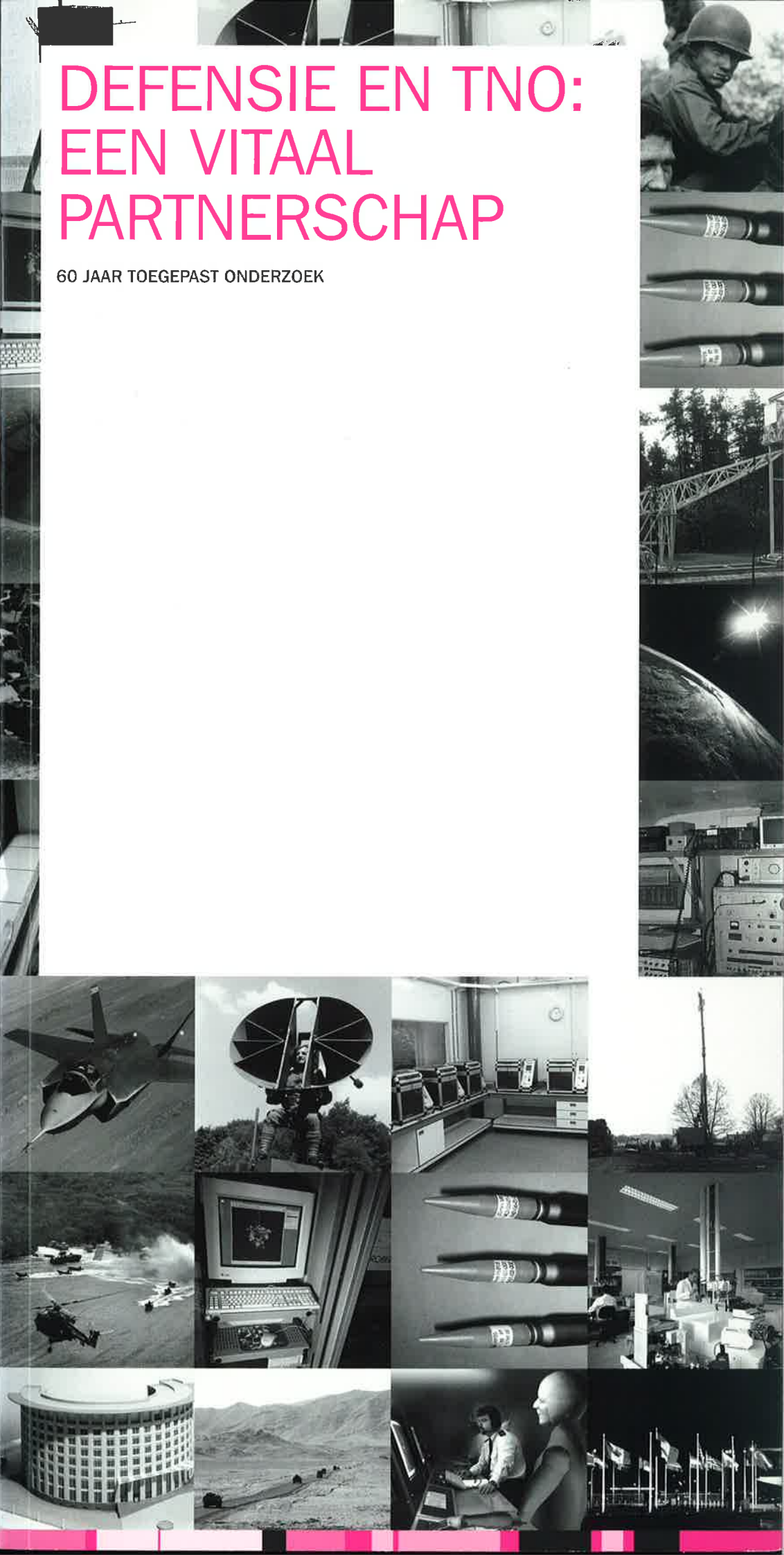


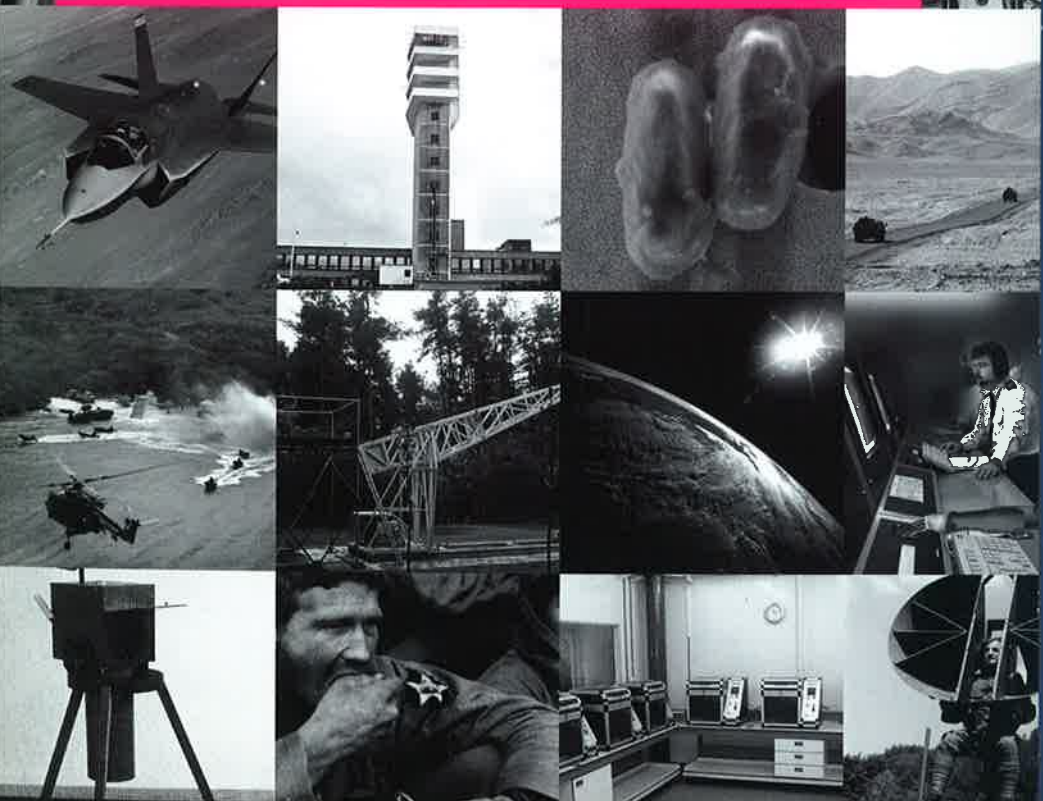
DEFENSIE EN TNO: EEN VITAAL PARTNERSCHAP

