

Voorwoord	3	
Inleiding	4	
NLR in gesprek met overheid en politiek	10	
NLR in de media	12	
Hoofdstuk 1: Een staalkaart van de NLR-projecten in 2006	15	
Ultramodern radarvliegtuig in windtunnel	18	WERKGELEGENHEID
Beveiliging van motoren bij windtunnelproeven	19	
Tienduizenden vluchten nadoen	20	
Nederlandse innovaties in de JSF	21	
Slimme harsinjectie	22	
Robot plaatst koolstofvezels	23	
Efficiënter, stiller en punctueler landen	26	MOBILITEIT
Goedkopere, betere plaatsbepaling	27	
Comfort aan boord	28	
Specifieke landingsprocedures voor helikopters	29	
Onafhankelijk oordeel over luchthaven Reykjavik	32	VEILIGHEID
Second opinion over plannen Zürich	33	
Integratie onbemande vliegtuigen in luchtruim	34	
Conflictdetectie op vliegvelden	36	
Automatische test van brandstofmanagementsysteem	37	
De juiste baankeuze	40	MILIEU
Eilanden van Stille	41	
Bron motorgeluid zichtbaar gemaakt	42	
Uitlaatgassen van een vliegtuig meten	43	
Brede uitwisseling informatie tijdens operaties	46	DEFENSIE- & VREDESTAKEN
Verbeterde levensduurberekening F-16	47	
Tactiektraining gevechtsvliegtuigen simuleren	48	
Veilige woestijnlanding	49	
Afdichtingen in gasturbines	52	INNOVATIE
De oogst van Galileo	53	
Samenwerken aan kortere ontwikkeltijden van vliegtuigen	54	
De opmaat voor Geo Valley	55	
Hoofdstuk 2: Facts & figures	57	
NLR-medewerkers in beeld	58	
I) Organigram	62	
II) Medewerkers per 31-12-2006	63	
III) Samenstelling Raad van Toezicht per 31-12-2006	64	
IV) Financiële gegevens	64	



ARIE KRAAIJEVELD - VOORZITTER RAAD VAN TOEZICHT

Het NLR is een stuk "zichtbaarder"

VOORWOORD

De NLR-nieuwjaarsreceptie van 2007 vond plaats in een sfeer van zelfvertrouwen en enthousiasme. In 2006 is de sociale cohesie, het ‘wijgevoel’, toegenomen. Belangrijk daarvoor waren de Open Dagen die medio vorig jaar werden georganiseerd en waar onze familieleden en vrienden in groten getale op af kwamen. Het NLR presenteerde zich als een bedrijf waar wij met z’n allen trots op zijn. Onze familieleden en vrienden weten nu wat beter wat het NLR allemaal kan, iets wat veel van onze zakenpartners al langer weten. Ook de voor ons belangrijkste departementen onderstreepten in 2006 nog eens dat zij de vooraanstaande positie van het NLR in de nationale én internationale kennisinfrastructuur erkennen en herkennen. En het American Institute for Aeronautics and Astronautics eerde algemeen directeur Fred Abbink – met in zijn slipstream het NLR – met een fellowship. Ik bedoel maar: we staan er intern en extern, nationaal en internationaal goed op.

Met goedvinden van alle betrokkenen is de bestuursstructuur van het NLR in 2006 fundamenteel gewijzigd en daarmee geplaatst in de 21e eeuw. Het is een ontwikkeling die je ook ziet bij vergelijkbare instituten in binnen- en buitenland. Wat is er veranderd? Voorheen bepaalde een omvangrijk bestuur de strategie van het NLR en was de directie verantwoordelijk voor de uitvoering daarvan. In de nieuwe structuur berust de bestuursverantwoordelijkheid bij de directie. De directie formuleert nu zelf de strategie en voert deze uit, samen met de medewerkers. Een beperkte, zeshoofdige raad van toezicht adviseert, controleert en fungeert als klankbord voor de directie: loopt het goed, doet de directie het goed? Als er ontwikkelingen zijn, wordt daar dan adequaat op ingespeeld? Kiest de directie voor passende oplossingen voor de problemen van vandaag en morgen? Het verleggen van de eindverantwoordelijkheid van bestuur naar directie is eigenlijk een heel logische stap, want de directie is veel dichter en directer betrokken bij de dagelijkse gang van zaken. Flexibiliteit en meer vrijheid van handelen passen beter bij deze moderne tijd.

In 2006 besloten de grote technologische instituten (GTT's, waaronder het NLR) een associatie te vormen. Hun directeuren komen nu periodiek bijeen, met op de agenda vragen die hen allen bezig houden. Neem het vraagstuk van de grote faciliteiten, zoals een vluchtsimulator: een duur ding, niet bedoeld om kinderen mee te laten spelen maar om vliegers stillere en nóg veiliger landingen op Schiphol te laten uitproberen. Voor deze grote en dure faciliteiten moet je de handen ineen slaan en afspraken maken in nationaal en internationaal verband. Wie doet wat? Wie heeft wat? Vragen die we onszelf stellen, en die we ook bij de politiek willen neerleggen. Voor het maken van afspraken op Europees niveau is politieke ondersteuning immers onontbeerlijk. Kortom, samenwerking als sleutel tot succes.

Ik ben nu ruim twee jaar bestuurlijk betrokken bij het NLR, aanvankelijk als bestuursvoorzitter, tegenwoordig als voorzitter van de raad van toezicht. Het kennisgebied van het NLR heeft mijn grote interesse. In bestuur en politiek onderhoud ik contacten die voor het NLR van belang zijn en waaruit blijkt dat het NLR een stuk “zichtbaarder” is dan enige tijd geleden. Dat gaat niet vanzelf, daar moet hard aan gewerkt worden, zowel door de Directie als door de medewerkers. Ik heb er het volste vertrouwen in dat deze positieve ontwikkeling zich in 2007 zal voortzetten.

Amsterdam, juni 2007

Arie Kraaijeveld
Voorzitter Raad van Toezicht



FRED ABBINK — ALGEMEEN DIRECTEUR

‘Goed zijn, nog beter worden’

INLEIDING

EEN SLAGVAARDIGE ORGANISATIE

Het jaar 2006 was voor het NLR een geslaagd jaar, dat we afsloten met een positief financieel resultaat. We boekten successen op alle voor ons belangrijke werkterreinen: luchtvaart- en ruimtevaartindustrie, defensie en air transport. Dit succesvolle jaar is te danken aan de grote inzet van al onze 700 uiterst gemotiveerde NLR-medewerkers.

In 2006 werkte het NLR verder aan de invulling van vraaggestuurd onderzoek, zoals in 2004 aanbevolen door het kabinet naar aanleiding van het rapport van de commissie-Wijffels. We inventariseerden samen met de voor ons relevante ministeries (o.a. Verkeer en Waterstaat, Defensie, Economische Zaken en Onderwijs, Cultuur en Wetenschap) de beleidsvelden en stemden daar onderzoeksprogramma's op af. We omschreven vraaggestuurde, vierjarige programma's voor de benodigde opbouw van kennis en faciliteiten. Deze nieuwe manier van samenwerken heeft geleid tot nog betere samenwerking met de ministeries.

SUCCESSEN IN 2006

Voor het NLR was 2006 een jaar met een aantal internationale hoogtepunten. Zo ondersteunden we onze nationale luchtvaartindustrie in haar bijdrage aan het Type Certificaat voor de Airbus A380 en waren we direct betrokken bij de levering van de eerste drie NH90-helikopters voor de Duitse Bundeswehr en de eerste vlucht van de Lockheed Martin F-35 Lightning II (de 'JSF'). Daarnaast assisteerden wij de Nederlandse luchtvaartindustrie en het MKB bij de toepassing van het nieuwe vezel-metaallaminaat Glare in A380-rompdelen. We ondersteunden de ontwikkeling van de composiet J-Nose voor de A380-vleugel en de composietstaart voor de NH90. Ook waren we betrokken bij de bekabeling en het Prognostic Health Management System voor de F-35, een systeem waarmee de levensduur van dit vliegtuig aanzienlijk kan worden verlengd.

Het jaar 2006 was een belangrijk jaar voor Defensie en de krijgsmacht delen. Voor de vredesmissie in Afghanistan adviseerde het NLR over (zelfbe-

scherming tegen) nieuwe dreigingen, vliegveiligheid, ongevallenonderzoek, slechtzichtsyste men en operaties. Het NLR adviseerde Defensie over de F-35, in Nederland en in het Joint Program Office in Washington, DC. Onze adviezen hadden niet alleen betrekking op de verwerving, maar ook op de ingrijpende gevolgen die de overstap op een nieuw jachtvliegtuig met zich meebrengt, zoals de opleiding van gevecht svliegers en onderhoudspersoneel. Daarbij konden wij putten uit onze ruime ervaring met de F-16 op het gebied van onderhoud, operaties, levensduurbewaking, certificering en training. Het NLR voerde voor Defensie verder studies uit naar mogelijkheden voor Unmanned Aerial Vehicles (UAV's), die een waardevolle aanvulling kunnen zijn op bemande gevecht svliegtuigen. Wij onderzochten ook de eisen die aan UAV's in het civiele luchtruim gesteld moeten worden. En in het kader van het SPADES-project ontwikkelde het NLR - in samenwerking met de industrie - een parachutesysteem dat met behulp van GPS en een stuurautomaat met een nauwkeurigheid van maximaal 100 meter een nuttige last van 1000 kg bij zijn doel brengt.

“Nieuwe technologie is nodig om Schiphol te kunnen laten door-groeien binnen grenzen van milieu en veiligheid”

Binnen de huidige milieu- en externe veiligheidslimieten stuit de luchthaven Schiphol binnen niet al te lange tijd op de grenzen van haar groei. Nieuwe



LEO ESSELMAN — FINANCIEEL DIRECTEUR

'Om te overleven is samenwerking
een absolute must'

technologie is nodig om Schiphol te kunnen laten doorgroeien binnen grenzen van milieu en veiligheid. Op verzoek van de overheid formuleerde het NLR een groot aantal verbetervoorstellen. Veel van die voorstellen werden overgenomen in het kabinetsstandpunt, dat in april 2006 verscheen. Op het gebied van de ruimtevaart stond het NLR vooraan in de ontwikkeling van GALILEO, het nieuwe Europese satellietnavigatiesysteem. Zo werden test-systemen ontworpen en testprocedures ontwikkeld om de GALILEO-ontvanger en enkele centrale elementen van het grondsegment te kunnen testen. Daarmee legde het NLR een belangrijke basis voor het valideren en certificeren van GALILEO.

STRATEGISCH SAMENWERKEN

Al sinds de oprichting, 30 jaar geleden, door het NLR en de Duitse zusterorganisatie DLR geldt DNW (de stichting Duits-Nederlandse Windtunnels) als succesvol voorbeeld van internationale samenwerking binnen het Europese luchtvaartonderzoek. In 2006 vierden we het feit dat Airbus al 25 jaar gebruik maakt van DNW voor de ontwikkeling van haar succesvolle verkeersvliegtuigen. In 2006 besloten DNW en het Franse zusterinstituut ONERA tot de stichting van ATA: de Aero Testing Alliance. Hiermee is een alliantie ontstaan van negentien windtunnels in drie landen, die de technische ontwikkeling van deze faciliteiten coördineert.

“Als je de weg naar samenwerking eenmaal bent ingeslagen, kan deze alleen maar hechter en breder worden.

Het NLR zoekt voortdurend naar constructieve samenwerking met zusterorganisaties, universiteiten en industrieën, in Nederland en daarbuiten. Inzet hierbij is om steeds zo effectief en efficiënt mogelijk gebruik te maken van elkaars kennis en

faciliteiten. Een belangrijke rol hierin spelen de kaderprogramma's van de Europese Unie. Het EU-rapport 'Vision 2020' geeft aan dat de luchtvaart in het jaar 2020 schoner, stiller, veiliger en efficiënter moet zijn. Tegelijkertijd moet de capaciteit van het vliegverkeer vergroot worden. Bovendien moeten de nationale luchtruimen binnen Europa geïntegreerd worden in één Single European Sky. Een omvangrijke, gezamenlijke onderzoeksinspanning van het NLR en de Nederlandse en Europese luchtvaartsector draagt er toe bij dat de EU-doelstellingen gerealiseerd kunnen worden.

Zo is de samenwerking binnen AT-One - een samenwerkingsverband van NLR en DLR op het gebied van luchtverkeersmanagement - geïntensiveerd. Dat geldt ook voor de samenwerking binnen de associatie van European Research Establishments in Aeronautics, EREA, een branche-organisatie van 11 Europese luchtvaartlaboratoria, waarvan het NLR in 2006 en 2007 voorzitter is. Belangrijk in 2006 was ook de samenwerkingsovereenkomst die het Nederlandse luchtvaartcluster met Airbus sloot voor een gezamenlijk strategisch onderzoeksprogramma. Met het Franse zusterinstituut ONERA zijn voorbereidende stappen gezet om de samenwerking op het gebied van aerodynamisch en constructieonderzoek te versterken.

Als je de weg naar samenwerking eenmaal bent ingeslagen, kan deze alleen maar hechter en breder worden. Nut en noodzaak van internationale samenwerking worden steeds duidelijker naarmate de globalisering van de lucht- en ruimtevaartindustrie toeneemt en nieuwe spelers zich melden in de mondiale lucht- en ruimtevaartarena. Om te overleven is samenwerking een absolute must.

INVESTEREN IN KENNIS EN FACILITEITEN

Er is veel onderzoek nodig naar nieuwe producten en toepassingen, technologieën en procedures, in de cockpit en op de grond. Dat betreft ook onderzoek naar de doelmatigheid en veiligheid van de wisselwerking tussen mens en systemen, en daar-

naast onderzoek naar stille naderingsvluchten, of het voorkomen van terreuraanslagen op de grond en aan boord. Kennis en faciliteiten zijn daarbij onmisbaar. Mede dankzij ons geïntegreerde netwerk van vluchtnabootsers, verkeersleidingssimulatoren en laboratoriumvliegtuigen spelen wij een belangrijke rol in het Europees onderzoek op dit gebied. In 2006 voegden we aan deze faciliteiten het Fighter Four-ship toe, een koppeling van vier afzonderlijke vluchtnabootsers in één netwerk. We besloten de militaire vluchtnabootser GFORCE uit te breiden met een research Helmet Mounted Display. Hiermee kunnen vliegers met behulp van een display aan de binnenzijde van hun helm hun positie ten opzichte van de grond bepalen. De zichtsysteem van GFORCE en van de Narsim-verkeersstorensimulator ondergingen ingrijpende verbeteringen.

In april nam het NLR op feestelijke wijze een nieuwe testhal voor de beproeving van vleugel- en staartdelen in gebruik. De opening werd verricht door drs. Sj. S. Vollebregt, voorzitter van de Raad van Bestuur van Stork. Voor de snellere en nog nauwkeuriger vervaardiging van windtunnelmodellen kochten we een nieuwe vijfassige freesmachine.

“Om aan de behoefte van morgen te kunnen voldoen, moeten we vandaag investeren in kennis van onze mensen”

Om aan de behoefte van morgen te kunnen voldoen, moeten we vandaag investeren in kennis van onze mensen, in faciliteiten om hun kennis en inzicht te voeden en in gebouwen om in te werken. Daarvoor is veel geld nodig is. Het gaat om innovatie én werkgelegenheid. Het gaat hier, kortom, om investeringen die zichzelf in veelvoud terugverdienen.

COMMUNICEREN EN PROFILEREN

Het is de missie van het NLR om de Nederlandse overheid en het Nederlandse bedrijfsleven te ondersteunen en hun innoverend vermogen te versterken. Het is belangrijk dat onze klanten ons kennen, dat ze ons weten te vinden, dat ze weten wat wij doen. Maar ook het brede publiek willen we laten zien wat wij doen en wat het belang is van ons werk. Daarom heeft het NLR vaker de publiciteit gezocht. De winteroefening Snowwhite, waarbij de KLM, Luchtverkeersleiding Nederland en Schiphol zich bij het NLR voorbereidden op winterse omstandigheden, kon eveneens rekenen op veel media-aandacht. Ook werd in de media uitgebreid stilgestaan bij het bezoek van Koning Abdullah II en Koningin Rania van Jordanië en Koningin Beatrix aan DNW. Voorts ontvingen we minister Zalm (Financiën), staatssecretaris Van der Knaap (Defensie), generaal D. L. Berlijn (Commandant der Strijdkrachten) en luitenant-generaal H. Sonneveld (plv. Commandant der Strijdkrachten).

Het NLR adviseert overheden in binnen- en buitenland op het gebied van veiligheidsmanagement. Een bekend voorbeeld is het advies aan de Zwitserse overheid voor een integraal veiligheidsmanagementsysteem voor de gehele Zwitserse luchtvaartsector. Mede daardoor besloot het NLR in 2006 tot oprichting van het NLR Air Transport Safety Institute, waarin wij onze interne krachten op het gebied van luchtvaartveiligheid gebundeld presenteren. Zo maken wij onze potentiële klanten beter duidelijk waarvoor ze bij ons terecht kunnen.

