHIRA is een verdere ontwikkeling van het conventionele ronddraaiende navigatiesysteem op schepen, dat in hoofdzaak bedoeld is om obstakels op zee te signaleren. Hierbij gaat het vooral om de directe plaatsbepaling van bijvoorbeeld langsvarende schepen. De reflectie van het radarsignaal tegen de golven wordt hierbij onderdrukt. Deze bevat echter een schat aan informatie. Stroming in het water doet de golven sneller of langzamer lopen en beïnvloedt daarmee de reflectie van het wateroppervlak. SHIRA kan uit deze reflectie de richting en snelheid van de golven bepalen en de stroming van het water op verschillende dieptes.

"JE MOET ONDER ALLE WEERSOMSTANDIGHEDEN OP JE RADARSYSTEMEN KUNNEN VERTROUWEN"

Hoe hard het water in de bovenlaag stroomt is bijvoorbeeld van belang voor kleine en lichte schepen met geringe diepgang. Voor grotere schepen die veel dieper in het water liggen zijn eveneens de waterstromingen op tien of vijftien meter diepte bepalend voor de krachten die de stuurman ondervindt.

Van der Vlucht is bijzonder gecharmeerd van de mogelijkheden van SHIRA. "Met deze radar kun je in heel korte tijd heel veel gegevens verzamelen en de gehele zeeomgeving met een bereik van vier kilometer in beeld brengen. In iets meer dan een seconde is de omgeving doorgemeten.



Dankzij de samenwerking met TNO kunnen we hun apparatuur toepassen om metingen te verrichten. Daarnaast kunnen we gezamenlijk aan de software voor signaalverwerking werken. De kunst is de juiste informatie eruit te halen en de betrouwbaarheid en kwaliteit van deze gegevens te bepalen. Je moet wel onder alle weersomstandigheden op het radarsysteem kunnen vertrouwen. Door continu te meten kun je op een gegeven moment trends herkennen in de stromingen, zowel in de tijd als in plaats. Op basis van deze trends kunnen we minder goede metingen herkennen en eruit halen. Dit vergt behoorlijk veel onderzoek. Uiteindelijk willen we een soort expertsysteem ontwikkelen voor de interpretatie van deze radarsignalen.”

“Momenteel werken we aan het markt-rijp maken van SHIRA-systemen voor golfmetingen vanaf varende schepen. Vooral bij de snelvarende catamaranscheppen, of werkscheppen zoals kabelleggers, is deze informatie van groot belang.”

“HET IS EEN ZEER NIEUWE TECHNIEK DIE NOG AAN VERTROUWEN MOET WINNEN”

Vertrouwen winnen

Op de directe toepassing van SHIRA op waterstroomprofielmetingen is het nog even wachten. De komende twee jaar gaat RADAC met twee afdelingen van TNO aan de slag om metingen te verrichten en de programmatuur voor signaalverwerking verder te ontwikkelen en te testen. “Het is een zeer nieuwe techniek die nog aan vertrouwen moet winnen. Daarom is het ook goed om er met veel partijen aan te werken. Zo komt deze technologie tot ‘leven’. Dit is ook een van de redenen waarom we regelmatig workshops organiseren met alle betrokkenen: samenwerking en kruisbestuiving. Rijkswaterstaat heeft al interesse getoond. Gezien de huidige technische mogelijkheden heb ik er alle vertrouwen in dat de tijd rijp is voor deze techniek”, stelt Van der Vlugt.



Het belang van TNO

**Projectleider: ir. J. Kleijweg,
TNO-FEL**

Het onderzoek naar radartechnologie en de ontwikkeling van toepassingen voor industriële, civiele en militaire doeleinden maken deel uit van een lange traditie van TNO. Een nieuwe ontwikkeling in dit gebied betreft het beloodsen van schepen op afstand. Hiervoor is vergaande kennis van golf- en stromingsomstandigheden in de vaargeul noodzakelijk, ook op grotere diepte. Binnen TNO Fysisch en Elektronisch Laboratorium (FEL) heeft de groep Radar Concepten en Signaalverwerking ruime ervaring op het gebied van meten van oceanografische gegevens met radartechnologie. Een belangrijke bijdrage wordt hierbij geleverd door TNO TPD, die een jarenlange expertise op het gebied van modellering in relatie met waterbeweging heeft opgebouwd.

In het verleden is aangetoond dat radartechnologie over een groot gebied informatie kan opleveren over stromingsgedrag aan het wateroppervlak. TNO-FEL heeft hiervoor een speciaal radarsysteem ontwikkeld, gebaseerd op het conventionele navigatiesysteem op schepen, genaamd

SHIRA (Ship's Radar). Daarnaast zijn er veelbelovende aanwijzingen dat de verzamelde radardata informatie kunnen verschaffen over waterstroming op grotere diepte en over de zeebodemtopografie. Hoe nauwkeurig, en onder welke weersomstandigheden deze informatie betrouwbaar is, is nog onvoldoende bekend. Bovendien is op het gebied van fysische modellering nog onvoldoende kennis aanwezig om de gewenste informatie uit de radar-metingen te halen.

Tijdens het cofinancieringsproject in samenwerking met het bedrijf RADAC, dat gespecialiseerd is in hydrografische meetmethoden, wordt de modellering en signaalverwerking verder ontwikkeld en onder verschillende omstandigheden getest. Met dit project wil TNO zijn kennisbasis versterken, de mogelijkheden van deze radartechniek verder verkennen en een fundamentele basis voor de fysische modelvorming leggen. Hiermee vergroot TNO zijn kennis op het gebied van fysische beeldvormingsprocessen van grondgebonden radarsystemen. In een vervolgtraject kan deze goedkope, efficiënte en onderhoudsarme meetmethode leiden tot marktconforme producten.

Safety first

Een gesprek met **K. de Mooij**
(DuPont de Nemours) over het
cofinancieringsproject
'Optimale ploegbezetting en
de veilige besturing van een
procesinstallatie'



Aan de oostzijde van Dordrecht strekt zich langs de oever van de Merwede over een fors traject het terrein uit van het chemische bedrijf DuPont de Nemours. Geen bedrijf waar je zomaar binnenkomt. Voordat je wordt opgehaald bij het portiersgebouw krijg je naast je bezoekerspas een lijst met gedragsregels en een overzicht van borden en tekens met hun betekenissen. Veiligheid voor alles, is het de-

vies in alle 177 vestigingen over de gehele wereld van dit Amerikaanse bedrijf.

"FINGERSPITZENGEFÜHL, DAT KUN JE EEN
COMPUTER NIET LEREN"

Zo word je als bezoeker bij het bestijgen van een trap er vriendelijk op gewezen de trapleuning vast te houden. En menige gemeentelijke dienst openbare werken zou jaloers zijn op de strak gelegde stoeptegels op het buitenterrein. Dit diepgewortelde veiligheidsbesef vindt zijn oorsprong in de kruitfabriek waar de naamdragende grondlegger twee eeuwen geleden mee begon. Veiligheid heeft ook alles te maken met het cofinancieringsproject 'optimale ploegbezetting en de veilige besturing van een procesinstallatie', waarover Karel de Mooij namens participant DuPont een duidelijk verhaal schetst.





Vakbroeders

"Bij DuPont wordt zwaar ingezet op veiligheid, milieu, gezondheid en welzijn. Onze medewerkers die dat beleid uitvoeren, houden hun vak bij, onder meer via externe cursussen. Daar kennen wij TNO Arbeid van. Zo ontstaan netwerken van vakbroeders, want daar zitten ook mensen van andere chemische bedrijven. Op een gegeven moment kwam in zo'n cursus een probleem naar voren waar iedereen mee te maken bleek te hebben. Dat is het probleem van de minimale ploegbezetting, want wat heet minimaal. In de procesindustrie is bijna alles geautomatiseerd. Maar dat betekent niet dat er geen mensen meer aan te pas komen. In bedrijven zoals het onze, waar speciale producten in kortlopende continuprocessen worden gemaakt, moet zo'n proces voortdurend in de gaten worden gehouden. Mensen met spe-

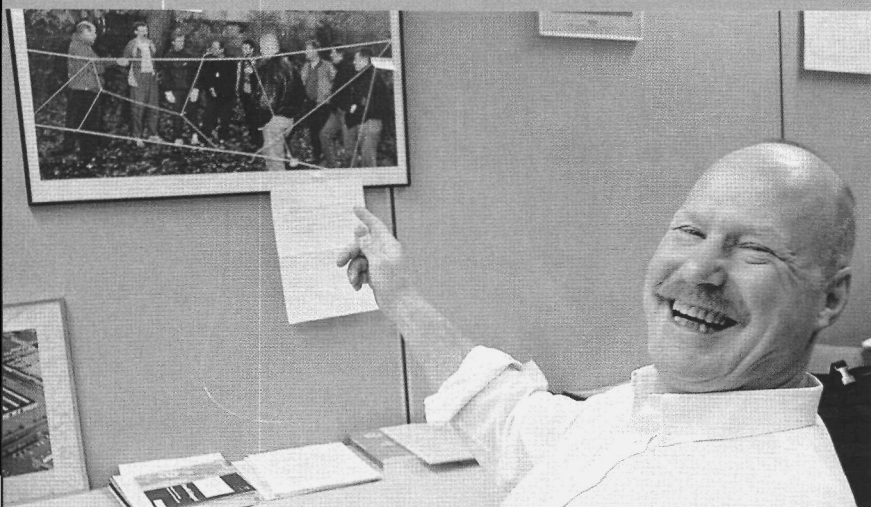
cifieke kennis en ervaring zien al lang voordat de computer dat door heeft, wanneer er ergens iets niet goed gaat. Zij kunnen meteen in actie komen. Anticiperend interveniëren heet dat. Dat vraagt om 'fingerspitzengefühl' en dat kun je een computer niet leren. Ook kunnen zich in het proces abrupte afwijkingen voordoen. Dan moet er een beslissing genomen worden: stoppen we of gaan we door. Zulke beslissingen worden in principe door specialisten genomen. En tenslotte heb je mensen nodig die een specifieke taak hebben bij eventuele calamiteiten. Dat is een wettelijke verplichting. Onze vestiging hier in Dordrecht heeft tien fabrieken. Elke fabriek heeft zijn eigen ploeg, maar op vestigingsniveau moeten we altijd een complete calamiteitenploeg kunnen samenstellen."

Calamiteitenploeg

"Op zich is het al lastig om voor elk dagdeel de juiste ploegen bij elkaar te krijgen. In elke ploeg moeten alle noodzakelijke disciplines en beslissingsbevoegdheden vertegenwoordigd zijn. Niet meer, want dan worden de productiekosten te hoog, maar ook niet minder, want dan ga je risico's nemen. En dan moeten in alle ploegen tezamen precies de juiste mensen aanwezig zijn voor de calamiteitenploeg: zoveel brandweerlieden, zoveel bedrijfshulpverleners, enzovoort. Dat is dus de kern van de probleemstelling: wat is nou de optimale ploegbezetting?"

**"OF EEN VEILIGE PLOEG OOK ALS VEILIG
WORDT BELEEFD, IS EEN ANDERE VRAAG"**

Uit dit discussiethema op een van de cursussen bij TNO Arbeid werd een cofinancieringsproject geboren waaraan vier bedrijven deelnemen: DuPont de Nemours, twee bedrijven van Akzo Nobel en het



petrochemische bedrijf Nerefco. Het doel van het project is een algemene norm op te stellen voor de ploegbezetting in de procesindustrie. Het project is inmiddels van start gegaan met een inventarisering van de huidige gang van zaken. De Mooij kent de praktijk en weet hoe ploegen worden samengesteld: "Dat doet ieder bedrijf op zijn eigen manier. Je maakt rationele afwegingen en daarbij neem je natuurlijk geen risico's. Maar of een veilige ploeg ook als veilig wordt beleefd, is een andere vraag. Daarom moet er een norm komen.

"DE BESLISSING OM EEN PROCES STOP TE ZETTEN LEGT EEN ZWARE DRUK OP MENSEN"

Ons belang daarbij is tweeledig: ten eerste willen we recht doen aan onze mensen en ten tweede moeten we een veilige operatie kunnen garanderen. Voor ons is zo'n norm niet primair bedoeld om een alibi te hebben als er ooit iets fout mocht gaan. Maar het is natuurlijk wel zo dat als zich iets ernstigs voordoet, achteraf de koe in het gat wordt gekeken. Als je dan kunt laten zien dat je voldeed aan de norm, dan is daarover in elk geval geen discussie."

Adders onder het gras

Oppervlakkig gezien lijkt het probleem een gewoon optimaliseringsvraagstuk. Een organisatie met wereldwijd meer dan drieduizend wetenschappelijke medewerkers zou dat sommetje toch zelf moeten kunnen maken. Maar volgens De Mooij ligt dat niet zo simpel. Er zitten twee adders onder het gras, een psychologische en een organisatorische.

"Kijk, en daar is TNO goed in. Je moet namelijk niet alleen kijken naar het aantal en de aard van menselijke interventies per proces en op basis daarvan uitrekenen hoeveel mensen met welke kwalificaties per ploeg nodig zijn. Neem het voorbeeld van de beslissing om een productie stil te leggen, of juist door te gaan bij een afwijking in een proces. Zo'n beslissing legt een zware druk op mensen, omdat de gevolgen heel groot kunnen zijn. Stoppen betekent vertraging, dus verlies, maar bij de beslissing 'doorgaan' kan de schade nog veel groter zijn. Als iemand zo'n besluit in z'n eentje moet nemen wordt hij misschien wel onzeker. Maar iemand die onzeker is moet geen beslissingen nemen. Met andere woorden: een mathematische benade-

ring is niet voldoende. Een veilige ploegbezetting is ook een beleevingskwestie die op zich weer voor iedereen verschillend is.

Inzetbaarheid

Dan is er nog een tweede, heel ander probleem. Dat is het probleem van de dynamische personeelsbezetting. Vroeger wist je ruim te voren precies wie wanneer aanwezig was. Maar tegenwoordig is de één op cursus, een ander gaat een tijdje op reis, een derde is in overleg, een vierde is ouder dan 56 jaar en hoeft geen nachtdiensten meer te draaien. Kortom, er is veel minder zicht op de inzetbaarheid van het personeel. Ook dat aspect moet je meenemen, want dat is de praktijk. Het zijn vooral die niet-kwantificeerbare factoren die het vraagstuk complex maken, maar dat is ook juist een uitdaging."

