

Onderzoeksresultaten naar de
gevolgen van Nederlandse deelneming
in de ontwikkeling van de JSF



*JSF verankert sterke impuls
aan Nederlandse kenniseconomie*



Project executed by
ADSE
NIVR

Inhoud

| | |
|---|----|
| Samenvatting | 4 |
| Inleiding | 6 |
| Uitgangspunten | 9 |
| Werkwijze | 11 |
| Opzet en uitvoering studie | 11 |
| Criteria, die mogelijk bij de oordeelsvorming kunnen worden gebruikt | 13 |
| Definitieve keuze van criteria bij de oordeelsvorming (Key Performance Indicators) | 17 |
| Analyse | 19 |
| Score op Key Performance Indicators | 19 |
| Inschatting gevolgen deelname aan de production, sustainment & follow-on development | 36 |
| Conclusie en aanbevelingen | 39 |
| Conclusies | 39 |
| Aanbevelingen | 41 |
| Bijlagen | 42 |
| Bijlage 1 Omschrijving van de technologieën, inschatting van het Technology Readiness Level (TRL) en de kansen voor een daadwerkelijke toepassing | 42 |
| Bijlage 2 Omschrijving 9 Technology Readiness Levels | 58 |
| Bijlage 3 Achtergronden voor netwerken | 59 |
| Colofon | 68 |

Samenvatting

De Nederlandse deelname aan het internationale F-35-project resulteert in hoger ambitieniveau van de Nederlandse kenniseconomie.

Er zijn een aantal pregnante overeenkomsten tussen het in- en externe transformatieproces van Defensie en internationaal georiënteerde bedrijven en kennisinstellingen in Nederland, die zich bezighouden met de versterking en verankering van de luchtvaart maakindustrie. Kernbegrippen zijn hierbij aanpassing van de inrichting, toerusting en voorbereiding. Daarnaast vergt dit alles een maximale flexibiliteit. Het transformatieproces binnen bedrijven krijgt op verschillende manieren gestalte. Zo is de manier waarop in de afgelopen 15 jaar grote internationale technologische projecten worden ingevuld, grondig veranderd. Daarbij neemt men afscheid van de traditionele, hiërarchisch georiënteerde bedrijven. Ze zijn nu al grotendeels vervangen door internationale kennis-netwerkorganisaties. Die kunnen een volwaardige kenniseconomie schragen. In een kenniseconomie is behalve de industriële bijdrage ook die van meer klantgerichte universiteiten, GTI's en ingenieursbureaus een belangrijke factor. Hun betrokkenheid moet zich echter niet alleen bij de JSF-ontwikkeling manifesteren, maar zich ook openbaren op andere gebieden met een hoge maatschappelijke meerwaarde.

Anders geformuleerd: zij moeten (meer dan ooit tevoren) ook een goed gevulde -en state of the art- gereedschapskist kunnen aanbieden aan internationale coalities van bedrijven van wisselende samenstelling. Dit alles tegen de achtergrond van de dynamische synergie tussen grootschalige militaire- en civiele projecten.

In het recente CBS-rapport Kennis en Economie 2006 (onderzoek en innovatie in Nederland) wordt geïndiceerd dat het investeren in onderzoek en ontwikkeling (R&D) een primaire bron is voor het ontwikkelen van nieuwe kennis. "De mate waarin een economie en samenleving investeert in R&D is", volgens het CBS "een indicatie voor de ambitie die het heeft om nieuwe kennis te 'produceren' en niet uitsluitend – al dan niet tegen betaling – gebruik te maken van door anderen ontwikkelde kennis." Dit rapport maakt duidelijk, als het gaat om de JSF (sinds 7 juli 2006 beter bekend als de F-35 Lightning II) de ambities van de eerder door de Nederlandse overheid gestimuleerde keten van bedrijven en kennisinstellingen hebben opgeleverd. Verder resulteert de actieve participatie in dit internationale F-35 vliegtuigbouw- en ontwikkelingsproject in Nederland, **in de ontwikkeling van 14 technologieën met een uniek**

innovatieniveau en acht op wereldniveau. Van deze in totaal 22 technologieën worden er zes al toegepast. Van 11 wordt met een redelijke waarschijnlijkheid verwacht dat ze op een termijn van 1 tot 4 jaar zullen worden toegepast. Dit kan zowel binnen als buiten het JSF/F-35 Lightning II programma.

Datzelfde CBS geeft, kort samengevat, aan dat het eigenlijk niet echt goed gaat met de R&D uitgaven en inspanningen in Nederland. Hier is een duidelijk hoger ambitieniveau nodig. De 25 bedrijven in dit NIVR-onderzoek maken dit ambitieniveau nu al waar door gemiddeld 11% van de jaaromzet te investeren in onderzoek en ontwikkeling. Ter vergelijking: de totale Nederlandse industrie besteedt gemiddeld ongeveer 2,3% van haar omzet aan R&D. Let wel: **de industrie, betrokken bij de JSF-ontwikkeling, besteedt met gemiddeld 11% ruim een factor 4 meer aan R&D.** Zij levert daarmee een duidelijke bijdrage aan het realiseren van de Lissabon doelstelling om 3% van het BNP te besteden aan onderzoek en ontwikkeling. Het illustreert wederom het innovatieve karakter van participerende bedrijven die intussen hun eigen positie in de luchtvaartnetwerk-infrastructuur hebben kunnen versterken. Het JSF-project blijft ook straks een belangrijke drijfveer om de jaarlijks, hoge, R&D inspanningen te leveren. Saillant detail: indien Nederland besluit verder te participeren in het JSF-project, dan zal door de hieruit voorvloeiende omzet ook de absolute waarde van de R&D inspanning toenemen. Kortom: er is een gereede kans dat de kennisinnovatie ook op een langere termijn –wederom– een forse impuls krijgt. **Uitgaande van een voorzichtige raming van de omzet van US\$ 6.000 miljoen in de JSF** (bij een totale productie van 4.500 vliegtuigen) leidt deze omzet tot een aanvullende investering van US\$ 660 miljoen (bij een R&D besteding van gemiddeld 11%) in onderzoek en ontwikkeling bij de betrokken Nederlandse bedrijven. **Dit betekent gemiddeld 250 onderzoeksmedewerkers (VTE's) gedurende een periode van 25 jaar.** Wie tegen deze achtergrond de tussenbalans opmaakt, weet dat bedrijven en kennisinstellingen in Nederland succesvol technologische vernieuwingen –zij zijn soms niet gespeend van grote risico's – kunnen en willen implementeren. Het bijbehorende ambitieniveau van overheid, ondernemingen en kennisinstellingen kan tevens bewerkstelligen dat de resultaten van dit beleid ook in de toekomst voor alle relevante sectoren een aantoonbare maatschappelijke meerwaarde blijft genereren.

Dr. G. Nieuwpoort, directeur NIVR

Inleiding

Eind dit jaar besluit het kabinet, indien mogelijk, over participatie in de vervolgfase van het Joint Strike Fighter (JSF) programma. Kiest men voor deelname, en het parlement stemt daarmee in, dan vindt dit zijn neerslag in het zogenaamde Production, Sustainment & Follow-on Development Memorandum of Understanding (PSFD MoU). Voor het maken van een gebalanceerd oordeel en over het nut van deelname aan die vervolgfase, is inzicht noodzakelijk over de gevolgen van deelname aan de JSF-ontwikkeling voor de kenniseconomie in Nederland.

Op 25 januari 2006 (OI/ID/5722654) verzoekt het Ministerie van Economische Zaken het NIVR schriftelijk om de gevolgen van deelname aan de ontwikkeling van de JSF (CDP en SDD fase) voor de Nederlandse kenniseconomie in kaart te brengen. Tevens is verzocht om de mogelijke gevolgen van een toekomstige deelneming in vervolgfases te analyseren.

Met de brief van 6 februari 2006 (U/2006.0192 FB/Is) spreekt het NIVR de bereidheid uit om dit onderzoek uit te voeren.

Ontwikkeling F-35 JSF en Nederlandse keuzes



McDonnell Douglas



Boeing



X-32



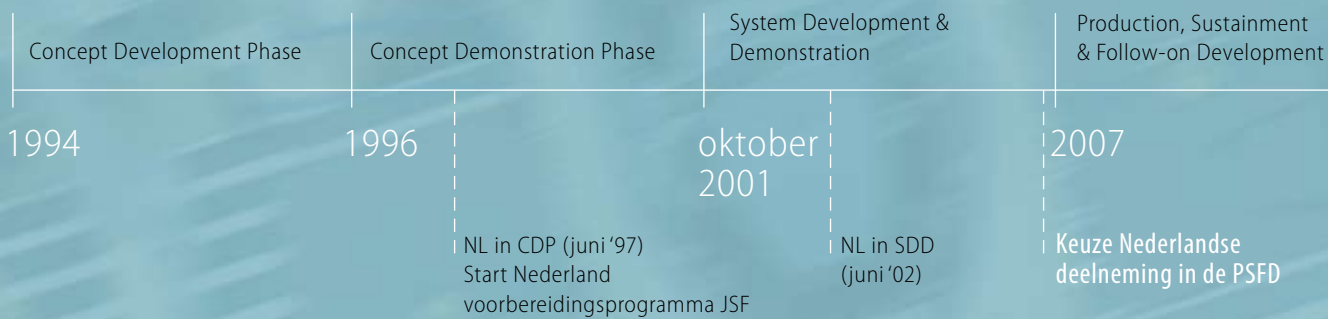
Lockheed Martin



X-35



F-35



Seal tester NLR courtesy Electrabel, NLR.



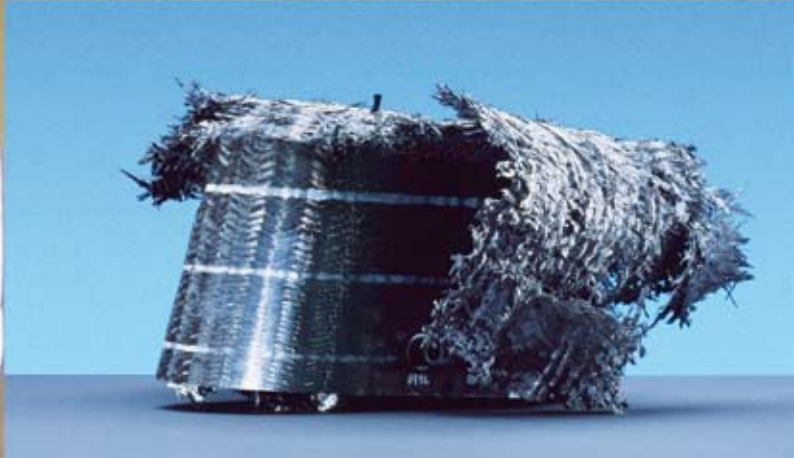
Uitgangspunten

Een belangrijke reden van de Nederlandse overheid voor deelname in de JSF-ontwikkeling, is dat met deze participatie het technologisch niveau van de Nederlandse kenniseconomie relatief sneller kan worden verhoogd.

Het participatie besluit JSF is mede gestoeld op het NIVR beleidsadvies van maart 2001: "Opvolging F-16. Beleidsadvies vanuit economisch, industrieel en technologisch oogpunt" (ref 1). Daar waar relevant, vergelijken we de resultaten van de onderhavige studie met de verwachtingen uit dit beleidsadvies. Het zwaartepunt ligt daarbij echter op het technologisch aspect en in slechts in beperkte mate op het bedrijfseconomische aspect.

Om de gevolgen van de deelname aan de ontwikkeling van de JSF voor de kenniseconomie in kaart te brengen zijn alle, direct bij de ontwikkeling van de JSF betrokken universiteiten, GTI's, ingenieursbureaus en industrieën geïnterviewd. Geen onderzoek is gedaan naar de invloed van het toekomstige gebruik en het onderhoud van de JSF op de kenniseconomie van Nederland. In het kader van "Maintenance Valley" zijn op dit gebied reeds studies in uitvoering.

Vlechttechnologie Eurocarbon courtesy Mercedes, Eurocarbon.



Werkwijze

Opzet en uitvoering studie

Om alle bij de ontwikkeling van de JSF betrokken universiteiten, GTI's, ingenieursbureaus en industrieën te identificeren maken we gebruik van de volgende informatie:

- De bij het Nederlands Voorbereidingsprogramma JSF (NVJSF) betrokken bedrijven en instellingen.
- De "JSF thermometer". Dit is een bedrijfsvertrouwelijk overzicht, waarin nauwgezet wordt bijgehouden, wat de waarde is van de in Nederland verkregen vaste opdrachten, in de ontwikkeling en productie van de JSF.
- De Industrial Participation List. Dit is een lijst opgesteld door de Amerikaanse hoofdaannemers in het JSF project. In deze opgave prijken de producten en diensten waar, door de hoofdaannemers, goede kansen worden voorzien voor inschakeling van de Nederlandse industrie in de verdere ontwikkeling en de Low Rate Initial Production (LRIP) fases van de JSF.
- De lijst van de ondertekenaars van de Mede Financieringsovereenkomst (MFO).

Op basis van deze informatie is een lijst opgesteld van 32 universiteiten, GTI's, ingenieursbureaus en bedrijven. De verschillende bedrijfsonderdelen van Stork (Fokker AESP, Fokker Elmo, SP Aerospace), Thales (Thales Nederland, Thales Optronics en Thales Cryogenics,) en Sulzer Metco Turbine Components (Eldim en SMC), zijn hierbij niet afzonderlijk geteld maar als één bedrijf. Deze 32 instituten en bedrijven is gevraagd mee te werken aan het onderzoek en een contactpersoon aan te wijzen. Met uitzondering van één bedrijf, hebben alle instellingen en bedrijven dit verzoek gehonoreerd.

Een uniforme vragenlijst brengt de vragen in kaart over de verschillende fases van het JSF-project. Dat zijn de Concept Demonstration Phase (CDP), de System Development & Demonstration (SDD) en de vervolgfases.

**Kennisinstellingen, GTI's,
ingenieurbureaus en industrieën
betrokken bij studie**

INDUSTRIE

| | |
|----------------------|--|
| Aeronamic | JTAG |
| Airborne | Lightweight Structures BV |
| ATS Kleizen | Mifa |
| Axxiflex | Moog FCS |
| Bradford Engineering | NCLR |
| Brand | Perot |
| Brooks | Philips Mobile Display Systems |
| DAP Technology | Rexroth |
| Dutch Aero | Senior Aerospace Bosman |
| Dutch Space | Stork (Fokker AESP, Elmo, SP Aerospace) |
| Flowserve | Sulzer Metco Turbine Components (Eldim, SMC) |
| Genius Klinkenberg | Sun Electrical Systems |
| Hankamp Gears | Ten Cate Advanced Composites |
| | Thales (Nederland, Optronics, Cryogenics) |

INGENIEURSBUREAU

| |
|---------|
| ADSE |
| Nedtech |

GTI

| |
|-----|
| NLR |
| TNO |

UNIVERSITEIT

| |
|--|
| Technische Universiteit Delft, Faculteit Lucht- en Ruimtevaart |
|--|

De uniforme vragenlijst is per brief toegezonden aan de contactpersonen van de bedrijven en instellingen.

Interviews zijn afgenomen door een vast team van twee personen. Die gebruikten de standaard vragenlijst als leidraad. Verder zijn nog enkele algemene vragen toegevoegd over omzet, aantal werknemers, toegevoegde waarde en uitgaven voor onderzoek en ontwikkeling. Van ieder interview is een verslag gemaakt. Alle verslagen zijn geverifieerd en akkoord bevonden door de bedrijven en instellingen.

De tijdens de interviews verkregen gegevens zijn verwerkt en samengevat in een aantal tabellen. Deze zijn vervolgens gebruikt bij de beoordeling.