NOG BETER IN 2007

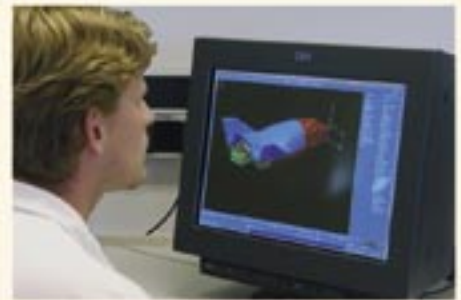
Dankzij de grote inzet van alle medewerkers sloot het NLR het jaar 2006 af met een positief resultaat. De implementatie van de vraaggestuurde programma's is goed op gang gekomen. De naamsbekendheid van het NLR bij politiek en publiek is sterk verbeterd. We zijn een vanzelfsprekende gesprekspartner, bij industrie en overheid, nationaal en internationaal.

Maar het kan nog beter. Hoe doen we dat? Door ervoor te zorgen dat we de wensen van onze opdrachtgevers - publiek en politiek - nog beter leren kennen. En door nog meer kwaliteit te bieden, tegen concurrerende tarieven. Maar ook door onze hoogwaardige kennis op lucht- en ruimtevaartgebied sterker te profileren en de maatschappelijke betekenis daarvan nadrukkelijker te etaleren. We willen optimaal gebruik maken van de beschikbare kennis bij universiteiten en hogescholen, deeltijdhoogleraren leveren en AIO-plaatsen faciliteren. Ook op het gebied van de inzet van haar kostbare faciliteiten voor het onderzoek bij universiteiten spant het NLR zich maximaal in. Een goed voorbeeld is het Cessna Citation II laboratoriumvliegtuig dat het NLR en de TU-Delft gezamenlijk exploiteren. We willen ook een aantrekkelijke werkgever zijn. Door meer aandacht te besteden aan de persoonlijke ontwikkeling van onze medewerkers en door te benadrukken dat je bij het NLR aan de frontlinie staat van technologische innovatie.

“We willen ook
een aantrekkelijke
werkgever zijn”

Het NLR zal continu aandacht blijven vragen voor investeringen in bestaande en nieuwe onderzoeksfaciliteiten. Het jaar 2006 was goed, het jaar 2007 wordt nog beter. En het feit dat wij in 2007 vijftig jaar ruimtevaart en het vijftig jarig bestaan van onze NLR-vestiging Flevoland kunnen vieren, geeft komend jaar nog eens extra kleur!

De Directie
Fred Abbink
Leo Esselman



NLR IN GESPREK MET OVERHEID EN POLITIEK

Ook in 2006 voerde het NLR een actief beleid om relaties met overheid en nationale en Europese politiek te verstevigen. Het ontving vertegenwoordigers van politieke partijen (CDA, VVD) en leden van het kabinet Balkenende III.

Daarnaast presenteerde het NLR bij diverse gelegenheden zijn visie en adviezen over Schiphol. Zo voerde het in augustus overleg met vertegenwoordigers van NV Schiphol, de KLM en de Luchtverkeersleiding Nederland. Het was ook gastheer van de Commissie Regionaal Overleg luchthaven Schiphol (CROS) en van de KennisKring Amsterdam, waar ondernemers, ambtenaren en beleidsmakers uit de regio Amsterdam discussieerden over het thema 'Green Mainport: groeien binnen grenzen door innovatie'. Tevens werd het NLR gehoord door de kamercommissie voor Verkeer & Waterstaat tijdens een hoorzitting betreffende het kabinetsstandpunt Schipholbeleid. Tenslotte voerde het NLR overleg met werkgevers- en werknemersorganisaties (VNO, NCW, FME-CWM, FNV, CNV) over het belang van Nederlandse deelname in het vervanging F-16 programma.

Enkele in het oog springende bezoeken waren die van:

**Koningin Beatrix en Koning Abdullah II en
Koningin Rania van Jordanië**

dhr. G. Zalm

Minister van Financiën Balkenende III

dhr. C. van der Knaap

Staatssecretaris van Defensie Balkenende III

mw. H. Neppérus

Inspecteur voor de burgerluchtvaart bij de
Inspectie Verkeer en Waterstaat

Generaal D. L. Berlijn

Commandant der Strijdkrachten

dhr. L. van Nistelrooij

Lid Europees Parlement, CDA



NLR in gesprek met . . .



Het bezoek van Koningin Beatrix en Koning Abdullah II en Koningin Rania van Jordanië aan DNW/NLR trok veel internationale pers aandacht



Interview radio BNR met een jachtvlieger over de JSF Cockpit Demonstrator



Interview Radio TV Noord-Holland over oefening Snowwhite



Test 4-mansbob in de windtunnel



Opnames t.b.v. de Nationale Wetenschapsquiz.
De vraag bij dit filmfragment luidde:
Vlak achter een voorligger verbruikt een fietser minder energie dan als hij alleen fietst. Maar heeft de koprijder ook profijt van die situatie?



NLR in de media



MEDIA-AANDACHT

Ook in 2006 kreeg het NLR veel aandacht van de media. Er werd over het NLR bericht in diverse televisie-uitzendingen, waaronder TweeVandaag, Zembla, het NOS-Sportjournaal en Hart van Nederland. De meeste kijkers trok een aflevering over de simulatoren van het NLR in de serie Test Case van Discovery-Channel, die voorjaar 2006 in zes Europese landen werd uitgezonden. Een ander media-hoogtepunt vormde het bezoek van Koningin Beatrix en Koning Abdullah II en Koningin Rania van Jordanië aan DNW/NLR afgelopen november. Aan dit bezoek werd zelfs tot in Duitsland (ZDF) en België (VTM-Royalty) televisiezendtijd besteed.

Het NLR stond daarnaast centraal in 6 radio-uitzendingen en werd genoemd in 366 krantenartikelen, waaronder artikelen in de Telegraaf, het AD, de NRC, Trouw en het Parool. Ook werd uitgebreid bericht over de activiteiten van het NLR in tijdschriften als Elsevier, Quest en diverse vakbladen.

De media berichtten over onderwerpen als windtunnelproeven (o.a. de test van de nieuwe fiets van Theo Bos), geluidsmetingen, 'glijvluchten', anti-terreurmaatregelen en nieuwe vliegtuigmaterialen als Glare en composiet. Tenslotte werd eind vorig jaar veel aandacht besteed aan de 'Snowwhite', een oefening waarbij met behulp van de vlucht- en verkeerstorensimulatoren van het NLR winterse omstandigheden op Schiphol werden nagebootst.



Hoofdstuk 1:

EEN STAALKAART VAN DE NLR- PROJECTEN IN 2006

WERKGELEGENHEID





Ultramodern
radarvliegtuig in
windtunnel

Beveiliging van motoren
bij windtunnelproeven

Tienduizenden
vluchten nabootsen

Nederlandse innovaties
in de JSF

Slimme harsinjectie

Robot plaatst
koolstofvezels

WERKGELEGENHEID

Nederland is een welvarend land. Om de hoge levensstandaard te behouden, is hoogwaardige werkgelegenheid nodig. Nederlandse producten moeten zich ook in de toekomst kwalitatief blijven onderscheiden.

ULTRAMODERN RADARVLIEGTUIG IN WINDTUNNEL

Een van de meest complexe vliegtuigmodellen die we ooit maakten, wordt getest in de windtunnels in Flevoland.

Het NLR maakte een windtunnelmodel van de E-2C/D Advanced Hawkeye, een marine radarvliegtuig dat een centrale rol heeft bij de informatievoorziening van de Amerikaanse marine. Het vliegtuig kan veel doelen tegelijk volgen en tegelijk vele onderscheppingsvliegtuigen leiden. Met hun ultra-moderne antennes, radars en communicatiesystemen vormen ze de nieuwe ogen van de vloot. De Advanced Hawkeye is een *makeover* van de bestaande Hawkeye, wereldwijd het enige radarvliegtuig dat vanaf vliegdekschepen kan opereren.

Een van de opvallendste uiterlijke kenmerken van de Hawkeye is de grote schotel op de rug van het toestel, waarin radarsystemen huizen. Die schotel zorgt voor complexe luchtstromen rond het toestel. Om die goed in kaart te brengen, zijn gedetailleerde metingen in de windtunnel nodig.

Omdat dit radarvliegtuig vanaf vliegdekschepen moet kunnen opereren, worden er strenge eisen gesteld aan stabiliteit en controle. Met het oog op deze eisen en de ongebruikelijke vorm van het vliegtuig waren uitgebreide windtunnelproeven nodig. Daarom werd een bijzonder compleet model gemaakt, waarmee meer gemeten kan worden dan op dit moment nodig is. De kleinste antennes, klepjes en uitstulpingen werden nagemaakt. Alle kleppen van het model zijn beweegbaar. Het model werd ook uitgerust met 300 druksensoren, die de langstromende lucht meten.



Collega's van het Franse luchtvaartonderzoeksinstituut Onera maakten de staart van het model. Door de intensieve samenwerking met de Franse modelmakers kon de productietijd worden bekort. Voor het model werd een nieuwe hoofdbalans ontworpen, waarmee het vliegtuig in de windtunnel wordt opgehangen. De balans is de plek waar de krachten samenkomen die op het vliegtuig werken. De balans meet de krachten als gevolg van luchtweerstand en de werking van de motoren. Het gaat daarbij om het meten van subtiele krachtsverschillen.

Tijdens militaire operaties moeten de motoren van de Advanced Hawkeye veel kracht leveren om te kunnen opstijgen van een schip, want het toestel zit vol met zware elektronica. Bij de windtunnelproeven werden daarom de prestaties van verschillende propellerontwerpen met elkaar vergeleken. Het accent ligt echter op het testen van de nieuwe propellers van de Advanced Hawkeye. Dat zijn propellers met acht bladen, gemaakt van composietmateriaal dat met koolstofvezel versterkt is. Het NLR is wereldwijd een van de weinige instituten die propellers voor modellen kan maken waarmee zulke nauwkeurige windtunnelproeven kunnen worden gedaan.



BEVEILIGING VAN MOTOREN BIJ WINDTUNNELPROEVEN

De motortjes in windtunnelmodellen opereren op de grenzen van het technisch kunnen. Er is geavanceerde beveiliging nodig om beschadigingen te voorkomen.

Om motoren van vliegtuigen op kleine schaal te kunnen nadoen, moet een enorm vermogen in een klein volume worden geconcentreerd. De minimale maat van het schaalmodel wordt bepaald door de vermogensconcentratie die nog haalbaar is. Vaak is er weinig plaats over voor kabeltjes, persluchtbuizen en mechanische verstevigingen. Zo was het voor de ontwerpers van het model van de Advanced Hawkeye (schaal 1:7) rond de motor een strijd om elke kubieke millimeter.

Ook de regeling van de motor stelt bijzondere eisen, juist omdat deze zo dicht bij de technische grenzen opereert. Er werd daarom een nieuw motorbewakingssysteem ontwikkeld, dat in de gaten houdt of de grenzen worden overschreden. In dat geval wordt de motor tijdig uitgeschakeld om schade te voorkomen. Het bewakingssysteem volgt temperatuur, toerental, trillingsniveau en enkele andere gegevens van de motoren.

Het nieuwe bewakingssysteem kon helemaal in software worden gerealiseerd. Voor de vorige generatie bewakingsapparatuur werd nog speciale elektronica ontworpen. De huidige processoren zijn echter snel genoeg om ook de snelle wisselingen van signalen te kunnen volgen. De uitvoering in software levert meer flexibiliteit, een grotere functionaliteit en een hogere betrouwbaarheid en het verbetert het overzicht voor de operator. De flexibiliteit en het bedieningsgemak zijn nu ook groter. Daardoor kunnen complexe windtunnelproeven, zoals die met de Advanced Hawkeye, beter, sneller en veiliger worden uitgevoerd.



TIENDUIZENDEN VLUCHTEN NABOOTSEN

Nog voordat het eerste prototype van een nieuw vliegtuig de lucht in gaat, is uitvoerig getest of alle onderdelen de krachten die tijdens het vliegen ontstaan aankunnen.

In testopstellingen, zoals die van het NLR, heeft een vliegtuig al tienduizenden vluchten nagebootst voordat het eerste vliegtuig mag opstijgen. In 2006 heeft het NLR onder meer onderdelen van de nieuwste business jet van Dassault Aviation, de F7X getest. Stork Fokker AESP maakt voor dat vliegtuig vleugelkleppen, rolroeren, remkleppen en spoilers en laat een aantal van deze cruciale delen van de vleugel bij het NLR testen.

Die tests zijn nodig om de luchtwaardigheid van het ontwerp aan te tonen. De voorgeschreven validaties en certificaties moeten aantonen of het ontwerp voldoet aan de meest recente luchtvaartseisen. De tests laten ook zien of de vooraf berekende waarden voor de sterkte en levensduur kloppen. Bij de tests worden de rolroeren en spoilers onderworpen aan het krachtenspel dat optreedt bij het opstijgen, vliegen, landen en taxiën. De invloed van luchtdrukbelastingen, de klap van het landen en de krachten bij het afremmen worden precies nagebootst. Hydraulische cilinders en allerlei krachtoverbrengers zorgen voor het juiste krachtenspel, vlucht na vlucht.

De tests van de rolroer en de spoiler van het nieuwe zakenvliegtuig vergden een complexe besturing. De stand van kleppen verandert voortdurend tijdens een vlucht en daarmee het krachtenspel van de langsstromende lucht. Tijdens het vliegen vervormt de vleugel, waardoor ook extra krachten op de rolroeren en spoilers optreden. Het rolroer is grotendeels van koolstofcomposiet en de spoiler

heeft een metaal-honingraatstructuur. Ieder materiaal reageert weer anders op krachten die erop uitgeoefend worden. Voor deze complexe tests was een bijzonder besturingssysteem van de testopstelling nodig. Daarmee wordt een hydraulisch-mechanisch systeem bestuurd. Een groot aantal krachtoverbrengers zorgt dat de krachten subtiel en gelijkmatig op het vleugeldeel drukken, opdat er geen overbelasting optreedt.

Met zulke testopstellingen kan het NLR aantonen dat de rolroeren van de Dassault Aviation business jet minstens tweemaal de levensduur van het vliegtuig meegaan. Nadat de rolroeren in de testhal meer dan tweemaal de levensduur hadden nagebootst, werd nog opzettelijk schade aangebracht, zoals een vliegtuig die in de praktijk oploopt door bijvoorbeeld een monteur die een hamer laat vallen. De proeven daarna laten zien hoe lang een vliegtuig daarmee kan doorvliegen.

Het NLR heeft bij de ontwikkeling van het besturingssysteem nauw samengewerkt met het bedrijf MOOG/FCS, dat nieuwe besturingscomputers en software ontwikkelt. Alle testen werden uitgevoerd in de nieuwe testhal van het NLR in Flevoland, met zijn moderne infrastructuur van besturings- en meetsystemen en inspectietechnieken. Dankzij deze testfaciliteit kan de Nederlandse industrie technisch hoogwaardige vliegtuigdelen ontwerpen en produceren, die aan alle internationale eisen voldoen.

NEDERLANDSE INNOVATIES IN DE JSF

Dankzij Nederlandse deelname bevat de F-35 Lightning II ('Joint Strike Fighter') een aantal belangrijke Nederlandse innovaties. Overheid en industrie hebben sinds eind jaren negentig consequent geïnvesteerd in nieuwe technologieën, die nu zijn vertaald naar innovatieve toepassingen voor de JSF.

In de huidige *System Development and Demonstration* (SDD-) fase van de JSF heeft Nederland zich duidelijk gepositioneerd. Inmiddels is door de Nederlandse overheid ook de *Production, Sustainment and Follow-On Development* (PSFD) MoU ondertekend, waarmee de overheden afspraken hebben gemaakt voor de hele levenscyclus van het vliegtuig, inclusief onderhoud. Lockheed Martin en de motorfabrikanten zijn verantwoordelijk voor de opdrachten in deze fasen. Die fasen bieden de Nederlandse overheid, industrie en kennisinstututen interessante mogelijkheden voor werk in de komende dertig jaar.

Belangrijk is bijvoorbeeld het opzetten van een Europees steunpunt voor onderhoud en logistiek. Dat kan hoogwaardige werkgelegenheid voor Nederland opleveren. Met het oog op effectief en efficiënt onderhoud aan de JSF doet het NLR nu al mee aan de analyse van toekomstige werkprocessen en aan de ontwikkeling van software. De hulpmiddelen die ontwikkeld worden, zijn onderdeel van het nieuwe Autonome Logistieke Informatiesysteem (ALIS), waarmee straks onderhoudsmensen ongebruikelijke problemen kunnen oplossen, die niet in de handleidingen zijn voorzien. Deze tools komen wereldwijd beschikbaar voor alle gebruikers van de JSF.