60 JAAR TOEGEPAST ONDERZOEK



INHOUD

VOORWOORD	1
WOORD VOORAF	3
INLEIDING	5
HET LUCHTVERDEDIGINGSCONCEPT VOOR HET LCF	6
RADAR	8
FUNCTIONERING EN VEILIGHEID VAN MUNITIE	10
SOLDAATEFFECTIVITEIT	12
GEVECHTSVELDSIMULATIE	14
ROBIN	16
BIOLOGISCHE BESCHERMING	18
COMMANDOCENTRALES EN SCHEEPSBRUGGEN	20
GOALKEEPER	22
LEGERKORPSCOMMUNICATIE	24
MENS-MACHINE-INTERFACES	26
CHEMISCHE BESCHERMING	28
MULTILATERALE INTEROPERABILITEIT	30
DESORIËNTATIE EN BEWEGINGSZIEKTE	32
SIGNATUREN	34
BESCHERMING VAN PLATFORMS	36
OPERATIONELE ANALYSE	38
TRAINING EN SIMULATIE	40
THEATRE MISSILE DEFENCE	42
EFFECTIVITEIT VAN WAPENSYSTEMEN	44
ONDERWATERAKOESTIEK	46
VERDRAG CHEMISCHE WAPENS	48
BESCHERMING INFRASTRUCTUUR	50
NABIJHEIDSBUIZEN	52
VERVANGING F-16	54
DE TOEKOMST	57
NAWOORD	63
SUMMARY	64



1838 OPRICHTING SCHEIKUNDIG LABORATORIUM IN DELFT 1900 SCHEIKUNDIG LABORATORIUM WORDT SCHEIKUNDIG LABORATORIUM DER ARTILLERIE-INRICHTINGEN (AI) IN ZAANDAM 1924 OPRICHTING COMMISSIE VOOR PHYSISCHE STRIJDMIDDELEN 1927 INGEBRUIKNEMING LABORATORIUM VAN DE COMMISSIE VOOR PHYSISCHE STRIJDMIDDELEN (MEETGEBOUW) IN DEN HAAG 1930 TNO-WET 1932 OPRICHTING TNO 1939 OPRICHTING CENTRAAL LABORATORIUM IN LEIDEN 1939 SCHEIKUNDIG LABORATORIUM DER ARTILLERIE-INRICHTINGEN NAAR TECHNISCHE HOGESCHOOL DELFT 1940 SCHEIKUNDIG LABORATORIUM DER ARTILLERIE-INRICHTINGEN DUKT ONDER ALS TNO LABORATORIUM POORTLANDLAAN IN DELFT 1940 CENTRAAL LABORATORIUM DUKT ONDER IN ENGELAND ALS CENTRAAL LABORATORIUM – AFDELING LONDEN 1941 MEETGEBOUW WORDT PHYSISCH LABORATORIUM PTT 1945 PHYSISCH LABORATORIUM PTT WORDT PHYSISCH LABORATORIUM VAN HET DEPARTEMENT VAN OORLOG 1946 OPRICHTING RIJKSVERDEDIGINGSORGANISATIE TNO (RVO-TNO) 1946 OPRICHTING MARINE RADIO DIENST, AFDELING BEPROEVING EN ONTWIKKELING IN OEGSTGEEST 1947 OPRICHTING MEDISCH BIOLOGISCH LABORATORIUM (MBL) 1947 PHYSISCH LABORATORIUM VAN HET DEPARTEMENT VAN OORLOG WORDT PHYSISCH LABORATORIUM RVO-TNO (LATER: PHYSISCH LABORATORIUM TNO) 1948 CENTRAAL LABORATORIUM WORDT CHEMISCH LABORATORIUM RVO-TNO 1948 SCHEIKUNDIG LABORATORIUM DER ARTILLERIE-INRICHTINGEN WORDT TECHNOLOGISCH LABORATORIUM RVO-TNO 1949 OPRICHTING WERKGROEP WAARNEMING BINNEN DE RVO-TNO IN SOESTERBERG 1950 MARINE RADIO DIENST, AFDELING BEPROEVING EN ONTWIKKELING VORMT BEGIN VAN LABORATORIUM ELECTRONISCHE ONTWIKKELINGEN VOOR DE KONINKLIJKE MARINE (LEO) 1955 LABORATORIUM ELECTRONISCHE ONTWIKKELINGEN VOOR DE KRIJGSMACHT (LEOK) 1956 OVERGANG MEDISCH-BIOLOGISCH LABORATORIUM, CHEMISCH LABORATORIUM RVO-TNO EN TECHNOLOGISCH LABORATORIUM RVO-TNO NAAR PRINS MAURITS GEBOUW IN RIJSWIJK 1956 WERKGROEP WAARNEMING WORDT