Het belang van TNO

Projectleider: drs. N.J.M. Steijger,

TNO Arbeid

TNO heeft veel klanten in de petrochemische industrie. Het probleem van de optimale ploegbezetting leeft sterk in de sector. Over het onderwerp bestaat vrijwel geen wetenschappelijke literatuur. Daarom ziet TNO het als een uitdaging om in deze leemte te voorzien en de oplossing aan te dragen vanuit zijn brede expertise. De kennis die met dit project ontwikkeld wordt is niet alleen relevant voor de branche, maar, vanwege de veiligheids- en milieuaspecten, voor de gehele samenleving.

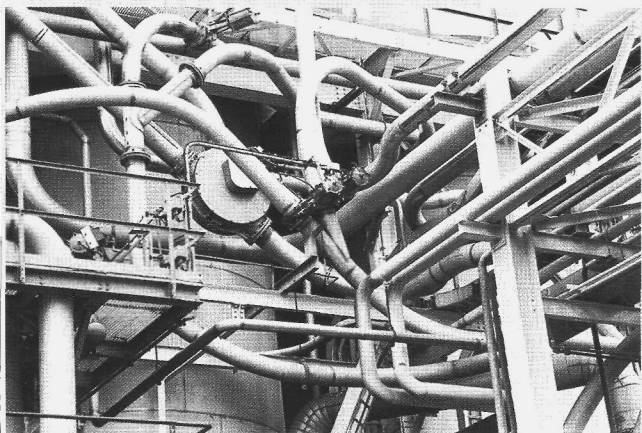
Bij het project zijn drie TNO-instituten betrokken.

TNO Arbeid brengt kennis in op het gebied van veiligheidsmanagement, veiligheid en organisatiecultuur, en (organisatie)-veranderkunde.

TNO Technische Menskunde draagt bij vanuit de disciplines groepsfunctioneren, cognitieve ergonomie en crisismanagement.

TNO Milieu, Energie en Procestechnologie is gespecialiseerd in procesveiligheid en procestechnologie.

Samen met de praktijkkennis en -ervaring van de deelnemende bedrijven verwacht TNO normen en methoden te kunnen ontwikkelen. Daarmee kunnen ploegen worden samengesteld die zowel in objectieve zin als in de beleving van de ploeg zorgdragen voor veilige besturing van een procesinstallatie.



Procesintensivering bij productie van kleefstoffen

Een gesprek met **ing. J.H.M. Bergmans**
(Hercules BV) over het
cofinancieringsproject
*'Procesintensivering in
de fijnchemische industrie'*



"Wij maken al vele tientallen jaren kleefstoffen uit hars", vertelt Hans Bergmans van de afdeling Productiemanagement van Hercules BV te Middelburg. "Het is een oude techniek. Het werkt, maar hoe de reactiekinetiek van ons veresteringsproces er precies uitziet, was nog niet bekend. Behoeftte aan meer kennis is er altijd wel geweest, welke onderzoeker of proces-technoloog wil nou niet weten wat er precies gebeurt? Maar zolang het goed gaat is er geen directe noodzaak en ook geen financieel draagvlak voor zulk vaak tijdrovend en kostbaar onderzoek".

"WELKE ONDERZOEKER WIL NOU NIET PRECIES WETEN WAT ER GEBEURT"

De doelstelling van Hercules om 5% kostenreductie per jaar te behalen bracht hier verandering in. Bergmans: "5% is een hoge ambitie. Om de kosten te verminderen hebben we allerlei projecten geïnitieerd. Het zette ons aan om eens goed naar onze productieprocessen te kijken. We zijn begonnen om de energiehuishouding door te lichten in samenwerking met Novem. Daarnaast wilden we het productieproces optimaliseren om verdere kosten te besparen. Novem heeft ons in contact gebracht met TNO. Onze wensen voor procesoptimalisatie sloten goed aan bij het programma Procesintensivering van TNO. Bovendien konden we nu in het kader van het cofinancieringsprogramma onderzoek doen naar het omzettingsproces van hars naar kleefstof en zo kennis over de reactiekinetiek opbouwen. Een oude wens ging zo in vervulling."



Modellen

Bergmans kijkt tevreden terug: "Het was zeer leerzaam om met mensen uit verschillende disciplines aan tafel te zitten en ons productieproces in kaart te brengen. Onze praktijkervaring in combinatie met de kennis van modellering en reactiekinetiek van TNO heeft een wiskundige model opgeleverd. Daarbij is TNO een aantal maanden bij ons op het laboratorium werkzaam geweest om het proces op labschaal te bestuderen en het model te verbeteren. Met meetgegevens uit het productieproces is het model uiteindelijk geverifieerd."

"Met deze wiskundige beschrijving van ons proces kunnen we relatief eenvoudig het effect van verschillende veranderingen doorrekenen. Zo kun je proberen om het gebruik van energie en grondstoffen te optimaliseren of de vorming van ongewenste

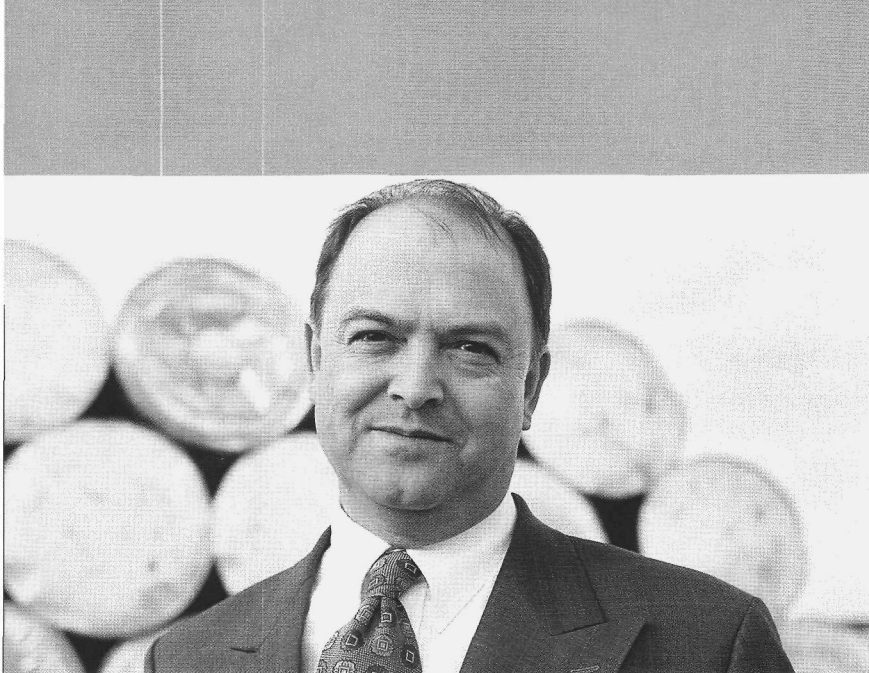
bijproducten en afvalstromen te minimaliseren. We kijken daarna of de verbeteringen die uit het model rollen, praktisch uitvoerbaar zijn. Vervolgens testen we de aanbevelingen behoedzaam uit op semi-productie- en op productieschaal. Dit gebeurt stapje voor stapje. De productie moet namelijk gewoon doorgaan en kan niet worden opgeofferd aan een experiment. Door de introductie van de modellen en het inzicht in de reacties kunnen we nu ook heel gericht aan kwaliteitsverbetering werken."

**"DE PRODUCTIE KAN NIET WORDEN OPGE-
OFFERD AAN EEN EXPERIMENT"**

Hercules BV, een chemisch bedrijf met in Middelburg zo'n 250 medewerkers en daarnaast ook een aantal contractors, produceert uitsluitend halffabrikaten voor de productie van kleefstoffen. "Het is geen bulkproduct, maar het behoort eigenlijk ook niet tot de fijnchemicaliën, zoals medicijnen. Het hangt er een beetje tussenin. De totale hoeveelheid is aanzienlijk, maar die is verdeeld over vele verschillende producten." Het basismateriaal voor kleefstof is een natuurlijke of synthetische hars; in het geval van de bestudeerde veresteringsreactie gaat het om een natuurproduct: gomhars uit o.a. China. Hercules maakt van deze gomhars, via hydrogenatie en/of verestering, een hars voor de kleefstofindustrie, die in uiteenlopende producten terug te vinden is, zoals in stickers, plakband, luiers en witte strepen op de weg. Ook zit de stof in kauwgom als een soort bindmiddel om het geheel bijeen te houden.

Geur en smaak

Naast de behoefte aan wiskundige inbreng voor het opstellen van modellen zat Hercules nog met een andere uitdaging.



“Tijdens het veresteringsproces worden bepaalde componenten met een onaangename geur en smaak verwijderd. Verbetering van de kennis hoe deze componenten zo optimaal mogelijk verwijderd kunnen worden, is belangrijk voor de kwaliteit van onze producten. Specifieke kennis van geur- en smaakstoffen, met name in de levensmiddelenindustrie, hadden we niet in huis. TNO had die wel.”

Het nadeel van een natuurproduct als gomhars is dat het achterhalen van de samenstelling een tijdrovend en duur karwei is. “Daar is geen beginnen aan”, stelt Bergmans. “Daarom zijn we gaan kijken op welk moment de geurstoffen tijdens het proces gevormd worden. Hiervoor moesten we eerst onderzoeken welke stoffen zo onaangenaam ruiken. Dit is analytisch gezien een lastige klus, omdat het om hele kleine hoeveelheden gaat; in orde van grootte van één deeltje op de miljoen of minder. Je ruikt het wel, maar om het te kunnen analyseren moet het eerst van alle andere luchtjes gescheiden worden. Hiervoor hebben we het Hercules Research Center te Barneveld ingeschakeld.”

“Als we de stoffen kunnen traceren dan kunnen we zien onder welke omstandigheden ze in het proces gevormd worden en welke componenten daarbij een rol spelen. In de eerste fase van het project zijn we hier nog niet uitgekomen. De resultaten en de aanbevelingen waren dermate bemoedigend dat we in het kader van het cofinancieringsprogramma zijn doorgegaan met de tweede fase.”

“DE RESULTATEN WAREN ZO BEMOEDIGEND, DAT WE ZIJN DOORGEGAAN MET DE TWEEDE FASE”

Wordt vervolgd

Uit de eerste fase van het project kwamen waardevolle aanbevelingen naar voren, vindt Bergmans. Een van deze aanbevelingen is al toegepast. Bij de verestering van hars komen water en vluchtige organische stoffen vrij. Door deze stoffen eerst

van elkaar te scheiden vermindert de belasting van de afvalwaterzuivering. "Een van onze procestechnologen heeft een scheidingseenheid ontworpen. Deze is al operationeel. Een andere aanbeveling die ook al vaak intern geopperd is, namelijk het overgaan van batch naar continue productie, kunnen we nu op basis van het model definitief uitsluiten. Dat is goed om te weten."

Het belang van TNO

**Projectleider: ir. J. Walpot,
TNO-MEP**

Om aan de snel veranderende vraag naar fijnchemicaliën en chemische 'specialties' te voldoen zijn compactere, flexibelere en efficiëntere productieprocessen nodig. Men spreekt in dit verband over procesintensivering: het efficiënter en intensiever benutten van de bestaande procesinstallaties, en de ontwikkeling van compactere reactorontwerpen waarbij verschillende functies zijn geïntegreerd.

Van oudsher werd bij het optimaliseren van een productieproces steeds één bepaald deel uit het proces bekeken. Procesintensivering vraagt echter om een totaalbenadering. TNO Milieu, Energie en Procesinnovatie (MEP) heeft de taak op zich genomen om de beschikbare kennis op het gebied van procesontwerp en -innovatie te bundelen.

"Bij de uitvoering van de eerste fase van het cofinancieringsproject hebben we voor het eerst met de aanpak en expertise van TNO kennisgemaakt. De samenwerking verliep op een prettige manier en TNO toonde veel initiatief. We denken zelfs al over een derde fase binnen het onderdeel procesintensivering, namelijk de optimalisering van ons polymerisatieproces: een chemisch reactie om uit aromatische en alifatische koolwaterstoffen een synthetische kleefstof te maken."

Hiertoe heeft TNO in de eerste fase van het cofinancieringsproject een integraal kennissysteem - expertsysteem - ontwikkeld voor het verbeteren en ontwerpen van productieprocessen.

Op een aantal deelgebieden ontbreekt specifieke kennis. De projecten in de tweede fase omvatten daarom studies waarbij wordt gekeken naar de belangrijkste en meest karakteristieke chemische en fysische processtappen uit de fijnchemie, zoals verestering en alkylering. Het samenwerkingsproject met Hercules BV is hier een voorbeeld van.

Met dit door TNO-MEP ontwikkelde expertsysteem voor procesintensivering is het mogelijk om op een snelle manier een chemische omzetting naar een procesontwerp te vertalen en om bestaande productieprocessen integraal te vernieuwen of te verbeteren. Dankzij de kennisopbouw kunnen we adequaat inspelen op de te verwachten vragen uit de markt.

CAD/CAM- kiezen

Een gesprek met **M. de Moll**
(Hèt Lab Voit) over het
cofinancieringsproject
*'Rapid fabrication van tand-
technische elementen'*

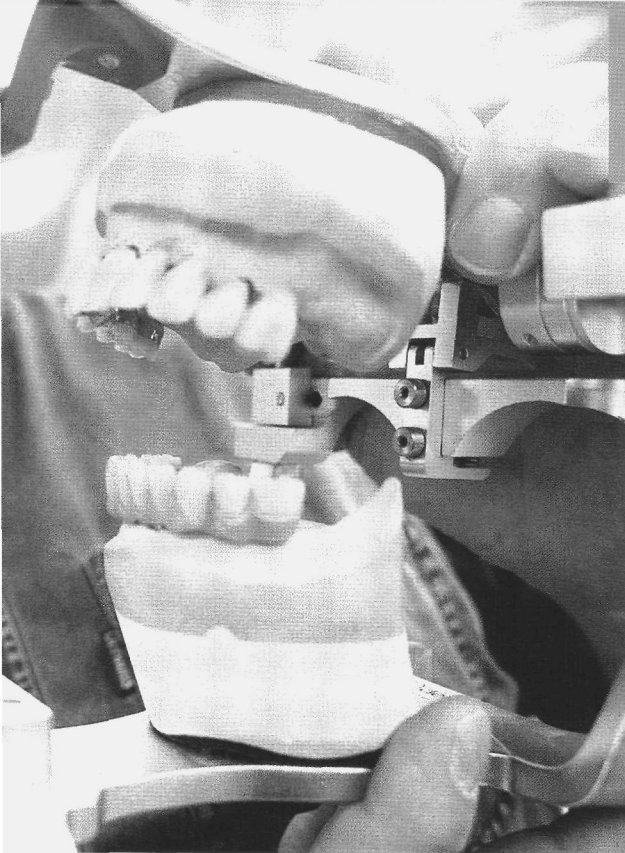


"Het unieke aan die tandenbusiness is dat het om ambachtelijk vervaardigde unicaproducten gaat. Dat maakt het voor TNO ook zo aantrekkelijk. Belangrijk aspect is dat ze in meer dan één opzicht kostbaar zijn. De uitdaging hierbij is om het product en het productieproces zodanig te optimaliseren dat je binnen een bepaald kostenbudget aan die unicaproducten kunt blijven werken. De kosten van het ambachtelijk produceren groeien namelijk de pan uit!"