Daarnaast heeft het NLR de laatste windtunneltests afgerond voor de verticaal opstijgende en landende JSF-variant (de STOVL).

NLR-medewerkers hebben bij deze proeven veel slimme oplossingen bedacht om de luchtstromen in en om het vliegtuig goed te kunnen meten en modelleren.

Het NLR heeft ook voor Fokker Elmo verschillende projecten uitgevoerd voor de JSF. Zo hebben we geholpen bij de kwalificatie van de elektrische bekabeling die Stork voor de JSF maakt. Het gaat daarbij om tientallen kilometers bekabeling, die de informatie van alle systemen transporteert. Deze bekabeling moet goed blijven functioneren onder zware omgevingscondities. Het NLR heeft de certificatiebasis vastgesteld en verschillende "environmental qualification tests" uitgevoerd. Fokker Elmo heeft daarvoor een belangrijke onderscheiding gekregen van Lockheed Martin.

Waarschijnlijk wordt ook de geavanceerde vliegertraining, die Dutch Space en het NLR samen met het ministerie van Defensie hebben gedemonstreerd, opgenomen in het JSF-programma. In de afgelopen jaren heeft Nederland simulatie- en softwaretechnologie ontwikkeld. Daarmee kan nu de vertaling naar de JSF-training worden gemaakt. Zo krijgt Defensie effectieve vliegertraining, die nauw aansluit bij de Nederlandse wensen.

Nederland denkt inmiddels mee over de verdere ontwikkeling van de JSF. Voor elk jaar wordt een

block update voorzien, met nieuwe functies en met nieuwe technologie die goedkoper of effectiever is dan de bestaande. Een voorbeeld daarvan is het gebruik van composietmaterialen in vliegtuigcomponenten of motoronderdelen.



SLIMME HARSINJECTIE

**Een nieuwe techniek voor
harsinjectie maakt een
einde aan onvoorspelbare
variaties bij de fabricage van
composiet vliegtuigonderdelen.
Daarmee kan beter worden
voldaan aan de eisen van de
vliegtuigindustrie.**

De afgelopen jaren is harsinjectie een belangrijk onderdeel geworden van de fabricage van composiet vliegtuigonderdelen. Tijdens harsinjectie worden vezels onder druk geïmpregneerd met hars. Dat levert een licht en uiterst sterk resultaat op. Het injecteren is echter nog handwerk. Daardoor kan de kwaliteit variëren. Het NLR heeft slimme injectiemallen [smart moulds] ontwikkeld, die automatisch het injectieproces regelen. Dat levert een constantere en beter controleerbare kwaliteit op.

Het NLR ontwikkelde met dit materiaal eerder onderdelen voor landingsstellen, bijvoorbeeld voor de F-16-straaljager en de NH90 militaire helikopter. Bij militaire vliegtuigen is het gewicht mede bepalend voor prestaties tijdens militaire operaties. Maar ook de civiele luchtvaart heeft dit materiaal ontdekt. Het maakt lichtere vliegtuigen mogelijk, die meer nuttige lading kunnen meenemen. Ook in de nieuwe Airbus A350 zal koolstofversterkte kunststof toegepast worden. Scheepsbouwers zijn eveneens gebruikers van koolstofversterkte kunststof.

Bij het injecteren van kunsthars kunnen luchtbellens een groot probleem vormen. Als kunsthars in de mal spuit, kan lucht ingesloten raken, waardoor ongemerkt holten in het materiaal ontstaan. Een computersimulatie van het vloeien van de hars geeft vooraf de procesparameters, maar insluitingen zijn vaak het gevolg van kleine variaties die moeilijk voorspeld kunnen worden. Onderzoekers bij het NLR hebben de harsinjectie nu geautomatiseerd, waardoor de kwaliteit veel constanter is. Sensoren in de mal detecteren of er luchtbellens ingesloten zitten. Ze worden in de mal ingebouwd op moeilijk bereikbare hoeken en op plekken waar twee harsstromen samenkomen. Daardoor wordt zichtbaar wat er in de mal gebeurt. Op het beeldscherm is het vloeien van de hars nu *live* te volgen. De computer kan de gegevens van de sensoren gebruiken om het juiste moment te bepalen om de uitstroom af te sluiten met een automatische afsluiter.

De slimme injectiemal is ingebouwd in de injectiemachine, die het NLR eerder ontwikkelde. De techniek werd ontwikkeld in nauwe samenwerking met Stork. Voor de industrie is de techniek belangrijk, omdat een constante kwaliteit de certificatie voor gebruik in vliegtuigen eenvoudiger maakt. Geïnjekteerde composieten worden daardoor interessanter voor vliegtuigontwerpers. De Nederlandse producenten van hightechmaterialen zullen daarvan profiteren.





ROBOT PLAATST KOOLSTOFVEZELS

Alleen robots kunnen koolstofvezels nauwkeurig genoeg op de juiste plaats neerleggen. Ze brengen sterkte aan op de plekken waar die echt nodig is.

Vezelversterkte kunststoffen maken nog sterkere en lichtere vliegtuigonderdelen mogelijk. Bij de fabricage van die onderdelen worden de vezels meestal met de hand aangebracht. Dat is niet zo nauwkeurig en beperkt de mogelijkheden om het patroon van de vezels te variëren.

Een van de bestaande geautomatiseerde technieken is het vlechten van vezels in cilindervormige kousen. Die techniek maakt productie mogelijk met een constante, goed controleerbare kwaliteit. De flexibiliteit van de techniek is echter gering, omdat het aantal vezels per laag overal hetzelfde is. Dat betekent dat het aantal vezels moet worden afgestemd op de plek waar de grootste sterkte nodig is. Sommige andere plekken zijn dan eigenlijk te sterk en daarmee ook zwaarder dan strikt genomen noodzakelijk is. De robottechnieken die het NLR ontwikkelde, maken variatie mogelijk. De robot legt strippen met vezels een voor een neer en kan ze ook in bochten leggen, zodat op sommige plekken

meer vezels liggen dan op andere. Daarmee kan de sterkte worden geoptimaliseerd.

Op die manier is een aantal cilinders geproduceerd met een sterkte die van plaats tot plaats varieert. Dat is een gunstige vorm, omdat de robot de vezels er eenvoudig omheen kan wikkelen. Een min of meer cilindervormig object is de uitgangsvorm voor veel onderdelen van een vliegtuig. Als de vorm goed wordt gekozen, kunnen er bijvoorbeeld deuren en luiken uit worden gesneden.

Het NLR ontwikkelt ook computersimulaties waarmee berekend kan worden wat het juiste vezelpatroon is om alle krachten op het onderdeel op te vangen. Daarmee kan op elke plek de gewenste stijfheid worden aangebracht. Dit computerprogramma is nog volop in ontwikkeling en wordt uiteindelijk ook geschikt gemaakt voor complexe geometrieën, zoals dubbel gekromde oppervlakten.

MOBILITEIT





Efficiënter, stiller en
punctueler landen

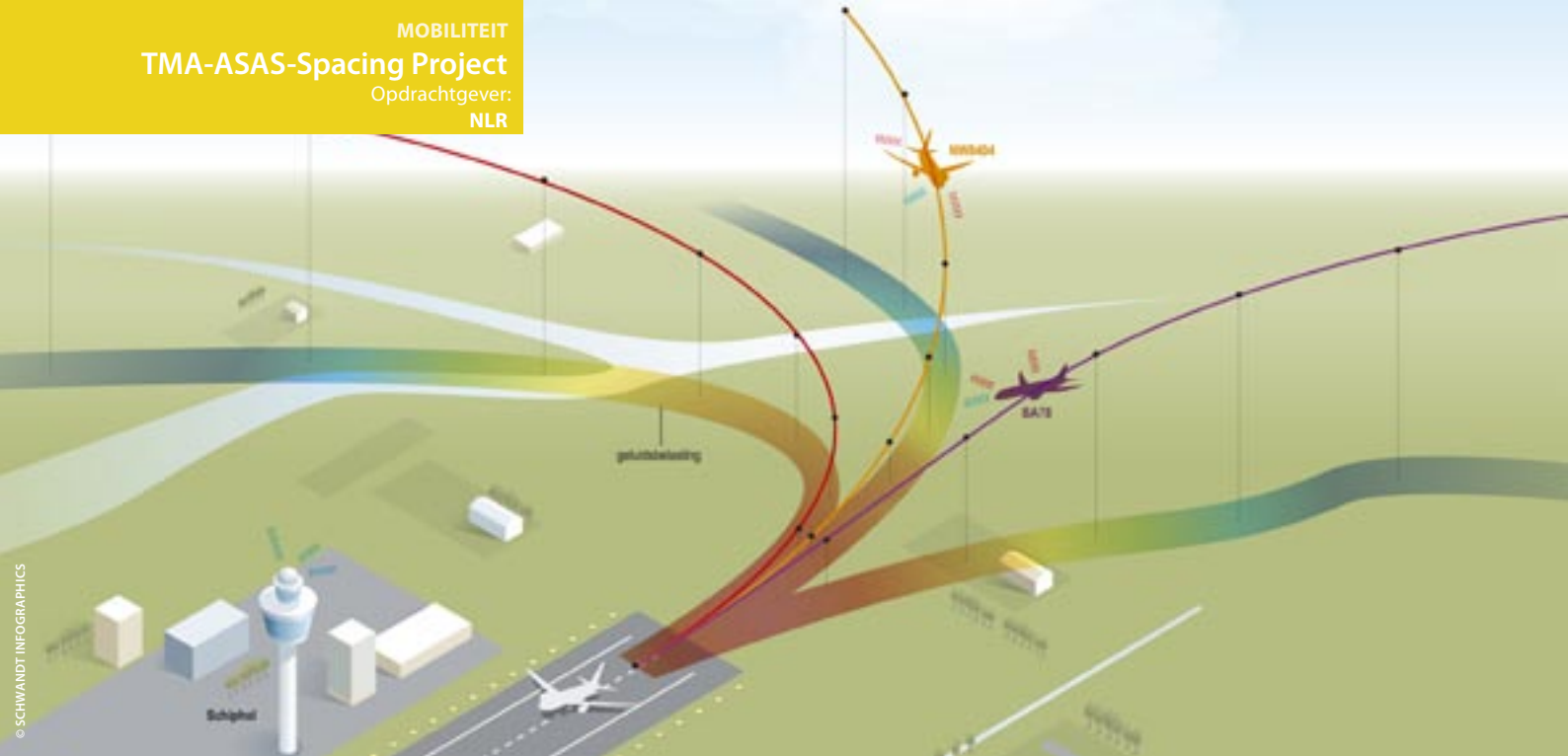
Goedkopere, betere
plaatsbepaling

Comfort aan boord

Specifieke landings-
procedures voor
helikopters

MOBILITEIT

Een eindeloze stroom goederen en mensen verplaatst zich dagelijks van en door Nederland, ook via onze luchthavens. Nederland is een toegankelijk land. Maar toegankelijkheid is een kwetsbare eigenschap die aandacht vraagt. Bijvoorbeeld met studies naar efficiënte landingsprocedures en accurate plaatsbepaling.



EFFICIËNTER, STILLER EN PUNCTUELER LANDEN

Met nieuwe technieken om vlieggegevens uit te wisselen met andere vliegtuigen kan een piloot nauwkeurig een bepaalde afstand of tijd ten opzichte van een ander vliegtuig aanhouden. Dit systeem kan de piloot helpen efficiënter, stiller en punctueler te landen.

De nadering en landing van een vliegtuig wordt sinds jaar en dag begeleid door de verkeersleiding op de luchthaven. Kan een piloot efficiënter, stiller en punctueler dalen en landen als hij meer beslissingsverantwoordelijkheid krijgt?

Elk vliegtuig bepaalt zelf zijn positie, hoogte, richting en snelheid. Een draadloze dataverbinding kan die informatie zowel aan de luchtverkeersleiding op de grond als aan andere vliegtuigen in de lucht doorgeven, een systeem dat *Automatic Dependent Surveillance - Broadcast* (ADS-B) heet. Een aantal vliegtuigen is al uitgerust met ADS-B. Over een aantal jaren zal dit systeem vluchtinformatie doorsturen naar de verkeersleiding op de grond. Daar kan het als aanvullende informatie bij de radarbeelden worden gebruikt. Nog verder in de toekomst zullen ook vliegtuigen in de directe omgeving deze informatie kunnen ontvangen. Naast ADS-B is een tweede systeem in gebruik: het *Airborne Separation Assistance System* (ASAS). Dit systeem gebruikt de vluchtinformatie van andere vliegtuigen om deze op een bepaalde afstand of tijd te volgen.

Het NLR heeft de toepassing van ASAS en ADS-B tijdens het dalen en landen onderzocht. In maart 2006 vlogen twee NLR-testvliegtuigen een aantal

keer op een vaste onderlinge afstand een vliegroute van vijftig mijl. De route varieerde in hoogte en snelheid, kende een aantal scherpe en minder scherpe bochten, en eindigde met een landing. Beide toestellen waren uitgerust met een ADS-B- en ASAS-systeem

Tijdens twee testdagen op Groningen Airport vlogen de twee vliegtuigen tienmaal dezelfde route. Het tweede vliegtuig bleek daarbij in staat om nauwkeurig de vereiste afstand tot het eerste vliegtuig te houden. De afwijking was kleiner dan twee seconden. De ADS-B- en ASAS-systemen presteerden ook naar verwachting tijdens de daling en de landing.

De testresultaten met de ADS-B- en ASAS-systemen lijken vooral veelbelovend om landingen stiller te laten verlopen. Daardoor zouden bijvoorbeeld meer vliegtuigen overdag op Schiphol kunnen landen, bij een gelijkblijvend geluidsniveau. Nu dalen veel vliegtuigen in stappen naar beneden, daarbij begeleid door de luchtverkeersleiding op Schiphol. Een daling in stappen kost echter meer energie en produceert meer geluid voor omwonenden van een luchthaven dan een continue daling.



GOEDKOPERE, BETERE PLAATSBEPALING

Wide Area Multilateratie biedt een betere plaatsbepaling van vliegtuigen tegen lagere kosten. Het NLR werkt aan de invoering.

Het wordt steeds drukker in het Europese luchtruim. Om het luchtruim in de toekomst efficiënter te gebruiken, werkt Eurocontrol samen met de nationale organisaties voor verkeersleiding in de verschillende landen aan nog nauwkeuriger lokalisatie van vliegtuigen in het luchtruim. Wide Area Multilateratie (WAM) vormt daarbij een aantrekkelijke techniek: goedkoop, nauwkeurig, robuust, breed inzetbaar en zonder een extra beslag op het radiospectrum. Dat laatste is belangrijk, omdat de bestaande technieken in de luchtvaart, zoals radiobakens, radars en transponders, de beschikbare ruimte goeddeels hebben gevuld. Het multilateratiesysteem vangt de signalen op van bestaande systemen met ontvangers op de grond. Hebben vier ontvangers een vliegtuig binnen bereik, dan kan het systeem de locatie en hoogte van het toestel nauwkeurig berekenen. Dat gebeurt aan de hand van de tijdsverschillen waarmee signalen arriveren. Hoe groter de afstand tussen het vliegtuig en een ontvanger, hoe langer het signaal onderweg is.

Multilateratie wordt al op beperkte schaal toegepast rond Europese luchthavens. De techniek ontwikkelt zich snel en is nu ook leverbaar voor veel grotere gebieden. Vliegtuigen kunnen daarmee ook *en route* en bij de nadering van een vliegveld worden gevolgd. Dat is aantrekkelijk: een WAM-systeem kost de helft van een radarsysteem en ook de onderhouds-

kosten zijn veel lager. De grotere nauwkeurigheid verhoogt de veiligheid in dichtbevolgen landen als Nederland, terwijl de flexibiliteit een groot voordeel is in bergachtige landen.

Eurocontrol gaf het NLR in 2005 de opdracht om de toepasbaarheid van deze WAM-systemen te onderzoeken. In 2006 heeft het NLR de vervolgoopdracht gekregen om te bepalen hoe dergelijke systemen kunnen worden geïntegreerd in de bestaande surveillancesystemen van de Europese luchtverkeersleidingen. Beide studies werden uitgevoerd in samenwerking met het in Nederland gevestigde Hitt Traffic en het Britse Roke Manor Research. WAM-systemen kunnen gecombineerd worden met andere surveillancesystemen zoals radars en satellietnavigatie. De verschillende waarnemingen worden dan samengevoegd tot één plaatsbepaling, die op het scherm van de verkeersleider verschijnt. Dat samenvoegen gebeurt door zogenoemde trackerprogrammatuur; in Europa wordt daarvoor op een groot aantal plaatsen ARTAS gebruikt. In het verlengde van het onderzoek naar de toepasbaarheid van WAM-systemen heeft het NLR voor ARTAS de 'trackerkern' ontwikkeld. NLR onderzocht hoe ARTAS moet worden aangepast om ook de gegevens van WAM-systemen te kunnen verwerken. Dat levert een zeer betrouwbare plaatsbepaling op.