INSTITUUT VOOR ZINTUIGFYSIOLOGIE TNO (IZF-TNO) 1977 OVERGANG LEOK NAAR
RVO-TNO 1979 MEDISCH-BIOLOGISCH LABORATORIUM NAAR GEZONDHEIDSOR-
GANISATIE TNO 1979 CHEMISCH LABORATORIUM RVO-TNO EN TECHNOLOGISCH
LABORATORIUM RVO-TNO WORDEN SAMEN PRINS MAURITS LABORATORIUM TNO
(PML-TNO) 1980 RVO-TNO WORDT HOOFDGROEP DEFENSIE ONDERZOEK TNO (HDO)
1980 BUNDELING VAN DEFENSIEONDERZOEK DOOR NIET-HDO-INSTITUTEN EN HET
MARIN IN ELDERS VERRICHT ONDERZOEK (EVO) 1982 INVOERING HOOFDGROEPEN-
STRUCTUUR IN TNO 1984 FYSISCH LABORATORIUM TNO EN LEOK WORDEN FYSISCH
EN ELEKTRONISCH LABORATORIUM TNO (FEL-TNO) 1985 VERNIEUWING TNO-WET
1994 OPHEFFING HOOFDGROEPEN, UITGEZONDERD HET STAFBUREAU VAN TNO
DEFENSIE-ONDERZOEK 1994 FEL-TNO WORDT TNO FYSISCH EN ELEKTRONISCH
LABORATORIUM (TNO-FEL) 1994 PML-TNO WORDT TNO PRINS MAURITS LABORATO-
RIUM TNO (TNO-PML) 1994 IZF-TNO WORDT TNO TECHNISCHE MENSCHEN (TNO-TM)
1996 EVO WORDT OVERIG DEFENSIE ONDERZOEK (ODO) 1988 OPRICHTING
LABORATORIUM VOOR BALLISTISCH ONDERZOEK IN YPENBURG 1990 OPRICHTING
LABORATORIUM VOOR PYROTECHNIEK IN YPENBURG 2003 DEEL TELECOMMUNICA-
TIEONDERZOEK VAN TNO-FEL NAAR TNO TELECOM IN DELFT 2004 DEEL BIOLOGISCH
ONDERZOEK TERUG NAAR TNO-PML 2005 HERINRICHTING TNO IN VIJF KERNGEBIE-
DEN: TNO BOUW EN ONDERGROND, TNO DEFENSIE EN VEILIGHEID, TNO INDUSTRIE
EN TECHNIEK, TNO INFORMATIE- EN COMMUNICATIETECHNOLOGIE EN TNO KWALITEIT
VAN LEVEN



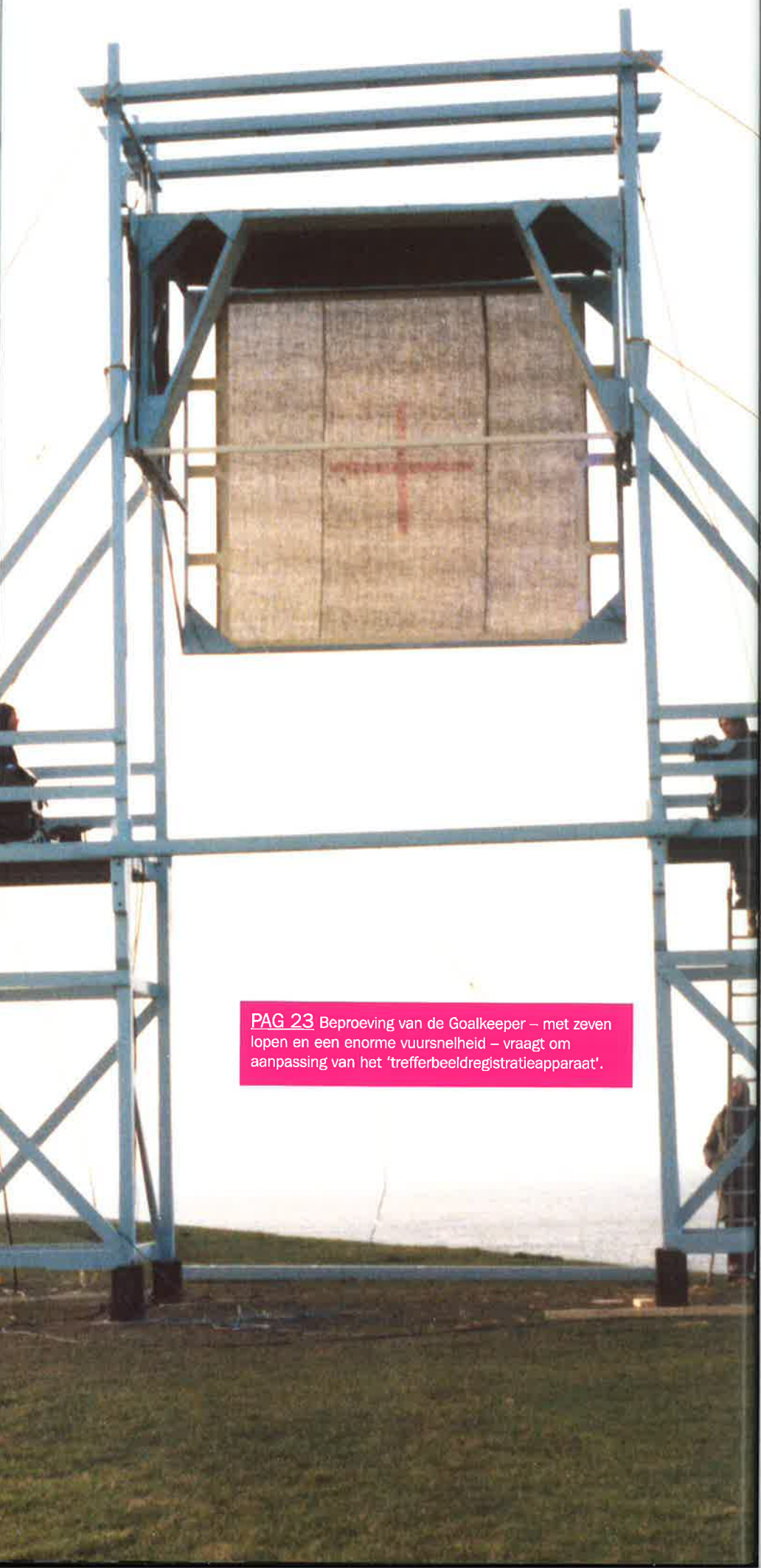
PAG 7 Voorafgaand aan haar inspanningen ten behoeve van het LCF, levert TNO uiteenlopende bijdragen aan de ontwikkeling van vele Nederlandse fregatten.



PAG 8 Grote stalen 'oren' stellen een waarnemer in staat de richting van een vliegtuig tot op één graad nauwkeurig te bepalen.