Overwegingen, bij de keuze van criteria, die bij de oordeelsvorming kunnen worden gebruikt

Om het effect van de deelneming aan de ontwikkeling van de JSF op de Nederlandse kenniseconomie te meten zijn relevante criteria nodig. Allereerst is onderzocht welke criteria in aanmerking komen.

De belangrijkste bron van voortgaande welvaartsgroei ligt in het behoud van de aansluiting bij de mondiale technologische ontwikkelingen. Belangrijke criteria zijn de ontwikkelde nieuwe technologieën en opgebouwde kennis en haar waarde. Zij vloeien voort uit de JSF-deelname.

De moderne kenniseconomie is een lerende economie. Het vermogen om nieuwe vaardigheden te leren en snel toe te passen wordt een steeds belangrijker element in de politieke opvattingen over de kenniseconomie. De zogeheten Lissabon-strategie omvat een actie- en ontwikkelingsplan van en voor de Europese Unie. Dit 10-jaren actieplan is in maart 2000 is aangenomen. Een belangrijke doelstelling uit dit akkoord is dat in 2010 de EU de meest competitieve en dynamische kenniseconomie van de wereld moet zijn. Om dit te realiseren is speciale aandacht besteed aan Onderzoek en Ontwikkeling (O&O; Research & Development, R&D). In het akkoord staat onder meer dat in ieder land O&O minimaal 3% van het Bruto Nationaal Product zou moeten gaan uitmaken. Hiervan zou vervolgens 2/3 moeten worden gefinancierd uit de investeringen uit de privé-sector en 1/3 door overheidsuitgaven.

Ook Nederland geeft invulling aan de in Europa afgesproken beleidslijn. De werkgroep "Dynamisering Kennis- en Innovatiesystemen (onder leiding van Herman Wijffels) publiceerde twee jaar geleden een studie over de Nederlandse kenniseconomie. De bevindingen staan in het rapport: "Vitalisering van de kenniseconomie" (4 november 2004)(ref. 2). De kenniseconomie is hierin benaderd vanuit het thema "innovatie is mensenwerk". Men kijkt naar de benutting van de mogelijkheden van de beroepsbevolking met betrekking tot het ontwikkelen, verspreiden en toepassen van kennis. Het rapport geeft acht indicatoren die aantonen dat de in de Nederlandse beroepsbevolking aanwezige mogelijkheden onvoldoende worden benut. Dit betreft:

Indicatoren rapport Wijffels

- a.** Relatief lage investeringen in onderwijs en onderzoek, door overheid en industrie.
- b.** Nederland telt naar schatting 1,5 miljoen mensen die over onvoldoende basisvaardigheden beschikken om volwaardig aan de samenleving te kunnen deelnemen.
- c.** Hoge uitvalpercentages in het beroepsonderwijs (15% ten opzichte van bijv. Zweden 9%).
- d.** Er is een stagnerende groei van de productiviteit sinds het begin van de jaren negentig.
- e.** De schijnbare tegenstelling tussen het verrichten van uitstekend onderzoek en het lage aandeel van nieuwe of verbeterde producten in de omzet van bedrijven, ook wel aangeduid als de "kennisparadox".
- f.** Het percentage studenten dat overweegt een eigen onderneming te starten is laag (31% versus 70% in de VS).
- g.** Het percentage mensen dat ongemotiveerd naar het werk gaat is hoog (ca 75%).
- h.** Het percentage MKB ondernemingen dat zich met innovatie bezighoudt is laag (circa 33%).

Bronrapport: Vitalisering van de kenniseconomie

Deelname aan de ontwikkeling van de JSF kan een duidelijk effect hebben op de volgende indicatoren uit dit rapport:

- De investeringen in onderwijs en onderzoek (ad a).
- De ontwikkeling van de productiviteit (ad d).
- De vertaling van kennis of technologie naar producten (ad e).
Bij het brengen van deze kennis en technologie naar de markt is de tijd die hiermee gemoeid gaat een belangrijk vervolggegeven ("time to market").
- De innovatie bij het MKB (ad h).

We zetten, als het gaat om de luchtvaartindustrie met haar specifieke kenmerken, bij de volgende indicatoren een kanttekening:

- Het percentage studenten dat overweegt een eigen onderneming te starten is laag (jonge starters ad f). Twee specifieke kenmerken uit de luchtvaartindustrie (en met name de maakindustrie) beïnvloeden de mogelijkheden voor jonge starters negatief. Dit betreft de hoge kapitaalintensiteit en de noodzaak van het opbouwen van een "trackrecord". Met de hoge kapitaalintensiviteit wordt bedoeld het benodigde vermogen om de tijd te overbruggen tussen ontwikkeling (kosten) en productie (cashflow). Met "track record" wordt bedoeld dat een bedrijf heeft bewezen producten te kunnen leveren, die voldoen aan de hoge eisen in de luchtvaart. Ook moet zo'n bedrijf, volgens de klant, voldoende levensvatbaar zijn om gedurende de totale levensduur van het programma (in de luchtvaart meer dan 20 jaar) producten te blijven leveren. De combinatie van deze factoren maakt het bijna onmogelijk voor jonge starters om in de luchtvaart maakindustrie te beginnen. Wat wel tot de mogelijkheden behoort zijn bedrijven die de luchtvaart als productmarkt combinatie toevoegen aan hun bestaande productmarkt combinaties. Zij kunnen het vertrouwen bij een klant in de luchtvaart maakindustrie opbouwen. Als indicator kan worden gebruikt het aantal bedrijven dat door de deelname aan de JSF ontwikkeling en productie een "track record" heeft kunnen opbouwen bij een van de belangrijke industriële bedrijven, die betrokken zijn bij de ontwikkeling van de JSF.
- Het hoge uitvalpercentage in het beroepsonderwijs (ad c). De deelname aan de ontwikkeling en de productie van de JSF heeft geen directe invloed op het beroepsonderwijs. Indirect zijn er echter wel ontwikkelingen gestart die hier op termijn een positieve invloed hebben.

Twee indicatoren zijn niet bruikbaar. Dit betreft:

- Er is een groep van 1,5 miljoen mensen die onvoldoende basisvaardigheden heeft (ad b).
- Het percentage mensen dat ongemotiveerd naar het werk gaat is hoog (ad g). Er is geen onderzoek gedaan naar de motivatie van de werknemers.

Aanvullende indicatoren

Behalve de bovengenoemde indicatoren is het gebruik van de in het kader van de deelname aan de JSF-ontwikkeling gegenereerde kennis en technologie in ontwikkelingen van andere projecten van belang. Dit geldt zowel voor kennis en technologie binnen de luchtvaart (**spin-off**) als buiten de luchtvaart (**spillover**). Het versterkt de maatschappelijke relevantie van de in het kader van de ontwikkeling van de JSF ontwikkelde kennis en technologie.

De manier waarop grote technologische projecten worden uitgevoerd is de laatste 15 jaar grondig veranderd. Bijlage 3 geeft hierover enige achtergrondinformatie. In de kern betekent het dat afscheid is genomen van de traditionele, hiërarchisch georiënteerde bedrijven. Ze zijn grotendeels vervangen door internationale netwerkorganisaties. In het algemeen wordt het ontwikkelen van netwerkorganisaties gezien (o.a. door Wijffels) als een voorwaarde voor de ontwikkeling van een volwaardige kenniseconomie.

In een kenniseconomie is behalve de industriële bijdrage ook de bijdrage van de universiteiten GTI's en ingenieursbureaus een belangrijke factor. Hun betrokkenheid moet zich echter niet alleen bij de JSF ontwikkeling manifesteren, maar dient zich mogelijk ook op andere gebieden te uiten.

Tegen deze achtergrond kiezen we voor de volgende Key Performance Indicators (KPI). En wel om een gefundeerd oordeel te kunnen geven over de invloed van de deelname aan de ontwikkeling van de JSF op de kenniseconomie van Nederland:

**Definitieve keuze van criteria
bij de oordeelsvorming
(Key Performance Indicators)**

KPI 1: In het kader van de JSF ontwikkelde technologie en opgebouwde kennis en de vertaling van deze kennis in producten

KPI 2: Investerings in kennis en ontwikkeling

KPI 3: Groei van de productiviteit

KPI 4: Track Record

KPI 5: Innovatie bij het MKB

KPI 6: Spin-off en spillover

KPI 7: Netwerkontwikkelingen

KPI 8: Inschakeling universiteiten,
GTI's en ingenieursbureaus bij de JSF-ontwikkeling

Optronica Boxer courtesy Stork en Thales Optronics.



KPI 1: In het kader van de JSF ontwikkelde technologie en opgebouwde kennis en de vertaling van deze kennis in producten.

Een belangrijke bron van voortgaande welvaartsgroei ligt in het bijblijven bij de mondiale technologische ontwikkelingen. Onderzocht is of de deelname aan de ontwikkeling van de JSF leidt tot nieuw ontwikkelde technologieën en opgebouwde kennis. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen technologieën en kennis verkregen van Amerikaanse bedrijven en technologieën en kennis die door Nederlandse bedrijven zijn ontwikkeld.

Op gebieden waar Nederland veel eigen technologie biedt, is een duidelijke technologie-uitwisseling op hoog niveau tussen Amerikaanse bedrijven en Nederlandse bedrijven. De technologie overdracht van Amerikaanse bedrijven naar Nederland beperkt zich tot overdracht van kennis van bestaande materialen, productieprocessen en werkwijzen. Dit komt overeen met de verwachtingen in het beleidsadvies van 2001. Het wordt onwaarschijnlijk geacht dat dit in vervolgfases van de JSF zal veranderen.

De Nederlandse universiteiten, GTI's, ingenieursbureaus en industrieën hebben echter, in het kader van de deelneming aan de ontwikkeling van de JSF, zelf een groot aantal nieuwe technologieën ontwikkelt. Het Nederlandse Voorbereidingsprogramma JSF (NVJSF) heeft daarbij een essentiële stimulerende rol gespeeld. Om het innovatieve karakter van de ontwikkelde technologieën en kennis aan te kunnen geven, zijn ze ingedeeld in de volgende innovatie categorieën:

- **Innovation Excellence.** De technologieën in deze klasse zijn op wereldschaal vernieuwend in de luchtvaartsector. Met deze technologieën loopt Nederland voorop, mits ze worden toegepast.
- **World Class.** De technologieën in deze klasse worden op zeer beperkte schaal in het buitenland in de luchtvaartsector toegepast. Hiermee sluit Nederland aan bij de nieuwste technologische ontwikkelingen in het buitenland.
- **Global Competence.** De technologieën in deze klasse worden op ruime schaal in het buitenland in de luchtvaartsector toegepast. Het zijn technologieën die een minimum vereiste worden om op globale schaal te kunnen concurreren.

Hoewel de technologieën in de categorie Global Competence voor de betreffende bedrijven belangrijk zijn om op globale schaal te kunnen blijven opereren, is het competitieve voordeel beperkt. Daarom gaan we hier alleen in op de twee categorieën met een duidelijk competitief voordeel (World Class en Innovation Excellence).

Het NIVR constateert dat de deelname aan de ontwikkeling van de JSF leidt tot de ontwikkeling van 14 technologieën in de categorie Innovation Excellence en acht in de categorie World Class. Tabel 1 geeft een overzicht van deze 22 technologieën. Een korte omschrijving van de technologieën staat in bijlage 1.

Tabel 1:
In het kader van de JSF ontwikkelde technologieën

| Categorie Innovation Excellence | |
|---------------------------------|--|
| 1 | Analysers op basis van de IEEE 1394 standaard |
| 2 | Prognostics and Health Monitoring |
| 3 | Multichannel receiver en Microwave conformal coating |
| 4 | Seal Tester |
| 5 | Composiet onderdelen voor vliegtuigonderstellen |
| 6 | Hoog vermogen eximeer laser boren |
| 7 | Electro Chemical Machining (ECM) |
| 8 | High Speed Physical Vapor Deposition sputteren |
| 9 | Embedded training |
| 10 | Joint Infrared sensor en software technologie |
| 11 | Buigen van dunwandige Titaanbuizen |
| 12 | Composiet aandrijfassen (hoge vermogensoverdracht) |
| 13 | Flat Swinging Heat Pipe |
| 14 | Fibre Metal Laminates |

| Categorie World Class | |
|-----------------------|--|
| 15 | High Performance Machining van Titaan legeringen |
| 16 | High Performance Machining van Inconellegeringen |
| 17 | Cryogene koelers |
| 18 | Control loops and forced feedback systems |
| 19 | Low Light Level TV |
| 20 | Optical module |
| 21 | Fiber Placement production technology |
| 22 | Voice Control |

Om de waarde van de technologieën te bepalen, is de zogeheten gereedheid-status van deze technologieën vastgesteld. Dit geldt ook voor mogelijkheden voor toepassing in producten of diensten. Deze toepassing kan zowel binnen als buiten het JSF-project plaatsvinden.

Voor het bepalen van de status van gereedheid waarin een technologie zich bevindt, is gebruik gemaakt van de NASA definities van de 9 levels van technology readiness (bijlage 2). Level 1 is het ontstaan van het idee tot level 9, het daadwerkelijk toepassen. In Figuur 1 zijn de levels in verkorte vorm weergegeven.

Figuur 1:
Technology Readiness
Levels (TRLs)

| | | | | |
|---------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--|--------------------------------------|
| Basic/Applied Research | Advance Technology Development | Advance Component Development | System Development and Demonstration | Product and Operational System |
| 1-2-3-4 | 5-6 | 6-7 | 7-8 | 9 |

Van de 22 technologieën uit tabel 1 worden er zes reeds daadwerkelijk toegepast en bevinden zich derhalve in level 9. De overige 16 technologieën hebben level 9 nog niet bereikt. Er is een analyse gemaakt of deze 16 technologieën in een periode van 1 tot 4 jaar level 9 (toepassing) kunnen bereiken. De resultaten hiervan staan in tabel 2.

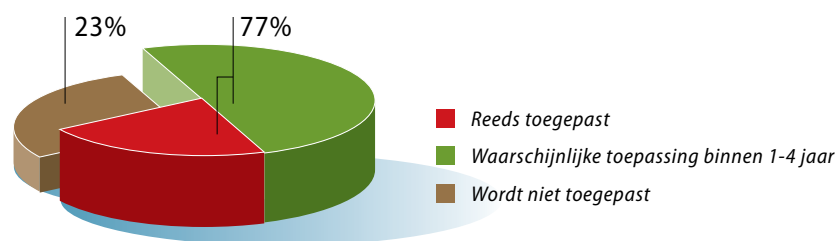
Tabel 2:
TRL technologieën en hun
waarschijnlijkheid
van toepassing

| | | TRL | REEDS TOEGEPAST | WAARSCHIJNLIK VAN TOEPASSING BINNEN 1-4 JR | |
|--|---|-----|-----------------|--|----|
| | | | | YES | NO |
| Categorie Innovation Excellence | | | | | |
| 1 | Analysers op basis van de IEEE 1394 standaard | 9 | ■ | | |
| 2 | Prognostics and Health Monitoring | 9 | ■ | | |
| 3 | Multichannel en receiver en Microwave conformal coating | 9 | | ■ | |
| 4 | Seal Tester | 7-8 | | ■ | |
| 5 | Composiet onderdelen voor vliegtuigonderstellen | 7 | | ■ | |
| 6 | Hoog vermogen eximeer laser boren | 6-7 | | ■ | |
| 7 | Electro Chemical Machining (ECM) | 6-7 | | ■ | |
| 8 | High Speed Physical Vapor Deposition sputteren | 6 | | ■ | |
| 9 | Embedded training | 7-8 | | ■ | |
| 10 | Joint Infrared sensor en software technologie | 8 | | ■ | |
| 11 | Buigen van dunwandige Titaanbuizen | 5 | | | ■ |
| 12 | Composiet aandrijfassen (hoge vermogensoverdracht) | 4 | | | ■ |
| 13 | Flat Swinging Heat Pipe | 4 | | | ■ |
| 14 | Fibre Metal Laminates | 3-4 | | | ■ |

| | | | | | |
|------------------------------|--|---|----------|-----------|----------|
| Categorie World Class | | | | | |
| 15 | High Performance Machining van Titaan legeringen | 9 | ■ | | |
| 16 | High Performance Machining van Inconellegeringen | 9 | ■ | | |
| 17 | Cryogene koelers | 9 | ■ | | |
| 18 | Control loops and forced feedback systems | 9 | ■ | | |
| 19 | Low Light Level TV | 8 | | ■ | |
| 20 | Optical module | 8 | | ■ | |
| 21 | Fiber Placement production technology | 4 | | ■ | |
| 22 | Voice Control | 6 | | | ■ |
| | Totaal | | 6 | 11 | 5 |

Uit deze tabel volgt dat de deelname aan de ontwikkeling van de JSF heeft geleid tot 14 technologieën met een uniek innovatieniveau en acht op wereldniveau. Van deze 22 technologieën worden er zes al toegepast. Van 11 wordt met een redelijke waarschijnlijkheid verwacht dat ze op een termijn van 1 tot 4 jaar zullen worden toegepast. Dit kan zowel binnen als buiten het JSF-programma. Dit betekent dat van de 22 technologieën, waarin is geïnvesteerd, ongeveer 77% daadwerkelijk binnen een termijn van 4 jaar, zal worden toegepast.