COMFORT AAN BOORD

Vliegcomfort is mede een zaak van een laag geluidsniveau en een goede airconditioning. Het NLR voerde metingen en berekeningen uit om bij het ontwerpen van vliegtuigen hiermee beter rekening te kunnen houden.

Motorgeluid dat de cabine binnendringt bepaalt het comfort van een passagier in hoge mate. Ook airconditioning speelt bij het comfort een belangrijke rol. Beide omstandigheden zijn onderwerp van studie in het EU-programma FACE. Een consortium van dertig Europese instituten en bedrijven voert binnen FACE metingen en berekeningen uit om bij de ontwikkeling van nieuwe vliegtuigen beter rekening te houden met passagierscomfort. Ook de toepassing van composieten in de rompconstructie werpt nieuwe vragen op: deze nieuwe materialen hebben andere akoestische eigenschappen.

Het NLR ontwikkelde een computermodel dat nauwkeurig de geluidstransmissie door de rompwand voorspelt. Om het model te valideren, voerde het NLR in zijn nagalmkamer akoestische metingen uit aan losse panelen. Geluidsboxen in de kamer wekken een gedefinieerd geluidsniveau op. Aan de andere kant van het paneel meet een geluidsintensiteitsmeetsonde (met twee microfoons) de doorgifte van het geluid. Ook werden metingen uitgevoerd aan een segment van de vliegtuigromp van een business jet. Het geluid werd binnenin de ‘barrel’ opgewekt en aan de buitenzijde rondom gemeten. Het NLR gebruikte daarvoor een array van 64 microfoons, dat langs de barrel op en neer gereden kan worden om het hele oppervlak af te tasten.

Ook de airconditioning aan boord werd door het NLR gemodelleerd. Voor een segment van het toestel met de lengte van één rij stoelen werd de luchtcirculatie berekend. Frisse lucht stroomt binnen via de *nozzles* van de airconditioning en wordt weer afgezogen op vloerhoogte aan de zijkanten van de cabine. Het NLR gebruikte een thermoregulatiemodel van het menselijk lichaam om de onderlinge invloed van passagiers en cabineomgeving te berekenen. Lichaamswarmte zorgt voor een opwaartse luchtstroom langs benen en romp. Deze neemt warmte en vocht op. Ook de adem voert vocht en warmte de ruimte in. Niet alleen de temperatuur aan boord, maar ook de temperatuurgradiënt langs het lichaam, de vochtigheid, luchtstromingen, de straling van de koude buitenwand van het toestel, en directe zonnestraling door de ramen, bepalen het passagierscomfort.



SPECIFIEKE LANDINGSPROCEDURES VOOR HELIKOPTERS

Het NLR werkt aan aparte landingsprocedures voor helikopters en tiltrotortoestellen. Dat ontlast standaard routes voor vliegtuigen naar luchthavens, vermindert geluid en is comfortabeler voor inzittenden.

Luchthavens krijgen in de toekomst steeds meer helikopters en tiltrotorvliegtuigen te verwerken. Luchthavens kunnen hun capaciteit verhogen door voor deze categorie luchtverkeer aparte landingsprocedures te gebruiken. Nu worden helikopters nog binnengeleid via standaard aanvliegeroutes. Door hun lagere snelheid houden ze het overige verkeer soms op. Specifieke landingsprocedures voor helikopters langs alternatieve routes, die gebruikmaken van de wendbaarheid en steile dalingsmogelijkheden van helikopters, scheppen ruimte voor het overige verkeer en ontlasten de omgeving. Bij een steile landing blijven helikopters of tiltrotorvliegtuigen langer hoog in de lucht. De geluidsbelasting aan de grond is daardoor lager. Voor de inzittenden biedt een steile landing meer comfort. Bij de dalingshoek van 3° van de huidige aanvliegeroutes treden hinderlijke trillingen op doordat rotorbladen door hun eigen zog heen draaien. De rotor van het toestel produceert daardoor ook extra geluid.

Met name van tiltrotors wordt de komende decennia een sterke groei verwacht. De toestellen, die opstijgen en landen als een helikopter en vliegen als een vliegtuig, zijn ideaal voor de kortere afstanden, tot zo'n 500 km. Ze kunnen direct op het landings-

platform landen. Met behulp van satellietnavigatie, aangevuld met Ground-Based Augmentation System (GBAS)-correctiesignalen kan de landing worden uitgevoerd, onafhankelijk van de Instrument Landing Systemen (ILS) van de conventionele landingsbanen. Dat biedt grote vrijheid.

Het NLR voerde in 2006 een groot aantal simulaties uit om te onderzoeken aan welke randvoorwaarden de alternatieve naderingsprocedures moeten voldoen. De werklust voor de piloot mag niet te groot zijn en er moet precies langs de juiste route gevlogen kunnen worden om het overige vliegverkeer niet te hinderen. Een reeks test- en verkeersvliegers voerde in het Helicopter Pilot Station (HPS) van het NLR een serie landingsprocedures uit met dalingshoeken tot 10° en met verschillende bochten in de landingsfase. Daarbij werden afwijkingen van het gedefinieerde vliegp pad en de werklust voor de piloot nauwkeurig geregistreerd.

In 2007 wordt het onderzoek naar de vliegprocedures voor helikopters voortgezet. De simulaties van de procedures worden uitgebreid om ook de communicatie met de verkeersleiding en de interactie met het overige vliegverkeer op Schiphol te kunnen beoordelen.

VEILIGHEID





Onafhankelijk oordeel
over luchthaven Reykjavik

Second opinion over
plannen Zürich

Integratie onbemande
vliegtuigen in luchtruim

Conflictdetectie op
vliegvelden

Automatische test van
brandstofmanagement-
systeem

VEILIGHEID

Nergens gelden zoveel veiligheidseisen als in de luchtvaart. Je kunt een bibliotheek vullen met de internationale voorschriften voor vliegtuigen. En terecht: vliegtuigpassagiers moeten op de veiligheid kunnen vertrouwen.



ONAFHANKELIJK OORDEEL OVER LUCHTHAVEN REYKJAVIK

De ontwikkeling van luchthavens leidt vaak tot maatschappelijke controverse. Het NLR werd in 2006 ingeroepen voor een onafhankelijk advies over de luchthaven van Reykjavik.

Reykjavik Airport ligt ingeklemd tussen de stad en de zee. Omdat de stad nieuwe bouwgrond nodig heeft, wil het stadsbestuur al jaren dat de luchthaven inkrimpt. Een van Reykjaviks duurste wijken is al achter een van de landingsbanen gebouwd. De regionale luchthaven vervult echter een belangrijke functie in een land waar binnenlands luchtvervoer een essentiële rol speelt door het gebrek aan wegen. De IJslandse overheid wil de luchthaven daarom behouden. Het NLR werd in december 2005 benaderd om helderheid te scheppen in de al twintig jaar slepende controverse, vanwege zijn ruime expertise met Schiphol en andere Europese luchthavens. De vraag die het NLR gesteld werd, was: in welke compacte vorm is er toekomst voor Reykjavik Airport? Het NLR voerde de opdracht uit samen met het Nederlandse adviesbureau NACO, gespecialiseerd in het ontwerpen van luchthavens.

Via brainstormen en interviews inventariseerde het NLR begin 2006 in Reykjavik feiten en standpunten. Analyse van geografische en klimatologische gegevens bracht daarna snel een eerste schifting van bestaande ideeën. Zo oordeelde het NLR dat de luchthaven geen levenskansen heeft wanneer deze slechts met één baan opereert. Door de vaak straffe wind uit zeer wisselende richtingen zou Reykjavik

Airport te vaak gesloten zijn. Het NLR inventariseerde de belangen die met Reykjavik Airport gemoeid zijn. Reykjavik is uitwijkvluchthaven voor vluchten naar Keflavik Airport, IJslands internationale luchthaven, gelegen op 55 kilometer van Reykjavik. Sluiting van Reykjavik Airport zou de exploitatiekosten voor Icelandair opdrijven doordat toestellen meer brandstof moeten meenemen. Reykjavik Airport biedt daarnaast veel werkgelegenheid.

Het NLR werkte een kleine dertig alternatieve banenstelsels uit, waarbij de banen vaak deels of helemaal in zee liggen. Het beoordeelde van elk stelsel de beschikbaarheid bij het heersende windregime en de risico's en geluidsbelasting voor de stad.

Op basis van dit eerste rapport werd door het NLR in samenspraak met een IJslandse stuurgroep een keuze gemaakt. Vier varianten werden daarna in meer detail uitgewerkt, waarbij het NLR de geluidskaarten en berekeningen van het externe risico verzorgde en NACO een lay-out van de luchthaven uitwerkte, met terminals en taxibanen. Zo kon de economische exploitatie voor elk plan worden beoordeeld, de ruimtewinst voor de stad worden bepaald en de aanlegkosten en risico's worden vergeleken.



SECOND OPINION OVER PLANNEN ZÜRICH

Het NLR evalueerde de nieuwe routes en runwaycombinaties voor de luchthaven Zürich. Een frisse onafhankelijke blik draagt bij aan de veiligheid.

In Zwitserland houdt Zurich Airport de gemoe-deren bezig. In 2006 verwerkte de luchthaven 19 miljoen passagiers en 270 duizend vluchten. Net als bij Schiphol gaat de voorziene groei gepaard met vragen over capaciteit, milieu en veiligheid. Het NLR werd gevraagd om een second opinion te geven over de risico's in een groot aantal ontwikkelingsscenario's voor de luchthaven, veelal met verlengde of nieuwe start- en landingsbanen.

Voor de ontwerpers van nieuwe routes en runway-combinaties is het onmogelijk om zelf alle verborgen risico's in hun ontwerpen te identificeren. Een frisse, onafhankelijke blik kan daarom een waardevolle bijdrage leveren aan de veiligheid. Voor de

second opinion liet het NLR onder andere de ontwerpen stuk voor stuk door een ervaren verkeers-leider en een ervaren NLR-vlieger bestuderen. Zo werd elk dossier vanuit verschillende perspectieven op mogelijke complicaties beoordeeld. Er werden onvermoede risico's geïdentificeerd, en voorstel-len gedaan om deze risico's te beperken. De studie werd in november afgerond en leidde tot een beter ontwerp van de negentien scenario's, en een duide-lijker inzicht in hun veiligheid. Deze scenario's zijn in Zwitserland begin december gepresenteerd. De keuze is nu aan de politiek.

INTEGRATIE ONBEMANDE VLEGITUIGEN IN LUCHTRUIM

Het NLR ontwikkelde een detect-and-avoid-demonstratiesysteem voor onbemande vliegtuigen. Dit systeem integreert onbemande vliegtuigen op een veilige manier in het luchtruim.

Onbemande vliegtuigen, ofwel UAV's (*unmanned aerial vehicles*), bieden zowel voor militaire als voor civiele toepassingen grote mogelijkheden. Militaire UAV's kunnen operaties uitvoeren die voor bemande vliegtuigen te riskant zijn of te lang duren. Nuttige civiele toepassingen zijn bijvoorbeeld het inspecteren van pijpleidingen, milieubewaking, visserijbewaking en bosbranddetectie.

Momenteel mogen onbemande vliegtuigen vanwege de veiligheidsregels maar in een beperkt deel van het luchtruim vliegen: alleen daar waar niet of nauwelijks ander luchtverkeer wordt toegelaten. Dat is een belangrijke barrière voor het breder inzetten van UAV's in de toekomst. Het streven is om onbemande vliegtuigen uiteindelijk op een veilige manier in het luchtruim te integreren, tussen het bemande luchtverkeer.

Het NLR onderzoekt een detect-and-avoid-systeem voor UAV's: hoe kan een UAV veilig vliegen temidden van al het andere vliegverkeer? Er wordt gezocht naar een technologische oplossing die al haalbaar is in het jaar 2010. Het doel is in de eerste plaats om kennis te ontwikkelen over het veilig integreren van middelgrote

UAV's (ter grootte van een zakenvliegtuig) in het luchtruim, op een hoogte tussen vijf en tien kilometer. Het bouwen van een industrieel prototype van het systeem ligt verder in de toekomst.

In 2006 heeft het NLR een demonstratiesysteem ontwikkeld en in de praktijk getest. Dit detect-and-avoid-systeem combineert twee bestaande technieken: het antibotsingssysteem uit de civiele luchtvaart – TCAS (*Traffic Collision Avoidance System*) – en het standaard visuele waarnemingsysteem van een UAV.

TCAS is een hulpmiddel voor de piloot om botsingen met andere vliegtuigen te vermijden zonder dat de verkeersleiding



daarvoor nodig is. TCAS zendt radiosignalen uit, die andere vliegtuigen in de omgeving kunnen oppikken. Die vliegtuigen zenden via een radartransponder een radiosignaal terug. Zo ondervraagt een vliegtuig met TCAS als het ware zijn omgeving om te zien wie er in de buurt vliegt, en waar. Vanaf 2008 moet in een groot deel van het luchtruim elk vliegtuig standaard met een transponder zijn uitgerust.

Het UAV-waarnemingssysteem bestaat uit optische en infrarode sensoren die het onbemande vliegtuig normaal gebruikt voor de inspectietaak waarvoor het is ontworpen. Het idee is om dezelfde sensoren een deel van

de tijd te gebruiken om op andere vliegtuigen in het luchtruim te letten, en niet alleen op de grond.

Het NLR bouwde een deel van een UAV-grondstation na, dat vervolgens achter in de cabine van het NLR-testvliegtuig *Citation* gemonteerd is. Ook werd het UAV-waarnemingssysteem in de neus van het vliegtuig ingebouwd. Deze testopstelling is gekwalificeerd, zodat het testvliegtuig aan alle luchtwaardigheidseisen voldoet. De *Citation* kon zo als het ware als een onbemand toestel vliegen, terwijl er wel gewoon een piloot aan boord was.

De eerste tests geven een positieve indruk. Door het combineren van het TCAS-systeem met het UAV-sensorensysteem detecteerde de gesimuleerde UAV eerder vliegtuigen in de omgeving dan de piloten dat deden.

De demonstratieversie is in 2006 helemaal uitontwikkeld. Voor 2007 staat een tweede vliegproef op het programma. Dan wordt gekeken hoe goed de als UAV ingezette *Citation* in staat is om drie verschillende typen vliegtuigen in de lucht te detecteren en te ontwijken: de kleine Pilatus PC7, de middelgrote Fokker F60, en de snelle F-16-straaljager.





CONFLICTDETECTIE OP VLEGVELDEN

Het NLR heeft in zijn verkeerstorensimulator real-time simulaties uitgevoerd van conflictdetectie bij startende en landende vliegtuigen op het Italiaanse vliegveld Malpensa.

Op een vliegveld heeft elke start- en landingsbaan zijn eigen *runway controller*. Deze houdt vanuit de verkeerstoren een baan in de gaten om mogelijke botsingen te voorkomen. *Ground controllers* inspecteren vanuit de toren de taxibanen. Inspectie gebeurt zowel visueel als met de radar.

Binnen een Europees onderzoeksprogramma wordt voor vliegvelden in Parijs, Praag, Milaan en Toulouse onderzocht hoe de inspectie van start-, landings- en taxibanen verbeterd kan worden, hoe conflicten op die banen voorkomen kunnen worden en ook of er bij dezelfde veiligheids garanties meer vliegtuigen kunnen landen, starten en taxiën.

Om de posities van vliegtuigen in kaart te brengen, gebruiken sommige luchthavens naast de grondradar ook multilateratie. Het grootste voordeel voor de verkeersleider is dat een vliegtuig zijn identificatie en andere informatie kan meesturen, zoals het toesteltype of de snelheid. Informatie als de radarplot van een vliegtuig wordt zo op de grond automatisch gekoppeld aan de juiste vluchtgegevens.

De automatische koppeling van radarplot aan vluchtgegevens bleek in 2006 tijdens simulaties door het NLR bij te dragen aan een goed overzicht van de verkeerssituatie. De verkeersleider was eerder attent op conflicten, vooral bij slechtzichtcondities. De koppeling maakt de *ground controller* ook zekerder van zijn informatie, waardoor hij per tijdseenheid meer vliegtuigen op de taxibanen onder zijn controle kan nemen.