Dat zegt Malte de Moll, eigenaar van Hèt Lab Voit b.v. (een onderdeel van Noble House Holding) in Haarlem, een tandtechnisch laboratorium met circa 25 medewerkers. Samen met TNO Industrie werkt hij aan het cofinancieringsproject 'Rapid Fabrication van Tandtechnische Elementen'.

**"TANDTECHNIEK MOET NAAR HBO-NIVEAU
WIL HET AANSLUITING HOUDEN MET DE
ONTWIKKELINGEN"**

De Moll: "Een tandtechnisch laboratorium is anno 2000 nog steeds een sterk ambachtelijk opererend bedrijf. Wij maken tandvervangende producten, uitsluitend in opdracht van de tandarts. Deze producten kent de patiënt als bijvoorbeeld een kroon, brug of prothese die men vanuit de tandartspraktijk aangemeten krijgt. Maar de producent, de tandtechnicus, kent de patiënt in de regel niet of nauwelijks. De tandarts is de regisseur van de behandeling en ook de eindverantwoordelijke. Dat is altijd zo geweest en dat zal altijd wel zo blijven. Is er dan niets nieuws onder de zon? Toch wel, er verandert namelijk veel en dat gaat snel. Een van de gevolgen is dat de tandarts en tandtechnicus steeds



verder uit elkaar groeien. Dat komt door de verschillen in de ontwikkelingen binnen de vakgebieden. Het ambachtelijk-technische deel van het vak tandheelkunde verliest heel veel terrein. Daarvoor in de plaats komt het managen van de mond-zorg. De tandarts wordt een manager die taken delegeert. Maar ook de tandtechniek verliest een groot deel van haar ambachtelijkheid. De verschuiving is hier richting technieken en materiaalkunde. Dat zijn studieonderdelen op minimaal HBO-niveau, waarvoor wij totaal niet zijn opgeleid.”

“Door het zoeken naar andere wegen die mogelijk tot verbetering kunnen leiden, ben ik heel anders tegen het vak aan gaan kijken dan de meesten van mijn collega’s. Zo kwam ik bij TNO terecht. De kern van mijn verhaal is dat we efficiënter moeten omgaan met de tijd, de materialen en niet

in de laatste plaats met de mensen die het vak beoefenen. De kapitaalsvernietiging in de tandtechniek kent zijns gelijke niet. Om die een halt toe te roepen, heb ik een vinding gedaan waarop octrooi verleend is en waarmee ik veel tijd win op een onderdeel binnen het productieproces.

Die tijd ben ik gaan gebruiken om gedetailleerd in kaart te brengen welke productieprocessen binnen de tandtechniek zich het beste voor verbeteringen lenen. Dat heeft me in de afgelopen jaren bij vele interessante personen aan tafel gebracht.”

De vinding waarmee De Moll de eerste stroomlijning in zijn laboratorium aanbracht, houdt in dat het mogelijk is een onderdeel van de kroon of brug niet meer met was te modelleren. Dit onderdeel van het proces, dat overal ter wereld nog handmatig uitgeoefend wordt, is nu gemechaniseerd. Dat levert een voorspelbare en constante kwaliteit van het product op, een tijdswinst van 50%, een besparing op materiaalkosten van 30% en bovenal een zeer rendabele inzetbaarheid van niet-tandtechnisch opgeleid personeel.

“MIJN BEZOEK AAN TNO ZET DE WISSELS OP CAD/CAM”

De Moll raakte er langzamerhand van doordrongen dat hij met deze vondst iets waardevols in handen had. Hij ging zoeken naar wegen om daarmee geld te maken en onder andere via het Innovatie Centrum Midden-Nederland kwam hij in 1997 bij TNO terecht: “Ik heb daar in eerste instantie niet gezegd dat ik dit uitgevonden had. Alleen dat ik in de tandtechniek het proces van het werken met was wilde verbeteren. Binnen een half uur kwam het antwoord: dieptrekken. Dat was voor mij de bevestiging dat ik op de goede weg was.”

Bij het brainstormen kwam vervolgens het dieptrekken van goud of een ander me-



taal aan de orde. De Moll: "Bij veel productieprocessen zou dat kunnen, maar bij ons niet. Zo kwamen ze op het idee dat het misschien met CAD/CAM-techniek zou kunnen."

Een haalbaarheidsstudie wees uit dat de stand der techniek het mogelijk zou moeten maken om de gewenste producten te maken via CAD/CAM. Medio 1999 kon het project 'Rapid Fabrication van tandtechnische elementen' van start gaan.

De Moll nu: "Ik was heel toevallig de juiste man op de juiste plaats op het juiste tijdstip met het juiste onderwerp. Als ik vijf jaar eerder bij TNO was gekomen, had ik de boodschap gekregen dat ze dat niet konden. Rapid Fabrication is de voltooiing van de stappen van Rapid Prototyping via Rapid Tooling naar het maken van een eindproduct waar in beginsel geen mensenhanden aan te pas komen."

"We zijn samen om de tafel gaan zitten en hebben veel tijd en aandacht besteed aan wat we fundamenteel onderzoek noemen. Wij beschreven vooral de stand van de technologie binnen onze branche. TNO keek wat er allemaal aan nieuwe ontwikkelingen op de markt is, wat er op korte en lange termijn aan technologische ontwik-

kelingen te verwachten is en hoe dat in het project kan worden geïmplementeerd."

**"VOOR DE HELE TANDHEELKUNDIGE
BRANCHE STAAT EEN PARADIGMAWISSEL OP
STAPEL"**

De Moll is tevreden met zijn betrokkenheid bij het project: "Mijn functie daarbinnen is onder andere die van systeemingenieur van het project. Samen met de systeemingenieur van TNO kan ik door het hele project heen fietsen en dat ook blijven toetsen aan allerlei invalshoeken. En ik ben degeen die sterk het marketingtraject aanstuurt. Ik moet ervoor zorgen dat we feeling houden met de ontwikkelingen in de branche. Wanneer zit die branche verlegen om onze producten? Niet de fout maken dat we over een paar jaar komen met een product dat nog niet wordt geaccepteerd of dat al een gepasseerd station is."

"Je kunt met verschillende eindproducten uit onze branche heel goed naar serieproductie gaan, door bijvoorbeeld gebruik te maken van halffabrikaten. Goed voorbeeld is de prothesetand of -kies. Een grote range van keuzemogelijkheden voor vorm



en functie staat ons ter beschikking, maar het blijft een seriematig product.

De voordelen die halffabrikaten bieden komen steeds duidelijker naar voren. De eerste stappen op weg naar een productiebedrijf zijn al genomen."

"Het is nog te vroeg om te bepalen waar we precies uitkomen, maar in principe gaan we er met TNO vanuit dat het optimum gevonden wordt in een apparaat dat bij de tandarts staat en dat ons, tandtechnici, van een groot deel van het productieproces zal uitsluiten. Met andere woorden: overbodig maakt. Voor de hele tandheelkundige branche staat een paradigma-wissel op stapel. Daarmee verdwijnt de huidige functie van tandtechnicus. Andere ambachten zijn ons voorgegaan. Kijk naar de automobielenindustrie. Om de auto tot een consumentenproduct te maken, was een hoge graad van industrialisatie nodig. Maar je vindt er ook ambachtswerk tot in de perfectie. Wat te denken van de schoonheid van een met de hand gemaakte Aston Martin."

"Wat voor ons uit de veranderingen in elk geval naar voren zal komen, is een hoger niveau van ons ambacht. Want wat niet door machines vervangen kan worden, zal als waardevoller worden ervaren. Er blijft iets over waarvan men zal zeggen: wat mooi dat u dat zo goed kunt, wat een prachtig ambacht."

Het belang van TNO

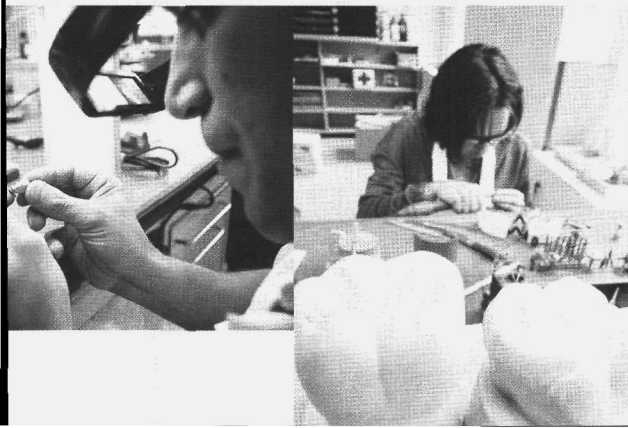
**Projectleider: ir. M. Tijdink,
TNO Industrie**

Sinds 1996 is bij TNO Industrie binnen het thema Industriële Prototyping een verdeling gemaakt in vier subthema's: Reverse Engineering, Rapid Prototyping, Rapid Tooling en Rapid Fabrication.

Voor de langere termijn is het subthema Rapid Fabrication als speerpunt gekozen. Internationale deskundigen zien deze productiemethode als sluitstuk van de technologische ontwikkeling binnen de Industriële Prototyping. Zij beschouwen Rapid Fabrication als mogelijke productietechniek van de toekomst.

Bij Rapid Fabrication worden binnen één proces vanuit 3D CAD-eindproducten gemaakt, dus zonder gebruik van moedermodellen of matrijzen. Als 2D voorbeeld van een dergelijk proces geldt de digitale druktechniek, waarmee zonder tussenkomst van litho's en drukplaten drukwerk van de pers komt. De doelstelling van dit onderzoeksproject is na te gaan in hoeverre Rapid Fabrication ook in een 3D situatie mogelijk is.

Dit wordt onderzocht aan de hand van de aanmaak van kronen in de tandtechniek. De bevindingen uit het proces zijn ook van toepassing op andere processen, zoals het spuitgieten. Door dit project verbreedt TNO Industrie zijn kennis van de techniek en de toepassingsmogelijkheden van Reverse Engineering. Een succesvolle afronding van dit project is voor TNO van belang om tot een verdere uitbouw van de Rapid Fabrication-activiteiten te komen.



Gecontroleerde laagvorming bij anodiseren van aluminium

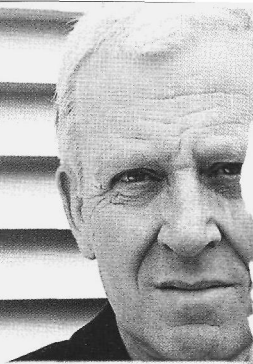
Een gesprek met **G. Gerlagh**
(Philips Galvanotechniek Eindhoven)
over het cofinancieringsproject
*'Homogeen anodiseren door gere-
duceerde energiedissipatie
in de barrièrelaag (ARENDIS)'*

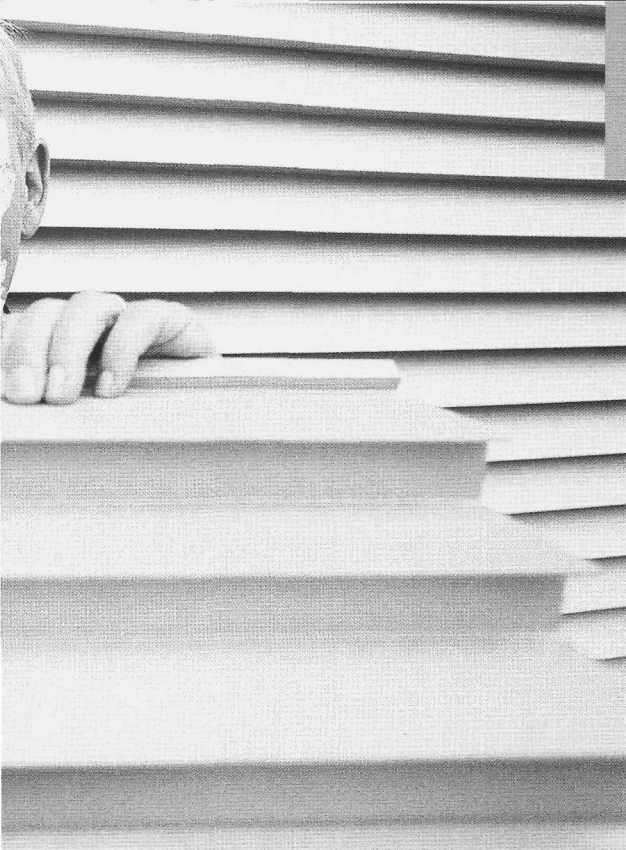
Door aluminium te anodiseren krijgt het metaal een dikke oxidelaag van enkele tot tientallen micrometers, die het de noodzakelijke slijtvastheid en weerstand tegen corrosie geeft. Anodiseren is een elektrochemisch proces waarbij het buitenste laagje van een aluminiumplaat wordt geoxideerd door het in een bad met een sterk zuur te plaatsen en het met de positieve elektrode van een stroombron te verbinden. Het van nature al aanwezige oxidelaagje van slechts enkele nanometers verdikt tot een ondoordringbare barrièrelaag van ongeveer 100 nanometer en een poreuze laag van enkele micrometers. "Tijdens het anodiseren vreet de oorspronkelijke laag zich als het ware in het metaal in, en het metaal groeit op die manier aan", verduidelijkt Gijs Gerlagh, hoofd afdeling Projects & Consultancy van Philips Galvanotechniek in Eindhoven (PGE). "De

poreuze laag ontstaat doordat tijdens het aangroeien van de laag ook weer gedeeltelijk aluminiumoxide in het zuur oplost."