Figuur 2:
Toepassing in kader JSF ontwikkelde technologieën

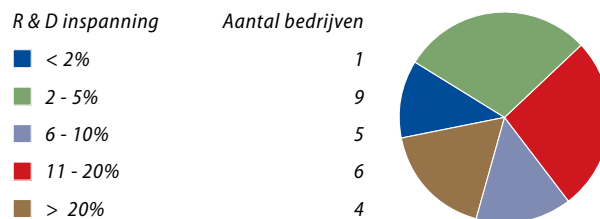


Van de 17 technologieën, die naar verwachting succesvol zijn, is onderzocht hoe lang het traject duurt van basisidee tot een markttoepassing. Dit varieert tussen de 6 en de 12 jaar. In het algemeen geldt dat hoe revolutionairder het idee, hoe langer de benodigde “time to market” is. Uitzondering op deze regel vormt technologieontwikkeling in de ICT. Daarvoor ligt de “time to market” voor het basis idee tussen de 2 en de 3 jaar. Gezien de specifieke eisen in de luchtvaart is het niet waarschijnlijk dat de “time to market” voor nieuwe technologieën, de komende jaren korter wordt.

KPI 2: Investeringen in onderzoek en ontwikkeling

De belangrijke graadmeter om de inspanningen van bedrijven in onderzoek en ontwikkeling te meten, is de jaarlijkse uitgaven voor R&D te relateren aan de jaarlijkse omzet (R&D uitgaven als percentage van de omzet). Om de inspanningen te kunnen rangschikken is een onderverdeling in vijf R&D percentage categorieën gemaakt. De resultaten van de 25 onderzochte bedrijven (exclusief universiteiten, GTI's en ingenieursbureaus) zijn in figuur 3 weergegeven.

Figuur 3:
R&D inspanning als percentage
van de omzet in 2005



**De Nederlandse vliegtuigmaakindustrie
 besteedt een factor 4 meer aan R&D dan
 de totale Nederlandse industrie.**

De gemiddelde R&D inspanning van de 25 bedrijven bedraagt in 2005 ongeveer 11% van de jaaromzet. Het gemiddelde percentage is daarbij bepaald door de totale R&D omzet van de 25 bedrijven te delen door de totale omzet. De totale Nederlandse industrie besteedt ongeveer 2,3% van haar omzet aan R&D (bron: CBS R&D naar SBI93 en grootteklassen, vanaf 2002; Productie, verbruik en inkomensvorming 2004). De industrie, betrokken bij de JSF-ontwikkeling, besteedt met 11% ruim een factor 4 meer aan R&D. Zij levert daarmee een duidelijke bijdrage aan het realiseren van de Lissabon-doelstelling om 3% van het BNP te besteden aan O&O. Het geeft ook het innovatieve karakter van deze industrie aan. Er kan niet worden aangetoond dat de deelname aan de ontwikkeling van de JSF heeft geleid tot een verhoging van de procentuele R&D inspanning bij de bedrijven. In het licht van het hoge gemiddelde percentage aan R&D kan dit ook niet worden verwacht. Het JSF-project is echter een belangrijke drijfveer om deze jaarlijkse, hoge, R&D inspanningen te leveren. Verder zal bij een stijging van de omzet als gevolg van een deelname aan de JSF, de absolute waarde van de R&D inspanning wel toenemen.

Ook in de komende jaren zal de vliegtuig maakindustrie een positieve bijdrage blijven leveren. Enkele bedrijven, in de R&D categorie 2-5%, geven aan dat hun R&D budgetten de komende jaren moeten toenemen. Mits zij internationaal willen blijven concurreren. Er is een duidelijke behoefte aan een hoger kennisniveau. De bedrijven met R&D percentages in de hogere categorieën geven aan hun R&D percentage de komende jaren op peil te houden. Ze willen nieuwe technologieën en nieuwe producten kunnen blijven ontwikkelen. Het kunnen vermarkten van de opgebouwde kennis in een vroegtijdig stadium is erg belangrijk. Het draagt bij aan het verkleinen van de kennisparadox.

KPI 3: Groeiende productiviteit.

Bestendige stijging van de welvaart is alleen bereikbaar door een gestage groei van de productiviteit. Hierbij gaat het om de kwantiteit en kwaliteit van fysiek kapitaal en om de manier waarop arbeid en kapitaal worden gecombineerd in het productieproces. Om de productiviteit te meten kan gebruik worden gemaakt van de bruto omzet per Vol Tijd Equivalent (VTE) op jaarbasis of de toegevoegde waarde per VTE op jaarbasis. Toegevoegde waarde is daarbij gedefinieerd als: omzet minus ingekochte waarde van goederen en diensten. Omdat bij het begrip toegevoegde waarde het effect van arbeid en kapitaal in hun samenhang beter tot uitdrukking komt, is voor de toegevoegde waarde per VTE op jaarbasis als maat voor de productiviteit gekozen.

Een aantal bedrijven heeft in de afgelopen jaren studies laten uitvoeren naar de effecten van het verplaatsen van productie werkzaamheden naar lage lonen landen. Bedrijfsspecifieke aspecten van de luchtvaart maakindustrie zijn hierbij in beschouwing genomen. Het betreft:

- Relatief lage productie aantallen
- Hoge kwaliteitseisen
- Traceerbaarheid van het voortbrengingsproces
- Leverbetrouwbaarheid

De algemene conclusies uit deze onderzoeken zijn:

- de uurtarieven zijn aanzienlijk lager dan in Nederland.
- De productiviteit is over het algemeen lager.
- De jaarlijkse stijging van de uurtarieven is hoger.
- De kosten van het in de luchtvaart verplichte kwaliteitssysteem nemen bij verplaatsing sterk toe.
- De risico's van het niet volledig kunnen traceren van het voortbrengingsproces nemen toe.
- De flexibiliteit van het aannemen en ontslaan van werknemers is veel groter.
- Uit politieke overwegingen kunnen militaire toelieferingen niet altijd worden uitbesteed naar lage lonen landen. De JSF is hiervan een duidelijk voorbeeld.

Het is niet altijd aantrekkelijk om alle productiewerkzaamheden te verplaatsten naar lage lonen landen.

De keuzes die bedrijven maken zijn daarom verschillend. Sommige bedrijven besluiten te investeren in de mechanisatie (CNC machines en robotisering) van hun productiewerkzaamheden en het verhogen van hun kennisniveau. De investeringen in mechanisatie en kennisniveau leidt bij deze bedrijven tot een hogere productiviteit (minimaal 30% over de afgelopen 5 jaar). Daarmee zijn ze concurrerend met bedrijven uit de lage lonen landen. Het maakt ze bij uitstek geschikt om op natuurlijke wijze te participeren in internationale netwerken. Andere bedrijven besluiten om een deel van de productie te verplaatsen en zich verder te concentreren op de continue ontwikkeling van nieuwe producten. Ook deze aanpak leidt tot een duidelijke, hogere productiviteit.

De verstrekte gegevens over jaarmzet, kosten voor inkoop van goederen en diensten en aantal VTE's, leiden tot de volgende bevindingen:

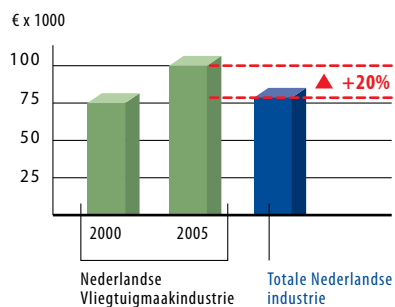
- De toegevoegde waarde als percentage van de omzet van de 25 bedrijven, varieerde tussen de 35 en de 90. Het gemiddelde bedraagt in 2005 circa 61% (totale bruto omzet minus totale kosten van inkoop van goederen en diensten, gedeeld door de totale bruto omzet).
- de gemiddelde toegevoegde waarde per VTE in 2005 is ongeveer €100.000. Dit is een toename van meer dan 30% in vergelijking met de vastgestelde toegevoegde waarde per VTE in 2000 van ongeveer € 75.000. Het laatste cijfer is echter van toepassing over de gehele vliegtuig maakindustrie in 2000 en niet beperkt tot de 25 bedrijven in dit kader.

In het NIVR-beleidsadvies van 2001 (ref 1) heeft het NIVR de toegevoegde waarde per medewerker in de productiefase van de JSF geraamd op € 100.000. Hierbij is aangenomen dat zich een noodzakelijke verhoging van de arbeidsproductiviteit zou manifesteren. Geconstateerd wordt dat deze productiviteitsstijging reeds in 2005 is gerealiseerd. Naar verwachting blijft ze de komende jaren verder stijgen.

Deelname in de vervolgfase van de JSF leidt tot een verhoging van de productiviteit van de totale Nederlandse industrie.

Tenslotte is nog een vergelijking gemaakt met de gemiddelde toegevoegde waarde per VTE in de totale Nederlandse industrie. Deze was in 2004 ongeveer € 83.000 (bron: CBS). De toegevoegde waarde van de 25 bedrijven, betrokken bij de ontwikkeling van de JSF, ligt ongeveer 20% hoger dan dit gemiddelde. Deelname in de vervolgfase van de JSF, met de daarbij behorende omzet, leidt tot een verhoging van de productiviteit van de totale Nederlandse industrie.

Figuur 4:
Gemiddelde toegevoegde waarde per VTE



KPI 4: Track record

Onderzocht is of Nederlandse bedrijven dankzij de deelname aan de JSF-ontwikkeling, een "track record" hebben kunnen opbouwen bij de belangrijke industriële partners (inclusief motorenbouwers) in de JSF-ontwikkeling. Met "track record" bedoelen we dat een bedrijf heeft bewezen om producten en/of diensten te kunnen leveren die voldoen aan de hoge eisen in de luchtvaart. Verder moet dit bedrijf, volgens de klant, voldoende levensvatbaarheid hebben om gedurende de totale levensduur van het programma (in de luchtvaart is dat meer dan 20 jaar) te blijven leveren.

Zes bedrijven en één ingenieursbureau geven aan dat de JSF deelname heeft geleid tot het opbouwen van een "track record" bij een of meerdere van de belangrijke industriële partners in de JSF-ontwikkeling. Verder heeft één bedrijf in de Concept Definition Phase van de JSF een "track record" opgebouwd bij Boeing. Boeing was in die tijd een van de belangrijke industriële partners in het concurrerende JSF-team. Dankzij dit "track record" krijgt het bedrijf nu meerdere opdrachten in bestaande civiele en militaire Boeing programma's.

KPI 5: Innovatie bij het Midden en Klein Bedrijf

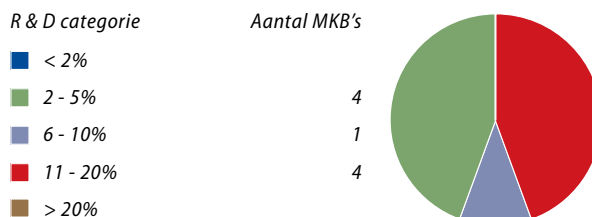
Voor de definitie van bedrijven, die kunnen worden gerangschikt tot het Midden en Klein Bedrijf (MKB), sluiten we aan bij de definitie die de Europese Commissie hanteert

- Minder dan 250 werknemers
- Jaaromzet minder dan € 50 miljoen of een balanstotaal van minder dan € 43 miljoen
- Niet onderdeel uitmakend van een groot moederbedrijf dat meer dan 50% van de aandelen in bezit heeft

Met deze definitie classificeren negen (36%) van de 25 bedrijven zich als MKB. Innovatie wordt gestimuleerd door de mate van inspanning op R&D gebied. Van deze negen MKB's vallen er vier in de R&D categorie 2-5%, één in de categorie 10-20% en vier in de categorie >20%. Meer dan 50% van de MKB bedrijven, die zijn betrokken bij de JSF-ontwikkeling, investeren een zeer hoog percentage van hun omzet in R&D. De overige MKB bedrijven investeren in R&D op een niveau dat gelijk of in geringe mate hoger is dan de gemiddelde R&D inspanning (2,3%) van de totale industrie.

Van de 22 technologieën in de bovenste twee categorieën zijn er vier (16%) ontwikkeld door vier verschillende MKB's.

Figuur 5:
R&D inspanning als percentage van de omzet in 2005 van MKB's.



KPI 6: Spin-off en Spillover effecten

Naaste toepassing van de ontwikkelde technologie in het JSF-project, is ook de mate van kennisoverdracht en gebruik van technologie naar andere activiteiten belangrijk. Dit zijn de zogenaamde spin-off en spillover effecten. Als definitie van spin-off en spillover worden hier gehanteerd:

- **Spin-off:** Activiteiten die tot stand komen binnen de luchtvaartsector (extra militaire en civiele vliegtuigtechnologie opdrachten) die een directe relatie hebben met eerdere activiteiten in het JSF-programma (CDP, NVJSF en SDD).
- **Spillover:** Activiteiten die buiten de luchtvaartsector worden uitgevoerd (bijvoorbeeld in de automobiellindustrie) die een directe relatie hebben met eerdere activiteiten in het JSF-programma (CDP, NVJSF en SDD).

Van de 17 technologieën, die naar verwachting succesvol zijn (*tabel 2*), is onderzocht bij wat voor projecten ze zijn of worden ingezet. Mogelijkheden hierbij zijn alleen toepassing in het JSF-project, of bij spin-off of bij spillover projecten. Ook worden technologieën in meerdere projecten voorzien, waardoor combinaties van JSF, spin-off en spillover mogelijk zijn. De resultaten zijn samengevat in tabel 3.

Tabel 3:
**Toepassing van de
innovatieve technologieën**

| Aantal technologieën | JSF | Spin-off | Spillover |
|----------------------|-----|----------|-----------|
| 2 | ■ | ■ | ■ |
| 7 | ■ | ■ | |
| 3 | ■ | | ■ |
| 3 | | | ■ |
| Totaal 15 | | | |
| 2 | ■ | | |
| Totaal 17 | | | |

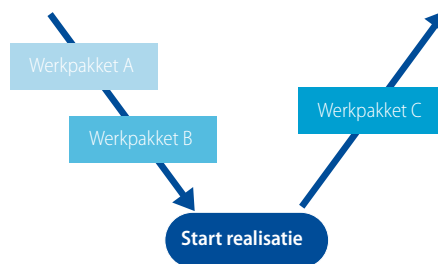
15 technologieën (bijna 90%), die in het kader van de JSF zijn ontwikkeld, vinden buiten de JSF hun toepassing.