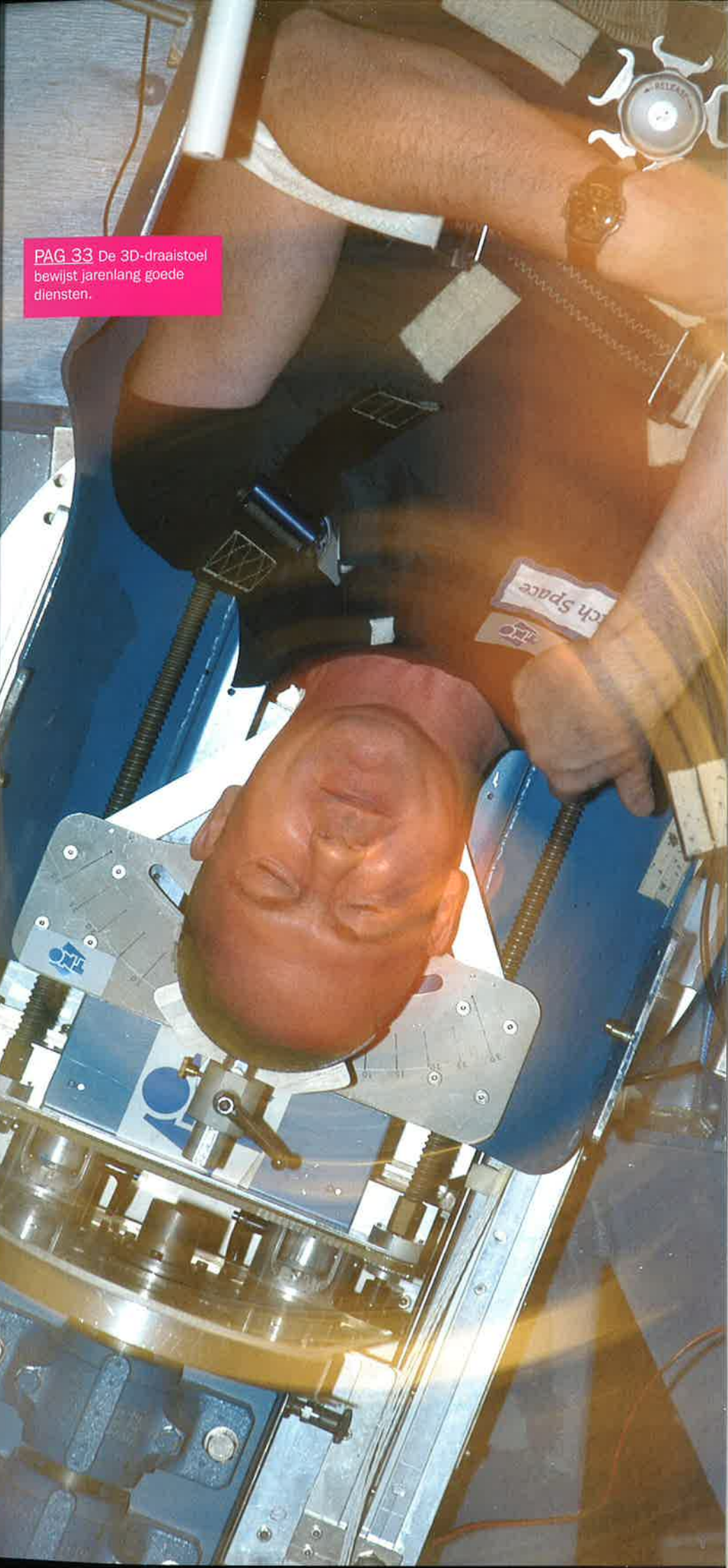
PAG 20 Grote hoeveelheden hout
en pvc worden in de jaren tachtig
getransporteerd richting Soesterberg.
Daar verrijzen *mock-ups*.





PAG 23 Beproeving van de Goalkeeper – met zeven lopen en een enorme vuursnelheid – vraagt om aanpassing van het 'trefferbeeldregistratieapparaat'.

PAG 33 De 3D-draaistoel
bewijst jarenlang goede
diensten.





PAG 35 Het verkenningsvoertuig Fennek kan worden uitgerust met een multispectraal mobiel camouflagesysteem.

DEFENSIE EN TNO: EEN VITAAL PARTNERSCHAP

60 JAAR TOEGEPAST ONDERZOEK



VOORWOORD

Generaal Dick Berlijn
Commandant der Strijdkrachten

Met veel genoegen geef ik gehoor aan het verzoek om een voorwoord te schrijven over 60 jaar defensieonderzoek bij TNO. Met veel genoegen, omdat ik trots ben op de betekenis van TNO voor Defensie.

In 1947 heeft de overheid het overgrote deel van het defensieonderzoek bij TNO ondergebracht. Deze keuze was opmerkelijk omdat in de meeste landen defensieonderzoekslaboratoria deel bleven uitmaken van de defensieorganisatie zelf. Hoewel door dit besluit de afstand tot de opdrachtgever werd vergroot, kan ik vandaag de dag constateren dat deze beslissing vooral positieve gevolgen heeft gehad voor de kennisondersteuning van Defensie.

De afgelopen 60 jaar is veel veranderd bij Defensie. Een van die veranderingen is natuurlijk dat onze middelen tegenwoordig technisch hoogwaardiger zijn. Ook is het duidelijk dat Defensie in de afgelopen 60 jaar voortdurend is geconfronteerd met uitdagingen die nieuwe kennis en innovatieve oplossingen vroegen. TNO heeft altijd aangetoond goed te kunnen reageren op de veranderende behoeften van Defensie. Er zijn zelfs operationeel analisten van TNO als reserveofficier ingedeeld bij eenheden en daadwerkelijk mee geweest op uitzending. TNO speelt een belangrijke ondersteunende rol bij de ontwikkeling over de volle breedte van activiteiten van de krijgsmacht. Daarnaast anticipeert TNO continu op toekomstige ontwikkelingen.

De Nederlandse defensieorganisatie is tegenwoordig wereldwijd actief. Veiligheid en stabiliteit staan daarbij centraal. TNO levert een onmisbare bijdrage in dit geheel. Mede dankzij TNO kan Defensie duizenden militairen goed voorbereid en uitgerust op pad sturen. Graag wil ik dan ook de vele medewerkers van TNO die zich dagelijks inspannen voor Defensie bedanken voor hun geweldige inzet. En uiteraard feliciteer ik TNO met het fantastische jubileum.