"TIJDENS HET ANODISEREN VREET DE OORSPRONKELIJKE LAAG ZICH ALS HET WARE IN HET METAAL"

"Voor de vorming van het beschermende oxidelaagje is veel energie nodig. De groeiende laag verhoogt de elektrische weerstand in het materiaal waardoor met steeds hogere spanning moet worden gewerkt. Bovendien ontwikkelt zich door de hoge badspanning veel warmte in het metaal die na overdracht aan het zuur de gevormde oxidelaag versneld oplost. Warmteafvoer door koeling van het anodiseerbad is daarom noodzakelijk en stelt mede een grens aan de snelheid van het anodiseren. Daarnaast veroorzaken lokale





verschillen in warmteafvoer structuurvariaties in de oxidelaag, wat ten koste gaat van de homogeniteit van de laag. Kortom, dit is een lastig controleerbaar en reproduceerbaar proces, waar we graag nader onderzoek naar zouden willen doen, maar gezien onze werkzaamheden niet aan toe-komen", stelt Gerlagh.

Fundamentele kennisontwikkeling

PGE is een productie- en onderzoeksafdeling van Philips, die met 20 man zowel voor interne als externe opdrachtgevers onderzoek uitvoert. Dit onderzoek is in het geval van anodiseren vooral productgericht, waardoor de afdeling slechts in beperkte mate kans ziet kennis te ontwikkelen van de fundamentele aspecten van het anodiseerproces. Aan de universiteiten vindt op dit gebied geen onderzoek plaats, zodat PGE hier niet bij kon aansluiten.

Gerlagh ziet de samenwerking met TNO Industrie in het kader van het cofinancieringsprogramma als een mooie kans om hier verandering in te brengen. "Door mee te werken aan het cofinancieringsproject kunnen we onze kennis vergroten, terwijl slechts een klein beroep op de schaarse middelen van de afdeling wordt gedaan. We hebben nog niet eerder op deze manier met TNO samengewerkt. Het wordt een eerste vrijage", aldus Gerlagh.

"WE HEBBEN NOG NIET EERDER OP DEZE MANIER MET TNO SAMENGWERKT. HET WORDT EEN EERSTE VRIJAGE"

Medewerkers van TNO en PGE treffen elkaar regelmatig tijdens bijeenkomsten her en der in het land of in Europa. Tijdens een congres over anodiseertechnologie in Italië is het idee voor samenwerking geboren.

Gerlagh: "TNO vervult een voortrekkersrol op gebied van innovatieve projecten om het anodiseren energiezuiniger en controleerbaarder te maken. Hier willen we graag bij aansluiten. Allebei willen we meer inzicht verkrijgen in de processen die zich tijdens het anodiseren afspelen en die verantwoordelijk zijn voor de vorming van de oxidelaag. TNO voegt hier nog een extra onderzoeksaspect aan toe, namelijk de verbetering van de inkleuring van de poreuze toplaag. Naar deze decoratieve toepassing is steeds meer vraag. Voor een mooie egale kleur is de homogeniteit van deze laag een vereiste. Ook hiervoor is het van belang eerst de fundamentele kennis van het anodiseerproces te vergroten."

Warmtegeschiedenis

Aluminiumblokken van ongeveer tien ton worden warm en vervolgens koud uitgewalst tot de gewenste plaatdikte. Deze warmtehistorie heeft eveneens invloed op de vorming van de oxidelaag, alleen is

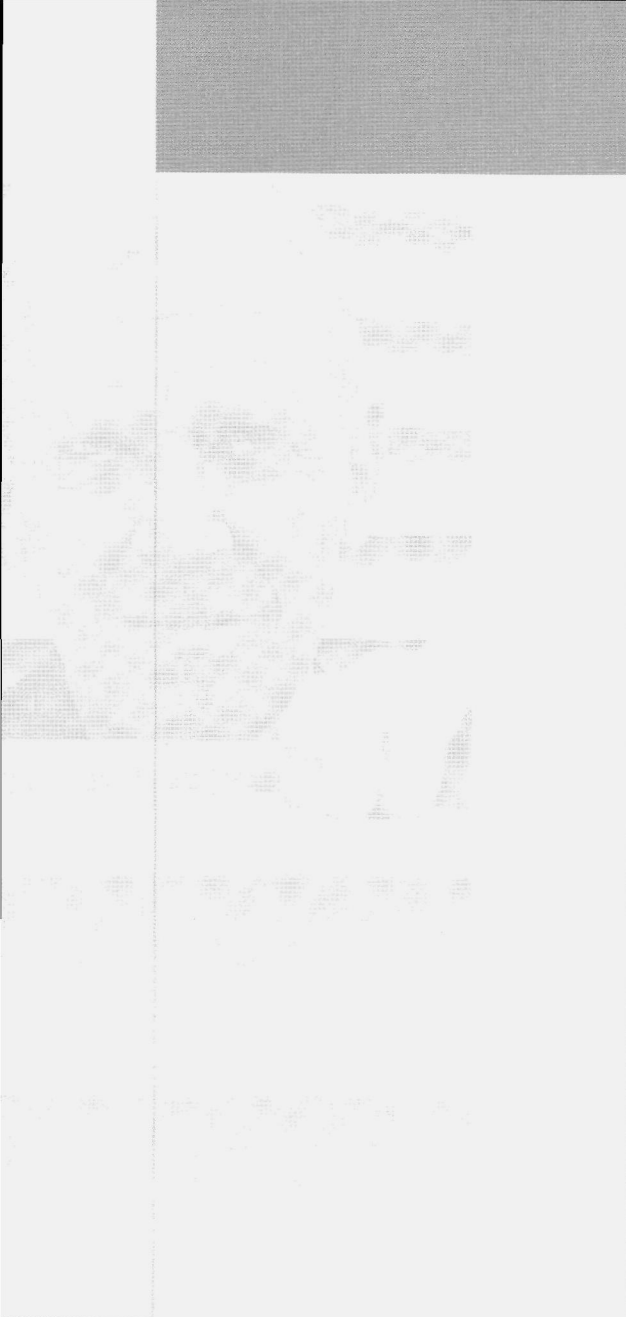


deze factor moeilijk in specificaties te vangen. De kwaliteit van de geleverde aluminiumplaten wordt doorgaans uitgedrukt in korrelgrootte, samenstelling en mechanische hardheid. Gerlagh: "Het materiaal is echter door menging met gerecycled aluminium verontreinigd met andere elementen, zoals magnesium, mangaan en silicium. Voor een homogene laagvorming is vooral het aanwezige silicium een storende factor. Voor een bepaalde legering varieert het siliciumgehalte volgens de specificaties slechts tussen de 0,6 en 1,3%. Dit lijkt weinig, maar het verschil tussen beide waarden is wel een factor 2. Bij het instellen van de procesparameters voor het anodiseerproces kan deze warmte-historie ons parten spelen. Aan deze specificaties kunnen we niks veranderen en ze vormen daarom de randvoorwaarden in het anodiseerproces."

**"HET ALUMINIUM IS DOOR RECYCLING
VERONTREINIGD MET ANDERE ELEMENTEN
EN DAT ZIJN STORENDE FACTOREN"**

Micro Macro

Het onderzoek naar vermindering van de energieconsumptie en verbetering van de koeling van het anodiseerbak, speelt zich momenteel af op macroniveau. Verdere optimalisatie van het anodiseerproces is met de huidige kennis niet mogelijk. Er moet een flinke stap worden gezet. TNO en PGE gaan daarom aan de slag om het proces op microniveau te bestuderen en te verbeteren. "Door nauwkeurige processturing en optimalisering van het zuurbad willen we de barrièrelaag zelf modifieren. Op die manier is er voor de vorming van de oxidelaag minder energie nodig en hebben we controle over de homogeniteit. Om het inzicht verder te vergroten combineren we dit met de ontwikkeling van computersimulaties van het proces en de karakterisering van de lagen tot op het nanoniveau", besluit Gerlagh.



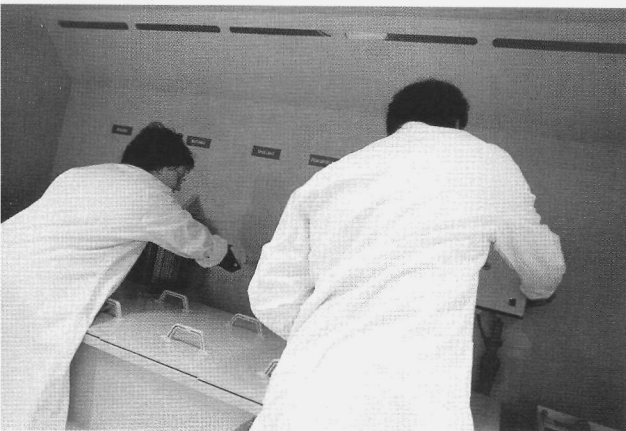
Het belang van TNO

**Projectleider: dr. A.J. Bosch,
TNO Industrie**

Vanwege het hoge energieverbruik en de beperkte mogelijkheid tot het toepassen van kleuren begint het anodiseerproces te rein te verliezen ten opzichte van het poedercoaten en lakken. Om dit tegen te gaan zijn technologische innovaties noodzakelijk.

Tijdens het anodiseren veroorzaakt de sterke toename van de elektrische weerstand een hoog energieverbruik. Dit gaat gepaard met een oncontroleerbare warmteontwikkeling die een nadelige invloed heeft op de structuur van de anodiseerlaag. Deze niet-homogene structuur beperkt het aantal toepasbare kleuren.

TNO Industrie speelt een vooraanstaande rol bij de verbetering van het energieverbruik in anodiseerprocessen. De huidige projecten kijken naar de optimalisatie van de afvoer van de geproduceerde warmte. In het cofinancieringsproject met Philips Galvanotechniek Eindhoven wil TNO proberen de warmteproductie zelf te verminderen. Hiervoor moet het anodiseerproces op microschaal worden bekeken. Door nauwkeurige besturing van het anodiseerproces willen TNO en Philips de structuur van de anodiseerlaag modificeren en controleren. Dit levert behalve de beoogde lagere elektrische weerstand van de barrièrelaag ook de gecontroleerde vorming van de poriën in het poreuze gedeelte. Met deze kennis is het mogelijk een doorbraak op het gebied van anodiseertechnologie te realiseren en de concurrentiepositie van de anodiseerindustrie weer te versterken.






90.000 pk in een kastje

Een gesprek met **ir. J.W. van Hoek**
(Wärtsilä) over het
cofinancieringsproject
*'Simulatie omgeving motor-
managementsystemen'*

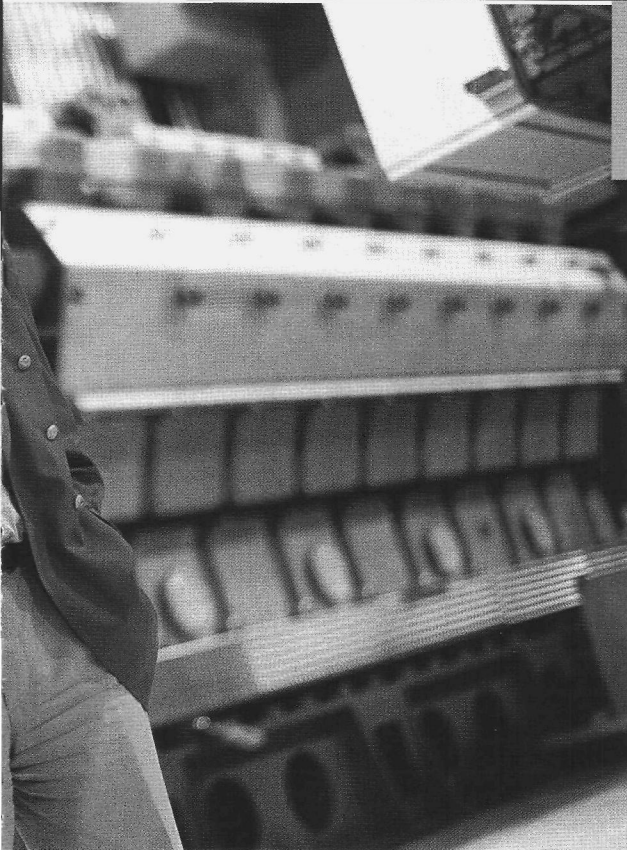
De sleutelaar van vroeger weet er alles van: sinds de komst van de elektronica en ingewikkelde motormanagementsystemen moet je wel een hele handige jongen zijn om zelf nog iets te kunnen afstellen. Dat probleem kennen ze bij de Zwolse vestiging van de Finse motorenfabriek Wärtsilä (het voormalige Stork Werkspoor Diesel) ook, zij het op een wat andere schaal. Wärtsilä bouwt diesel- en gasmotoren voor onder meer schepen, elektriciteitscentrales en warmte/krachtinstallaties: kleine diesels van 500 kW tot motoren zo groot als een huis met een vermogen van 65.000 kW; bijna 90.000 paardenkrachten voor wie de kilowatt als eenheid van vermogen gemist heeft. Net als moderne automotoren worden steeds meer systemen in en aan deze motoren elektronisch gestuurd. Naarmate de eisen die zowel de overheid als de klant stelt aan bijvoorbeeld brand-



stofverbruik, uitlaatgassen en geluidsproductie stringenter worden, komen er steeds meer en complexere systemen aan zo'n motor te hangen. Zó complex dat het testen en afstellen ervan de grenzen van het menselijk kunnen dreigen te overschrijden. Wärtsilä had in het verleden al goede ervaringen met TNO opgedaan en initieerde samen met deze eerdere R&D-partner een cofinancieringsproject om voor dit probleem een oplossing te ontwikkelen.

"HET TESTEN EN INSTELLEN VAN DE REGEL-SYSTEMEN IS HAAST NIET MEER HANDMATIG TE DOEN"

J.W. van Hoek, projectleider bij Wärtsilä, schetst de achtergrond van het project: "Elk systeem moet optimaal worden ingesteld voor het hele toeren/lastgebied van de motor. Dat is nu al haast niet te doen,



maar in de toekomst helemaal niet meer. Want al die systemen en subsysteempjes beïnvloeden elkaar ook weer. Als je bijvoorbeeld meent dat je de brandstoftoevoer perfect hebt geregeld en je gaat vervolgens aan de uitlaatgassen werken, dan raakt daardoor je brandstof weer ontregeld. Niet alleen het instellen is ingewikkeld, maar ook het testen van al die functies van het besturingssysteem. Dat is het technische deel van het verhaal. Er zit ook een bedrijfseconomische kant aan. Zowel het regelen als het testen gebeurt op de motorproefstand. Dat is een zeer tijdrovend en kostbaar proces. Met één type motor zijn we nu alleen al op die proefstand een paar weken bezig."