De *real-time* simulaties in de NLR-verkeerstorensimulator werden uitgevoerd voor het Italiaanse vliegveld Malpensa (Milaan). Ze maakten onderdeel uit van een Europees onderzoeksprogramma naar geavanceerde airporttechnologieën dat onder leiding staat van het Duitse DLR. In Malpensa moet een taxiënd vliegtuig, op weg naar of vanaf een gate vaak een baan moet oversteken die in gebruik is. Dat kan zeker tijdens mist of 's nachts gevaarlijke situaties opleveren. Tijdens de simulaties werd onderzocht op welke momenten er precies een waarschuwing of een alarm moet worden gegeven als er een conflict op een start- of landingsbaan dreigt te ontstaan.

AUTOMATISCHE TEST VAN BRANDSTOF-MANAGEMENTSYSTEEM

Voor de NH90-transporthelikopter ontwikkelde het NLR een systeem dat een complete test van het brandstofmanagementsysteem automatisch uitvoert.

Het brandstofmanagementsysteem in een helikopter is heel wat ingewikkelder dan een metertje dat aangeeft hoeveel brandstof het toestel nog heeft. Dat komt omdat bij elke beweging van de helikopter ook de brandstof gaat verschuiven. De brandstof ligt verdeeld over meerdere tanks, die zijn verbonden met een geavanceerd pompen- en kleppensysteem. Een intelligent brandstofmanagementsysteem moet in de gaten houden of de brandstofvoorziening op rolletjes loopt.

De nieuwe NH90-transporthelikopter heeft een brandstofmanagementsysteem bestaande uit drie delen. Het *Cockpit Fuel Panel* (CFP) geeft brandstofinformatie aan de piloot. Het *External Fuel Panel* (EFP) levert de brandstofinformatie voor het grondpersoneel dat de helikopter bijtankt. En de Fuel Management Controller (FMC) verzorgt de automatische aansturing van de brandstofvoorziening. De FMC stuurt onder andere de pompen en kleppen aan.

In 2006 ontwikkelde het NLR voor de NH90-transporthelikopter een automatisch testsysteem dat een complete test van het brandstofmanagementsysteem automatisch uitvoert en een testrapport opstelt. Hiervoor simuleert het testsysteem de omgeving van het brandstofmanagementsysteem, zoals brandstofhoogtesensoren, pompen en kleppen. Autoflug GmbH test met het systeem alle delen van het brandstofmanagementsysteem. Daarnaast wordt het testsysteem ook gebruikt voor de certificatietesten van de drie afzonderlijke delen van het brandstofmanagementsysteem. Het testsysteem ondersteunt daarmee de productie van de EFP en de CFP door het Nederlandse bedrijf Heli-One Components BV in Zevenaar.

De ontwikkeling is in 2006 afgerond en het systeem is inmiddels naar tevredenheid in gebruik. De automatisering van deze tests bespaart veel tijd en dus geld. Waar bijvoorbeeld het handmatig testen van een enkele FMC zo'n anderhalf uur duurt, kost het met behulp van het automatische testsysteem nog maar een half uur.



MILIEU





De juiste baankeuze

Eilanden van Stilte

Bron motorgeluid
zichtbaar gemaakt

Uitlaatgassen van een
vliegtuig meten

MILIEU

Nederland behoort met ruim 16 miljoen mensen op krap 35000 vierkante kilometer tot de dichtstbevolkte landen ter wereld. Niet voor niets loopt Nederland wereldwijd voorop bij het ontwikkelen van milieubeleid. Met een doordachte baankeuze van Schiphol bijvoorbeeld. En met een betrouwbare meting van vliegtuiguitstoot.



DE JUISTE BAANKEUZE

Welke start- en landingsbanen verkeersleiders gebruiken, is naast een technische ook een maatschappelijke keuze. Een baankeuzeadviesysteem neemt hen lastige afwegingen uit handen. Na Schiphol krijgt ook Basel zo'n systeem.

De luchthaven van Basel ligt op Frans grondgebied, vlakbij de grens met Zwitserland en Duitsland. Omliggende gemeenten in drie landen moeten met elkaar overeenstemming vinden over een billijke verdeling van geluidsbelasting en risico's. Dat maakt de baankeuze voor de chef verkeersleider tot een complexe afweging, waarin hij naast technische ook politieke randvoorwaarden moet betrekken. Vanaf medio 2007 zal één van de banen in twee richtingen gebruikt worden. Om de taak te vergemakkelijken en het keuzeproces transparant te maken, wil Basel dan ook een baankeuzeadviesysteem invoeren. Het NLR deed in 2006 een haalbaarheidsstudie. Als enige in de wereld heeft het NLR ervaring met de ontwikkeling van een dergelijk systeem, dat op Schiphol in gebruik is.

Wind, zicht, baanonderhoud en de beschikbaarheid van ILS-systemen bepalen welke start- en landingsbanen gebruikt kunnen worden. Waar verkeersleiders de keuze hebben, gebruiken ze liefst de banen met de kortste taxitijden. Als eerste luchthaven in de wereld houdt Schiphol ook rekening met limieten aan de jaarlijkse geluidsbelasting,

en met de verdeling daarvan over de omgeving. Het Runway Allocation Advise System (RAAS) van Schiphol integreert alle gegevens en criteria in één helder advies. Iedere maand wordt het gebruik van de banen geëvalueerd en zonodig het preferentieel baangebruik aangepast om – over een jaar gemeten – een juiste verdeling te bereiken van de vluchten over de verschillende banen. De grafische presentatie biedt de chefverkeersleider een goed overzicht in de alternatieve keuzen wanneer hij bijvoorbeeld moet anticiperen op een aanwakkerende wind. Wanneer hij afwijkt van het advies vraagt het systeem hem dat te motiveren. Zo ontstaat er een heldere verantwoording over alle gemaakte keuzen.

Luchtverkeersleiders uit Basel brachten in het voorjaar 2006 een bezoek aan het NLR en aan Schiphol om het systeem in de praktijk te kunnen beoordelen. Er zijn gesprekken met betrokken gemeenten rond Basel gevoerd om die inspraak te geven in de baankeuze. Het NLR ontwikkelde vervolgens voor Basel een demonstratieversie van het baankeuzeadviesysteem. In 2007 zal het NLR in Basel een volwaardig systeem implementeren.



EILANDEN VAN STILTE

Stilte is schaars in Nederland. Altijd is er wel geruis en ook boven natuurgebieden vliegen vliegtuigen. Onderzoek laat zien dat het stiller kan.

De Stichting Natuur en Milieu heeft een aantal gebieden aangewezen waar stilte belangrijk is voor natuur en natuurbeleving. Het NLR onderzocht het vliegverkeer voor twee van deze gebieden, de Noord- en Zuid-Veluwe. Daarbij ging het erom vast te stellen waar precies gevlogen wordt en welke geluidsbelasting dat geeft op de grond. Zo'n studie, naar geluidsbelasting op grote afstand van luchthavens, is nog niet eerder uitgevoerd.

Het vliegverkeer werd in kaart gebracht aan de hand van radargegevens. Het blijkt dat er veel gevlogen wordt over de Veluwe. In piekperioden gaat het om bijna één vliegtuig per minuut boven dit gebied, waarvan de helft Schipholverkeer is. Buiten de piek is het verkeer van en naar Schiphol in de minderheid.

Voor het Schipholverkeer werd ook de geluidsbelasting berekend. De radargegevens werden gecombineerd met informatie over de vliegtuigtypes, opdat de geluidsbelasting kon worden berekend. De bestaande geluidsmodellen hebben echter beperkin-

gen. Ze zijn ontworpen voor de directe omgeving van een vliegveld, waar lager wordt gevlogen. Verder weg van een vliegveld is de belasting verspreid over een groter gebied en spelen wind en atmosferische omstandigheden een belangrijke rol. Daarom konden we met de bestaande geluidsmodellen de geluidsoverlast alleen benaderen. Uit de schattingen voor de Veluwe bleek dat geluidsniveaus boven de 55 dB(A) voor kunnen komen. Dat komt op veel plekken duidelijk boven andere geluiden uit.

De radargegevens laten ook zien dat maatregelen mogelijk zijn om meer stilte te krijgen. Om delen van de Veluwe te ontzien, kan het verkeer meer gebundeld worden op de noordrand en zuidrand van de Veluwe. Dat is voor het luchtverkeer een ingrijpende maatregel, omdat de snelheden en onderlinge afstanden van vliegtuigen dan ook uniformer moeten zijn dan nu het geval is. Het leidt ook tot meer geluidsbelasting in de gebieden waar het verkeer wordt geconcentreerd. Stilte in Nederland vergt moeilijke keuzen.



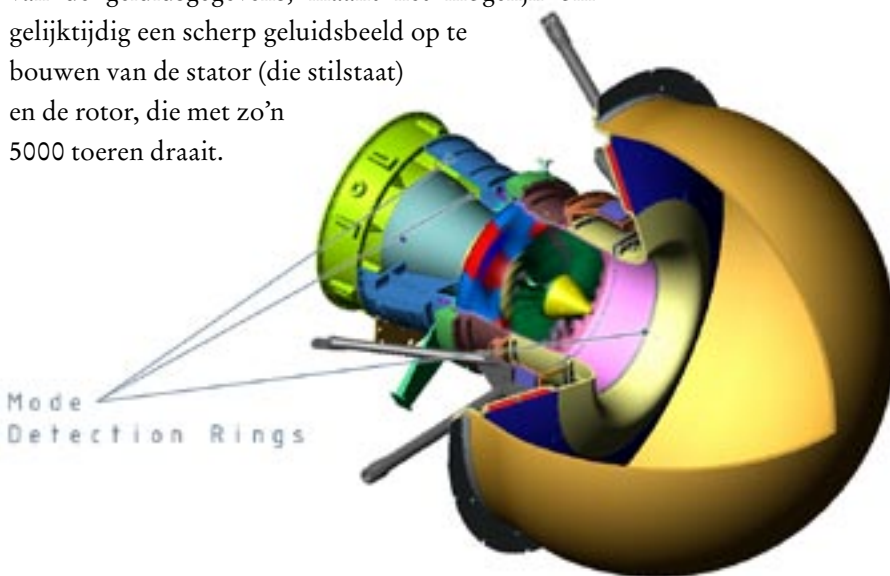
BRON MOTORGELUID ZICHTBAAR GEMAAKT

Er is een groeiende behoefte aan stille vliegtuigmotoren. Voor Rolls-Royce paste het NLR een revolutionaire techniek toe om in de motorinlaat precies te kunnen zien waar geluid ontstaat.

Rond luchthavens is vliegtuiggeluid een belangrijk thema. Fabrikanten investeren daarom veel in het ontwerpen van stillere vliegtuigmotoren. Onderzoek naar de oorsprong van het geluid speelt daarbij een belangrijke rol. Het NLR droeg de afgelopen jaren daaraan bij door het geluid te meten met microfoons in de motor. Ook in 2006 werd in de testlocatie van Rolls-Royce een ring met 100 kleine microfoons aangebracht in een schaalmodel van een vliegtuigmotor. De microfoons registreren geluidstrillingen en schokgolven die langs de wanden lopen en brengen die in kaart. Op deze manier krijgen de ontwerpers veel informatie hoe bepaalde tonen in het motorgeluid ontstaan. Voorheen kon het geluid alleen buiten de motor worden gemeten.

Door subtiele aanpassingen in het motorontwerp konden veel pieken al uit het geluidsspectrum worden weggenomen. De vliegtuigmotoren werden daardoor stiller. In het geluid dat overbleef, heeft het sonore achtergrondgeluid van de motor een belangrijker aandeel, zeker bij lagere toerentallen. Dit geluid wordt veroorzaakt door rotor- en statorbladen. Het NLR slaagde er in 2006 voor het eerst in om de exacte locatie van de 'hot spots' op de bladen te lokaliseren door met de ring met microfoons diep in de motor te 'kijken'. Deze techniek om roterende geluidsbronnen te bestuderen, werd een aantal jaar geleden al toegepast om het geluid van windturbines te onderzoeken.

Door faseverschillen tussen de 100 microfoons te meten, kan de ruimtelijke vorm van de geluidsgolven uit de diepte van de motorinlaat worden bepaald. Die vorm verradt de exacte locatie van de geluidsbron. De techniek, die hoge eisen stelt aan de registratie en verwerking van de geluidsgegevens, maakt het mogelijk om gelijktijdig een scherp geluidsbeeld op te bouwen van de stator (die stilstaat) en de rotor, die met zo'n 5000 toeren draait.



UITLAATGASSEN VAN EEN Vliegtuig METEN

De precieze samenstelling van de uitlaatgassen van een vliegtuig is nauwelijks bekend. Het NLR heeft samen met een aantal partners technieken ontwikkeld waarmee de uitstoot snel en betrouwbaar gemeten kan worden.

De uitlaatgassen van motoren worden tijdens de levensduur van een vliegtuig nooit gemeten. Dat is geen wonder, want het zijn lastige metingen. Alleen bij de certificatie van de motor meet de fabrikant de uitstoot. De motor draait daarbij op verschillende vermogens, waarbij met een meetbuis monsters van de uitlaatgassen worden verzameld. Deze meting beïnvloedt het stromingspatroon en is daardoor onnauwkeurig. Inhomogeniteiten in de gasstroom blijven zo onopgemerkt. Het zijn juist die plaatselijke verschillen die belangrijk zijn bij de vorming van NOx en andere vervuilende stoffen. Of de motor tijdens de levensduur af gaat wijken van de fabrieksspecificaties is evenmin bekend.

Het NLR onderzoekt twee meettechnieken die de gasstroom ongemoeid laten bij het bepalen van de samenstelling. Dat onderzoek werd uitgevoerd samen met motorfabrikant Snecma (F), de TU Clausthal (D) en de zusterorganisaties DLR (D) en Onera (F). Daarnaast werkte ook Norsk Elektro Optikk (N) mee, dat deze techniek op de markt wil brengen.

In dit samenwerkingsverband werden methoden beproefd die gebaseerd zijn op lasertechnieken en infraroodspectroscopie. Hiermee kan op afstand de samenstelling van het gas worden gemeten. Als met een laserstraal door de gasstroom wordt geschoten, verstrooien en absorberen de moleculen het licht op

een manier die specifiek is voor het type molecuul. Spectroscopische metingen van deze absorptie en verstrooiing geven de samenstelling van het gas weer. Door het gebruik van zeer korte laserpulsen, enkele picoseconden, kan tegelijk de locatie van de gemeten gassen worden vastgesteld. Die korte pulstijd maakt de metingen wel lastig, want bij het meten van vervuilende uitstoot gaat het soms om heel lage concentraties van de bestanddelen in de gasstroom. De meettechnieken werden op de grond beproefd met een van de testvliegtuigen van het NLR. De ontwikkelde verstrooiingstechniek biedt de mogelijkheid om de metingen ook tijdens het vliegen uit te voeren, maar dat is nog niet onderzocht.

Om de absolute hoeveelheden van de uitgestoten gassen te meten, is het ook nodig om de totale massa van de gasstroom te bepalen. Die totale massa kan worden afgeleid uit de snelheid van het langsstromende gas. Voor snelheidsmetingen zijn daarom verschillende optische technieken onderzocht en uitgewerkt.

In dit internationale onderzoeksproject is duidelijk geworden dat nauwkeurige metingen van lage concentraties vervuilende uitstootgassen mogelijk zijn. Voor routinematige metingen moet het meetbereik van de sensoren nog worden vergroot, opdat meer verschillende stoffen in de uitlaatgassen kunnen worden gemeten.

DEFENSIE- & VREDESTAKEN





Brede uitwisseling
informatie tijdens
operaties

Verbeterde levensduur-
berekening F-16

Tactiektraining
gevechtsvliegtuigen
simuleren

Veilige woestijnlanding

DEFENSIE- & VREDESTAKEN

Tijden veranderen, zeker voor de Nederlandse krijgsmacht. Nederlandse militairen opereren tot ver buiten het NAVO-grondgebied, in landen als Afghanistan en Irak. Dat stelt hoge eisen aan hun materieel, dat betrouwbaar, adequaat en veilig moet zijn.

BREDE UITWISSELING INFORMATIE TIJDENS OPERATIES

ICT is steeds belangrijker tijdens een militair optreden. Militairen in de lucht en op de grond moeten een zo volledig mogelijk overzicht hebben. Interoperabiliteit is daarom een belangrijke tak van defensie-onderzoek.