WOORD VOORAF

Ir. Lex Hendrichs
Directeur Defensie Materieel Organisatie

De 60-jarige verbintenis van Defensie en TNO valt niet toevalligerwijs samen met een periode waarin de wereld in een relatief korte tijd ingrijpend is veranderd. Kernbegrippen als de Koude Oorlog, NAVO, kernwapens en veranderende internationale verhoudingen typeren dit tijdvak 1947-2007. Het karakter van de Nederlandse krijgsmacht is in die 60 jaar drastisch veranderd van een groot staand leger met wereldwijde koloniën tot wat zij nu is: modern, doelmatig en ingebed in internationale samenwerking. De focus van de Nederlandse krijgsmacht is verschoven van oorlogsvoorbereiding naar vredesoperaties en bescherming. Met name na september 2001 is de toenemende samenwerking met civiele organisaties daaraan toegevoegd om de maatschappelijke veiligheid van de Nederlandse burger blijvend te kunnen garanderen. Meer dan ooit staat Defensie midden in de maatschappij.

Het defensieonderzoek en de samenwerking met TNO zijn bij al deze veranderingen van cruciaal belang geweest. Immers het gedegen wetenschappelijk onderzoek van TNO vormt al 60 jaar een basis voor belangrijke beslissingen bij de krijgsmacht. Steeds opnieuw heeft Defensie een beroep kunnen doen op de kennis en kunde van de mensen van TNO als het gaat om bijvoorbeeld de aankoop en/of ontwikkeling van nieuw materieel, over de verantwoorde inzet van mensen en middelen en de aard en grootte van de krijgsmacht in het algemeen. TNO heeft daarbij altijd blijk gegeven van een vooruitziende blik. Zo is regelmatig onderzoek verricht naar defensie-zaken die op dat moment minder relevant leken, maar op (middel)lange termijn van groot belang bleken. Daarnaast levert TNO in samenwerking met de Nederlandse defensie-industrie een belangrijke bijdrage aan de ontwikkeling van defensietechnologie.

Mede dankzij het onderzoek van TNO is de Nederlandse krijgsmacht in staat aan de meest moderne eisen te voldoen en in te spelen op actuele situaties. Het laatste decennium is de samenwerking tussen TNO en Defensie alleen maar hechter geworden. De min of meer vrijblijvende verbintenis is omgezet in een *strategisch partnerschap*, waarin beide partijen hun commitment hebben uitgesproken naar elkaar met alle rechten, plichten en verantwoordelijkheden die daarbij horen.

In de afgelopen 60 jaar hebben Defensie en TNO een stevig fundament gelegd voor verdere samenwerking. Samen zullen we ook in de toekomst adequaat kunnen inspelen op actuele technologische, maatschappelijke en militaire ontwikkelingen. Het partnerschap is niet alleen al 60 jaar vitaal in de betekenis van 'levendig', maar ook vitaal vanwege het grote belang voor onze beide organisaties. Rest mij niets anders dan TNO te complimenteren met haar aandeel in dit 'vitale partnerschap' met Defensie en te feliciteren met het 75-jarig bestaan als organisatie.



INLEIDING

Cees van Duyvendijk
Voorzitter TNO Raad voor het Defensieonderzoek

Defensie en TNO: een vitaal partnerschap. Een ambitieuze titel. Maar wie de 25 interessante ontwikkelingen leest die in dit boek zijn beschreven, zal het beamen. Wat betekende en wat betekent de ontwikkeling van radartechnologie voor onze maatschappij? Hoe evolueerde de sober uiteruste soldaat zich tot een lopend wapensysteem? Welke inspanningen kwamen kijken bij de realisatie van de Goalkeeper? De antwoorden vindt u in dit boek.

60 jaar toegepast onderzoek. Een imposante subtitel. 60 jaar geleden werd het overgrote deel van het defensieonderzoek ondergebracht bij TNO. De geschiedenis van de afzonderlijke laboratoria en onderzoeksinstituten gaat echter veel verder terug. Zo startten in 1927 twee medewerkers in de duinen van Den Haag met de opdracht om fysische principes toe te passen in militaire uitrusting. Nog langer geleden – in 1838 – werd het Scheikundig Laboratorium opgericht. Daar vond onderzoek plaats naar explosieve materialen en de uitwerking van wapens.

Een lange geschiedenis vraagt ook om een blik in de toekomst. Wat betekent de huidige trend van exclusief defensieonderzoek naar integraal defensie- en veiligheidsonderzoek? Hoe houden Defensie en TNO aansluiting bij de razendsnelle en omvangrijke technologische ontwikkelingen? U leest het in de beschreven ontwikkelingen en in het hoofdstuk 'De toekomst'.

Geschiedenis en toekomst. Beide komen in dit boek aan de orde. Ik wens u veel leesplezier. Maar bovenal feliciteer ik Defensie en alle medewerkers van TNO Defensie en Veiligheid met deze prachtige mijlpaal. Defensie en TNO: partners om werkelijk trots op te zijn.