Oplossingsrichting

Vanuit deze duidelijke probleemstelling is een oplossingsrichting gevonden in de vorm van een motorsimulator. Met behulp van een computersimulatie van de motor en aangedreven systemen kan het besturingssysteem getest en ingeregeld worden voor het gehele belastinggebied van de motor. Daarmee kan het grootste deel van de handmatige test- en inregelwerkzaamheden onder praktijkomstandigheden worden vervangen.

"MET ÉÉN TYPE MOTOR ZIJN WE NU ALLEEN AL OP DE PROEFSTAND EEN PAAR WEKEN BEZIG"

"Daar komt het wel op neer", beaamt Van Hoek. "Je kunt je voorstellen wat een enorme tijdwinst en kostenbesparing dat geeft. Bovendien is het draaien op de proefstand niet geheel van risico's ontbloot. Een verkeerd ingesteld regelsysteem kan enorme schade veroorzaken aan de motor en aan de omgeving. Door een instelling op de computer te testen vermijd je dat risico. Simulatietechnieken voor motoren zijn trouwens niet helemaal nieuw: we hebben al een model van het verbrandingsproces. Waar het nu over gaat is alles om de motor heen. Wat we dus willen ontwikkelen is een simulatiemodel waarmee we enerzijds de software van de besturingssystemen kunnen testen en anderzijds de motor kunnen tunen. Daarom is het een samenwerkingsproject met TNO. Wij weten alles van motoren en TNO heeft expertise op het gebied van simulaties en simulatiesystemen."

Toegankelijk voor de concurrent

Dat is mooi, zo'n samenwerking, maar waarom in de vorm van een cofinancieringsproject? Als de simulator er straks is, wordt de kennis die dat heeft opgeleverd



voor de ontwikkeling ervan ook toegankelijk voor de concurrent. Is dat geen risico?

Van Hoek: "Of je een R&D-project als co-financieringsproject laat uitvoeren is natuurlijk altijd een afweging die je moet maken. Maar in dit geval was dat niet zo moeilijk. Zo'n simulator komt er namelijk toch wel. Als wij er niet mee waren gekomen, dan was er wel een ander geweest die het had opgepikt. Het klopt dat die kennis vrijkomt, maar de specifieke computerprogramma's zijn exclusief voor ons. Daarom houden wij een voorsprong en is op dit punt onze concurrentiepositie veiliggesteld."

**"ALS WIJ ER NIET MEE WAREN GEKOMEN,
HAD IEMAND ANDERS HET WEL OPGEPIKT"**

Het project wordt vooralsnog in twee fasen uitgevoerd. In de eerste fase wordt een basismodel ontwikkeld. Daarna wordt dat basismodel geschikt gemaakt voor verschillende typen motoren. Van Hoek verwacht veel van de projectresultaten, maar, merkt hij tenslotte op: "Uiteindelijk wordt elke motor nog wel op de proefstand getest voordat hij wordt afgeleverd."

Het belang van TNO

**Projectleider: ir. P.J. Brandenburg,
TNO-WT**

TNO-WT (Wegtransportmiddelen) houdt zich al enige tijd bezig met simulatiemodellen van vrachtwagenmotoren. Er is al veel ervaring opgedaan met regelstrategieën en besturingstechnieken. Daarbij wordt onder meer gewerkt volgens het principe 'hardware in the loop'. De motor en de regelsystemen zijn ondergebracht in een simulatiemodel. Met de computer kunnen de prestaties van de motor worden bekeken en veranderingen in de regelingen worden aangebracht. Vervolgens kunnen effecten van werkelijke regelingen aan de motor weer in het simulatiemodel worden ingevoerd. Zo wordt het simulatiemodel steeds betrouwbaarder en worden de regelingen verfijnder.

TNO-WT wil zijn ervaring uitbreiden naar grote motoren, niet in de laatste plaats omdat de overheid de expertise van TNO-WT heeft ingeroepen voor projecten die betrekking hebben op de binnenvaart. Daartoe is het project met Wärtsilä bij uitstek geschikt. Ook in het kader van emissiebestrijding lijkt het project veelbelovende aanknopingspunten op te leveren.

Explosief omvormen van grote producten

Een gesprek met **A.J.M. van Deudekom**
(Fokker Space) over het
cofinancieringsproject
*'Procesbeheersing van
het explosief omvormen
van grote producten'*



Materiaalspecialist Ton van Deudekom werkt mee aan de verdere ontwikkeling van het motorframe van de 1e trap van de Ariane 5 raket, een product van Fokker Space BV te Leiden. Eén van de onderdelen heeft in het bijzonder zijn aandacht: een metalen ringframe van vier meter doorsnee, opgebouwd uit afzonderlijke segmenten. Van Deudekom licht dat toe: "Deze segmenten vervaardigen we momenteel nog door middel van het zogenoemde val-hameren. Dit is letterlijk een vallende hamer, die met kracht de metalen plaat in een matrijs slaat. Het is een erg omslachtig en langdurig proces waarbij het materiaal verschillende bewerkingen moet ondergaan en regelmatig van matrijs moet worden gewisseld."

Met 'explosief omvormen' kan de doorlooptijd flink worden bekort en dus kunnen kosten worden bespaard.

**"IEDEREEN ZEI: DIT LUKT NOOIT, MAAR
HET GING VERBAZINGWEKKEND GOED"**

Explosief omvormen is het omvormen van een metalen plaat of buis met behulp van schokgolven die ontstaan bij detonatie van een explosieve lading. Hierbij is slechts een enkele matrijs als mal nodig. "De uitslag van het te vervormen product leggen we in de matrijs waarna de boven- en onderrand met klemblokken worden vastgezet. Tussen de plaat en de matrijs bevindt zich lucht die bij de vervorming ontsnapt. Aan de andere kant van de plaat komt de springlading. Met behulp van schotten is aan die kant een microbassin gevuld met water gecreëerd. Het water is nodig om de schokgolf van de explosie over te brengen op de plaat", legt Van Deudekom uit. Hij is in 1995 van het moederbedrijf naar Fokker Space overge-



stapt. Tijdens zijn werkzaamheden in de vliegtuigbouw heeft hij al, door het werk van TNO, met deze techniek kennisgemaakt. Ditmaal kon hij samen met TNO in het kader van het cofinancieringsprogramma een grootschalig project opzetten voor Fokker Space.

Toepassing testen

Een paar jaar geleden kreeg Van Deudekom voor het eerst de kans om met deze techniek te experimenteren. Dat was in het kader van een nationaal programma voor explosief omvormen, dat door TNO was opgezet.

Voor de Ariane is eerst een model van een ring gemaakt. Dit was een kleine ring, enkel en alleen om de toepassing van de techniek te testen. Op verzoek van Van Deudekom is direct met het materiaal in harde toestand – zoals het op de Ariane komt – geëxperimenteerd. “Iedereen zei: dat lukt vast nooit”, lacht Van Deudekom, “maar het ging verbazingwekkend goed. Deze techniek van het explosief omvormen is ideaal voor grote vervormingen. In een paar stappen kunnen we op deze manier een product maken uit een vlakke metalen plaat, dat aan dezelfde vormen en

afmetingseisen voldoet als via de huidige valhamertechniek.”

“BIJ DE EERSTE PROEVEN TRADEN SCHEURTJES OP, MAAR ÉÉN DING WISTEN WE ZEKER: AAN HET MATERIAAL LIGT HET NIET”

Tijdens het explosief omvormen van het proefproduct traden in een hoek enkele scheuren op. “Over de mogelijke oorzaak liet de theorie ons in de steek. Om meer inzicht te krijgen in het omvormingsproces heeft TNO een simulatieprogramma opgesteld. Zo kunnen we zien hoe de plaat zich gedraagt en hoe de krachten zich verdelen onder invloed van de drukgolf van de explosie.” Eén mogelijke oorzaak van het scheuren kon direct worden uitgesloten. “Het plaatmateriaal dat we aangeleverd krijgen, is isotroop, dat wil zeggen in alle richtingen gelijk van samenstelling en eigenschappen. Daarnaast worden de platen al tientallen jaren onder certificaat geleverd om kwaliteitsgarantie te waarborgen. Aan materialen die gebruikt worden in de lucht- en ruimtevaart, worden zeer hoge eisen gesteld. Ze moeten namelijk bestand zijn tegen extreme condities. Dus aan het geleverde materiaal ligt het niet.”

Scheuren

Het explosief omvormen gebeurt in onderdelen van seconden. Hierdoor is het niet goed mogelijk om het proces op beeldmateriaal vast te leggen. Door nu het proces te simuleren kan de vervorming stap voor stap gevolgd worden. In het simulatiemodel zijn alle relevante parameters verwerkt; van het vastklemmen van de plaat tot de positie van de explosieve lading. "Met enkele kleinschalige experimenten gaan we het model verifiëren en vervolmaken. Door het uitvoeren van enkele simulaties hebben we al inzicht gekregen in het effect van de schokdruk golf op het metaal. We konden heel duidelijk zien waar de belastingen te hoog werden en er mogelijk scheuren in het metaal zouden kunnen optreden. Door enkele parameters in het model aan te passen kunnen we gelijk doorrekenen wat een oplossing is of niet. Moeten bijvoorbeeld de bevestigingsbouten aangepast worden of de matrijs, of de positie en verdeling van de springstof. TNO heeft veel ervaring in het modelleren en kennis van het explosief omvormen, dus samen kwamen we al heel snel verder. Eind dit jaar hopen we dankzij de opgebouwde kennis een eerste product te kunnen maken, dat aan alle eisen voldoet."

"DOOR HET PROCES TE SIMULEREN KAN DE VERVORMING STAP VOOR STAP WORDEN GEVOLGD"

Zes tot achtmaal per jaar wordt een Ariane 5 gelanceerd om satellieten in een baan om de aarde te brengen. Daarvoor fabriceert Fokker Space de motorframes. Hiervoor zijn per raket drie grote metalen ringframes nodig, die dienen voor de versteviging en ophanging van tanks of boxen. De overige delen worden op andere plaatsen in Europa gemaakt.

Het belang van TNO

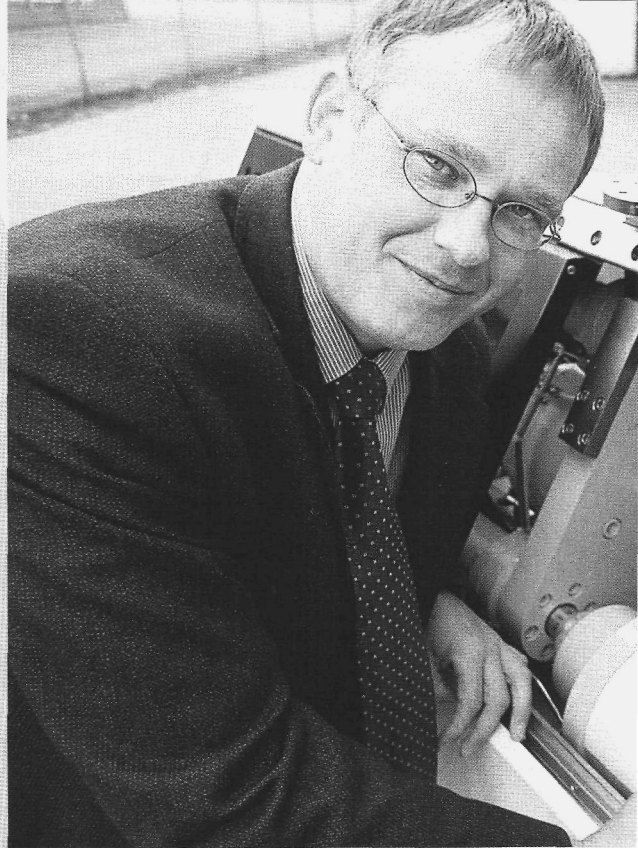
**Projectleider: dr. M. Stuivinga,
TNO-PML**

De vraag naar bijzondere producten, zoals constructies van plaatwerk voor de lucht- en ruimtevaart of voor gevels van moderne gebouwen, is de laatste tijd sterk toegenomen. Voor de productie van dit soort kleine series is explosief omvormen een snelle en geschikte fabricagemethode, maar het aantal bedrijven dat deze techniek in Europa aanbiedt is beperkt. Daarom heeft in 1998 TNO Prins Maurits Laboratorium (PML) besloten het explosief omvormen geschikt te maken voor markttoepassingen. Hiermee wordt voortgebouwd op onderzoek van TNO-PML met de universiteit van Charkov (Oekraïne).

De effecten van de drukgolf van de explosie op het materiaal worden echter nog te weinig begrepen om de experimenten met kleine schaalmodellen direct te vertalen naar het uiteindelijke product. Voor de berekening van de positie en de hoeveelheid springstof werd tot nu toe gebruik gemaakt van empirische rekenmethoden. Door een dynamisch rekenmodel te ontwikkelen en dit via de ontwikkeling van dynamische meetmethoden te toetsen, kan het gedrag van het materiaal tijdens het omvormen worden voorspeld en kunnen ongewenste effecten als scheurvorming en terugvering in kaart worden gebracht. Aan de hand van een concreet product werkt TNO-PML in het cofinancieringsproject met Fokker Space BV de dynamische modelvorming van het explosief omvormen verder uit. Dankzij de kennis die TNO hiermee opbouwt kan in de toekomst met het model het aantal proefexperimenten worden beperkt en kunnen fabricageproblemen worden vermeden.

Compact disc kan nog veel compacter

Een gesprek met **M. Voets**
(Toolex) over het
cofinancieringsproject
*'Onderzoek naar spuitgieten
met nauwkeurigheden
in het nanometerdomein'*



In een kleine vier seconden valt het plastic schijfje uit de spuitgietmachine, volledig voorzien van alle digitale informatie. Merijn Voets, hoofd van de Spuitgietdivisie van Toolex Nederland N.V. in Veldhoven **blijkt terug**: "Het was een aantal jaren geleden nog ondenkbaar dat we CD's sneller konden produceren dan in een tempo van tien seconden per stuk. Viereneenhalf seconden beschouwden we al als een wereldwonder. Nu zitten we op drieëneenhalf."