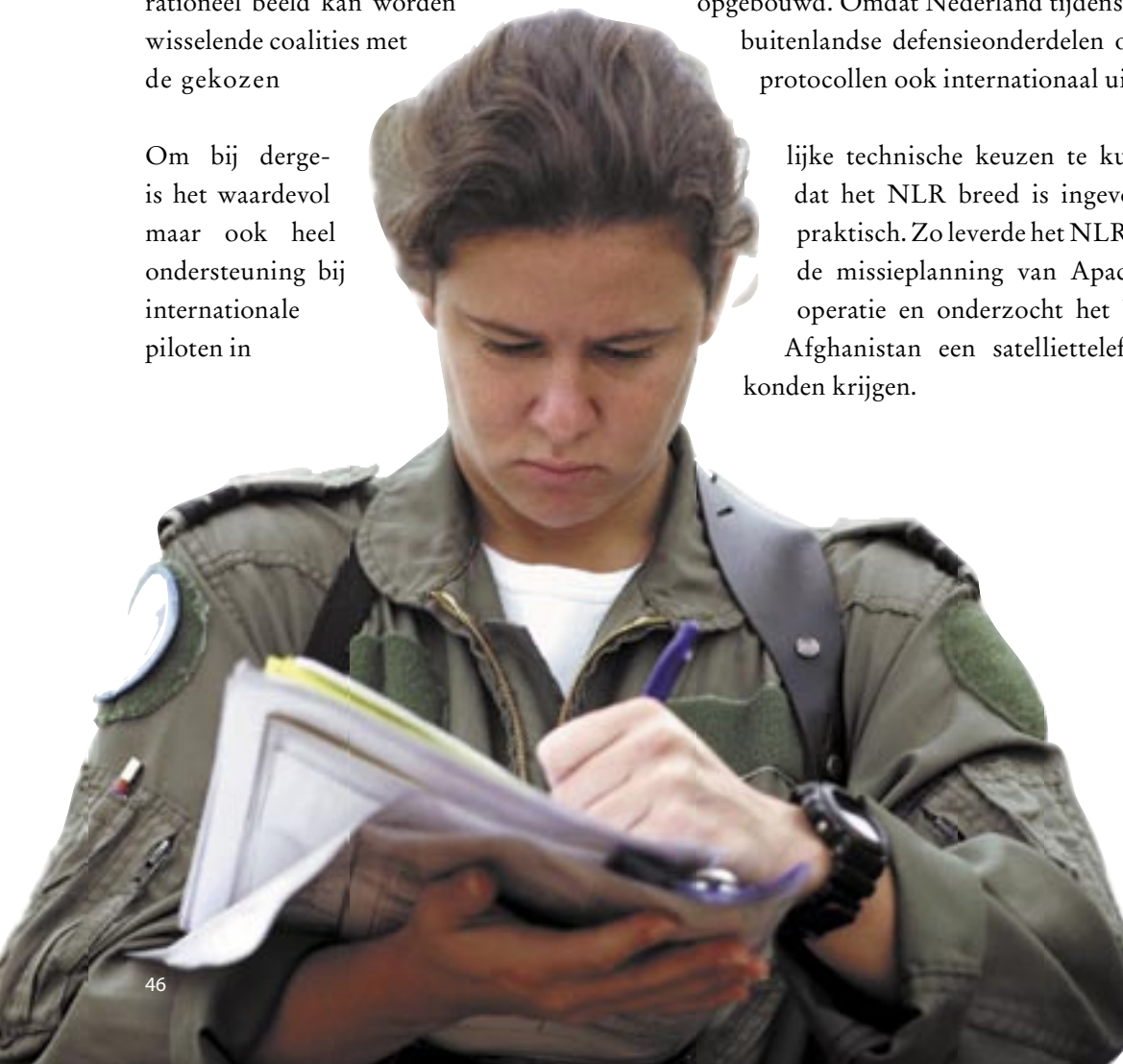
Militaire operaties zijn tegenwoordig ook digitale operaties. Informatiestromen zijn vaak doorslaggevend voor de veiligheid en het succes van militair optreden. Tijdens luchtoperaties staan vlieger en toestel in contact met de gevechtsleiding en met troepen op de grond. Er worden data en informatie uitgewisseld om alle betrokkenen een zo compleet mogelijk beeld te geven van de positie van eigen eenheden en van bedreigingen in de lucht en op de grond.

Defensie beveiligd militaire konvooien in Afghanistan met F-16's. Om te voorkomen dat vliegers per ongeluk op eigen voertuigen schieten, krijgen ze positiegegevens doorgezonden. Vooraf en achteraf, bij logistieke planning, missieplanning en evaluatie speelt digitale uitwisseling van gegevens een belangrijke rol. 'Interoperabiliteit' is de komende jaren een sleutelbegrip.

Defensie bouwt aan geïntegreerde mobiele netwerken waarbinnen de gegevensstromen samengebracht worden en op een gestructureerde manier kunnen worden afgewikkeld. In 2006 hield het NLR zich op verschillende niveaus met interoperabiliteit bezig, van praktisch operationeel tot strategisch. Een belangrijke vraag daarbij was voor welke architectuur, welke netwerken en welke protocollen en standaarden Defensie moet kiezen. Bij die keuzen moet Defensie aansluiting vinden tussen alle defensieonderdelen, letterlijk en figuurlijk. De datalinks die de luchtmacht, landmacht en marine gebruiken, moeten bijvoorbeeld onderling gekoppeld kunnen worden, opdat tijdens gezamenlijke operaties een gemeenschappelijk operationeel beeld kan worden opgebouwd. Omdat Nederland tijdens vredesmissies in wisselende coalities met buitenlandse defensieonderdelen opereert, moeten de gekozen protocollen ook internationaal uitwisselbaar zijn.

Om bij dergelijke technische keuzen te kunnen adviseren, is het waardevol maar ook heel ondersteuning bij internationale piloten in

lijke technische keuzen te kunnen adviseren, dat het NLR breed is ingevoerd, strategisch praktisch. Zo leverde het NLR 2006 technische de missieplanning van Apache's tijdens een operatie en onderzocht het NLR hoe F-16-Afghanistan een satelliettelefoon aan boord konden krijgen.





VERBETERDE LEVENSDUURBEREKENING F-16

Het NLR heeft een rekenmethode ontwikkeld die de belasting van een F-16 tijdens een willekeurige missie op een efficiënte manier bepaalt. Hiermee kan worden onderzocht wat de nog te verwachten levensduur is.

De levensduur van een F-16-straaljager hangt sterk af van het gebruik van het vliegtuig. Gewoon in een rechte lijn van A naar B vliegen belast het vliegtuig veel minder dan een missie met veel richtings-, hoogte- en snelheidsveranderingen. Om te weten hoe lang het toestel meegaat en hoe vaak het moet worden geïnspecteerd, moeten de belastingen zo goed mogelijk uit de missiegegevens worden berekend. Zowel uit kostenoverwegingen als uit veiligheidsoverwegingen is dit belangrijk.

In een driejarig project heeft het NLR een algemene rekenaanpak ontwikkeld die de belasting van een F-16 in een willekeurige missie op een efficiënte manier bepaalt. Die kan dan gebruikt worden om te onderzoeken hoe toekomstig gebruik doorwerkt in de nog te verwachten levensduur. De berekeningen luisteren nauw. Vele parameters beïnvloeden de belasting; niet alleen de missiedetails zoals hoogten, snelheden en versnellingen, maar ook het brandstofgewicht, de verdeling en het gewicht van de aan de buitenkant meegevoerde wapens en de turbulentie. Er zijn enkele honderden mogelijkheden om de lading onder een vliegtuig te hangen, die allemaal tot andere belastingen op het toestel leiden.

Het project had als doel te bewijzen dat de algemene rekenaanpak werkt. Voldoet de rekenaanpak voor één combinatie, dan voldoet hij ook voor alle andere combinaties. Voor de gekozen bewapeningscombinatie berekende het NLR duizenden sommen. Elke som gaat uit van een bepaalde hoogte, snelheid, versnelling, brandstofgewicht, enzovoort. De uitkomsten van al die sommen gaan in een grote database.

De spanningen die een toestel tijdens een willekeurige missie krijgt te verduren, kunnen nu worden berekend met de gegevens uit de database. Daarvoor wordt een missie denkbeeldig in kleine stukjes geknipt. Met de gegevens uit de database wordt nu zo goed mogelijk bepaald wat de spanningen op het vliegtuig zijn tijdens dat stukje van de missie. De totale belasting tijdens een volledige missie is de som van al die bijdragen. Het NLR verbeterde tevens de onderliggende rekenmodellen: zowel het stromingsmodel, als het model dat uitrekent wat de spanning op een willekeurig punt van het vliegtuig is.

De uitkomsten van de berekeningen werden gevalideerd aan de hand van metingen tijdens F-16-missies. In de toekomst kan de database gemakkelijk worden uitgebreid door nog meer combinaties van missieparameters door te rekenen.

Eind 2006 werd het project afgerond, met als belangrijkste resultaat dat het principe van de nieuwe levensduurberekening werkt. Tot aan dit onderzoek kon het NLR wel goed de scheurgroei bij een bepaalde belasting berekenen, maar niet hoe het toekomstige gebruik van een vliegtuig zal doorwerken op de scheurgroei, en dus uiteindelijk op de levensduur. De nieuwe levensduurberekening kan in de toekomst worden gebruikt om voor een nieuw soort inzet van een F-16-vliegtuig de levensduureffecten vooraf te berekenen. Het wordt tevens toegepast om ervoor te zorgen dat de F-16 vloot gelijkmatig wordt belast.



TACTIEKTRAINING GEVECHTSVLIEGTUIGEN SIMULEREN

Het Fighter Four-Ship simuleert de tactische operaties van twee of vier gevechtsvliegtuigen tegelijk. Het is een belangrijke uitbreiding en verbetering van bestaande NLR-onderzoeksfaciliteiten.

Tijdens militaire operaties vliegen gevechtsvliegtuigen meestal in een groep van twee, vier of zelfs nog meer. Zo kunnen ze elkaar helpen, en dat is zowel tactischer als veiliger. De groep zelf maakt over het algemeen weer deel uit van een grotere luchtoperatie met andere groepen vliegtuigen.

De al langer bestaande NLR-simulator GFORCE simuleert één F-16-gevechtsvliegtuig. In de jaren negentig begon het NLR met GFORCE en andere NLR-simulators collectieve operaties te simuleren met meerdere gevechtsvliegtuigen. Het nieuwe Fighter Four-Ship is een evolutionaire doorontwikkeling, waarbij nu vier gevechtsvliegtuigsimulators geïntegreerd zijn in een onderzoeksplatform. Zo kan de samenwerking tussen de piloten veel beter worden onderzocht, met als doel tactische teamtrainingen te verbeteren. De uitgebreide faciliteit is mobiel, flexibel, gemakkelijk onderhoudbaar en daarmee kosteneffectief.

Stel dat vier F-16's een operatie moeten uitvoeren. Aangekomen in het doelgebied splitsen ze zich in twee groepen die onderling goed moeten samen-

werken. Dit is een van de vele situaties die met de Fighter Four-Ship kan worden onderzocht. De nieuwe faciliteit kan de hele missiecyclus nabootsen, inclusief missieplanning, missiebriefing en missiedebriefing. Bovendien kunnen met enkele aanpassingen ook andere vliegtuigen worden gesimuleerd, zoals de F-35 Lightning II (JSF).

Fighter Four-Ship bestaat fysiek uit vier cockpitstoelen, ieder opgesteld voor een groot projectiescherm. In elke stoel kan een piloot zitten, die via een touchscreen zijn virtuele toestel op dezelfde manier kan bedienen als een echt toestel. Hiermee wordt het opstijgen, vliegen en landen gesimuleerd in een willekeurige, gesimuleerde tactische omgeving.

Fighter Four-Ship is een onderzoeksfaciliteit, geen trainingsfaciliteit. Er wordt onderzoek gedaan naar vragen als: Hoe kunnen tactische operaties het beste worden getraind? En wat betekent het koppelen van een verscheidenheid aan simulators voor het realisme van de simulatie? Samen met het Ministerie van Defensie zijn inmiddels de eerste concrete onderzoeksprojecten gestart.

VEILIGE WOESTIJNLANDING

Het NLR ondersteunde de Koninklijke Luchtmacht bij de verbetering van het Helmet Mounted Display. Hiermee kan een helikopterpiloot ook bij opstuivend woestijnzand veilig landen.

Bij een helikopterlanding in de woestijn wordt het zicht van de piloot flink gehinderd door opstuivend zand. Dit is maar één van de verminderde zichtomstandigheden waarmee helikopterpiloten te maken kunnen krijgen.

In zulke slechtzichtscondities neemt het risico toe dat de piloot een verkeerd beeld krijgt van de werkelijke snelheid en versnelling bij de landing. Hij moet daarom vaker zijn cockpitinstrumenten raadplegen, wat een extra belasting vormt. De vraag rees of er geen technologisch hulpmiddel kan worden gemaakt waarmee de helikopterpiloot veiliger en met minder werkbelasting kan landen bij slechtzichtscondities.

Om de vlieger te ondersteunen, heeft de Koninklijke Luchtmacht *Helmet Mounted Displays* aangeschaft voor al haar *Cougar*-helikopters. Het belangrijkste element van een *Helmet Mounted Display* is een transparante voorzetlens die is gemonteerd op de pilootenhelm (of op de nachtkijker). De piloot kan de lens bij een landing tijdens slecht zicht voor zijn rechteroog klappen. Op de lens wordt dan actuele vlieg informatie geprojecteerd, net als op de cockpitinstrumenten. Daarnaast toont het display standaard enkele parameters die de stand van de helikopter ten opzichte van de grond weergeven. Met de voorzetlens kan de piloot langer naar buiten blijven kijken, wordt de werklust minder en kan hij veiliger opereren.

Maar wat is de handigste manier om de gewenste informatie te presenteren?

In opdracht van de Koninklijke Luchtmacht testte het NLR bij twee helikopterpiloten verschillende manieren om informatie op de voorzetlens te presenteren. Het idee was om met een bewegende, oplichtende pijl zowel de snelheid als de versnelling weer te geven. De beginpositie van de pijl geeft de snelheid ten opzichte van de grond aan. De lengte van de pijl stelt de versnelling ten opzichte van de grond voor: hoe langer de pijl, hoe groter de versnelling. Hoe lang die pijl moet zijn bij welke versnelling, is een keuze: de schaling.

De uitdaging was om de lengte van de pijl – en zijn dynamische gedrag bij versnellingen – zo te schalen dat de piloot de informatie van de pijl zo optimaal mogelijk gebruikt. Het nieuwe symbool bleek de vliegers tijdens simulatieproeven te helpen om bij slecht zicht veiliger met de helikopter te landen. De volgende stap is het uitvoeren van testvluchten in de praktijk.

INNOVATIE





Afdichtingen in
gasturbines

De oogst van Galileo

Samenwerken aan
kortere ontwikkeltijden
van vliegtuigen

De opmaat voor
Geo Valley

INNOVATIE

Fundamenteel onderzoek vormt de diepgelegen basis voor technologische ontwikkeling. Wie meer weet, kan op den duur betere techniek ontwikkelen: zuiniger, lichter, veiliger, minder milieuvriendelijk.



AFDICHTINGEN IN GASTURBINES

De faciliteit voor het testen van dynamische afdichtingen in gasturbines is nu volledig operationeel. De testopstelling kan nu het maximale toerental en de maximale temperatuur bereiken.

De nieuwe faciliteit voor het meten van afdichtingen in gasturbines is in 2006 verbeterd. De testcondities komen nu overeen met de omstandigheden in turbinemotoren. Fabrikanten kunnen daardoor onder realistische condities hun afdichtingen testen om zo de efficiëntie van gasturbines te verbeteren.

Hoe beter de dynamische afdichting functioneert, hoe minder lucht weglekt en hoe efficiënter de motor dus is. Turbinefabrikanten werken aan nieuwe geometrieën en nieuwe concepten om de prestaties van afdichtingen te verbeteren.

Het complexe stromingspatroon in de motor maakt het nodig de afdichtingen (seals) onder praktijkomstandigheden te testen. De NLR *seal test rig* kan dynamische afdichtingen testen bij een druk van 24 bar, een temperatuur van 760 graden Celsius en een snelheid van 1315 kilometer per uur. De combinatie van die omstandigheden maakt het ontwerp van de testopstelling zeer complex. Thermische en mechanische uitzettingen zorgden aanvankelijk voor trillingen. Het ontwerp van de rotor is daarom zodanig aangepast dat de rotatiesnelheid kon worden opgevoerd.

In de testfaciliteit worden tot op heden labyrintafdichtingen getest, een klassiek afdichtingsconcept dat al vele decennia wordt toegepast. De faciliteit zal in de toekomst ook geschikt gemaakt worden voor het beproeven van andere afdichtingsconcepten, zoals *brush* afdichtingen. Bij dit type afdichtingen speelt niet alleen het geometrisch ontwerp een belangrijke rol, maar ook materiaaleigenschappen.

De NLR *seal test rig* is in zijn soort uniek in de wereld. De installatie is ontworpen en gebouwd in nauwe samenwerking met industriële belanghebbenden om innovatieve afdichtingen te ontwikkelen en te valideren.

DE OOGST VAN GALILEO

Het NLR wil een sleutelrol spelen bij de toepassing van satellietnavigatie. Fundamentele en praktische kennis ontleent het NLR aan een reeks nieuwe opdrachten voor de verificatie en validatie van het Europese satellietensysteem Galileo.