HET LUCHT- VERDEDIGINGS- CONCEPT VOOR HET LCF

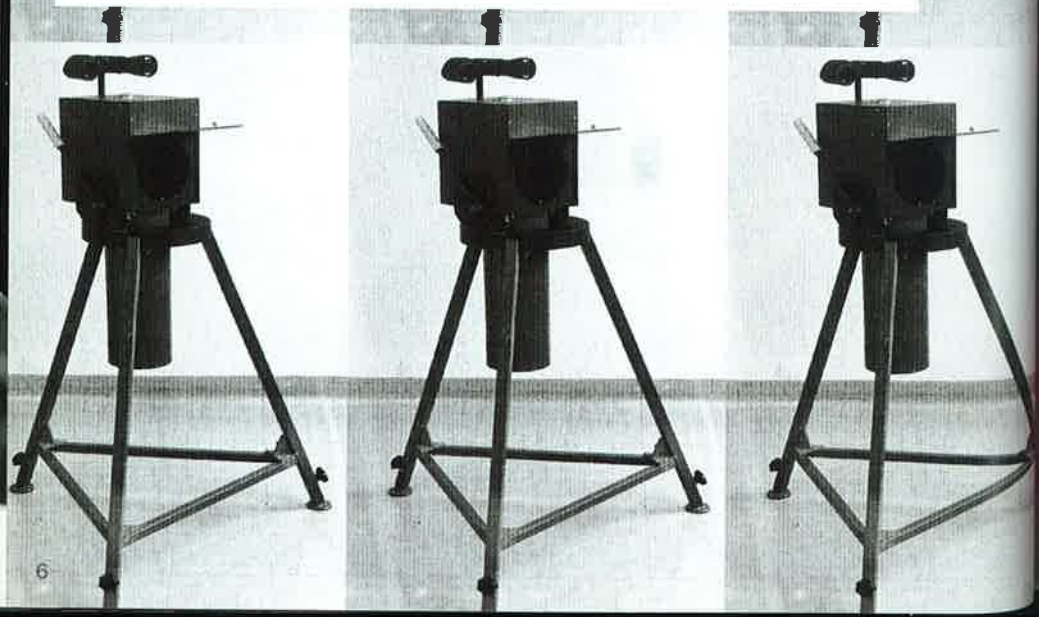
APAR EN SMART-L

Eind jaren tachtig studeren NAVO-partners op luchtverdedigingssystemen die niet alleen zichzelf moeten kunnen verdedigen, maar ook andere schepen binnen een zekere afstand: de zogenaamde gebiedsverdediging. Canada, Duitsland, Nederland, Spanje, het Verenigd Koninkrijk en de Verenigde Staten werken samen in het programma NATO Anti-Air Warfare System. De inbreng van TNO bestaat onder meer uit missiesimulaties en propagatieonderzoek voor radar en infrarood.

Twee industriële consortia, beide met Nederlandse betrokkenheid, krijgen opdracht voor een systeemstudie. Eén consortium wil komen tot een verbeterde versie van het Amerikaanse Aegis-systeem. Het andere consortium bedenkt een geheel nieuw concept. Het grote verschil betreft de verdeling van de radarfuncties over twee radars en de keuze van de frequentiebanden. De radars moeten in staat zijn doelen te detecteren – ook op zeer lage hoogte onder slechte propagatiecondities, vervolgens een groot aantal doelen te volgen, en ten slotte de verdedigingsmissiles te geleiden naar het doel. De oplossing van het tweede consortium biedt als voordelen de detectie van doelen op lage hoogte (de *seaskimmers*), en de mogelijkheid om tegelijkertijd een groter aantal doelen te bestrijden.

Als de landen het niet eens kunnen worden, neemt Nederland het initiatief om samen met Duitsland en Canada de geprefereerde tweede oplossing verder te ontwikkelen. De sterke technologiepositie van Thales Nederland en TNO maakt dit mogelijk. TNO heeft ervaring met de ontwikkeling van *phased array radar*-prototypes: radars waarbij de radarbundel elektronisch wordt bestuurd en niet mechanisch door beweging van de antenne. Bovendien zet TNO de toon met Monolithic Microwave Integrated Circuits (MMIC's) die de bouw van moderne vormen van radars mogelijk maken. Thales past de technologie toe in de Active Phased Array Radar (APAR).

Thales voert de regie over de ontwikkeling en productie van het systeem met APAR en de langeafstandsradar SMART-L. Het wordt geïnstalleerd op de vier Nederlandse luchtverdedigings- en commandofregatten (LCF's) die in de periode 2002-2005 te water worden gelaten en op drie Duitse F124-fregatten. De Deense marine koopt APAR en SMART-L voor drie schepen.



2002



INCASSERINGSVERMOGEN

Bij een treffer door een antischipmissiele dient de schade aan het LCF beperkt te blijven tot een van de zeven versterkte zones. TNO ontwikkelt in samenwerking met Defensie een eigen compartimenteringsfilosofie en zij ontwerpt en beproeft het lichtgewicht Oexplosiebestendige PRIMA-dubbelschot met membraandeur. De Nederlandse vinding wordt ook ingevoerd op Noorse fregatten en Britse destroyers. Schokproeven onder water worden uitgevoerd met het Centrum voor Mechanische en Maritieme Constructies van TNO.

1994



INFRAROODRONDZOEK- EN VOLGSYSTEMEN

Na een haalbaarheidsstudie in NAVO-verband in 1971 begint TNO aan de ontwikkeling van – passieve – infraroodsensoren ten behoeve van luchtverdedigings-systemen. Zeven jaar later weet de panoramische zoeksensor PANZO-II een inkomende F-104 al te detecteren op een afstand van vijftien kilometer! Begin jaren negentig ondersteunt TNO de Koninklijke Marine bij de introductie van het infraroodrondzoek- en volgsysteem aan boord van het LCF. In de jaren daarna legt TNO de basis voor een *full-stare infrared search and track*-systeem – een toepassing met een nog veel grotere gevoeligheid en snelheid.

2002



EEN VEELZIJDIGE ROL

Voorafgaand aan haar inspanningen ten behoeve van het LCF, levert TNO uiteenlopende bijdragen aan de ontwikkeling van vele Nederlandse fregatten. Twee door TNO ontworpen systemen worden ook toegepast op schepen van andere marines: VESTA, een radartranspondersysteem voor de bepaling van de positie van de eigen helikopter, en de Mixer Puls Blanking Unit die voorkomt dat de uitzendingen van de verschillende radars aan boord elkaar en het elektronische-oorlogvoeringssysteem storen.