Dit illustreert een duidelijke synergie tussen militaire en civiele projecten met een hoogwaardig niveau.

KPI 7: Netwerkontwikkelingen

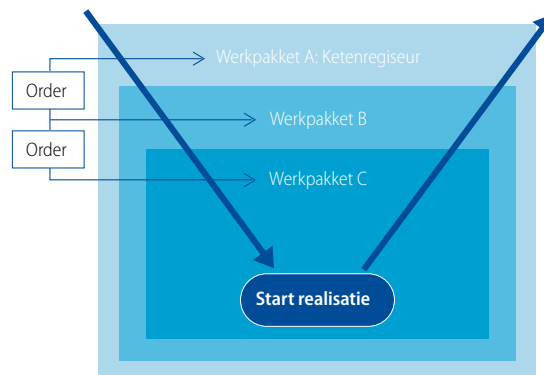
De manier waarop grote technologische projecten worden uitgevoerd is de laatste 15 jaar grondig veranderd. Bijlage 3 geeft enige achtergrondinformatie. In de kern betekent het dat afscheid is genomen van de traditionele, hiërarchisch georiënteerde bedrijven. Daar binnen verliepen de ontwikkelingen volgens een sterk verticaal georiënteerde aanpak.

Uitbesteden van definitie en realisatie stappen o.b.v. capaciteitsinzet



Ze zijn grotendeels vervangen door internationale netwerkorganisaties. Dit komt hoofdzakelijk door de globalisering en het gebruik van geautomatiseerde, wereldwijd verbonden ICT-netwerken. Per project ontstaat een tijdelijk verband. En wel van elkaar aanvullende en motiverende spelers die op zeer snelle en effectieve wijze de specifieke wens van de klant kunnen vervullen. Het bureaucratische karakter van de traditionele samenwerkingsvormen maakt plaats voor een zeer rijk geschakeerde reeks van reactiemogelijkheden. Algemeen wordt het ontwikkelen van netwerkorganisaties gezien (o.a. door Wijffels) als voorwaarde voor de ontwikkeling van een volwaardige kenniseconomie.

Uitbesteden van definitie, realisatie en validatie o.b.v. prestatieovereenkomsten



Netwerken bestaan bij de gratie van langdurige relaties. Binnen netwerken positioneren bedrijven zich middels een eigen netwerkidentiteit, die is gebaseerd op een door de omgeving begrepen en gewaardeerde rol. Het spanningsveld in een netwerkorganisatie is gekarakteriseerd door “geven en krijgen” in plaats van “geven en nemen”. Uit de interviewresultaten blijkt dat de netwerkpositionering van de deelnemende bedrijven in een aantal gevallen sterk is verbeterd. Er is een duidelijk bewustzijn waar te nemen aangaande het belang van de onderlinge afhankelijkheid. Netwerkspelers passen zich zodanig aan elkaar aan dat zij een duidelijke positionering verkrijgen aangaande hun toegevoegde waarde in het eindproduct. Een kennisnetwerk valt niet langer weer te geven als een veld van bedrijfsnamen, verbonden door een aantal commerciële verbindingen met meer of minder omzetvolume. Essentieel is dat de spelers plaatsnemen in een structuur die het groeiproces rond de ontwikkelingen van een nieuw product mogelijk maakt. Tegelijkertijd stelt het iedere speler in staat om een duidelijke meerwaarde te creëren waarop zij kunnen worden afgerekend (zie ook bijlage 3).

De interviewresultaten tonen aan dat de deelname aan het JSF-programma een belangrijke stimulans geeft aan de deelname van Nederlandse bedrijven aan voornoemde kennisnetwerken. Deze observaties vielen vóór de aanvang van het JSF-programma niet eenduidig vast te stellen in de Nederlandse luchtvaartsector. Verder valt te melden dat deze netwerkontwikkeling zowel binnen als buiten de directe JSF-contacten heeft plaatsgevonden.

Een voorbeeld van netwerkontwikkeling binnen het JSF-programma is de deelname van Stork. Uit informatie van diverse geïnterviewden wordt deze onderneming gezien als een gewaardeerde en erkende ketenregisseur.

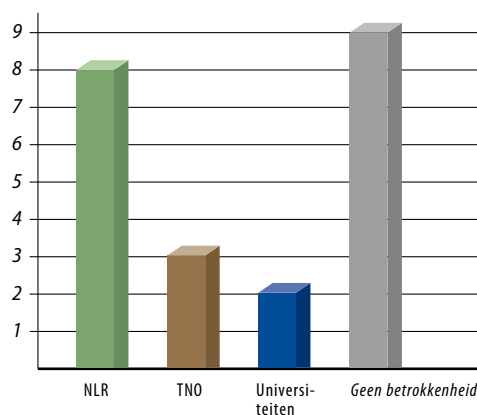
Deelname in de productiefase (PSFD MoU) geeft de ontwikkelingen rond kennisnetwerken een belangrijke impuls.

Een voorbeeld van een belangrijke netwerkontwikkeling buiten het JSF-programma is de Stork Fokker Elmo-Boeing relatie. Als nevenresultaat van de samenwerking in het Boeing JSF-programma in de CDP, kon Stork Fokker Elmo zich plaatsen als een netwerkontwikkelaar in de productie van kabelbomen. Het resultaat is een belangrijke omzet in de civiele en militaire vliegtuigprogramma's.

KPI 8: Inschakeling universiteiten, GTI's en ingenieursbureaus

In een kenniseconomie is behalve de industriële bijdrage ook die van de universiteiten GTI's en ingenieursbureaus een belangrijke factor voor het innovatie vermogen van de Nederlandse kenniseconomie. Onderzocht is of universiteiten, GTI's en ingenieursbureaus zijn ingeschakeld bij de deelname aan de ontwikkeling van de JSF. Hun betrokkenheid moet zich niet alleen bij deze ontwikkeling manifesteren, maar kan zich mogelijk ook op andere gebieden uiten. Er zijn 22 technologieën ontwikkeld in het kader van de JSF ontwikkeling (tabel 1). De betrokkenheid van de universiteiten en GTI's bij deze 22 technologieën is in figuur 6 weergegeven.

Figuur 6:
Betrokkenheid
onderwijsinstellingen
en GTI's bij nieuwe
technologieën



Dit houdt in dat bij bijna 60% van de ontwikkelde technologieën de universiteiten en de GTI's daadwerkelijk zijn betrokken.

Onderzocht is of deelname aan de JSF ontwikkeling leidt tot een intensivering van de relaties tussen de 25 Nederlandse bedrijven en de universiteiten, GTI's en ingenieursbureaus. De 25 bedrijven hebben de volgende relaties:

16 bedrijven (64%) werken samen met het NLR

9 bedrijven (36%) werken samen met TNO

12 bedrijven (44%) werken samen met universiteiten

4 bedrijven (14%) werken samen met ingenieursbureaus

6 bedrijven (24%) hebben geen enkele relatie met universiteiten, GTI's of ingenieursbureaus

In totaal hebben de 25 bedrijven momenteel 41 relaties met de universiteiten, GTI's en ingenieurbureaus. De deelname aan de ontwikkeling van de JSF heeft geleid tot tien nieuwe relaties. **Dit betekent een verhoging van 32%.** Verder geven de bedrijven aan dat de universiteiten en GTI's meer klantgericht zijn gaan werken. Dit als gevolg van de samenwerking tussen bedrijven, universiteiten en GTI's, in het kader van de JSF-ontwikkeling.

NLR Het NLR heeft duidelijk het meest uitgebreide relatienetwerk in de luchtvaartsector. Met dit netwerk is het NLR altijd een verbindende factor geweest in het luchtvaartcluster. Ze is daarbij medesturend in onderzoek, technologie ontwikkeling, evaluatie en beproevingstechnologie. Op het gebied van productontwikkeling heeft het NLR de laatste jaren stappen ondernomen om de bedrijven daarbij te ondersteunen. Toch zal het voor het NLR van belang zijn om in de veranderende wereld van netwerken, zich door te ontwikkelen tot een kennisketenregisseur. Behalve de noodzakelijke bagage aan kennis en technologie, vergt dit ook een adequate kennis van marketing en financiering. Omdat het NLR een stichting is, zijn dit aspecten die niet van nature tot ontwikkeling komen en derhalve specifieke aandacht vergen.

NLR en TNO Behalve de relaties met de Nederlandse bedrijven is ook onderzocht of en welke relaties er zijn ontstaan tussen de universiteiten, GTI's en de belangrijke partners in de JSF-ontwikkeling. Het NLR en TNO hadden al voor de deelname aan de ontwikkeling van de JSF-relaties met de belangrijke partners in de JSF-ontwikkeling. Omdat NLR en TNO direct betrokken zijn bij ontwikkelingen in de JSF is deze relatie versterkt. De uitwisseling van kennis is bij deze activiteiten groot. Hierdoor krijgt men beter inzicht in de keuzes van de Amerikaanse overheid met betrekking tot training- en onderhoudsconcepten. Dit zijn voor Defensie essentiële aspecten voor het toekomstige gebruik van de JSF. Dankzij de deelneming in de CDP heeft het NLR wel een duidelijk "track record" kunnen opbouwen bij Boeing, de verliezer van de JSF competitie. Deze relatie heeft geleid tot onderzoeksopdrachten van Boeing.

TU Delft

De Technische Universiteit Delft (faculteit Lucht- en Ruimtevaart) heeft door de deelname aan de JSF-ontwikkeling een relatie opgebouwd met LMAero.

In 2004 tekenden beide partijen een samenwerkingsovereenkomst. Hierin legden de partijen vast dat zij jaarlijks ten minste vier studenten voor een periode van 4 tot 6 maanden willen plaatsen bij LMAero. De TUD is tot op heden de enige universiteit uit de JSF-partnerlanden met een dergelijke overeenkomst. In 2004 heeft LMAero de eerste vier studenten al geplaatst. In 2005 zijn er zes studenten geplaatst. In 2006 zullen minstens acht studenten stage of afstudeerwerk verrichten bij LMAero in het kader van het JSF-project.

De studenten die in 2005 bij LMAero actief zijn geweest, zijn allen verzocht om hun verblijf te verlengen. Zij hebben alle zes een certificaat ontvangen voor het excellente werk dat zij verricht hebben tijdens hun stages.

Stork, Fokker en NLR

Voor deze samenwerking is de ondersteuning door Stork Fokker en het NLR van groot belang. De studenten staan op de loonlijst van Stork en het NLR. Voor buitenlanders die werkzaam zijn binnen het JSF-project, gelden zeer strenge beveiligingseisen. Dankzij Stork Fokker en het NLR is het mogelijk om studenten de vereiste trainingen te laten volgen en uit te betalen, voor werk dat zij verrichten in de Verenigde Staten.

LM Aero

Om de relatie met LMAero verder uit te bouwen zal op 10 oktober 2006 een vervolg samenwerkingsovereenkomst worden getekend. Verder zijn door verschillende afdelingen binnen de faculteit onderzoeksvorstellen bij LMAero ingediend. Hoewel de voorstellen door LMAero als veelbelovend worden aangemerkt, is tot op heden nog geen enkele concrete opdracht door LMAero verstrekt. De ITAR regels van de Verenigde Staten maken het echter moeilijk om onderzoekafspraken te maken met open instellingen als universiteiten. Toch wordt langzaam voortgang geboekt. Aandacht en druk zijn echter van belang om tot een definitieve doorbraak te komen.

Prognostic Health Monitoring courtesy NLR.



Geschatte gevolgen deelname aan de production, sustainment & follow-on development

Het is van belang dat deelname aan de Production, Sustainment & Follow-on development ook positieve gevolgen heeft voor de kenniseconomie van Nederland. Het NIVR maakt een inschatting voor zowel de technologische als de industriële opbrengsten voor de vervolgdeelname.

Technologische opbrengsten

11 in het kader van de JSF ontwikkelde technologieën worden nog niet daadwerkelijk toegepast. Onderzocht is wat de keuze, voor het wel of niet deelnemen aan de vervolgfase in de JSF heeft voor het naar de markt te krijgen van de betreffende technologieën. Voor drie technologieën is het een absolute voorwaarde om bij de verdere ontwikkeling en de productie van de JSF te zijn betrokken. Voor vijf technologieën creëert de vervolgdeelname een uitgelezen eerste kans en voor de overige drie is het van weinig belang.

Politieke opbrengsten

Deelname in de ontwikkelingsfase van de JSF leidt tot het begin van de ontwikkeling van een netwerk. Er heeft zich een kern gevormd rond Stork Fokker die de dynamiek van de moderne ontwikkelingen in de luchtvaart wil doorvoeren in hun bedrijfsvoering. De universiteiten en GTI's hebben door hun relatienetwerken, de mogelijkheid om zich te gaan ontwikkelen als kennisnetwerken. Deze trends passen in het beleid van de overheid rond de Lissabon-strategie. In dit verband is het erg belangrijk dat het JSF-programma wordt voortgezet aangezien een dergelijk langdurig project essentieel is om de thans signaleerde ontwikkelingen voort te zetten.

Industriële opbrengsten

De deelname in de ontwikkeling en de productie van de JSF leidt tot ontwikkelings- en productieopdrachten in Nederland. De totale stand van de verkregen vaste opdrachten bedraagt per 1 juni 2006 US\$ 699,3 miljoen. In het NIVR-beleidsadvies "Opvolging F-16" (maart 2001), is de totale omzet voor de JSF geraamd op US\$ 6.000 miljoen. Deze ramingen zijn gebaseerd op een totale productie van 4.500 JSF vliegtuigen. Op basis van de al verkregen opdrachten, de door de bedrijven verstrekte verwachtingen en de door de belangrijke Amerikaanse deelnemers in de JSF verstrekte gegevens, geeft het NIVR aan, dat de raming van US\$ 6.000 miljoen (bij een totale productie van 4.500 vliegtuigen), conservatief is.

Bij een omzet van US\$ 6.000 miljoen in de JSF productie fase, gaan bedrijven ook ongeveer US\$ 660 miljoen (bij een gemiddelde R&D besteding van 11%) besteden aan R&D. Dit betekent gemiddeld 250 onderzoekersmedewerkers (VTE) gedurende een periode van 25 jaar. Deelname aan de vervolgfase heeft daarmee ook een positieve invloed op kennisinnovatie over de looptijd van de JSF productie.



Automatic Injection Machine AWL, AFPT NLR courtesy NLR.



Conclusies en aanbevelingen

Conclusies De deelname aan de ontwikkeling van de JSF leidt in Nederland tot de ontwikkeling van 14 technologieën met een uniek innovatieniveau en acht op wereldniveau. Van deze 22 technologieën zullen er 17 (77%) worden toegepast. Voor drie van deze 17 technologieën is een Nederlandse deelname aan de vervolgfase van de JSF een absolute voorwaarde om deze toepassing te kunnen realiseren. Voor vijf andere technologieën is de JSF een eerste uitgelezen kans.

Op gebieden waar Nederland veel eigen technologie biedt, is een duidelijke technologie-uitwisseling op hoog niveau tussen Amerikaanse bedrijven en Nederlandse bedrijven en kennisinstellingen. Dankzij deze kennis verkrijgt men meer inzicht in de keuzes die de Amerikanen maken, onder andere met betrekking tot embedded training en onderhoud. Dit zijn voor defensie essentiële aspecten voor het toekomstige gebruik van de JSF. Verder beperkt de technologie overdracht van Amerikaanse bedrijven naar Nederland zich, tot overdracht van kennis van bestaande materialen, productieprocessen en werkwijzen. Dit komt overeen met de verwachtingen in het NIVR beleidsadvies "Opvolging F-16" van 2001 (ref 1). Het wordt onwaarschijnlijk geacht dat dit in vervolgfases van de JSF zal veranderen.