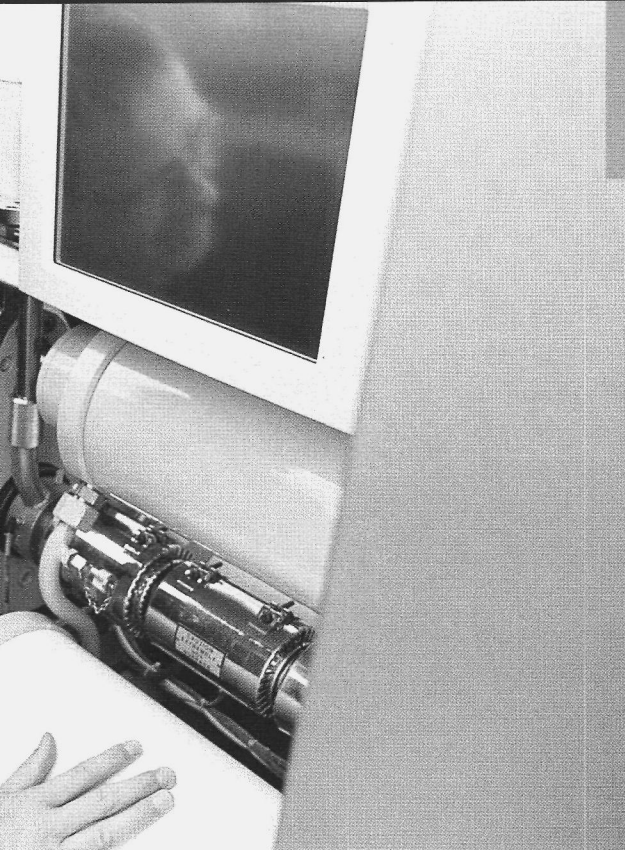
**"TIEN SECONDEN WAS ONDENKBAAR, MAAR
NU ZITTEN WE OP DRIEËNEENHALF"**

Sneller en kleiner

Een even drastische ontwikkeling is te bespeuren op het gebied van de informatiedichtheid van deze schijfjes. "Op de eerste CD-ROM's konden we 600 Megabyte aan informatie kwijt. Nu kijken we niet op

van 10 Gigabyte, en denken we al over 20 en 50 Gigabyte na." Voets vindt deze stappen – eerst sneller, dan compacter – typerend voor de technologische ontwikkelingen op dit gebied.

"Bij procesverbeteringen gaat het altijd om sneller, kleiner en goedkoper. Tegen de tijd dat we aan de stap 'goedkoper' toe zijn, is er al een ontwikkeling om het proces weer sneller te laten verlopen. De ontwikkeling waar we in de toekomst voor staan, is de verkleining van de informatiedichtheid tot in het nanometergebied. Hiervoor is een nieuwe technologische benadering noodzakelijk, waarbij meer kennis over het spuitgietproces verkregen moet worden, bijna tot op het niveau van enkele moleculen", vindt Voets. Toolex gaat daarom samen met TNO Industrie in het kader van het cofinancieringsprogramma de mogelijkheden voor het aanbrengen



van zeer fijne structuren in kunststof bestuderen. TNO heeft ruime ervaring met vernieuwing van processen en producten in de kunststofverwerkende industrie. Beschrijving van het gedrag van kunststof met behulp van computersimulaties is een van de hulpmiddelen die TNO in huis heeft om meer inzicht te krijgen in het materiaalgedrag onder de ingestelde procescondities. Toolex is gespecialiseerd in de productiemachines van digitale informatiedragers, zoals CD's, DVD's en hun herschrijfbaar varianten.

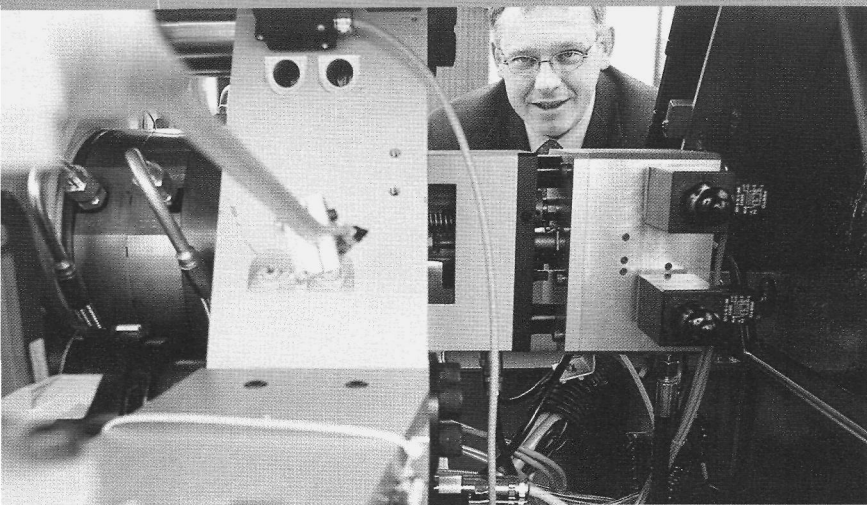
Modulair systeem

Toolex International levert een complete lijn van machines voor het vervaardigen van de digitale informatiedragers. Het begint met het maken van een stamper: een plaat van nikkel die als mal dient voor het spuitgieten van de kunststof CD's. Na het

spuitgieten worden deze schijfjes van een metaal- en bescherm laagje voorzien, de 'finishing'. De divisie van Voets, momenteel zo'n 35 medewerkers groot, concentreert zich op de levering en verdere ontwikkeling van de spuitgietmachines. Deze bestaan uit verschillende separate modules. Verbeteringen en vernieuwingen van de machines gaan altijd in samenspraak met de leverancier voor de betreffende modules. Voets: "Door samen de modules verder te ontwikkelen bouwen we aan nieuwe kennis en nieuwe producten. Deze vorm van 'co-development' is vergelijkbaar met ons project met TNO. Hierbij gaan we specifiek kijken naar opslag van informatie in het nanometergebied."

**"ALS JE PLEZIERIG HEBT SAMENGEWERKT,
BEGIN JE MET DEZELFDE MENSEN WEER
MAKKELIJK EEN NIEUW PROJECT"**

Het is niet de eerste keer dat Toolex en TNO met elkaar samenwerken. Een aantal jaren geleden werd TNO ingeschakeld voor het kwantificeren van de prestatie van de spuitgietmachines. "Voordat de machines naar de klant gaan, testen we deze uitvoerig. Hierbij verzamelen we erg veel gegevens die snel verwerkt moeten worden. TNO heeft hiervoor een programma ontwikkeld." Voets zelf heeft jarenlange ervaring met verschillende afdelingen van TNO. "Door hun goede service en productgerichtheid was het erg plezierig samenwerken. Met deze afdelingen begin je dan ook makkelijk aan een nieuw project. TNO Industrie kwam met het initiatief om in het kader van de cofinanciering naar de verdere ontwikkeling van spuitgiettechnologie te kijken."



Putjes en groeven

Op de plastic schijfjes is de informatie vastgelegd in een lang spoor van korte of langere putjes. Hoe kleiner de lengte en de breedte van de putjes of 'pits', hoe meer informatie er op een schijf kan, en hoe hoger de eisen die gesteld moeten worden aan het spuitgietproces. Voor het aflezen van deze zeer kleine pits is de technologie inmiddels beschikbaar. Blauw laserlicht heeft een kortere golflengte dan rood en kan de kleinere putjes op het schijfje makkelijker onderscheiden.

Het met dezelfde snelheid produceren van een optische disc met veel kleinere pits geeft meerdere uitdagingen. Voets: "Een van de technieken die we met TNO gaan uitzoeken, heeft betrekking op het egaal vormen van de putjes tijdens het spuitgieten. Vervolgens bestuderen we het lossen van het spuitgietstuk. Hoe kleiner de putjes hoe ingewikkelder deze processen te sturen zijn. Daarvoor willen we meer kennis opbouwen over het gehele spuitgietproces. Wat gebeurt er precies? Wat is er nodig om in de toekomst de discs met hogere informatiedichtheid te produceren, en hoe krijg je dit in een spuitgietmachine verwerkt?"

"BLAUW LASERLICHT HEEFT EEN KORTERE GOLFLENGTE DAN ROOD EN KAN DUS KLEINERE PUTJES ONDSCHIEDEN"

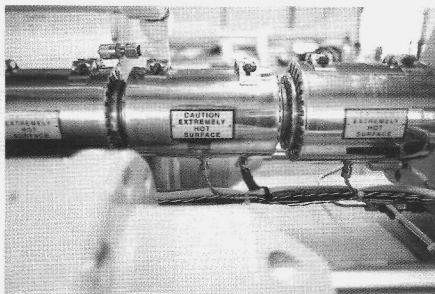
Naast het verkleinen van de pits kan de informatiedichtheid per schijfje ook worden vergroot door meerdere lagen op elkaar aan te brengen. Doordat de totale dikte van het schijfje niet mag toenemen, vergt dit een verdere ontwikkeling van de precisie in de spuitgiettechnologie. Ook hiervoor gaan Toolex en TNO aan de slag om de processen op nanoniveau te bestuderen en te beschrijven.

Het belang van TNO

**Projectleider: ir. J.E. Bullema,
TNO Industrie**

Bij de productie van hoogwaardige technische kunststofcomponenten worden steeds hogere eisen gesteld aan de nauwkeurigheid. Dit geldt voor precisieonderdelen in elektronische apparatuur, maar ook voor spuitgietproducten zoals optische informatiedragers CD en DVD. Beide vereisen een vormnauwkeurigheid in het nanometergebied.

Om daaraan te kunnen voldoen moeten zowel de technologie voor matrijsbewerking als de kunststof- en productietechnologie verder worden ontwikkeld. Hiervoor werkt TNO samen met kennisinstituten en bedrijven die actief zijn op dit gebied. De samenwerking met Toolex geeft TNO de mogelijkheid meer inzicht te verwerven in de huidige nauwkeurigheidsgrenzen van de productiemachines. Om deze grenzen te kunnen verleggen moet fundamentele kennis over de processen, die zich op nanoniveau in het materiaal en in de machines afspelen, worden ontwikkeld. TNO kan met de verworven kennis over materiaalkeuze en matrijsontwerp en -vervaardiging andere industrieën adviseren.



De gevel in het zonnetje

Een gesprek met **drs.ir. A.L.J. Schuurs**
(NVOB) over het
cofinancieringsproject
'Nieuwe gevelconcepten'



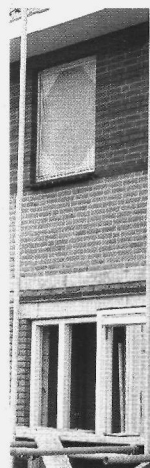
In de komende decennia zullen aanzienlijk zwaardere eisen gesteld worden aan woningen. Dat zegt de Adviesraad Technologie Bouwnijverheid in haar 'Bouwvisie 2015'. Deze voorspelling was voor TNO Bouw aanleiding om die eisen nader te verkennen. Als eerste kwam daar uit naar voren dat er van drie kanten druk op de toekomstige woningbouw wordt uitgeoefend. Vanuit de samenleving ligt het accent op duurzaamheid: minder milieubelasting, minder energieverbruik en een gezond binnenklimaat. De bewoner wil meer comfort, flexibele indeling en lagere kosten voor energieverbruik en onderhoud. De bouwer tenslotte heeft belang bij efficiënter bouwen, betere kwaliteit en betere arbeidsomstandigheden op de bouwplaats. De verkenning leert ons verder dat, wil je aan die eisen tegemoet komen, een structurele verandering zal moeten plaats-

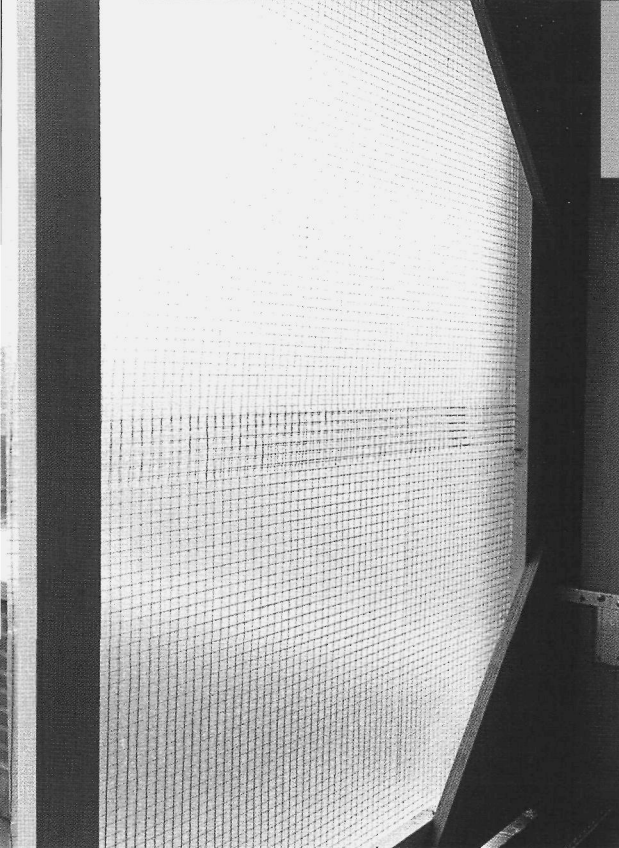
vinden in de wijze waarop woningbouw in Nederland wordt gepleegd. Te beginnen bij de gevel, want, zegt de TNO-verkenning, daar valt qua vernieuwing 'het meest te halen'. En dat is de inzet van een cofinancieringsproject waarbij verschillende partijen, waaronder, als brancheorganisatie, het Nederlands Verbond van Ondernemers in de Bouwnijverheid (NVOB), betrokken zijn.

**"EIGENLIJK MOET JE NET DOEN OF JE NIET
WEET WAT EEN GEVEL IS"**

Volgens Arnold Schuurs, projectmanager bij NVOB, zou je bij zo'n structurele aanpak moeten doen alsof je niet weet wat een gevel is. Dat vergt veel van een sector waar traditie hoog in het vaandel staat, maar Schuurs heeft eerder met dat bijltje gehakt en is optimistisch gestemd.

"Je moet eigenlijk alles loslaten: de func-





dat een hele onlogische volgorde, want zo'n kozijn is een kant-en-klaar afgewerkt product. Het geplaatste kozijn is heel kwetsbaar zolang de bouw nog in een grofstoffelijke fase verkeert. Elke beschadiging die het oploopt is niet of met veel moeite te herstellen. Dus zeiden we tegen elkaar: laten we nou 's kijken of dat anders kan. En zo werd door TNO een methode ontwikkeld waar eerst de hele gevel wordt gebouwd en op het allerlaatst de kozijnen worden geplaatst in de uitgespaarde gaten. Dat begint als een theoretisch verhaal, maar nu wordt in Nieuw-Lekkerland een wijk op die manier gebouwd. Dat geeft dus aan dat je een traditie best kunt doorbreken als je het belang inzichtelijk kunt maken. Daarom hebben we goede hoop voor ons project 'Nieuwe gevelconcepten'."