RADAR

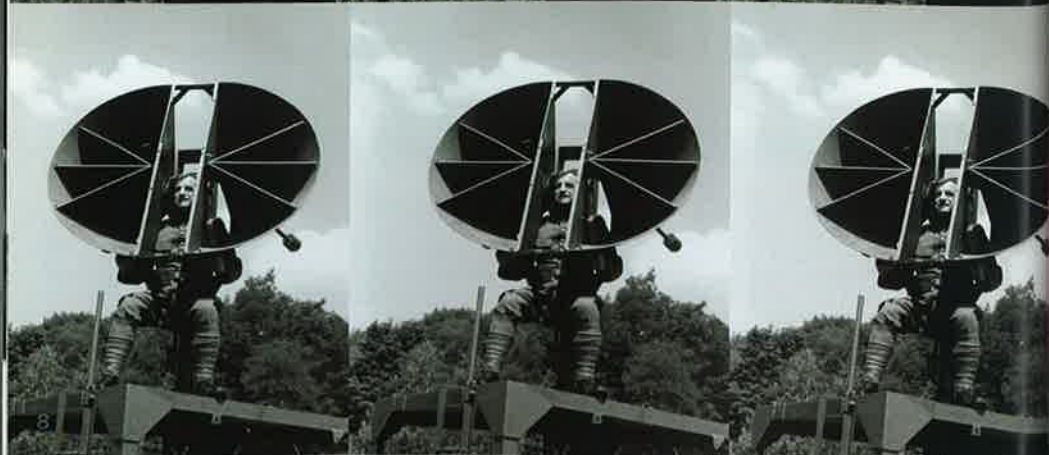
EEN LANGE GESCHIEDENIS; EEN GEZONDE TOEKOMST

Eind jaren twintig ontwikkelt de Commissie voor Fysische Strijdmiddelen (later ondergebracht bij TNO) ten behoeve van de Koninklijke Landmacht een akoestisch luistertoestel. De grote stalen 'oren' stellen een waarnemer in staat de richting van een vliegtuig tot op één graad nauwkeurig te bepalen. Tijdens beproevingen met de radiozender/ontvanger wordt het principe ontdekt van doeldetectie met elektromagnetische golven. Het elektrische luistertoestel – later radar genoemd – dateert van 1938. Het bepaalt de locatie van een vliegtuig aan de hand van zelf uitgezonden en via weerkaatsing terugontvangen radiostraling. Innovatief is de schakeling die de zendpuls uitschakelt op het moment dat de ontvanger zijn werk doet. Dankzij dit gepulste signaal kan het luistertoestel met slechts één antenne zowel zenden als ontvangen. In mei 1940 heeft Defensie twee van dergelijke toestellen in gebruik. Eén elektrisch luistertoestel doet dienst op het Haagse Malieveld. Defensieonderzoeker van het eerste uur jhr. ir. J.L.W.C. von Weiler weet te ontkomen naar Groot-Brittannië, met in zijn bagage de twee radareenheden en de documentatie. Samen met Britse wetenschappers werkt Von Weiler daar aan de vervolmaking van radar.

Na 1940 maakt radartechnologie een grote evolutie door. Aan zenderzijde is de magnetronbuis de eerstvolgende ontwikkeling, gevolgd door de breedbandige microgolhversterkerbuis en de huidige Monolithic Microwave Integrated Circuits (MMIC's). Aan radarontvangerzijde wordt de radiobuis al snel opgevolgd door de transistor en inmiddels verschijnt ook daar het MMIC. De opkomst van digitale technieken en de computer maakt de stap mogelijk naar geavanceerde signaalverwerkingsalgoritmen. In de huidige generatie actieve *phased array radar* is alles verenigd.

MMIC-technologie maakt het mogelijk om van elk antenne-element een zender/ontvanger te maken. Passieve *phased array radar* – toegepast in onder meer het Patriot-raketsysteem – maakt plaats voor actieve *phased array radar*. Een bekend voorbeeld is de actieve *phased array radar* (APAR) aan boord van het LCF. Deze radar is daadwerkelijk een multifunctieradar: driedimensionale beeldopbouw, doelaanwijzing, vuurleiding en belichting zijn in één radarsysteem verenigd.

In 2007 kent radar een grote diversiteit aan toepassingen, van navigatie en gevechtsweldbewaking tot mijnopsporing en vogelwaarschuwing. Met de combinatie van MMIC-technologie en geavanceerde digitale signaalverwerking liggen nog talloze radartoepassingen in het verschiet. Naast toepassing in het militaire domein, de zeevaart en luchtverkeersleiding bestaan tal van maatschappelijk geïntendeerde toepassingen zoals het bepalen van de hoogte van het vloeistofniveau in olietanks, verkeersregelingssystemen en radarsystemen die door muren kunnen kijken.



2000

MMIC'S

Miniaturisatie, performance en integratie zijn de sleutelwoorden waarmee de ontwerpers van Monolithic Microwave Integrated Circuits (beter bekend als MMIC's of chips) al meer dan twintig jaar op internationaal niveau aan de weg timmeren.

1988

RADAR REMOTE SENSING

Radar Remote Sensing start in 1957. De Koninklijke Luchtmacht vraagt TNO te onderzoeken wat een navigatieradar aan boord van een gevechtsvliegtuig van het landschap 'ziet', indien het laag over de grond scheert. De resultaten leiden tot aanpassing van de radar NASAR aan boord van de nieuw te verwerven Starfighter. In 1985 zet TNO de eerste stappen op het gebied van Synthetic Aperture Radar (SAR). Samen met de Technische Universiteit Delft, het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium en de Beleidscommissie Remote Sensing komt TNO tot het volledig polarimetrische systeem PHARUS, dat beelden oplevert van fotokwaliteit. Toepassingen zijn bijvoorbeeld cartografie en doeldetectie.

1975

3D-RADAR

Doelopsporing, hoogtemeting, vuurleiding en belichting worden aanvankelijk uitgevoerd door aparte radars. Begin jaren zeventig is de 3D-radar op het Trompklassefregat een eerste voorbeeld van een radar waarin meerdere functies zijn verenigd. Op één roterend platform zijn vijf radarantennes geplaatst: drie conventionele rondzoekantennes en twee frequentiegestuurde hoogtemeetantennes. Samen verzorgen deze antennes een driedimensionaal luchtbeeld. Een nieuwe ontwikkeling op vuurleidingsgebied is de combinatie van vuurleiding en belichting in richttoestellen.