Er is een duidelijke kennisoverdracht en gebruik van in het kader van de JSF ontwikkelde technologie naar activiteiten buiten het JSF-project. 15 van de 17 technologieën hebben spin-off (binnen de luchtvaart) of spillover (buiten de luchtvaart). Dit toont een duidelijke synergie tussen militaire en civiele projecten met een hoogwaardig niveau.

Bedrijven en kennisinstellingen zijn -als resultaat van het Nederlands Voorbereidingsprogramma JSF- bereid en in staat geweest technologische vernieuwingen met grote risico's te entameren. Zonder deze overheidsstimulans zou het resultaat van deelname aan de JSF-ontwikkeling hebben geleid tot lagere resultaten.

Het Nederlandse bedrijfsleven in de luchtvaart maakindustrie besteedt gemiddeld ongeveer 11% van de omzet aan R&D. Dat is een factor 4 meer dan de gemiddelde R&D inspanning van de gehele Nederlandse industrie. Zij levert daarmee een positieve bijdrage aan de kenniseconomie in Nederland. Er kan niet worden aangetoond dat

de deelname aan de ontwikkeling van de JSF heeft geleid tot een verhoging van de procentuele R&D inspanning bij de bedrijven. In het licht van het hoge gemiddelde percentage aan R&D kan dit ook niet worden verwacht. In absolute bestedingen aan R&D is een deelname aan de vervolgfase van de JSF wel van groot belang. Een Nederlandse omzet in het JSF-project van US\$ 6.000 miljoen (een conservatieve raming bij een productie van 4.500 vliegtuigen), zal bij het bedrijfsleven leiden tot een besteding van US\$ 660 miljoen aan nieuwe R&D.

De toegevoegde waarde per VTE, van de bij de ontwikkeling van de JSF betrokken bedrijven, bedraagt in 2005 ongeveer € 100.000,-. Dit is ongeveer 20% hoger dan de gemiddelde toegevoegde waarde van de Nederlandse industrie in zijn geheel. Deelname in de vervolgfase van de JSF, met de daarbij behorende omzet, leidt tot een verhoging van de productiviteit van de totale Nederlandse industrie.

Zes bedrijven en één ingenieursbureau hebben dankzij deelname aan de JSF-ontwikkeling een "track record" opgebouwd bij één of meerdere van de belangrijke industriële partners in de JSF-ontwikkeling. Het NLR en Stork Fokker hebben in de CDP-fase van de JSF een relatie met Boeing opgebouwd.

De deelname in de ontwikkelingsfase van de JSF maakt het begin mogelijk van een netwerk. Er heeft zich een kern gevormd rond Stork Fokker die de dynamiek van de moderne ontwikkelingen in de luchtvaart wil doorvoeren in hun bedrijfsvoering.

De deelname aan de JSF-ontwikkeling leidt bij universiteiten en GTI's tot nieuwe relaties. En wel met 10 van de 25 Nederlandse bedrijven die bij de JSF-ontwikkeling zijn betrokken. Dit is een stijging van 32%.

De deelname in de ontwikkeling en de productie van de JSF leidt tot ontwikkelings- en productieopdrachten in Nederland. De totale stand van de verkregen vaste opdrachten bedraagt per 1 juni 2006: US\$ 699,3 miljoen. In het NIVR beleidsadvies "Opvolging F-16" (ref 1), is de totale omzet voor de JSF geraamd op US\$ 6.000 miljoen. Deze ramingen zijn gebaseerd op een totale productie van 4.500 JSF-vliegtuigen. Op basis van de al

verkregen opdrachten, de door de bedrijven verstrekte verwachtingen en de door de belangrijke Amerikaanse deelnemers in de JSF verstrekte gegevens, geeft het NIVR aan, dat de raming van US\$ 6.000 miljoen (bij een totale productie van 4.500 vliegtuigen), conservatief is.

Bij een omzet van US\$ 6.000 miljoen in de JSF productie fase, gaan bedrijven ook ongeveer US\$ 660 miljoen (bij een gemiddelde R&D besteding van 11%) besteden aan R&D. Dit betekent gemiddeld 250 onderzoeksmedewerkers (VTE) gedurende een periode van 25 jaar. Deelname aan de vervolgfase heeft daarmee ook een positieve invloed op kennisinnovatie over de looptijd van de JSF productie.

Algemene conclusie:
De deelname aan de ontwikkeling van de JSF resulteert in een aanzienlijk hoger niveau van de Nederlandse kenniseconomie.

Dit geldt zowel voor de ontwikkeling van technologie en kennis als ook voor het positioneren van bedrijven in (inter)nationale kennisnetwerken. Hiermee is een belangrijke reden gerealiseerd van de overheid om deel te nemen aan de ontwikkeling van de JSF. Een belangrijk doel van de overheid, om deel te nemen aan de ontwikkeling van de JSF, is hiermee gerealiseerd (IVT).

Aanbeveling

Vervanging van de F-16 bevat unieke kansen voor de versterking van de kenniseconomie zoals bedoeld in de Lissabon strategie. Die is verder uitgewerkt door de commissie Wijffels. Een keuze voor deelname aan het JSF PSFD MoU verzilvert deze kansen. De NIVR-aanbeveling is om aan dit argument voldoende gewicht te geven in de uiteindelijke beslissing. Een dergelijke kans komt de komende jaren niet meer voor.

Bijlage 1

Omschrijving van de technologieën, inschatting van het Technology Readiness Level (TRL) en de kansen voor een daadwerkelijke toepassing

In het kader van de JSF ontwikkelde technologieën

| Categorie Innovation Excellence | |
|---------------------------------|--|
| 1 | Analysers op basis van de IEEE 1394 standaard |
| 2 | Prognostics and Health Monitoring |
| 3 | Multichannel receiver en Microwave conformal coating |
| 4 | Seal Tester |
| 5 | Composiet onderdelen voor vliegtuigonderstellen |
| 6 | Hoog vermogen eximeer laser boren |
| 7 | Electro Chemical Machining (ECM) |
| 8 | High Speed Physical Vapor Deposition sputteren |
| 9 | Embedded training |
| 10 | Joint Infrared sensor en software technologie |
| 11 | Buigen van dunwandige Titaanbuizen |
| 12 | Composiet aandrijfassen (hoge vermogensoverdracht) |
| 13 | Flat Swinging Heat Pipe |
| 14 | Fibre Metal Laminates |

| Categorie World Class | |
|-----------------------|--|
| 15 | High Performance Machining van Titaan legeringen |
| 16 | High Performance Machining van Inconellegeringen |
| 17 | Cryogene koelers |
| 18 | Control loops and forced feedback systems |
| 19 | Low Light Level TV |
| 20 | Optical module |
| 21 | Fiber Placement production technology |
| 22 | Voice Control |

1. Analysers op basis van de IEEE 1394 standaard

Het JSF dataprotocol is gebaseerd op de IEEE 1394 (Fire Wire) standaard. De IEEE 1394 standaard is in de Avionics Industrie de opvolger van het reeds tientallen jaren bestaande 1553 protocol. Behalve een aanzienlijk hogere datasnelheid (400 Mb/sec vs 1 Mb /sec) biedt de IEEE standaard ook meer functionaliteit. De JSF maakt gebruik van 9 onafhankelijke Fire Wire bussen. In het kader van het JSF-project heeft DAP een volledig nieuwe 3- kanaals bus analyser ontwikkeld, die met software ontwikkelingen volledig is geoptimaliseerd op het JSF-protocol. De analysers die DAP Technology ontwikkelt zijn simpelweg te omschrijven als een hulpmiddel om de data die over het netwerk verplaatst wordt op een gebruikersvriendelijke manier zichtbaar te maken op een beeldscherm. Speciaal voor hardware en software ontwikkelingen zoals JSF zijn deze analysers onmisbaar door het enorm verkorten van de Time to Market van de nieuwe op FireWire gebaseerde applicaties.

Verder zijn zogenaamde insteekkaarten met 3 kanalen ontwikkeld. Met 3 insteekkaarten in een PC kunnen de 9 buskanalen van de JSF vliegtuigen op de eindsamenbouwlijn (zowel proto's als serieproductie) en in de instandhouding worden gecontroleerd. Concurrentie op dit gebied was er in eerste instantie van twee andere bedrijven. CATC (VS) was niet bereid om de snellere, voor JSF noodzakelijke, IEEE 1394 standaard te ondersteunen en kwam daardoor niet in aanmerking voor het JSF-project. Yokogawa (Japan) heeft zich uiteindelijk uit deze markt teruggetrokken, zodat momenteel weinig concurrentie bestaat. Omdat de analysers worden toegepast is de TRL status 9.

2. Prognostics and Health Monitoring

Door beter inzicht in het (toekomstige) faalgedrag van systemen kan het onderhoud beter worden gepland. Hierdoor is de inzetbaarheid van het vliegtuig beter te garanderen en is beter bekend welke onderdelen er op een bepaalde plaats nodig zijn; dit scheelt aanzienlijk in voorraad- en transportkosten.

Het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium (NLR) heeft voor Defensie en buitenlandse krijgsmacht delen veel ervaring opgedaan met het registreren en verwerken van operationele gebruiksgegevens van ondermeer de F-16 en met het maken en voeden van modellen met die gegevens. In het kader van het NVJSF heeft het zogenaamde Dutch PHM Consortium (DPC), bestaande uit Perot Systems Nederland, Sun Electric

Systems, NLR en TNO, aangetoond dat prognostiek die er op gericht is de inzetbaarheid te voorspellen en de onderhoudsacties in de toekomst te identificeren, van groot belang is om een optimale gereedstelling te realiseren tegen zo laag mogelijke kosten. Op basis van deze demonstratie is in het ontwerp van de JSF Prognostic and Health Monitoring geïntegreerd. Het bewaken en het voorspellen van het onderhoud aan de JSF zal worden gedaan met gegevens en modellen. De JSF zal worden uitgerust met dataregistratiesystemen waarmee gegevens worden opgenomen van de onderdelen van het vliegtuig. Ook zal worden bijgehouden wat voor soort vluchten worden gemaakt. Ook de unieke kennis van DPC zal worden gebruikt. DPC heeft een contract van Lockheed Martin verkregen voor de ontwikkeling van een Intelligent Help Environment. Daarmee is TRL status 9. Deze Intelligent Help Environment is een integraal onderdeel van het Autonomic Logistics Information System (ALIS). De onderdelen die worden ontwikkeld zijn: Anomaly & Failure Resolution Systems (AFRS), Knowledge Discovery (KD) en Force Life Management (FLM).

De DPC oplossingen zullen een cruciale rol spelen in twee van de belangrijke doelstellingen voor de JSF: betaalbaarheid en onderhoudbaarheid. Elke van de vier partners in het DPC, brengt hiervoor zijn specifieke expertise in. Tom Burbage, Executive Vice President van het JSF-programma bij Lockheed Martin zei over de DPC-bijdrage: "The Dutch PHM consortium shows the importance of several companies combining resources to provide a valuable asset to the programme".

3. Multichannel Receiver en Microwave conformal coating

In radarsystemen komen signalen met zeer Hoge Frequenties (HF) voor (tot 10 GHz). Deze signalen vragen om een zorgvuldige behandeling om verzwakken en (ver)storing tegen te gaan. Dit leidt tot een arbeidsintensieve manier van opbouwen van HF-radaronderdelen. In het kader van het NVJSF heeft Thales Nederland een nieuw realisatieconcept ontwikkeld voor de radarontvanger en het moederbord. Het zogenoemde "Multifunction Carrier" (MFC) maakt het mogelijk om HF-radardelen te produceren op een manier waarop gewone Printed Circuit Boards worden gebouwd. Kenmerkend voor de methode is een Printed Wiring Board dat, door gebruik van verschillende materialen ook geschikt is voor HF-radarsignalen. Dit leidt tot een grote besparing in kosten (tot 50%), gewicht en afmetingen (beide tot 50%).

Een ander aspect dat bij het bouwen van HF-radar speelt is het afschermen van de integrated Circuits (IC) tegen de inwerking van vocht. Vocht heeft een grote negatieve uitwerking op het functioneren en de levensduur van de IC's. Normale afdekking (coating) heeft een te grote invloed op de HF eigenschappen van het IC. In het kader van het NVJSF-project is een nieuw afschermmateriaal (Microwave Conformal Coating MMC) ontwikkeld. Dit materiaal bestaat uit glazen, met lucht gevulde, bolletjes met een doorsnede van een paar micrometer in een harssysteem. Deze vinding is inmiddels gepatenteerd.

Hiermee is unieke technologie ontwikkeld en aan Raytheon gedemonstreerd. Raytheon was erg enthousiast over de ontwikkelingen bij Thales Nederland. Omdat de combinatie Boeing/Raytheon de competitie voor de JSF heeft verloren en Northrop Grumman tot op heden geen interesse heeft getoond, wordt niet verwacht dat het systeem een toepassing zal vinden in de JSF.

De technologie is sinds het NVJSF verder ontwikkeld en wordt nu toegepast in alle radarsystemen die sindsdien door Thales Nederland zijn ontwikkeld zoals de ontvangers van de Flycatcher Mk2 en in de SMART S Mk2 (spillover). Zonder overdrijven kan gesteld worden dat de NVJSF deelname van Thales Nederland, substantieel heeft bijgedragen aan het behouden en uitbouwen van de toonaangevende positie die Thales Nederland wereldwijd heeft als ontwerper en producent van radarsystemen. TRL status 9.

4. Seal Tester

Het rendement van gasturbines (motoren) wordt mede bepaald door de kwaliteit van de afdichtingen tussen de draaiende delen en de vaste delen. Hoe minder lekkage hoe hoger rendement. Het ontwikkelen van verbeterde afdichtingen is derhalve van groot belang. Eén van de problemen hierbij is het aantonen dat nieuwe concepten ook werkelijk leiden tot een betere afdichting en de duurzaamheid van de afdichting. In het kader van het NVJSF heeft het NLR in samenwerking met Pratt&Whitney en Eldim een testfaciliteit ontwikkeld voor het beproeven van afdichtingen. De combinatie van hoge gebruiksdruk, hoge gastemperatuur, instelbare speling en zeer hoge rotatiesnelheden tot 28.000 RPM maken deze faciliteit uniek in de wereld. Het is nu mogelijk om een nieuwe afdichtinggeometrie uitgebreid te beproeven en te vergelijken

met bestaande afdichtingen. Deze testfaciliteit biedt de Nederlandse bedrijven zich verder te specialiseren in het marktsegment van afdichtingen. Verwacht wordt dat in 2007 de eerste echte beproevingen kunnen gaan plaatsvinden en de testfaciliteit operationeel is. TRL status 7-8.