"JE KUNT NIET OPEENS ZEGGEN: JONGENS, DE BAKSTEEN HEEFT AFGEDAAN"

ties, de materialen, de samenstellende delen en de constructiewijze. Vervolgens ga je zoeken welke kennis je nodig hebt om een gevel te ontwerpen die voldoet aan de nieuwe eisen die je eraan stelt. Zo zou je de eerste fase van ons cofinancieringsproject het beste kunnen omschrijven."

Doorbraak in bouwcultuur

Het project 'Nieuwe gevelconcepten' is bedacht aan de vergadertafel waar over een ander, inmiddels afgerond cofinancieringsproject werd gesproken. Dat was geen toeval want dat eerdere project betraf een nieuwe methode om kozijnen in de gevel te plaatsen. Schuurs wil daar graag iets meer over vertellen, vooral omdat het een doorbraak in de bouwcultuur betekent. "Sinds mensenheugenis worden eerst de kozijnen gesteld en vervolgens wordt daaromheen gemetseld. In feite is

Niettemin is Schuurs realistisch genoeg om de haalbaarheid van zijn streven om 'alles los te laten' te relativiseren.

"Alles, dat lukt natuurlijk niet. Er zijn veel te veel belangen gemoeid met bestaande zaken. In Nederland worden jaarlijks één miljard bakstenen geproduceerd én gemetseld. Dan kun je niet opeens zeggen: 'jongens, de baksteen heeft afgedaan; dat doen we voortaan anders'. Dat gevoel voor traditie is trouwens niet alleen voorbehouden aan de bouwwereld. Ook de Nederlandse consument wil een huis van baksteen. De bakstenen buitengevel is dus een randvoorwaarde."

Hakken in het zand

Zijn er nog meer van die randvoorwaarden? Arnold Schuurs denkt van niet, maar weet wel dat zoveel mogelijk partijen bij het project moeten worden betrokken. Er is een stuurgroep samengesteld die de eer-





ste fase van het project begeleidt. NVOB is voorzitter en verder zitten in de groep vertegenwoordigers van de AVM (Aannemers Vereniging Metselbedrijven), Stichting Bouwresearch, Novem, ECN en TNO Bouw.

"We praten ook met architecten en andere betrokkenen. Je moet alle schakels in de keten erin betrekken. Doe je dat niet, dan zetten ze de hakken in het zand. Maar doe je dat wel, dan kunnen ze straks zeggen: 'kijk, hebben wij gedaan'. Daarom kan ik nu ook nog niet zeggen welke richting we uitgaan; hoe zo'n nieuwe gevel er uit gaat zien. Ik weet het niet, en als ik het wel wist dan zou ik dat voor me houden. Want dan zou ik bij voorbaat al gaan zitten sturen, en dat is nou juist niet de bedoeling. Ik kan wel wat voorbeelden geven van mogelijke onderwerpen. Metselwerk zonder stootvoegen; veel dikkere buitenmuren of een houten binnenblad. Maar zo-
ver zijn we nog lang niet. Eerst gaan we ons afvragen: wat willen we precies met die gevel. En dan pas gaan we kijken wat voor concepten daarbij passen. Eén ding is echter wel zeker: de energieprestatie van de gevel krijgt een zwaar accent, maar dat laat zich al raden door de samenstelling van de stuurgroep."

Het belang van TNO

**Projectleider: dr.ir. R. van der Pluijm,
TNO Bouw**

Voor de modelmatige benadering en de ontwikkeling van nieuwe gevelconcepten moet antwoord komen op drie fundamentele kennisvragen. Die vragen hebben betrekking op de functie, de constructie en de bouwfyysische betekenis van de gevel.

Functie De mogelijkheden om functies van bouwdelen onderling te verschuiven zijn beperkt. Zulke verschuivingen kunnen problemen veroorzaken bij aansluitingen met andere bouwdelen. De vraag luidt: welke functieverhuivingen binnen de verschillende bouwdelen kunnen leiden tot potentieel betere nieuwe concepten?

Constructie De huidige kennis van de krachtenwerking in metselwerk is gebaseerd op de praktijk. Modellen voor een andere verdeling van de krachtenwerking over binnen- en buitenspouwblad ontbreken. Het is de vraag of die kennis gegeneerd kan worden met de bestaande technische inzichten.

Bouwfyysische betekenis Er is veel kennis beschikbaar voor het creëren van een goed binnenklimaat, maar deze gaat uit van traditionele gevelconstructies. Modellen voor ventilatie, verwarming en energiewinning door de gevel zelf ontbreken, en daarin zal inzicht moeten worden verworven.

In een vervolgfase zal een aantal nieuwe concepten worden uitgewerkt, waarmee eveneens kennis zal worden ontwikkeld. Daarmee neemt TNO een voorschat op toekomstige kennisbehoefte in de bouw.

Tot slot

De elf voorafgaande verhalen hebben qua onderwerp weinig met elkaar gemeen. Dat is geen toeval; de redactie heeft er bewust voor gekozen een zo breed mogelijk scala van thema's te presenteren, omdat de lezers niet allemaal dezelfde interesse hebben. Toch hebben de interviews één ding gemeen: de enthousiaste betrokkenheid van de geïnterviewden met hun projecten.

Die betrokkenheid is inherent aan de aard van het cofinancieringsprogramma. Bij 'gewone' onderzoekopdrachten aan TNO is het 'eindproduct' tevoren overeengekomen. De opdracht verloopt volgens een normale, zakelijke procedure. Bij een cofinancieringsproject gaat dat meestal anders. Noch TNO, noch de cofinancier weet immers precies wat het project gaat opleveren. Er ontbreekt bepaalde kennis, maar van de zoektocht naar die kennis zijn bij aanvang vaak niet meer dan vage contouren zichtbaar. Daarom is een cofinancieringsproject ook meestal spannend: succesvolle tussenresultaten worden met enthousiasme ontvangen, en bij een teleurstelling overleggen de partners samen hoe het nu verder moet.

Goed voor het netwerk

Zulke pieken en dalen prikkelen de geestdrift en de creativiteit, maar vooral ook het samenwerkingsgevoel. De partners gaan samen verder en die relatie blijft meestal ook na een project bestaan.

Met andere woorden: het cofinancieringsprogramma is dus ook goed voor het netwerk tussen TNO en het bedrijfsleven en daar plukken beide de vruchten van.

De interviews getuigen veelal van die goede samenwerking; uit de meeste blijkt trouwens dat er al een relatie bestond tussen mensen uit de bedrijven en TNO, en dat projecten op een informele, soms toevallige manier tot stand zijn gekomen. In de praktijk gaat het vaak zo, maar toch geven de luchtige beschrijvingen in de sfeer van: '... en toen was er een cofinancieringsproject', niet helemaal het juiste beeld. In werkelijkheid is er een weliswaar snelle, maar gedegen indieningsprocedure voor een projectvoorstel, en alle achthonderd tot dusver gehonoreerde projecten hebben die doorlopen. En mocht de indruk ontstaan zijn dat een cofinancier altijd wel iemand bij TNO kent, dan is dat schijn, want heel veel cofinancieringsprojecten zijn ontstaan uit een eerste kennismaking.

Bij wijze van algemene toelichting op de interviews staat op de volgende pagina's een beknopte beschrijving van het cofinancieringsprogramma. Het boekje sluit af met een overzicht van deelnemende bedrijven en organisaties.

Het TNO Cofinancieringsprogramma in kort bestek

Het TNO Cofinancieringsprogramma is voor TNO een belangrijk instrument om zijn onderzoeksprogramma te richten op toekomstige kennisvragen. Het programma biedt de cofinanciers de mogelijkheid bij TNO een strategische kennispositie te ontwikkelen waarmee ze op termijn hun concurrentiekracht kunnen versterken. Langs deze weg groeit TNO in de rol van een strategische partner.

Het programma doet een relatief beperkt beroep op de cofinancier (een bedrijf of een groep bedrijven of een brancheorganisatie). Afhankelijk van de mate van nieuwheid van de kennis betaalt de cofinancier 10, 25 of 50% van de kosten.

Mogelijkheden en voorwaarden

Het programma kent uiteraard voorwaarden. Zo heeft het bedrijf dat aan een project deelneemt niet de rol van opdrachtgever, maar van belanghebbend cofinancier. Dat belang is overigens heel groot, gezien de belangstelling van het bedrijfsleven: meer dan vijfhonderd bedrijven, instellingen en brancheorganisaties hebben sinds 1997 in een cofinancieringsproject met TNO samengewerkt.

Het onderzoek moet in alle gevallen nieuwe kennis opleveren die breed toepasbaar is. Het is aan een minimale financiële omvang gebonden. Ook moet het projectvoorstel passen in het cofinancieringsprogramma van TNO. Verder moet het onderzoek aansluiten bij een van de daartoe aangewezen kerngebieden van TNO. Gezamenlijk dekken die zo'n driekwart van de Nederlandse industriële activiteiten.

De verdeling van de kosten

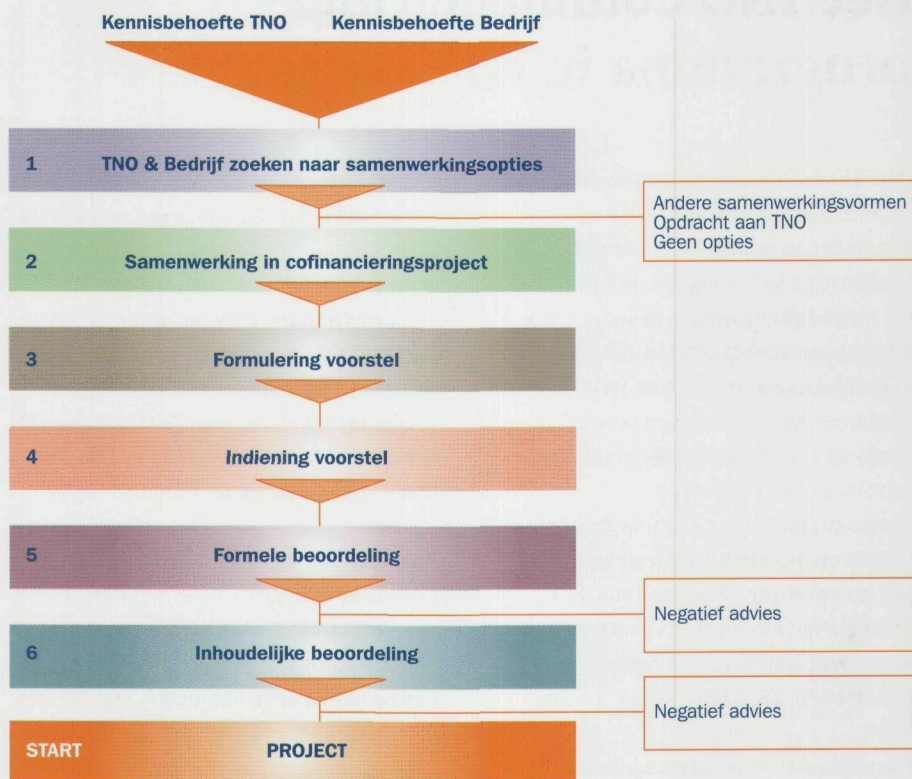
Een interne beoordelingscommissie stelt aan de hand van een aantal criteria vast of de voorgestelde verdeling van de projectkosten in overeenstemming is met het onderzoek en het percentage cofinanciering.

Het schema hieronder toont de relatie tussen de criteria en de bijdrageklassen.

In de praktijk beslaat een project vaak verschillende fasen, die in oplopende bijdrageklassen vallen.

De uiteindelijke commercialisering komt uiteraard geheel voor rekening van het bedrijf.

Criterium	Bijdrageklasse 10%	Bijdrageklasse 25%	Bijdrageklasse 50%
vernieuwend karakter	hoog	redelijk	matig
strategische waarde	hoog	redelijk - hoog	laag - hoog
aard resultaat (toepassingsperspectief)	pure kennis	nieuwe kennis gericht op beoogde toepassing R&D-gereedschap	prototype ontwerp / demo /plan of receptuur
tijdsduur tot concrete toepassing	lang	middellang	kort



Eigendom

Alle ontwikkelde kennis is eigendom van TNO. Echter, aan het eind van de 50% fase krijgt de cofinancier gedurende een bepaalde tijd wel exclusief gebruiksrecht. Dat recht is formeel als volgt beschreven: 'Bij het afronden van een 50 procent cofinancieringsproject verkrijgt het bedrijf het recht van gebruik van de resultaten voor een bepaalde, vooraf overeengekomen toepassing. Dit recht is exclusief gedurende de termijn van een jaar'.

Projectomvang en -duur

De projectomvang varieert van fl. 100.000,- tot fl. 2.000.000,- per jaar. De maximale looptijd van een project bedraagt 4 jaar.

Stapsgewijze procedure

TNO kan een bedrijf of een branchevereniging benaderen om mee te doen aan een bepaald project, maar andersom zijn bedrijven van harte welkom als zij met initiatieven bij TNO aankloppen. In beide gevallen wordt na gezamenlijk overleg een projectvoorstel geschreven dat wordt voorgelegd aan een interne beoordelingscommissie. Deze beoordeelt het voorstel op de nieuwheid van het onderzoek en het bijbehorende aandeel cofinanciering. Het indienen van een voorstel kan het hele jaar door plaatsvinden en is niet gebonden aan een sluitingsdatum.