Vanaf 2011 moet Europa over een eigen systeem voor satellietnavigatie beschikken. Galileo, dat moderner, nauwkeuriger en betrouwbaarder wordt dan het Amerikaanse GPS, belooft een basis te worden van vele nieuwe navigatietoepassingen voor overheid, bedrijven en particulieren. Om producenten te kunnen helpen bij het ontwikkelen van betrouwbare toepassingen, wil het NLR nauw betrokken zijn bij de verificatie en validatie van Galileo. Dankzij het testwerk aan Galileo weet het NLR straks als weinig anderen wat het nieuwe navigatiesysteem te bieden heeft. Navigatiesystemen krijgen de komende jaren een steeds centralere rol in de logistiek. Betrouwbare navigatiesystemen gebaseerd op satellietnavigatie zijn belangrijk voor nieuwe luchtverkeersleiding-concepten zoals 'Free Flight', voor toepassingen op de weg ('road pricing'), het water en het spoor. Het NLR wil in samenwerking met nationale en Europese partijen een onafhankelijk monitoring systeem voor Galileo opzetten en operationeel maken. Dat systeem registreert de prestaties van het systeem.

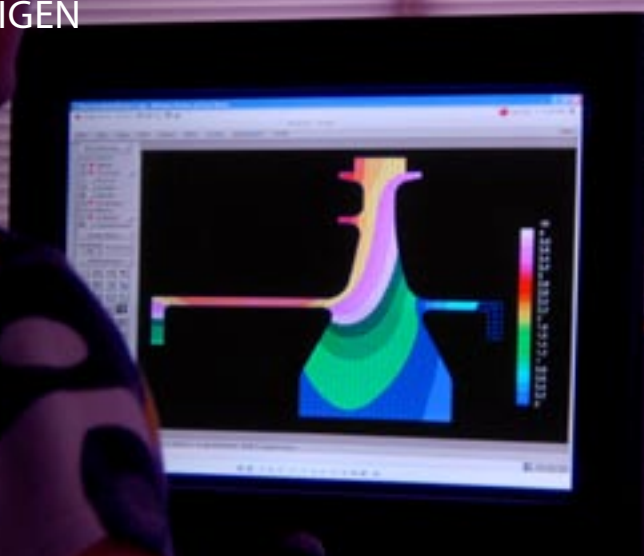
ESA lanceerde in 2005 voor Galileo reeds de eerste testsatelliet GIOVE-A. Het NLR ontvangt de signalen van GIOVE-A. GIOVE-B zal in de loop van 2007 volgen. Het NLR, dat de afgelopen jaren al betrokken was bij het testen van Galileo's voorloper EGNOS, werkte in 2006 de eerste plannen uit voor het testen van de eerste Galileo-ontvangers. Die worden door het Franse Thales Navigation gebouwd voor testdoeleinden. In 2008 beproeft het NLR ze uitgebreid, onder andere aan boord van een auto, een trein en een vliegtuig. Door het dopplereffect ziet het Galileo-satellietensignaal er vanuit een trein of vliegtuig anders uit dan vanuit stilstand. Het NLR is ook betrokken bij de ontwikkeling van de Galileo-grondstations. Het levert apparatuur waarmee vitale onderdelen worden getest, waaronder de Missie Uplink en Control Facility, die door Thales Alenia Space wordt gebouwd. De faciliteit plant de informatie die vanuit de verschillende grondstations naar de dertig Galileo-satellieten stroomt. Andere systemen die het NLR test zijn de Precise Timing Facility, die de voor Galileo zeer kritische tijdregistratie verzorgt, en de Message Generation Facility, die de boodschappen samenstelt die de Galileo-satellieten verspreiden.

Het NLR is samen met TNO, Logica CMG en Dutch Space onderdeel van het Netherlands Navigation Usage Initiative, dat de ontwikkeling van toepassingen van satellietnavigatie wil ondersteunen met een Galileo User Centre.



SAMEN WERKEN AAN KORTERE ONTWIKKELTIJDEN VAN VLIEGTUIGEN

Geen enkel bedrijf geeft zijn
ontwerpgereedschap graag
uit handen. In een omvangrijk
Europees project is het toch
gelukt om op een nieuwe,
hechte manier samen te werken.



In het project VIVACE (*Value Improvement through a Virtual Aeronautical Enterprise*) werken ruim zestig verschillende bedrijven samen. Het NLR is onder meer betrokken bij het deelproject op het gebied van motorenbouw. Tijdens een demonstratie in oktober werkten Rolls Royce (D), Volvo Aircraft (S), Avio (I), MTU (D), NLR en enkele anderen samen aan het ontwerp van een motoronderdeel. Op verschillende plaatsen in Europa zaten ontwerpers die allemaal van dezelfde ontwerpgegevens gebruikmaakten. Samen verbeterden ze de levensduur van de schijf in het hogedrukdeel van de turbine. MTU voerde onder meer aerodynamische berekeningen uit met de eigen software, Rolls-Royce en NLR berekenden op andere plekken onder meer de mechanische eigenschappen. Daarbij konden alle betrokkenen direct elkaars resultaten zien en meteen verder werken aan verbeteringen van het ontwerp.

Het voordeel van deze aanpak is dat er geen gegevens handmatig verplaatst hoeven te worden. Iedereen werkt aan hetzelfde ontwerp, waardoor er geen misverstand kan ontstaan door wijzigingen. Ook de context van berekeningen is meteen duidelijk. Daarvoor was het nodig dat verschillende partijen bij elkaar in de computer konden kijken en elkaars digitale gereedschappen op afstand konden bedienen. Dat is een heikel punt, want de samenwerkingspartner van vandaag kan morgen een concurrent zijn in een ander project. In VIVACE zijn technieken ontwikkeld om dat op een gecontroleerde manier toch te organiseren, zonder dat andere gegevens bloot

komen te liggen. Er werden hulpmiddelen ontwikkeld die de gegevens ontsluiten dwars door de firewalls heen, op een manier die de computerbeveiliging niet in gevaar brengt en de goedkeuring kreeg van de veiligheidsexperts van alle betrokken bedrijven.

Om er helemaal zeker van te zijn dat geen andere gegevens naar buiten komen dan waarvoor toestemming is, werd de techniek van polling gebruikt. De gast krijgt alleen op aanvraag gegevens voorgeschoteld; de andere gegevens blijven binnen de binnenste beschermingslinie. Het bedrijf dat de gegevens ontsluit, houdt dus alles in eigen hand.

Het voordeel van deze werkwijze is dat er alleen bij ingrijpende ontwerpwijzigingen nog papier hoeft te worden uitgewisseld. Het doorvoeren van kleine verbeteringen gaat daardoor veel sneller. Ook kunnen kleinere, gespecialiseerde leveranciers gemakkelijker in een samenwerkingsverband worden opgenomen, zonder dat de formele afwikkeling een te grote overhead vormt. Dat is belangrijk voor de Nederlandse industrie, die veel gespecialiseerde MKB-bedrijven kent. Die kunnen door deze techniek volwaardig meedoen met het motorontwerp of bij de ontwikkeling van andere vliegtuigonderdelen.

Via het NLR zijn in Nederland ook Stork Fokker AESP, Eldim, ADSE, Nedtech en enkele andere partijen betrokken bij dit project. Het NLR zorgt zo voor de toepassing van de innovaties van VIVACE in de industrie.

DE OPMAAT VOOR GEO VALLEY

Het Geomatics Business Park ontwikkelt zich tot een Geo Valley: een belangrijk centrum in Europa voor productie, analyse en levering van omgevingsinformatie.

In april 2006 werd het gerenoveerde Geomatics Business Park (GBP) bij Marknesse in Flevoland geopend. Het GBP verdubbelde de afgelopen jaren tot twintig bedrijven met meer dan 120 medewerkers. Het bedrijfsverzamelgebouw moest worden uitgebreid en de faciliteiten vernieuwd. Zo kwam er 2500 vierkante meter kantoorruimte en achthonderd vierkante meter archiefruimte bij en er werden een nieuwe vergaderruimte en een auditorium voor honderdvijftig mensen gerealiseerd.

Het GBP is in 2000 op initiatief van het NLR opgericht. Kleine en middelgrote bedrijven ontwikkelen er, in samenwerking met het NLR, kennis over aardobservatie en passen die toe. NLR en GBP ontwikkelen zich samen tot een commercieel dienstencentrum voor uitbesteding aan het bedrijfsleven, waar onder meer overheden toegang krijgen tot strategisch belangrijke geo-informatie. Inmiddels hebben ook WL Delft Hydraulics en TNO zich aangesloten. Het GBP wordt ondersteund door onder meer het Ministerie van Economische Zaken, de provincie Flevoland en de gemeente Noordoostpolder. Een van de belangrijke klanten is het Ministerie van Verkeer en Waterstaat (met name Rijkswaterstaat).

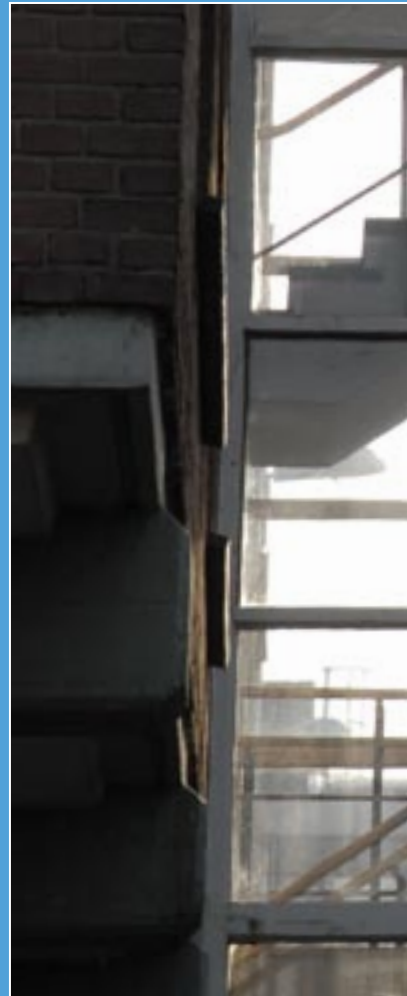
De groei en de ontwikkeling van het park leiden tot een Geo Valley: een belangrijk centrum in Europa voor de productie, analyse en levering van omgevingsinformatie. Aardobservatiebeelden dienen

als bron voor een beter beheer van de menselijke leefomgeving. Satellietbeelden en luchtfoto's kunnen bijvoorbeeld de lucht- en waterkwaliteit en het landbouw- en waterbeheer in kaart brengen.

In een onderzoek van het Amerikaanse Ministerie van Werkgelegenheid uit 2004 wordt geomatica – samen met biotechnologie en nanotechnologie – aangemerkt als belangrijke groeisector. Geschat wordt dat de werkgelegenheid in het GBP door uitvoering van Geo Valley kan groeien tot 250 fte. Een van de uitdagingen voor de komende jaren wordt de taak om potentiële klanten meer bewust te maken van wat het GBP te bieden heeft.

Een succesvol GBP-project dat in 2006 door een aantal bedrijven van het GBP is afgerond, ging over het monitoren van waterplanten. Dat is een onderdeel van het bewaken van de waterkwaliteit. Zowel de waterrecreant als de scheepvaart kan hinder ondervinden van waterplanten, en dus is het nuttig om in kaart te brengen waar waterplanten groeien en hoe ze zich verspreiden. Er wordt bijvoorbeeld in kaart gebracht waar blauwalgenplagen dreigen te ontstaan en waar ze naartoe drijven. Vroeger gebeurde dit door de wateren vanuit bootjes te inspecteren. Het pilotproject heeft laten zien dat de inspectie efficiënter kan gebeuren door een combinatie met lucht- en satellietfoto's. Door het succes van het project overweegt de opdrachtgever nu om deze nieuwe vorm van monitoring als standaardmethode in te voeren.

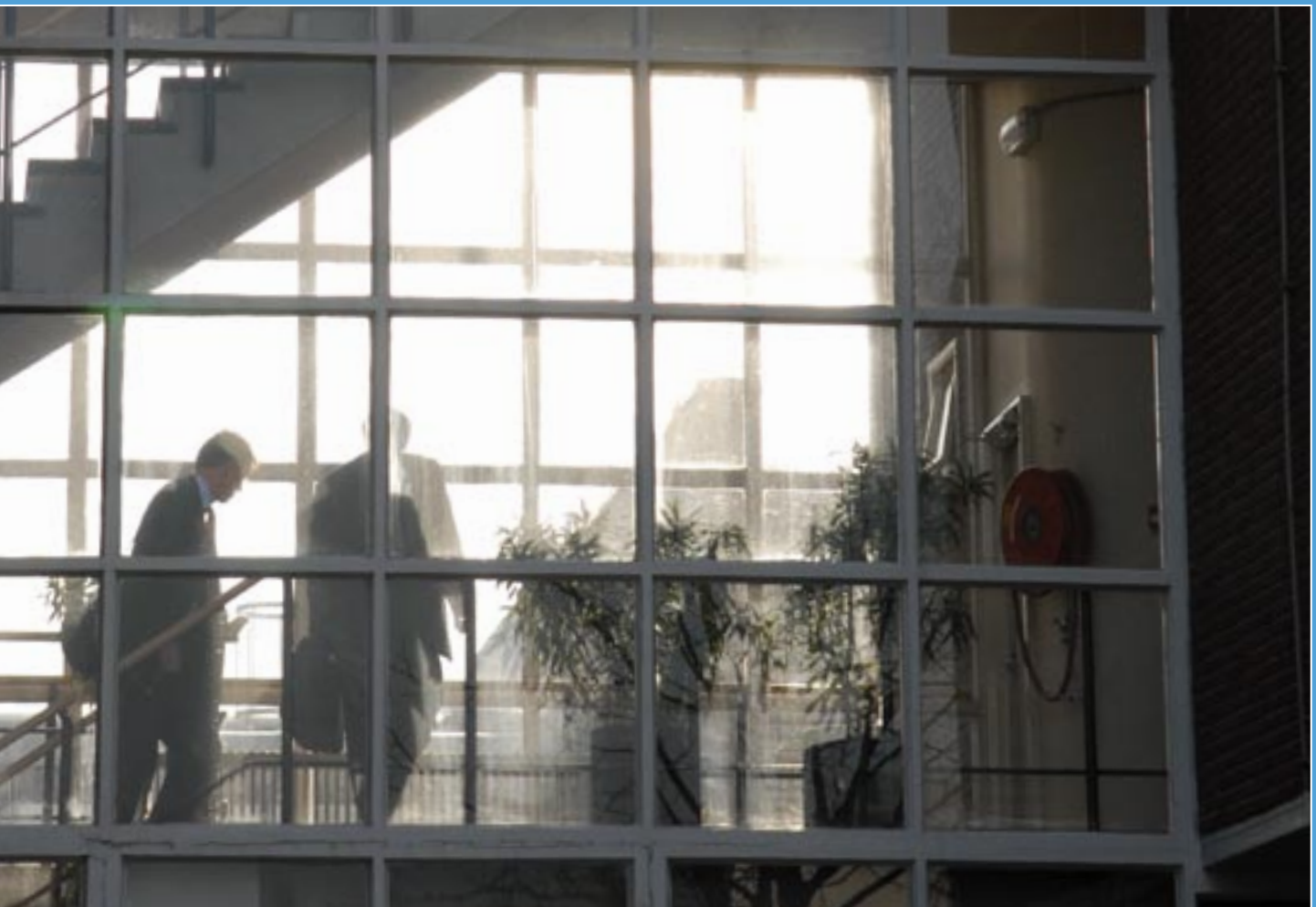




Hoofdstuk 2:

FACTS & FIGURES

Dit hoofdstuk presenteert een aantal NLR-medewerkers en laat hen aan het woord over hun drijfveren en ambities in hun werk voor het NLR. Daarnaast treft u in dit hoofdstuk informatie aan over de organisatiestructuur, de samenstelling van de medewerkers en de samenstelling van de Raad van Toezicht. Tot slot worden de financiële gegevens over 2006 gepresenteerd.



“IK GOOI MIJN MENSEN IN HET DIEPE”

Harm Slot, manager van de afdeling Avionica Ontwikkeling & Kwalificatie

Ik gooi mijn mensen in het diepe. Dat heeft het NLR 26 jaar geleden ook met mij gedaan en daar heb ik ontzettend veel van geleerd. Samen met een collega heb ik indertijd de instrumentatie-elektronica ontwikkeld en geïnstalleerd voor de low speed windtunnel in Flevoland. In het kader van ontwikkelingssamenwerking hebben we daarna in Indonesië hetzelfde gedaan voor de Indonesian Low Speed windtunnel. Dat was een prachtige tijd. We waren vrij als God in Frankrijk en de uitdaging was groot. Dan blijken je grenzen veel verder te liggen dan je zelf dacht.