5. Composietonderdelen voor vliegtuigonderstellen

Tot op heden worden landingsgestellen van vliegtuigen en helikopters gemaakt van staal. Stork SP Aerospace heeft in samenwerking met het NLR en Eurocarbon een gemechaniseerd Resin Transfer Moulding (RTM) proces ontwikkeld voor de fabricage van composietonderdelen van landingsgestellen. Als representatieve demonstratie component is gekozen voor de Lower Drag Brace van het F-16 onderstel. In totaal zijn 7 Drag Braces geproduceerd en verregaand beproefd. Uiteindelijk heeft een succesvolle testvlucht plaatsgevonden van de RTM Drag Brace op een F-16 vliegtuig van de Koninklijke Luchtmacht. Dit is de eerste keer dat een composiet primair onderdeel daadwerkelijk heeft gevlogen. Hiermee is een grote stap gezet in de acceptatie van composietmaterialen in onderstellen van vliegtuigen. De gewichtswinst van de composiet Drag Braces bedroeg circa 30% in vergelijking tot een metalen component. De kosten van de composieten Drag Braces waren ongeveer 20% lager dan die van de metalen component. Vervolgonderzoek middels een project in het kader van de Civiele Vliegtuig Ontwikkeling heeft de TRL status op 7 gebracht. Naar verwachting zal dit binnen 1 tot 4 jaar leiden tot de daadwerkelijke toepassing in een onderstel van een civiel of militair vliegtuig. Gesprekken met onderstelfabrikant Goodrich lopen. De JSF is daarbij een goede kandidaat.

De gemechaniseerde RTM technologie heeft ook geleid tot het op de markt brengen van afgeleide producten (zowel spin-off als spillover). Het betreft:

- Een Automated Injection Machine door AWL uit Harderwijk in samenwerking met AFPT (Sprang Capelle) en het NLR
- De koolstofvezel vlechten voor de crashcones van de Mercedes SLR McLaren door Eurocarbon (Sittard)

6. Hoog vermogen eximeer laser boren

Hoog vermogen lasers zijn in het algemeen zeer geschikt voor het snijden en boren van allerlei soorten materialen. Het NCLR heeft een laser ontwikkeld met een vermogen van meer dan 1 kW. Hiermee bestaat de mogelijkheid om met zeer hoge snelheid grote hoeveelheden gaten te boren in moeilijk te bewerken materialen. In het kader van de JSF-ontwikkeling zijn de mogelijkheden onderzocht om met deze laser koelkanalen te boren in componenten van de F135 motor (Prat & Whitney). Randvoorwaarden hierbij waren:

- De componenten zijn vervaardigd van superlegeringen met geavanceerde beschermlagen
- Een boorsnelheid van 8 gaten per seconde, met een goede gatkwaliteit

De boorsnelheid is afhankelijk van het type beschermingslaag. Voor de meeste types is aangetoond dat het NCLR in staat is om te voldoen aan de gewenste boorsnelheid. Voor enkele andere types is nog verder onderzoek benodigd. De TRL status is hiermee 6-7. De technologie in combinatie met de toepassing is uniek in de wereld en biedt zowel binnen als buiten de luchtvaart vele toepassingsmogelijkheden.

7. Electro Chemical Machining

Elektrochemisch frezen is een productietechnologie, die buiten de luchtvaart onder meer wordt gebruikt voor de vervaardiging van scheerkoppen. Dutch Aero heeft deze technologie verder ontwikkeld voor de vervaardiging van complexe motoronderdelen, zoals compressorschijven met geïntegreerde compressorbladen. Randvoorwaarden bij de vervaardiging van dergelijke onderdelen zijn:

- De complexe vorm van de compressorbladen
- Een doorsnede van ongeveer 1,20 meter
- Moeilijk bewerkbaar materiaal (Titaan legeringen)

Dutch Aero heeft, met behulp van een zelf ontwikkelde elektrochemische freesmachine, geïntegreerde compressorbladen met een complexe vorm gefreesd. De nauwkeurigheid en kwaliteit van de bladen is erg hoog en de productiekosten zijn lager dan door toepassing van een High Performance Machining proces. Op basis van deze kennis

is het ontwerp van een productiemachine gemaakt. Het tekeningenpakket voor een dergelijke productiemachine liggen klaar. De volgende stap is de vervaardiging van de productiemachine. TRL status is daarmee 6-7. Deze technologie is voor de toepassing uniek in de wereld. Er zijn geen bedrijven die hiertoe momenteel in staat zijn. Deze technologie is ook zeer geschikt voor de vervaardiging van geïntegreerde delen van andere vliegtuigmotoren. De JSF-F136 motor is echter een belangrijke kans om de vervolgstap te zetten.

8. High Speed Physical Vapor Deposition sputteren

Door het verhogen van de gebruikstemperatuur van essentiële onderdelen van een vliegtuigmotor en uitlaat, wordt de efficiency verhoogd. Om materialen te beschermen tegen deze hoge temperaturen worden ze voorzien van steeds meer gecompliceerde beschermingslagen (coatings). Voor het aanbrengen van deze coatings moeten nieuwe productietechnologieën worden ontwikkeld. In het kader van het NVJSF heeft Sulzer Metco Coatings (Lomm, Nederland), in samenwerking met het Von Fraunhofer instituut, het High Speed Physical Vapor Deposition (HSPVD) sputterproces ontwikkeld. Door een potentiaalverschil aan te brengen tussen de elektrode en het product wordt niet alleen de aanbrengsnelheid van de coating verhoogd, maar bestaat ook de mogelijkheid om coating aan te brengen op zeer moeilijk bereikbare delen van het product. In het kader van de JSF wordt met name de laatste mogelijkheid van groot belang geacht. P&W heeft serieuze problemen van het aanbrengen van coating in blinde hoeken van de JSF nozzle met de zogenaamde "doubletvorm". Onderzocht wordt of de HSPVD technologie geschikt is voor het coaten van deze moeilijke producten. Testnozzles zullen worden gespoten, waarbij allerlei parameters zullen worden gevarieerd om tot de optimale instelling te komen. Indien op alle kritieke plaatsen een voldoende dikke laag coating kan worden aangebracht is een belangrijke stap vooruit gerealiseerd. Omdat SMC patenthouder is van het HSPVD proces, is SMC dan de enige, die hiertoe met een uniek proces in staat is, biedt dit goede vooruitzichten om met deze technologie werk naar Nederland te krijgen. TRL status 6.

9. Embedded Training

Het trainen van vliegers om zich voor te bereiden op werkelijke missies is van groot belang. Tot op heden is het niet mogelijk om specifieke missies te trainen in het vliegtuig tijdens het vliegen. Dit gebeurt met simulatoren op de grond. In het kader van het NVJSF-programma en een vervolprogramma in de SDD, heeft Dutch Space in samenwerking met het NLR en TNO, aangetoond dat het mogelijk is om met software, dergelijke specifieke missies te simuleren in een jachtvliegtuig tijdens het vliegen. In het project zijn de mogelijkheden van deze zogenaamde Embedded Training aangetoond op de Orange Jumper van de KLu (F-16 testvliegtuig). Vliegers van de KLu, het JPO, en van LMAero hebben succesvolle trainingssessies gevlogen.

Door de vliegers is aangegeven dat de werkelijkheidswaarde van dergelijke training aanzienlijk hoger is dan die op de grond. TRL status 5. Onderhandelingen met LMAero en het JPO lopen om de mate waarin en de wijze waarop embedded training kan worden opgenomen in het ontwerp van de JSF. Nederlandse overheidsdeelname aan de vervolfase van de JSF is voor dit proces essentieel.

10. Joint Infrared sensor and software technology

De JSF zal worden voorzien van 6 infrarood sensoren om de piloot onder slechte zichtomstandigheden een beeld van zijn omgeving en de mogelijke dreigingen te verschaffen. Verder worden ze gebruikt voor identificatie camera en voor het detecteren van doelen op grote afstanden. In het kader van het NVJSF en de SDD-fase heeft TNO in samenwerking met Northrop Grumman beeldbewerkingalgoritmen (software) ontwikkeld. Tijdens de ontwikkeling is de voor beeldverbetering beschikbare computercapaciteit met 80% gereduceerd. Desondanks is het TNO gelukt om met geheel nieuwe algoritmen binnen de beschikbare computercapaciteit een zeer goede beeldkwaliteit te realiseren. Met Northrop Grumman worden onderhandelingen gevoerd om de algoritmen toegepast te krijgen in de JSF. TRL status 8. Nederlandse overheidsdeelname aan de vervolfase van de JSF is voor dit proces essentieel.

11. Buigen van dunwandige Titaanbuizen

Voor de aandrijving van vliegtuigsystemen wordt bij de JSF gebruik gemaakt van compressorlucht van de motor. Voor het transport van deze lucht met hoge temperatuur en druk wordt gebruik gemaakt van complex gevormde buizen vervaardigd uit een hoogwaardige Titaanlegering. De vervaardiging van deze buizen is een duur proces. De hoge treksterkte van Titaanlegeringen heeft namelijk een grote weerstand tegen vervormen. Pas bij temperaturen boven de 700°C is de legering te vervormen, maar moet oxidatie worden voorkomen. Het productieproces van de pijpen bestaat daarom, uit het vervormen van halve pijpdelen in dure mallen en het vervolgens aan elkaar lassen van de afzonderlijke delen tot een complex gevormde pijp. In het kader van de JSF heeft Senior Aerospace Bosman een unieke productietechnologie ontwikkeld voor het buigen van rechte, zeer dunne Titaanbuizen. Apparatuur is ontwikkeld om het buismateriaal in een dunne schil te verhitten en daarbij te buigen. Deze dunne schil is noodzakelijk om uitknikken van de buis bij het buigen te voorkomen. De verhitte ring wordt tijdens het buigproces over de buislengte verplaatst. Om de complexe vormgeving van de buizen te kunnen aanbrengen zal moet deze verplaatsing in een driedimensionale ruimte moeten kunnen plaatsvinden. Hiervoor is speciale Swivel Quill ontwikkeld. Om oxidatie te voorkomen is een speciale koeleenheid ontwikkeld. Met de huidige apparatuur is aangetoond dat bochten met een minimale diameter van 2,5 maal de buisdiameter kunnen worden vervaardigd. Voor het kunnen aanbrengen van een kleinere radius is onvoldoende fysieke ruimte beschikbaar. Een herontwerp van de bestaande machine is hiervoor noodzakelijk. De TRL status is hiermee 4. Dit niveau is nog te laag om toepassing te kunnen realiseren in de JSF.

In de civiele luchtvaart heeft zich recent een nieuwe trend ingezet, waardoor het gebruik van elektrisch aangedreven vliegtuigsystemen snel zal gaan toenemen. Hierdoor is er geen behoefte meer aan complex gevormde Titaanbuizen. De Boeing 787 is hiervan een goed voorbeeld. Vanwege de sterk verslechterde marktomstandigheden is de verdere ontwikkeling van de buigmachine gestopt en zal deze technologie niet daadwerkelijk worden toegepast.

12. Composiet aandrijfassen.

Een van de varianten van de JSF is een versie die verticaal kan opstijgen en landen. Deze STOVL variant is voorzien van een liftfan voor het verticaal kunnen stijgen en landen. De liftfan wordt aangedreven met een aandrijfjas vanuit de voortstuwingsmotor. De gebruikseisen (vermogensoverdracht, schadetolerantie) aan deze aandrijfjas zijn erg hoog. Als basismateriaal is gekozen voor een hoge sterkte staallegering. In het kader van het NVJSF heeft Aeronamic, in samenwerking met het NLR, een studie uitgevoerd naar de haalbaarheid van een composiet aandrijfjas op basis van de natte wikkeltechniek. Er zijn meerdere demonstrators ontwikkeld en geproduceerd. Tijdens beproevingen is aangetoond dat de assen de gespecificeerde eisen op het gebied van schadetolerantie nog niet helemaal haalden. Door het aanbrengen van extra vezellagen kan dit echter worden gecompenseerd. Hierdoor zal de gewichtswinst van 20% echter ook minder worden. Met het onderzoek heeft Aeronamic en het NLR een duidelijke voorsprong opgebouwd bij het ontwerpen en produceren van composiet aandrijfassen voor het overbrengen van een hoog vermogen. De huidige TRL status is 4. Omdat nog relatief veel verder onderzoek nodig is om een voldoende hoge TRL te bereiken, wordt niet verwacht dat deze technologie binnen 1 tot 4 jaar zal worden toegepast.

13. Flat Swinging Heat Pipe

Avionica-systemen stralen warmte uit. Koeling is nodig om de temperatuur binnen de operationele grenzen van de avionica-apparatuur te houden. In het NVJSF hebben het NLR en Bradford Engineering een studie uitgevoerd naar het gebruik van het principe van Flat Swinging Heat Pipe als koelapparatuur voor de avionica-systemen van de JSF. De basis is een zeer dunne capillaire buis, gevuld met een speciale vloeistof. Om goed te kunnen functioneren moeten in de buis afwisselend gasbellen en vloeistof bestaan. Voordelen van dit systeem zijn een kleiner volume, geen bewegende delen en er is geen vermogen nodig om de koeler te laten functioneren. Er is een demonstrator ontwikkeld en beproefd voor de koeling van een avionica-systeem van Raytheon. Het basisprincipe van deze geheel nieuwe koeltechnologie is hierbij aangetoond. TRL status is 4. Verder onderzoek is echter noodzakelijk om een voldoende hoge TRL te bereiken. Een nadeel is ook dat het Boeing/Raytheon team het contract voor de JSF niet heeft verkregen. Het is daarom onwaarschijnlijk dat binnen 1 tot 4 jaar deze technologie zal worden toegepast.

14. Fibre Metal Laminates

Om de stealth eigenschappen niet te verstoren is de JSF voorzien van een interne wapenopslagruimte. Om deze wapens te kunnen gebruiken moeten de deuren van deze opslagruimte kunnen worden geopend tijdens de vlucht. De luchtstromingen om deze deuren leiden tot hoog frequent wisselende belastingen en hoge gebruikstemperaturen. Verder is het belastingsniveau erg hoog. In Nederland is veel unieke kennis aanwezig op het gebied van Fibre Metal Laminates (Vezel- Metaallaminaten), die dankzij hun opbouw zeer goed bestand zijn tegen wisselende belastingen (vermoeiing). Voorbeeld hiervan is de toepassing van het FML Glare in de romp Airbus A380. Glare is echter niet bestand tegen de eisen die aan de deuren van de JSF worden gesteld. In het kader van de JSF hebben Stork Fokker AESP, het ingenieursbureau Light Weight Structures, de Technische Universiteit Delft en het NLR gezamenlijk een nieuwe FML en de daarbij behorende productietechnologie ontwikkeld. De FML bestaat uit Titaan lagen met een dikte van 0,4 mm afgewisseld met Cyanide lijmlagen versterkt met koolstofvezels (IM-7). Er is een demonstratie deur (afmetingen 4,5 bij 0,5 meter) van deze FML vervaardigd. Om de goede vermoeiingseigenschappen van dit materiaal aan te tonen en ter verificatie de akoestische belastingsanalyses, is de deur bij het NLR beproefd. De testresultaten overtroffen de verwachtingen. Na 2,6 maal de benodigde levensduur, werd geen schade in de deur aangetroffen. Na verhoging van de belasting tot 140% van de gespecificeerde belastingen trad schade op na 95% van de oorspronkelijk gespecificeerde levensduur. Hiermee is het basisprincipe van deze FML aangetoond. TRL status is daarmee 3-4. Veel vervolgonderzoek is echter nog noodzakelijk om de technologie van deze unieke FML rijp te maken voor toepassing in de JSF. Naar verwachting is dit niet haalbaar binnen 4 jaar.

15. High Performance Machining van Titaanlegeringen

Het gebruik van Titaanlegeringen voor hoog belaste delen, neemt in de vliegtuigbouw steeds meer toe. Titaanlegeringen zijn moeilijk te bewerken (frezen en boren).