Overzicht cofinanciers 1997 - 2000

A A. Smit & Zoon

A. Vostermans

Aan- en verkoop Coöperatie Meppel

Aannemers Vereniging Metselweken

Aarding Nunspeet

ABB Lummus Global

Absorbit Industriële

Absorberingsproducten

ACE Pharmaceuticals

Acordis Research

ADM Cocoa

Advanced Lightweight Engineering

Advanta Seeds

AGA Gas

Akcros Chemicals

AKZO Nobel

Albert Heijn

Albron Catering

Alcoa Masten

Alfasan Nederland

Algemene Vereniging voor de

Nederlandse Aardewerkindustrie

Alusuisse Nederland

Aluthix

Amersham Pharmacia Biotech Benelux

Amsterdam Metallized Products

Amylum Nederland

Ansaldo

Antonius Vesselheads

Applikon

Aqua Norm

Aquaquick, Van Beek Eco Products

Aquilo Gas Separations

Archimascon

Aresa 3D Graphics & Display

Aroma Vera

Art Innovation

Artu Biologicals Europe

ASML

ASPA Kantoorinrichting

Assenburg

Atag Verwarming

Attema

Avebe

Aviko

AVR Afvalverwerking

Axxicon

AZN

B Baars Research & Development

Banner Pharmacaps Europe

Barentz Grondstoffen

Batavus

Batec

Bayards Aluminium Constructions

Bayer

BB&S

BDM Nederland

Bedrijfschap Horeca & Catering

Bedrijfschap Slagersbedrijf

Bedrijfschap STS

Bejo Zaden

Bentum Recycling Centrale

Berli

Biacore

BIM Renovatie- en Aannemersbedrijf

Biobeheer

BioSoil

Bioversal European Foam Center

Bioway

Bolesian

BOR

Borculo Domo Ingredients

Boskalis Dolman

Bouma Technical Services

Bouwbedrijf Hazenberg

Brabantia Bis International Holding

Brakel Aluminium

Brandsma Metaalveredeling

Branson Ultrasonics

Bravilor Bonamat

Bronkhorst High-Tech

Buchinhornen

Buitenhuis Snacks

- C** Campina Melkunie
CAP Gemini Nederland
Cargill
Cebeco Zaden
Cedrix
Centocor
Centraal Brouwerij Kantoor
Centurion Accumulatoren
Ceratect Technical Ceramics
Chris van der Voort
Cirmac International
Clairtech
Cloos Nederland
Coca Cola Enterprises Nederland
CombiClip Europe
Computer Company Nederland
Constar International Holland
COOPEI Holding
Coöperatieve Nederlandse Champignon-
kwekersvereniging
Corrosie Technisch Bureau Pernis
Corus
Cosmoferm
CSK Food Enrichment
CSM Suiker
- D** Daalderop
DAF Trucks
Darex
Daylicer
De Ruiter Seeds CV
De Smilde
De Ster
De Vries Non-Ferro Gieterij
De Wit Plastics
Degussa Nederland
Depron
Dex-Plastomers
Diesel Marine International
Dikema BPC
Diversey Lever
Dolfinarium Harderwijk
Dollwin Tooling
Douwe Egberts Coffee Systems
DOW Benelux
Dräger Home Care
Dry Works Nederland
DSM
DSM Food Specialties
DSM Research
DuPont de Nemours Nederland
Duke De Jong Automatenfabriek
Dumeco
Dupral
- E** Eastman Chemical EMEA
Eaton Automotive
ECO ReMain
Eerste Nederlandse Cement Industrie
(ENCI)
EGA Energie
Eldim
Electriciteitsbedrijf Zuid-Holland
Electrolux Nederland
Eneco
ENVIRO Advice
Environmental Control
Enza Zaden
Erick Office Concepts
Eurailscout Inspection and Analysis
Euramax Coated Products
Euro Feed Services Holland
Euroma Netherlands
European Technical Services
Evers Specials
Excelsum
Exxon
- F** Fabriek van Plaatwerken Van Dam
Farm-Frites
Fenecon
Ferring Research Institute
Fibreform Packaging
Fibor Packaging

Fibroned
 Flexchemie
 Fokker Services
 Fokker Space
 Fontijne Holland
 Formatec Technical Ceramics
 Fort James
 Fränzel
 Fremach Toolshop
 Friesland Coberco Dairy Foods
 FROG Navigation Systems
 Fuji Photo Film

G Gasunie

Gebroeders Kooij
 Geerts Metaalwaren
 General Electric Plastics
 Genvar Vitro
 Gereedschapmakerij J. van der Wiel
 Gereedschapmakerij N. van Wijnen
 Gereedschapmakerij Vink
 Gerkens Cacao
 Germaco
 Gho'st Holding
 Glucona
 GMI Gereedschapmakerij
 Golf Art Innovation
 Grasso Prod
 Grolsch Bierbrouwerij Nederland
 Grontmij
 GTI Installatietechniek Noord

H Habbeke Shipyard

Haffmans
 HAK
 Harimex LIGOS
 Hauzer Techno Coating Europe
 Hazlewood International
 Heineken
 Heinz
 Hercules
 Hetenboer-Demi

Hevea
 Heveco
 Hickson
 HMA Power Systems
 Hoekloos
 Holland Coatings Industries
 Hollandse Beton Groep
 Holmatro Industrial &
 Rescue Equipment
 Honig Merk Artikelen
 Hope Farms
 Houtindustrie Schijndel
 Hunter Douglas

I IAMS Europe

ICI Holland
 IHC Hydrohammer
 Inco Alloys
 ING Vastgoed Ontwikkeling
 Ingenieurs- en Handelsbureau Wijbenga
 Inspec Fine Chemicals
 Interbrew Nederland
 Interturbine Coating Center
 ISSO
 ITHO
 Iwaco

J Janssen-Cilag

JNS Pyrotechniek
 Johma Nederland
 Joint Innovation
 Jos America Machines
 Joustra Geomet

K KARA

Katwijk Chemie
 KEMA Nederland
 Kemira Chemicals
 Kemwater
 Kerry Ingredients
 Kimberley Clark
 KLM

Knowaste
 Knowledge Concepts
 Koninklijk Verbond van
 Nederlandse Baksteenfabrikanten
 Koninklijke Ahrend
 Koninklijke De Ruijter
 Koninklijke Econosto Groep, Divisie
 Comfort and Environment Technology
 Koninklijke Mosa
 Koorn Beheer
 Kordia
 KPN Research
 KPN Telecom
 Kraft Jacobs Suchard
 Kropman
 KW2

L Lectra

Leggedoor Beton en
 Vochtweringsstechniek
 Lijmfabriek Trobas
 LNP Engineering Plastics Europe
 Loders Croklaan
 Louwers Glastechniek en
 Technische Keramiek
 LPF Flexible Packaging
 Lucent Technologies Nederland
 LVB Woodprocessing Consultancy
 Lyondell Chemical Nederland Ltd

M Maastricht Instruments

Machinefabriek Compas
 Machinefabriek F. van Wees
 Magneto-Chemie
 Markhorst Holland
 Master Foods
 Mayr Melnhof Eerbeek
 MBI Beton
 MCC Nederland
 McCain Foods Holland
 Meneba Meel
 Messer Griesheim Benelux

Metaalunie
 Methanor
 Micro*montage
 Microscreen
 Mierij Meteo
 Moba
 Morotech
 Moxba
 Multicare
 Museum Boymans van Beuningen

N NEDAP

Nederlands Bureau voor Toerisme
 Nederlands Corrosie Centrum / SMOZ
 Nederlands Verbond van Ondernemers
 in de Bouwnijverheid
 Nederlandse Aardolie Maatschappij
 Nederlandse Benzol Maatschappij Rail
 Nederlandse Bond van Timmer-
 fabrikanten
 Nederlandse Keramische Bedrijven
 Nederlandse Mortel Organisatie
 Nederlandse Vereniging van Linnen-
 verhuur- en Wasserijbedrijven
 Nedmag Industries
 Nefit-Fasto
 Nekofa Vianen
 NeoResins
 Nerefco
 Netex
 Nista
 Noble house
 Nobuwin Tooling
 Nodia
 Nokia Nederland
 Norit Membraantechnologie
 Novenco
 Numico
 Nunhems Zaden
 NUON

- O OCE Technologies
 - OMC
 - Oosterhof Holman Milieutechniek
 - Organon
 - Organon Teknika
 - Oronite Eurpean Technical Centre
 - Ozephius Engineering

- P P&O North See Ferries
 - Pakor Bouwchemie
 - Papierfabriek Doetinchem
 - Parking Systems Benelux
 - Peka Kroef
 - Pharmacia & Upjohn
 - Pharming
 - Philips Analytical
 - Philips BU Powermanagement
 - Philips CFT
 - Philips CMTI
 - Philips Consumer Electronics
 - Philips Domestic Appliances
 - Philips Galvanotechniek Eindhoven
 - Philips Lighting
 - Philips Medical Systems Nederland
 - Phytogenix
 - Pokon & Chrystal
 - Polva Pipelife
 - Prime Resources International
 - Prince Kunststofbouw
 - Production Technology Center
 - Productschap Diervoeder
 - Productschap Tuinbouw
 - Productschap voor Gedestilleerde Dranken
 - Productschap voor Wijn
 - Projectbureau voor onderzoek aan Materialen en Productietechnieken
 - Promac
 - ProMonitoring

- Q Quaker Chemical
 - Qualicon
 - Quality Bakers
 - Quest International Nederland

- R R&R Mechatronics
 - Radac
 - Raufoss Nederland
 - Remeha
 - Remmers Bouwchemie
 - Research Vereniging Textielverzorging
 - Researchvereniging Renolvet
 - Riedel Drankenindustrie
 - Rijk Zwaan Zaadteelt en Zaadhandel
 - Roberine Gazonmaaiers
 - Roche Nederland
 - Rockwool / Grodan
 - ROMI / Smilfood
 - Rook Beheer
 - RUVOMA G.A. Verhart

- S S.C. Johnson Polymeer
 - SABA Dinxperlo
 - Safety Service Centre
 - Sara Lee
 - Sasal Holding Nederland
 - SCA Research Nederland
 - Scania Nederland
 - Schelpdier Pontonkweek
 - Schering Nederland
 - Schielab
 - Schmalbach Lubeca Nederland
 - Schoenfabriek J.P. van Bommel
 - Schoenmakersgilde
 - Schouten Products Soylife Nederland
 - SCIA W+B Software
 - Sengewald
 - Servo Delden
 - Shell Coordination Centre SA
 - Shell Global Solutions International

Shell International Chemicals
 Shell International Exploration
 and Production
 Shell International Oil Products
 Sidlaw Packaging – Envi
 Sika
 SKF Engineering & Research
 Sloten
 Smit Transformatoren
 Sollas Holland
 Solvay Chemie
 Solvay Pharmaceuticals
 Sony Nederland
 Spanbeton
 Spark Holland
 Sparqle International
 Sphinx Sanitair
 Steenbok Reuver
 Stegeman
 Stichting Aluminium Centrum
 Stichting Arboww
 Stichting Bouw Research
 Stichting Centrum Hout
 Stichting Collectief Onderzoek Metaal
 Stichting CUR
 Stichting Glaxo Research Nederland
 Stichting Industrial Loss Prevention
 Stichting Kwaliteitsgarantie
 Vleeskalversector
 Stichting MOOI
 Stichting Nationaal Comité
 van de Nederlandse Glasindustrie
 Stichting Nederlands Instituut
 voor Brouwerij, Mout en Bier
 Stichting Research Centrum
 Kalkzandsteenindustrie
 Stichting RHP
 Stichting STOREKA
 Stork Aqua
 Stork BP&L
 Stork Brabant
 Stork Digital Imaging

Stork Engineers & Contractors
 Stork Food & Dairy Systems
 Stork Thermeq
 Stork Titan
 Struik Food Group
 Strukton Railinfra
 Suikerunie Breda

T TBI Holdings
 Te Strake
 Technische Industrie W.J. van der Sar
 Tejin Kasei Europe
 TEMEC Instruments
 Ten Cate Advanced Composites
 Ten Cate Nicolon
 Tessenderlo Chemie Rotterdam
 Textiel Research Vereniging 'De Voorzorg'
 Textielvereniging KRL
 The Greenery International
 The Skill Company
 Thomassen International
 Total Loop Management
 Tri Star Industries
 TVVL
 Twin Filter

U Ulreco
 Unilever Research Laboratorium
 Uniphy
 Unipro
 Uniroyal Chemical

V VABI
 Valk Welding
 VAMIJ
 Van Besouw Tapijt
 Van Bommel spuitgietmatrijzen
 Van Dam Machine
 Van den Bergh Foods Nederland
 Van der Putten
 Van Dijk Foods
 Van Essen Instruments

Van Halteren Metaal
 Van Hoorn Hardmetaal Production
 Van Houtum Papier
 Van Lierop Impregneerbedrijven
 Van Pelt Reiniging
 Van Voorden Gieterij
 Van Zanten Research
 Vandemoortele
 Variopak
 VAROM
 Vastgoedland
 Vecom Nederland
 VeGe Motoren
 Verbakel / Bomkas
 Vereniging Golfkarton
 Vereniging Nederlandse Glasfabrikanten
 Vereniging Schoonmaak Research
 Vereniging van Nederlandse Hout-
 ondernemingen
 Vereniging van Nederlandse Installatie-
 bedrijven
 Vereniging van Nederlandse Papier- en
 Kartonfabrieken
 Vereniging van waterbouwers in Bagger-
 Kust- en Oeverwerken
 Vetrotech Saint-Gobain Benelux
 Vigener Consulting
 VIKA
 Visno Machinefabriek
 Vletter & De Haan
 VNCI
 Voest Alpine Stahl
 Vogelpark Avifauna
 Voges Verpakking
 Voith Sulzer Nederland
 Volker Stevin Rail & Traffic
 Von Roll Umwelttechnik AG
 Vrumona

W Wärtsilä NSD Nederland
 Watec Waterbehandeling
 Waterbedrijf Europoort
 Waterbedrijf Gelderland
 Waterleiding Maatschappij Limburg
 Waterleiding Maatschappij Overijssel
 Watertransportmaatschappij Rijn-
 Kennemerland
 Watertreatment Expertise & Supplies
 Weis / Enet Industrietechniek
 Wicro Plastics
 Wigrex International
 Wiltoe Innovatie IO
 Wijbenga
 Witco
 Witte van Moort Metaalwarenindustrie
 Worldchamp

X X-Flow
 Xerox Document Supplies

Z Zorgvoorzieningen Nederland

 3M Nederland

Colofon

*TNO & Co is een uitgave van Strategie
en Programma TNO*

© mei 2001, TNO Delft

ISBN 90-6743-802-2

Samenstelling en redactie

Aad Lakwijk, Gerard van de Schootbrugge
en Henk van Wijk

Interviews

Bart Bartstra, Stella Blokpoel,
Astrid van de Graaf en Henk Hage †

Foto's

Chantal Ariëns en Morten de Boer
Tom Kroeze (pag. 3)

Vormgeving en productie

De Boer & van Teylingen

Drukwerk

PlantijnCasparieSchiedam/Rotterdam

Strategie en Programma TNO

Schoemakerstraat 97

Postbus 6070

2600 JA Delft

Telefoon 015 269 69 00

Fax 015 269 75 06

E-mail lakwijk@stp.tno.nl