Mijn afdeling telt dertig mensen. We ontwikkelen avionica – elektronica voor de lucht- en ruimtevaart – die onder alle omstandigheden moet werken. Je moet voor dit werk kritisch zijn, de juiste vragen durven stellen en een praktische instelling hebben. Ik heb niets aan mensen die ik van dag tot dag moet instrueren. Als er een probleem is, dan lossen ze dat meestal onderling op. En bij deadlines geldt: doorwerken en niet zeuren. Medewerkers bouwen zelf een goede band op met de opdrachtgevers en willen die niet teleurstellen.

Die dertig hebben mijn vertrouwen. Natuurlijk zit ik wel eens met het zweet op mijn voorhoofd, maar het komt altijd goed. Ze hebben mijn vertrouwen en ik steun hun ambities. Een van mijn hbo'ers wilde hogerop. Samen hebben we een ontwikkelingsplan gemaakt. Het NLR heeft hem financieel gesteund om een academische studie te volgen. Nu heb ik een academicus met grote praktische ervaring. Het werkt als een olievlek: er zijn nu meer collega's die verder willen studeren.

Er zijn veel projecten waar we trots op zijn. We hebben elektronica ontwikkeld voor het Internationaal Ruimtestation en voor de onderzoekssatelliet Sloshsat. We leiden een EU-project naar blikseminslag bij vliegtuigen. Misschien zouden we onze mijlpalen wat meer moeten vieren. Gek misschien, maar dat doen elektrotechnici niet zo makkelijk. Wij roepen al snel: doe maar gewoon, dat is al gek genoeg.



“ONDERZOEK IS HIER TEAMWERK”

Ludmila 't Hoen-Velterop, R&D engineer Constructie Technologie

Ik ben opgeleid als geoloog. In Delft deed ik een promotieonderzoek naar ontmenging in metaallegeringen. Als je met de microscoop naar een metaallegering kijkt, dan zie je een complexe structuur met allerlei insluitingen. Het is een spannende puzzel hoe die structuur samenhangt met de materiaaleigenschappen. Hoe moet een materiaal er van binnen uitzien om sterk en niet bros te zijn? Interessant onderzoek. Hier bij het NLR krijg ik er alle ruimte voor.

Het NLR biedt vrijheid en ook richting. Je weet hier altijd waar je het voor doet. En je doet het samen: onderzoek is hier teamwerk. Heel anders dan hiervoor in Delft, daar deed ik alles zelf. Hier werk ik nauw samen met technici en laboranten. Die voeren een deel van het onderzoek voor mij uit. Dat contact met mensen ligt mij wel. Ik vertel wat ik weten wil en betrek hen in mijn zoektocht. Ik leer veel van ze en voor hen is het leuk om te weten waarmee ze bezig zijn. Dan leveren ze vast nog beter werk.

In het begin kijken we samen. We bespreken de beste aanpak. Daarna bellen ze me als ze iets onverwachts tegenkomen. En als de resultaten er zijn zeg ik: ‘Dat is interessant!’ en ‘Hé, dat verbaast me.’ We praten erover. Zij geven hun visie. Door hun vakkundigheid kan ik veel onderzoekstechnieken combineren. De KLM wilde weten of de aanslag op een bepaald staartstuk corrosie was. We hebben een stukje uit die plaat gehaald, in plastic gesmolten en open gezaagd. Het snijvlak hebben we met de lichtmicroscoop bekeken, daarna met de elektronenmicroscoop details onderzocht en uiteindelijk, met een techniek die EDX heet, de chemische samenstelling van bepaalde afzettingen bepaald. Dat levert dan een heel concreet antwoord.



“IK WIL OOK INGENIEURS DIE ZELF KUNNEN VLIEGEN”

Christophe Hermans, manager van de afdeling Helikopters en Aero-akoestiek

Ik heb mensen nodig die weten hoe het vliegen van een helikopter aanvoelt. Als je testvliegers tot de grens van het mogelijke laat gaan, dan moet je niet alleen theoretisch maar ook praktisch weten waar je het over hebt. Wat betekent het om een naderingsprocedure te vliegen in turbulente omstandigheden? Binnen het kennisgebied helikoptertechnologie stimuleer ik medewerkers die dat leuk vinden daarom om zelf te gaan vliegen. Het NLR betaalt in sommige gevallen de opleiding en vergoedt een deel van de kosten en tijd die ze besteden aan het bijhouden van hun vliegervaring. Mensen zijn enthousiast en steken er ook veel eigen tijd in.

En wie niet zelf vliegt, kan ervaring opdoen in onze helikopter-vluchtsimulator. Vooral nieuwe medewerkers vinden dat heel prikkelend. Ik vind het belangrijk om medewerkers uit te dagen. Ik laat nieuwe medewerkers meelopen met ervaren mensen. En waar mogelijk zet ik ze zo in dat ze zich in de richting van hun belangstelling kunnen ontwikkelen. Medewerkers moet je niet in een keurslijf willen drukken. Enthousiaste medewerkers zijn productiever. Dan kun je ze ook veel makkelijker eens vragen een klus te doen die minder leuk en uitdagend is.

In 2006 hebben we in Korea uitdagende opdrachten binnengehaald. In 2007 gaan we vliegproeven doen, ver in Azië. Aan de voorbereidingen wordt hier enthousiast gewerkt. Een ervaren medewerker was maanden bezig om voor deze opdrachten het ijs te breken. Intern hebben we de organisatie weten te overtuigen dat zoiets veel tijd kost in Azië en dat het belangrijk is goede plaatselijke contacten op te bouwen. Het leverde het NLR na de zomer twee grote opdrachten op en een trots en tevreden team. Ja, dat was een mooi moment.



“ZE KIJKEN HIER NIET OVER JE SCHOUDER MEE”

Rombout Weaver, veiligheidsadviseur/ongevallenonderzoeker Air Transport Safety Institute

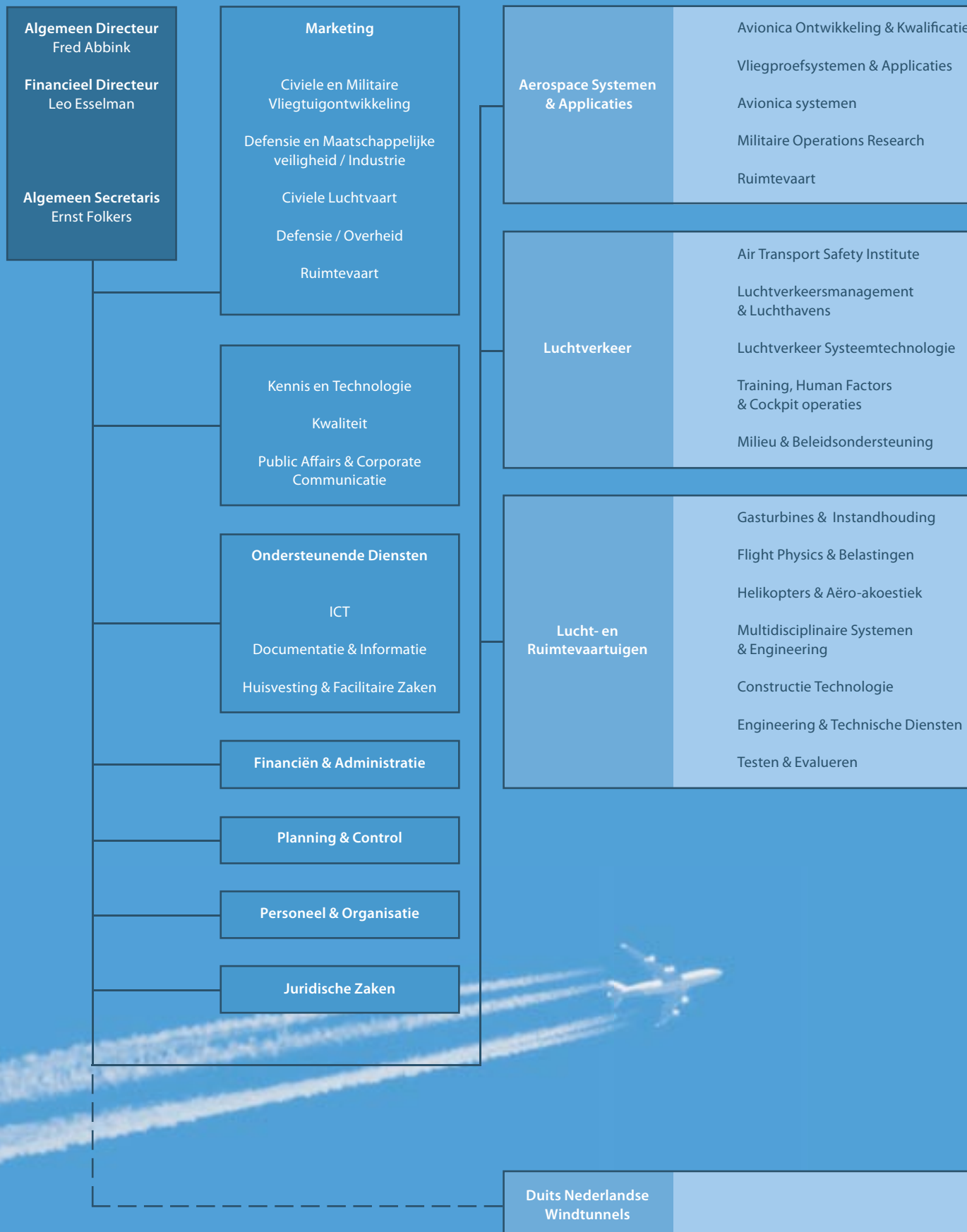
Dit is geen bedrijf waar mensen over je schouder meekijken. Veel wordt aan je eigen initiatief en inzicht overgelaten. Je krijgt hier ruimte, dat hoort bij onderzoek. Als ik een vliegproef voorbereid, dan ga ik praten met de vliegers hier. Welke snelheid, welke vlieghoogte? Wat kan er en wat is verstandig? Zo leer je snel. En als ik die vliegproef dan achter mijn bureau heb uitgewerkt, dan is het heel bevredigend om mee te vliegen en direct het resultaat van mijn werk te zien. Dat vind ik belangrijk: zien waarvoor ik het doe.

Ik zie mezelf niet snel voor een telecom- of IT-bedrijf werken. Daar zou ik mijn brede belangstelling niet tot uitdrukking kunnen brengen. Die brede inzet bij het NLR past bij mij. Ik doe technisch inhoudelijke projecten en houd me ook bezig met projectmanagement en marktverkenning. We werken voor Nederlandse opdrachtgevers, voor Europa en voor Amerika. En ik kan hier zeggen welke projecten ik leuk vindt en welke niet. Analyse van vluchtdata bijvoorbeeld, dat spreekt me niet aan. Onderzoek naar luchtvaartongelukken trekt me juist heel sterk. Daar wordt rekening mee gehouden.

Als jongen vond ik vliegtuigongelukken al interessant. Die puzzel met al die stukjes die een rol spelen: de techniek, de rol van de verkeersleiding, de vlieger, de weercondities, de procedures en regels. Aan vrijwel elk ongeval zit een technische en een menselijke kant. Het NLR heeft me de kans geboden om ongevalenonderzoeker te worden. Met mijn laarzen en een wit veiligheidspak tussen de brokstukken in het veld. Het klinkt misschien gek, maar dat vind ik boeiend werk.

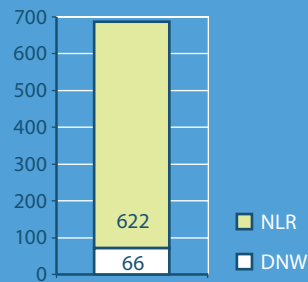


I) ORGANIGRAM

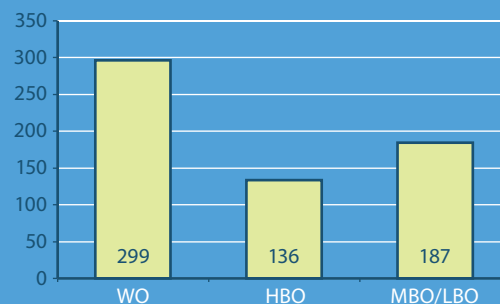


II) MEDEWERKERS PER 31-12-2006

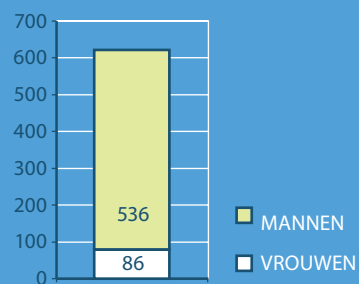
Aantal medewerkers:
(totaal = 688)



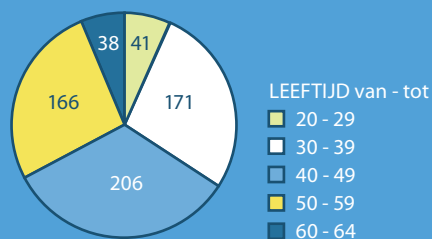
Opleidingsniveau medewerkers:
(exclusief DNW)



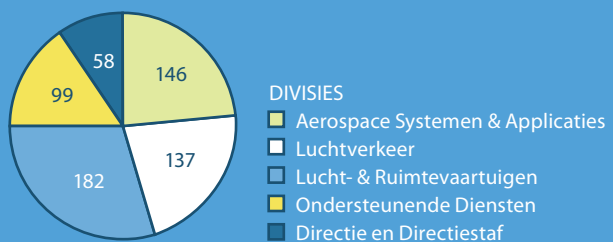
Sexeverdeling:
(exclusief DNW)



Leeftijdsopbouw:
(exclusief DNW)



Aantal medewerkers per divisie:
(exclusief DNW)

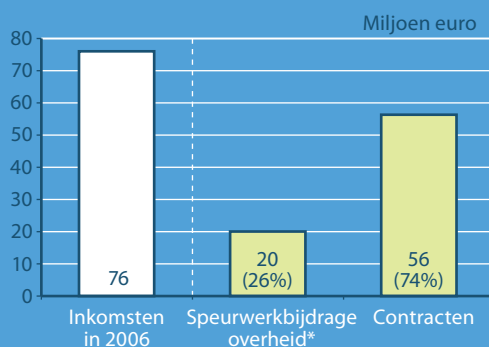


III) SAMENSTELLING RAAD VAN TOEZICHT PER 31-12-2006

Drs. A. Kraaijeveld • Voorzitter
Drs. A. de Ruiter
Mw.prof.dr.ir. M.P.C. Weijnen
Ir. C.A.M. de Koning
Hr. A. Schot R.A.
Hr. P.M. van der Struis SBN b.d.

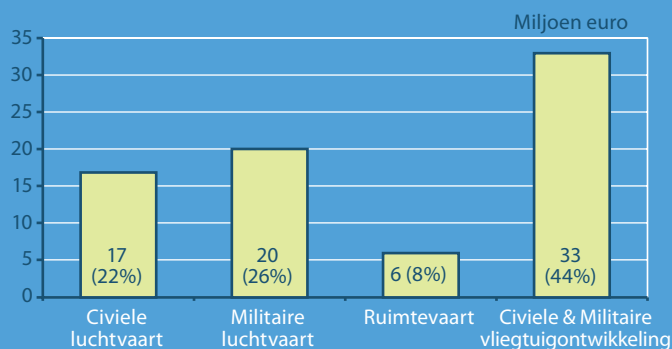
IV) FINANCIËLE GEGEVENS

Inkomsten in 2006:



* Exclusief 2,1 miljoen investeringsbijdrage

Verdeling over sectoren:



WAT IS HET NLR?

- het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium (NLR) is dé centrale kennisorganisatie op het gebied van lucht- en ruimtevaart in Nederland
- bij het NLR werken zo'n 700 medewerkers, waaronder 299 academici en 136 hbo'ers
- het NLR beschikt onder andere over windtunnels (voor het testen van vliegtuigen van bijvoorbeeld Airbus en Lockheed Martin), over simulatoren (waar het onder meer de veiligheid van nieuwe vliegprocedures mee bestudeert) en over een laboratoriumvliegtuig
- het NLR heeft ene omzet van 76 miljoen euro , waarvan 56 miljoen euro aan betaalde opdrachten
- van de betaalde opdrachten wordt 75 procent direct of indirect met overheidsgeld betaald.



MEER WETEN?

Neem contact op met NLR-Corporate Communicatie

Frank Vos (links op de foto)
Externe Communicatie Manager
dfvos@nlr.nl
020-5113133

Jolanda van Santen (midden op de foto)
Public Relations Manager
vansanten@nlr.nl
020-5113066

Raymond van der Meer (rechts op de foto)
Public Affairs & Corporate Communicatie
rhmeer@nlr.nl
020-5113026

Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium
National Aerospace Laboratory NLR

Anthony Fokkerweg 2
1059 CM Amsterdam
Postbus 90502
1006 BM Amsterdam

Telefoon: 020 511 31 13
Fax: 020 511 32 10