De bewerkingstijd van gecompliceerde onderdelen wordt voornamelijk bepaald door de snelheid waarmee het materiaal per tijdseenheid kan worden verwijderd (de zogenaamde Metal Remove Rate MRR). Dutch Aero en Stork Fokker AESP hebben in het kader van het NVJSF onderzoek gedaan naar het verhogen van de MRR. Dutch Aero heeft zich daarbij geconcentreerd op motoronderdelen (Blisk, Fancasing), Stork Fokker AESP op meer dunwandige vliegtuigconstructies. Beide bedrijven zijn er in geslaagd

de MRR sterk te verhogen bij behoud van de vormnauwkeurigheid en kwaliteit van de te frezen producten. Om dit te kunnen realiseren moet bij het frezen rekening worden gehouden met de inwendige spanningen in het aangeleverde materiaal en de toelaatbare buiging in het product tijdens het frezen van de verschillende freesbanen. Verder zijn met de gereedschapfabrikanten nieuwe gereedschappen ontwikkeld. Tenslotte hebben beide bedrijven geïnvesteerd in hoogwaardige nieuwe freesbanken en een stabiele infrastructuur, die voor deze machines noodzakelijk is. Zowel Dutch Aero als Stork Fokker AESP zijn door hun technologische ontwikkeling op wereldniveau gekomen. Met de verwerving van recente orders zowel in de JSF (Blisks Dutch Aero en Sink Ring Stork Fokker AESP) als buiten de JSF (TP 400, M188) is dit duidelijk aangetoond. TRL status 9.

16. High Performance Machining van Inconellegeringen

Ook de toepassing van Inconellegeringen voor onderdelen met een hoge gebruikstemperatuur, neemt in de luchtvaart toe. Voor Inconel geldt hetzelfde als voor de Titaanlegeringen. Deze zijn moeilijk te bewerken. Dutch Aero heeft in het kader van het NVJSF onderzoek gedaan in het kunnen frezen van Inconellegeringen en het verhogen van de snelheid waarmee het materiaal per tijdseenheid kan worden verwijderd (Metal Remove Rate). Ook dit onderzoek is succesvol geweest. De eerste opdrachten zijn buiten JSF verband verkregen (Boeing Spin-off). TRL status 9.

17. Cryogene koelers

Wapensystemen stralen warmte uit. Koeling is nodig om de temperatuur binnen de operationele grenzen van de wapensysteem apparatuur te houden. In het NVJSF heeft Thales Cryogenics koelers ontwikkeld gebaseerd op het Stirling koude vinger principe. De meest kritische parameter in een Stirling koeler is de spleet tussen de zuiger en het cilinderblok in de compressor. Een te kleine spleet resulteert in een vastloper een te grote spleet in een lage efficiency. Om de benodigde precisie te verkrijgen is een hydrostatisch gelagerde freesmachine aangeschaft, waarmee het mogelijk is de zuiger af te draaien met een maatnauwkeurigheid binnen 1 micrometer over de gehele lengte van de zuiger. Een andere belangrijke parameter is de gaasstapeling in de verdringerpijp. Thales Cryogenics heeft voor het nauwkeurig en reproduceerbaar aanbrenge van deze gaasjes een nieuwe stapelmachine ontwikkeld

en laten produceren. Verdere verbeteringen zijn een flexibele lagering van de zuiger en het gebruik van een lineaire motor op basis van een bewegende magneet. Op basis van de ontwikkelde technologieën heeft Thales Cryogenics verschillende demonstratie koelers geproduceerd en getest. Aangetoond werd dat de koelers voldeden aan de gevraagde specificaties. Thales Cryogenics is hiermee doorgedrongen tot de world class op het gebied van koelers met een hoog vermogen en een laag gewicht. Van Northrop Grumman is een opdracht verkregen voor de levering van koelers voor de JSF. De in het kader van de JSF ontwikkelde technologieën worden ook toegepast buiten de luchtvaart. Thales cryogenics levert koeleenheden voor het koelen van elektronenmicroscopen van verschillende leveranciers. TRL status 9.

18. Control loops and forced feedback systems

Jachtvliegtuigen ondergaan in het operationeel gebruik zowel laag- als hoogfrequente trillingen, die zich vertalen in belastingen op de structurele delen van het vliegtuig. Om aan te tonen dat het ontwerp van de vliegtuigstructuur aan de specificaties voldoet, wordt het vliegtuig uitgebreid op de grond beproefd. Voor de belastingen voortkomend uit de laag- en de hoogfrequente trillingen, werden altijd aparte beproevingsopstellingen gebruikt.

In het kader van het NVJSF heeft Moog-FCS uit Nieuw Vennep onderzocht of het mogelijk was om het beschikbare SmarTEST systeem van FCS voor de (laagfrequente-) vliegtuigbeproeving uit te breiden met een hoogfrequent deel. Het SmarTEST systeem is een op software gebaseerd testsysteem dat relatief eenvoudig kan worden aangepast aan de hardware testapparatuur. Het toevoegen van het hoogfrequente deel kan daarmee met software wijzigingen worden gerealiseerd. BAeSystems, partner van LMAERO in de bouw van de JSF heeft een groot aandeel verworven in het structurele testwerk. Een moderne methode voor het snel testen van de JSF wordt derhalve van groot belang geacht. Na realisatie van het concept in een demonstrator heeft een uitvoerige validatie plaatsgevonden. Aangetoond werd dat ook de hoogfrequente trillingsbelastingen op een goede wijze kunnen worden aangebracht, door te compenseren voor de traagheidsmassa van de aanbrenghmechanismen (middels forced feedbacksystemen).

Dankzij deze technologieontwikkeling heeft Moog FCS nu meerdere testsystemen aan BAeSystems geleverd en ook heeft LMAERO meerdere systemen besteld. TRL status 9. Behalve voor de JSF verwacht MoogFCS op korte termijn vergelijkbare geavanceerde testsystemen te gaan leveren in de automobielsector (spillover).

19. Low Light Level TV

In het kader van het NVJSF heeft Thales Optronics, in samenwerking met TNO Fysisch-Electronisch Laboratorium en TNO Technische Menskunde, onderzocht in hoeverre de toevoeging van de waarneming met kleurcamera aan de waarneming met een infrarood camera zou bijdragen aan een verbeterde waarneming van objecten (voertuigen, personen, terreinkenmerken) onder verschillende meteorologische condities (nacht, mist, sneeuw, etc.). Thales Optronics heeft een demonstrator ontwikkeld en gebouwd, bestaande uit een camera met twee kleurkanalen, voorzien van beeldversterking, en een infrarood camera. Metingen, data-analyse en interpretatie werden uitgevoerd door de TNO instituten. Testen met de demonstrator toonden aan dat de toevoeging van een kleurcamera, voorzien van beeldversterking complementair is aan een infrarood camera. De combinatie geeft een duidelijk betere waarneming van objecten onder verschillende meteorologische condities. Geadviseerd werd om door een beeldfusie van beide systemen volledig gebruik te maken van de beschikbare beeldinformatie.

De demonstratie van deze technologie was gericht op Raytheon. Omdat de combinatie Boeing/Raytheon de competitie voor de JSF heeft verloren en Northrop Grumman tot op heden geen interesse heeft getoond, wordt niet verwacht dat het systeem een toepassing zal vinden in de JSF. De in het kader van de JSF ontwikkelde technologie zal echter zijn toepassing gaan vinden in het nieuwe pantservoertuig van de Koninklijke Landmacht (Boxer spillover). TRL status 8.

20. Optical Module

In de JSF zullen verschillende typen warmtebeeld nachtzicht-sensoren worden toegepast. Thales Optronics, in samenwerking met TNO, heeft in het kader van het NVJSF, onderzoek verricht naar een optische module voor het "missile warning system". Op basis van de door Raytheon afgegeven specificaties is een optische module ontwikkeld en gebouwd. Deze bestaat uit verschillende zogenaamde fish-eye objectieven. Door er meerdere langs het vliegtuig te plaatsen wordt een zeer groot gezichtsveld gecreëerd. De gedemonstreerde module heeft volledig voldaan aan de op voorhand gestelde specificaties. Status TRL 8. De opgebouwde kennis is van wereldniveau. Er zijn een beperkt aantal bedrijven in staat om een soortgelijk systeem aan te bieden. Er wordt niet meer verwacht dat Thales Optronics een opdracht zal krijgen voor de optische module van het "missile warning system" van de JSF. Het Boeing/Raytheon team heeft de competitie voor de JSF verloren en Northrop Grumman heeft gekozen voor zijn vaste leverancier van optische modules. De in het kader van de JSF ontwikkelde technologie zal echter zijn toepassing gaan vinden in het nieuwe pantservoertuig van de Koninklijke Landmacht (Boxer spillover). TRL status 8.

21. Fibre placement production technology

Het automatiseren van de productie van composiet vliegtuigdelen is van groot belang om de productiekosten van dergelijke componenten te verlagen. De nieuwste ontwikkeling op dit gebied is fibre placement - het computergestuurd plaatsen van composiet materiaal, vezels en hars, op een driedimensionale mal -. Het NLR heeft in 2004 een onderzoeksrobot aangeschaft. In samenwerking met Stork Fokker AESP worden nu de mogelijkheden onderzocht om de "in flight opening doors" van de JSF met behulp van fibre placement te vervaardigen. Dit in vergelijking met de huidige handmatige productiewijze. TRL status is momenteel 4. Deze productietechnologie is niet uniek in de wereld. Wel schaarst Nederland zich bij de koplopers met deze productietechnologie. Verwacht wordt dat een eerste toepassing en met name de JSF binnen 1 tot 4 jaar wordt gerealiseerd. Ook buiten de JSF worden zowel binnen als buiten de luchtvaartsector op termijn vele mogelijkheden voorzien.

22. Voice Control

Philips heeft in samenwerking met het NLR, op basis van een beschikbaar spraakherkenningssysteem, VoCon, een toepassing ontwikkeld voor een geheel nieuwe omgeving: de cockpit van een jachtvliegtuig. Spraakherkenning wordt als een onmisbaar element beschouwd in het Pilot Vehicle Interface bij de JSF. Door intensieve samenwerking werd een robuust en vliegtuigonafhankelijk systeem verkregen waarin een groot aantal functionaliteiten die door de vlieger in een cockpit worden gebruikt middels spraakherkenning werden bediend. Het betreft zowel vliegtuig besturingsfuncties, tactische functies (radarcontrole) en doelaanwijzing. In twee demonstratiefasen, die in de F-16 MLU cockpit van de National Simulation Facility (NSF) bij het NLR plaatsvonden, werd het systeem met groot succes geëvalueerd door F-16 vliegers van de Koninklijke Luchtmacht, een oud-F15-vlieger van de USAF en leden van het Lockheed Martin Pilot Systems Team. Lockheed Martin zag veel perspectief in het systeem en gaf aan graag verder te willen met het Philips/NLR team. De Koninklijke Luchtmacht was eveneens zeer geïnteresseerd en toonde zich bereid om vliegproeven met een F-16 uit te voeren. TRL status is daarmee 6. Philips heeft echter de spraakherkenningdivisie verkocht aan het Amerikaanse bedrijf ScanSoft Inc. Daarmee is een toepassing door een Nederlands bedrijf weggevallen.

Bijlage 2

Omschrijving 9 Technology Readiness Levels

Technology Readiness Levels (TRL) are a sequence of carefully-defined levels of technology maturity, intended to help communicate the developmental status and risk of emerging technologies. Of course, the selection of the specific TRL number for a particular technology is often a matter of opinion, but properly used, TRLs should replace vague and self-serving statements like “our concept is low risk”. The TRL scheme has been used by NASA and is codified in the military acquisition document DoD 5000.2R, Appendix 6. It is common practice these days to include a listing of the technologies proposed for a new project, with the presumed TRL for each.

- *TRL 1: Basic principles observed and reported*
- *TRL 2: Technology concept and/or application formulated*
- *TRL 3: Analytical and experimental critical function and/or characteristic proof-of-concept*
- *TRL 4: Component and/or breadboard validation in laboratory environment*
- *TRL 5: Component and/or breadboard validation in relevant environment*
- *TRL 6: System/subsystem model or prototype demonstration in a relevant environment (ground or space)*
- *TRL 7: System prototype demonstration in an actual environment*
- *TRL 8: Actual system completed and “qualified” through test and demonstration*
- *TRL 9: Actual system proven through successful mission operation*

| | | | | |
|------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|
| Basic/Applied Research | Advance Technology Development | Advance Component Development | System Development and Demonstration | Product and Operational System |
| 1-2-3-4 | 5-6 | 6-7 | 7-8 | 9 |

In de vorige eeuw namen gezichtsbepalende bedrijven of instituten, publiek of privaat, doorgaans het initiatief bij de ontwikkeling van omvangrijke, complexe projecten. De activiteiten waren geordend volgens een sterk vertikaal geïntegreerde structuur waarbij de aansturing plaatsvond middels een formele hiërarchie. In het “spitsuur” van de technologische ontwikkelingen (+/- 1950 tot 1975) hebben deze structuren goed gewerkt. Na 1975 vlakt de snelheid van de technologische vernieuwing af en krijgen andere factoren een grotere invloed.

Allereerst verschuift onder druk van de marktontwikkelingen en de heersende economische opvattingen de nadruk naar schaalvergroting en kostenbeheersing. De technische rationaliteit is niet langer de dominante factor in het succes van grote projecten. Dit geeft een impuls aan het “procesdenken”. Middels kwaliteitsinitiatieven zoals Total Quality Management en Six Sigma en de opkomst van System Engineering worden ontwikkel- en productieprocessen transparanter en ontstaan er meer aangrijpingspunten om deelontwikkelingen helder te definiëren.

Een tweede factor is de toenemende wereldwijde industrialisatie. De opkomst van de lage lonen landen resulteert in een verplaatsing van relatief eenvoudige productie naar andere plaatsen in de wereld. De fysieke eenheid van de verticaal geïntegreerde bedrijfsstructuren wordt vanaf de onderkant successievelijk afgebroken. Het procesdenken speelt hierbij wederom een katalyserende rol.

Tenslotte speelt vanaf het begin van de jaren '90 de informatisering een essentiële rol. De grootschalige implementatie van netwerken voor geautomatiseerde gegevensverwerking brengen een verbondenheid tot stand die het mogelijk maakt de intellectuele elementen van complexe projecten geografisch te distribueren. Hoewel de intermenselijke contacten onverminderd belangrijk blijven, behoeven groeiprocessen zoals die zich voordoen bij conceptstudies en de ontwikkeling van technische oplossingen niet langer op één plaats te gebeuren. De resultaten zijn immers real-time beschikbaar via elektronische communicatienetwerken. Dit resulteert in een verdere afbrokkeling van de hiërarchisch georiënteerde ontwikkelstructuren. Samen met het verplaatsen van de productie naar lage lonen landen leidt het hiergenoemde effect begin jaren '90 tot het ontstaan van de term “globalisering”.

Kenmerken van industriële kennisnetwerken

De voortgang van de globalisering is thans zo ver dat er zich duidelijk nieuwe structuren aftekenen voor de ontwikkeling van complexe, multidisciplinaire projecten. Zij worden in het algemeen aangeduid onder de term netwerkorganisaties. In de volgende paragraaf wordt ingegaan op de eigenschappen van kennisnetwerken.

De belangrijkste reden dat de traditionele ontwikkelorganisaties niet in staat zijn geweest de globalisering te volgen is de starheid als gevolg van de hiërarchische benadering en vergaande formalisering, samen te vatten onder de term bureaucratie.

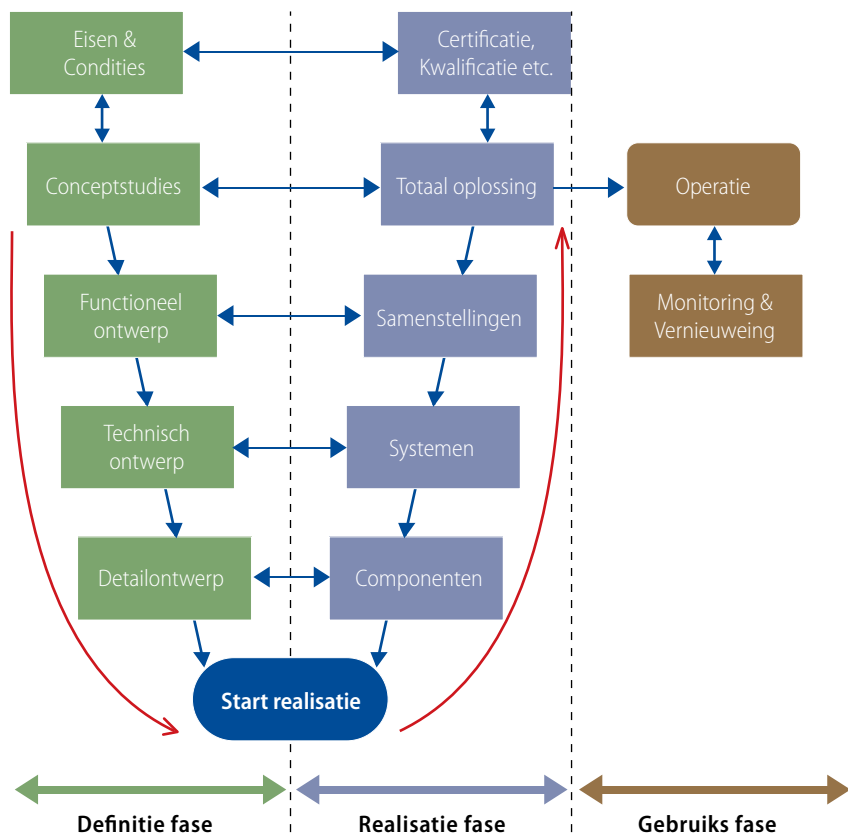
In een netwerkorganisatie wordt de verantwoordelijkheid en het risico verder opgesplitst en belegd bij die partijen die het best gekwalificeerd zijn om het deelresultaat te beïnvloeden c.q. de risico's daarvan te beheersen. Op hoofdlijnen valt een netwerkorganisatie als volgt te karakteriseren:

Ontwikkelingen van producten en diensten vinden plaats in tijdelijke structuren met een variërend aantal deelnemers in variabele rollen. De deelnemers hebben een grote invloed op de verantwoordelijkheid en de risico's waarvoor zij kiezen en kunnen deze geheel afstemmen op hun kerncompetenties. Doorgaans dragen de deelnemers zelf zorg voor hun investeringen; Een netwerkorganisatie is output gericht. Het snel en effectief vervullen van de wens van de klant staat voorop. Dit vraagt om platte organisatie structuren en korte, directe communicatielijnen. Waar in traditionele organisatievormen efficiency een belangrijke rol speelde draait hier alles om flexibiliteit en inzetbaarheid;

Het ontstaan van netwerkorganisaties heeft geleid tot een nieuwe, internationale context met een eigen dynamiek. Waar voorheen de "werkelijkheid" van gezichtsbepalende spelers dominant was vormen nu redundantie en pluriformiteit het uitgangspunt voor een rijk geschakeerde reeks van reactie mogelijkheden. Een netwerkspeler doet alleen mee als hij op het juiste moment adequaat weet te reageren. Hierbij gaat het om twee zaken: relatie en inhoud. De relatie is de bodem waarop de inhoud kan groeien, relaties zijn essentieel. Het vertrouwen dat opgebouwd wordt in de relatie is bepalend voor de continuïteit. Luisteren, leren, laten beïnvloeden door nieuwe inzichten en gezichtspunten zijn net zo belangrijk als het leveren van een eigen bijdrage. Dit heeft een grote invloed op de bedrijfscultuur van netwerkspelers. "Geven en krijgen" komt in de plaats van "geven

en nemen". De ontwikkelingen vinden plaats middels zelfsturing van individuen en teams. Het management is vooral faciliterend in een platte organisatie. Het wegvallen van de hiërarchische en bureaucratische aspecten maakt dat er veel minder managers nodig zijn. Voor wat betreft de inhoud dient een netwerkspeler vooral actueel en concurrerend te zijn. Het strategische aspect is belangrijker dan voorheen: op het juiste moment een ontwikkeling weten te starten opdat het resultaat tijdig gerealiseerd is voor toepassing in het netwerk.

**Het V-model
voor de levenscyclus
van een complex model**

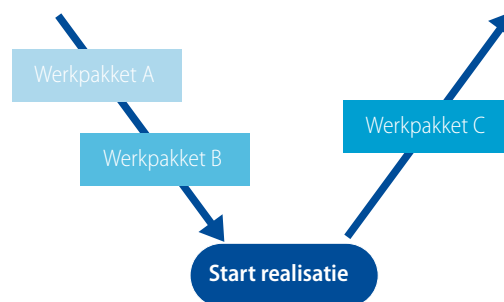


Niet alle (commerciële) relatievormen tussen bedrijven zijn als kennisnetwerk te benoemen. De wijze waarop integraal wordt samengewerkt en het toevoegen van waarde in een grotere, complexe samenstelling bepaald of er sprake is van een kennisnetwerk. Deze ontwikkeling wordt nader toegelicht aan de hand van het z.g. V-model. Dit model beschrijft de volledige levenscyclus van een complex, multidisciplinair systeem bestaande uit producten en processen (zie figuur op pagina 47).

Het leven van een complex systeem valt in drie fasen weer te geven: definitie-, realisatie en gebruiksfase. De kracht van het V-model is dat het op heldere wijze inzichtelijk maakt hoe de toegevoegde waarde tijdens de ontwikkeling van complexe systemen verkregen wordt t.w. door verificatie en validatie. Middels verificatie wordt vastgesteld of een reeks van opeenvolgende processtappen heeft geleid tot het gewenste resultaat (=kwaliteitsmanagement). Door het aanbrengen van een knik in de proceslijn rond de aanvang van de realisatie ontstaat een confrontatie van definitie en realisatie die middels validatie tot een oplossing moet worden gebracht. In een succesvolle validatie wordt vastgesteld of de gerealiseerde componenten, producten, systemen etc. voldoen aan de beloofde eigenschappen en prestaties die in de definitiefase zijn voorspeld of vastgesteld.

De netwerkpositionering van bedrijven valt aan de hand van dit V-model nader te verklaren. Bij de traditionele manier van samenwerken lag de nadruk op het uitbesteden van delen uit de keten van systeemdefinitie- en realisatie. De verantwoordelijkheid voor de integratie van producten en processen op het hoogste niveau bleef bij de eindintegrator. Dit is aangegeven in onderstaande figuur:

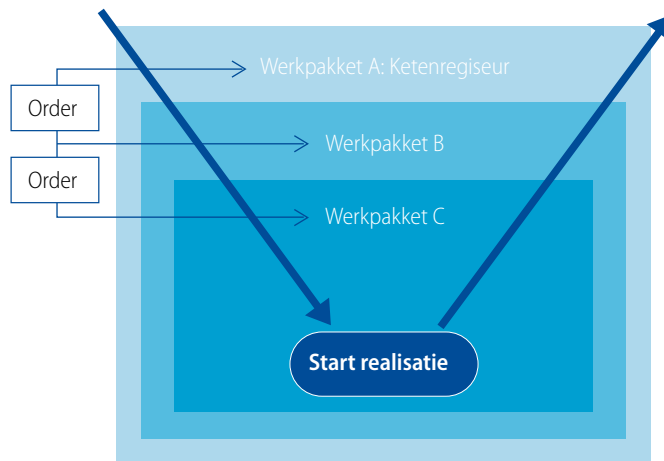
**Uitbesteden van definitie
en realisatie stappen o.b.v.
capaciteitsinzet**



Bij deze aanpak zocht men vooral naar capaciteit die hetzij goedkoop verkregen kon worden of omdat men die zelf niet in huis had of wilde hebben.

In kennisnetwerken is de samenwerking gericht op het toevoegen van waarde en wel op een manier die iedere speler in staat stelt zijn kennis en kunde optimaal in te zetten. Dit betekent dat men zoekt naar mogelijkheden om voor zijn leveromvang ook de toegevoegde waarde in de keten aan te tonen, dat wil zeggen de validatie te verrichten. Alleen op deze wijze neemt men immers risico over van de eindintegrator:

Uitbesteden van definitie, realisatie en validatie o.b.v. prestatieovereenkomsten



Een kennisnetwerk is herkenbaar aan een ketenregisseur die van de eindintegrator een samenhangend deel van de ontwikkeling en realisatie van het totale product overneemt inclusief de integratie en validatie in het totale systeem en desgewenst ook de nazorg gedurende de operationele fase. Op zijn beurt zoekt hij partijen die een onderliggend deel van de leveromvang op dezelfde basis van hem kunnen overnemen. Afhankelijk van zijn bedrijfsstrategische uitgangspunten kan de ketenregisseur besluiten de kennis van zijn netwerkpartners wel of niet te delen. Deze ontwikkeling is kenmerkend voor moderne kennisnetwerken. Spelers in een kennisnetwerk nemen een integrale verantwoording vanaf “de onderkant van de V”.

De kenmerken van netwerkorganisaties zoals hierboven aangegeven hebben ingrijpende gevolgen voor de kwaliteit van de medewerkers in netwerkbedrijven. Naast vaktechnische kwalificaties moeten zij beschikken over het vermogen om van geval tot geval een duidelijke relatie opdrachtgever – opdrachtnemer te formuleren. Daarnaast dienen zij in staat te zijn om direct een vorm van opbrengst of winst (feitelijk dan wel potentieel) vast te stellen als basis voor hun besluitvorming. Bedrijven met een sterk gecentraliseerde “budgetcultuur” passen slecht in netwerken. Al met al nemen de opleidingseisen voor medewerkers in netwerkbedrijven sterk toe.

Netwerkpositionering

Organisaties in een netwerk kunnen in diverse samenwerkingsverbanden verschillende posities innemen, zie lit. [x.2 – Krachtenfusie/ de Rooij]. Deze posities hebben te maken met de netwerkidentiteit zoals die door anderen wordt ervaren en die meer of minder nadrukkelijk wordt erkend. Het expliciteren van deze netwerkidentiteit kan behulpzaam zijn bij het herkennen van een netwerk en het vaststellen van aanknopingspunten voor samenwerking. Deze karakterisering zal vervolgens worden gebruikt om het middels interviews verkregen materiaal te classificeren.

Er worden vier mogelijke netwerkidentiteiten benoemd (lit. x.2):

Merkhouder

Een merkhouder is gericht op het neerzetten en versterken van een merk. Een merk speelt een duidelijke rol in het afnemersgedrag als daar rijkere en gewaardeerde associaties aan verbonden worden dan strikt noodzakelijk voor de zakelijke omgang. Via een merknaam en bijbehorend imago positioneert een organisatie zich met behoud van een zekere ruimte voor eigen initiatief om te variëren in nieuwe producten. De hoofdaannemers in de luchtvaart voor complete producten of belangrijke subsystemen (zoals Airbus, Boeing, Pratt & Whitney, Rolls Royce, General Electric e.d.) vallen automatisch in deze categorie. Maar ook op het niveau van leveranciers is deze karakteristiek onderscheidend. Een voorbeeld daarvan is het merk Sunstrand: dit bedrijf is jarenlang onbetwist marktleider geweest voor hydro-mechanische omvormers voor on-board generatoren en was als zodanig bepalend voor het denken van zijn afnemers. Hetzelfde geldt voor veel fabrikanten van avionica apparatuur zoals Honeywell en Collins.

Ketenregisseur

Partners in een netwerk hebben doorgaans een ketenregisseur nodig. In het begin van de samenwerking moeten de primaire processen worden opgezet en gestroomlijnd. Bij vergevorderde samenwerking neemt de ketenregisseur controletaken en/of ICT-taken voor zijn rekening namens de ketenpartners. Zulke partijen worden ook wel aangeduid onder de noemer "trusted third parties". Voor het JSF-programma vervult Lockheed Martin deze rol. Een voorbeeld in Nederland uit een andere sector is Interpay, dit regelt het betalingsverkeer voor de banken.

Kennisleverancier

Netwerkorganisaties en hun medewerkers beschikken over veel relevante kennis. Het is zaak deze kennis op het juiste moment en op de juiste plaats beschikbaar te stellen in het samenwerkingsverband. Netwerkorganisaties positioneren zich als kennispartner door zelf te investeren in kennis of door gezamenlijke kennis te verspreiden. Door hun missie en historie verkeren het NLR en TNO van nature in een goede positie om deze rol te vervullen.

Human Capital Pool

Deze netwerkorganisatie levert capaciteit van voldoende kennis en ervaring aan het samenwerkingsverband, zorgt voor werving, selectie, outplacement en interim-management. De Human Capital Pool organisatie fungeert vooral als capaciteitsorganisatie en besteed veel aandacht aan persoonlijke ontwikkeling en professionalisering van de leden. De verbinding met de netwerkorganisatie loopt vooral via de leden, goed functionerende leden resulteert in tevreden opdrachtgevers. Een algemeen voorbeeld hiervan zijn detacheringorganisaties zoals Yacht en Brunel.

De hier beschreven classificatie is gehanteerd bij het evalueren van de interview resultaten ten behoeve van het beantwoorden van de vraag in hoeverre deelname aan het JSF programma heeft geleid tot versterking van de netwerksamenwerking en (internationale) positionering van partijen daarin vanuit de Nederlandse luchtvaart.

Zichtbare ontwikkelingen als gevolg van deelname aan JSF, CDP en SDD fase.

Uit evaluatie van de interviewresultaten komt het volgende beeld naar voren aangaande de netwerkpositie van verschillende bedrijven:

Binnen de deelnemende Nederlandse partijen aan het JSF programma tekent zich (nog) geen merkhouders af. Wel geven een aantal respondenten aan dat Stork zich ontwikkeld heeft tot een geloofwaardige ketenregisseur.

Een aantal kleinere partijen blijkt zich sterk te profileren als kennisleverancier in die zin dat zij zelf tot innovatieve oplossingen zijn gekomen (DAP, NCLR) waarmee zij zich op wereldschaal positioneren als nichemarktspelers. Zij hebben daarmee een sterk entamerende werking op het ontstaan van kennisnetwerken

**Verwachte ontwikkelingen
bij deelname aan productiefase**

Gezien de activiteiten die zich rond het Stork-cluster afspelen zou dit bij voortgezette deelname aan de JSF productiefase kunnen doorgroeien richting merkhouders voor “integrated airframe components”. Door geleidelijk aan verantwoording te nemen voor grotere delen van een eindproduct, inclusief de integratietesten kan het cluster zijn kennis uitbreiden en zijn “scope of supply” doen laten toenemen.

Uit de inventarisatie van het aantal relaties blijkt dat kennisinstellingen over een uitgebreid relatienetwerk beschikken. Dit netwerk wordt primair gezien als basis voor opdrachtverwerving voor de kennisinstellingen zelf. De meeste kennisinstellingen kennen een verleden als stichting of taakorganisatie van de overheid. Het ontwikkelen van industriële businessinitiatieven behoorde niet tot hun aandachtsgebied, de noodzaak voor het hebben van kennis van marketing en financiering was niet sterk aanwezig. Met de verzelfstandiging van de kennisinstellingen verandert dit. Het zal voor het NLR van belang zijn om in de veranderende wereld van netwerken, zich door te ontwikkelen tot een kennisketenregisseur.

Colofon

Een uitgave van NIVR, Nederlands Instituut voor Vliegtuigontwikkeling en Ruimtevaart
Postbus 35, 2600 AA Delft
Telefoon: 015 - 2788025. Fax: 015 - 2623096
info@nivr.nl **www.nivr.nl**

Vormgeving The KEY Agency, Amsterdam

Augustus, 2006







Nederlands Instituut voor Vliegtuigontwikkeling en Ruimtevaart
Netherlands Agency for Aerospace Programmes