FUNCTIONERING EN VEILIGHEID VAN MUNITIE

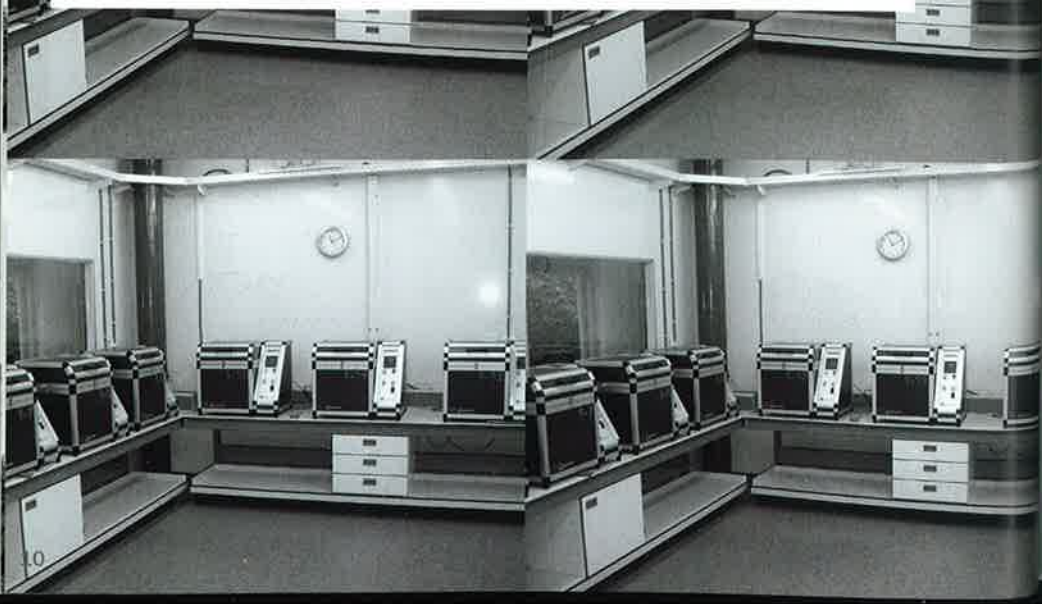
OPTIMAAL ADVIES SINDS 1838

De geschiedenis van het onderzoek aan munitie begint al in 1838. Van oorsprong betreft dit het keuren en onderzoeken van explosieve stoffen en munitiecomponenten, vooral op het gebied van prestatie, betrouwbaarheid en gevaarzetting. Eind jaren zestig en begin jaren zeventig wordt onderzoek verricht aan een *heat flow calorimeter* waarmee de zelfontbranding van kruit kan worden voorspeld. Voor Defensie ontwikkelt TNO een methode om de totale kruitvoorraad regelmatig door te meten op zelfontbrandingsgevaar. De methode geldt inmiddels als een NAVO-standaard, en wordt in 2005 als hardware aan Brazilië geleverd. Terzijde: TNO heeft in haar kruitcollectie Muiderkruit met een ouderdom van 105 jaar dat nog stabiel is – een uitzondering die de kwaliteit van dat Nederlandse product onderstreept!

De afgelopen decennia worden steeds meer testmethoden ontwikkeld, veelal in internationaal samenwerkingsverband. Ook ontstaat een groter begrip van uiteenlopende gevaarsaspecten die ervoor zorgen dat explosieven onbedoeld detoneren, zoals wrijving, vonkontsteking, verhitting en mechanische schok. TNO is actief betrokken bij het opstellen van civiele regelgeving voor het omgaan met gevaarlijke stoffen, waaronder het 'oranje boek' van de Verenigde Naties. De NAVO en ook de Nederlandse Defensie nemen deze standaard voor gevarenclassificatie over ten behoeve van munitieopslag en voor het vaststellen van veiligheidscircels.

Veiligheid en functionering gaan hand in hand. Immers, honderd procent veilige munitie kan niet functioneren. In de jaren zeventig ontwikkelt TNO de detonatietrein voor de NINA-nabijheidsbuis van de Koninklijke Landmacht. Ook evalueert zij het ontwerp van kruitladingen voor wat betreft mogelijke drukgolven. En zij onderzoekt weigeraars, *flares* (warmtebronnen die infraroodgeleide raketten misleiden), levensduur van munitie, en minder gevoelige explosieven. Een civiele spin-off vormen de ontwikkeling en productie door Aerospace Propulsion Products van turbinepomppstarters en ontstekers voor de Ariane 5 van de Europese Ruimtevaartorganisatie (ESA). Exploform, een andere civiele spin-off, maakt gebruik van het met behulp van explosieven vormen van complexe metaaldelen.

Nationale en internationale samenwerking staan hoog op de agenda. Zo heeft TNO al decennialang zitting in het NAVO-panel AC/326 dat testmethoden voor munitie standaardiseert. Op deze wijze is het mogelijk om munitie en explosieve stoffen in internationaal kader te kwalificeren en Defensie optimaal te adviseren bij de kwalificatie van alle nieuwe munitie.



2007



LEVENSDUUR

Na de Koude Oorlog blijft munitie niet langer veilig opgeslagen in bunkers in Nederland en Duitsland, maar wordt zij meegenomen naar inzetgebieden. De munitie wordt zwaar belast tijdens overslag en transport en vervolgens blootgesteld aan extreme temperaturen. Begin jaren negentig doet TNO levensduuronderzoek aan missiesystemen zoals Sidewinder, Standard Missile 1 en Patriot. In 2007 gebeurt dit onder meer aan Stinger en AMRAAM. De allernieuwste sensortechnologie stelt TNO in staat om ten behoeve van Defensie de belasting van munitie continu te monitoren en de levensduur steeds nauwkeuriger en veiliger te voorspellen.

MINDER KWETSBARE MUNITIE

Naar aanleiding van enkele grote incidenten op schepen van de Amerikaanse marine ontstaat halverwege de jaren tachtig het beleid om munitie minder kwetsbaar te maken voor bijvoorbeeld langzame en snelle opwarming, diverse vormen van inslag en sympathische detonatie (massaexplosie). Een forse hinderenis zijn de grote voorraden munitie die niet zomaar kunnen worden vervangen. TNO concentreert zich in samenwerking met Frankrijk op het minder gevoelig maken van het explosieve ingrediënt RDX door middel van kristallisatietechnieken. Hoe mooier de kristallen, hoe minder kwetsbaar!



1984

1988

DE DELFTSE DONDRERSLAG

Op 12 oktober 1654 ontploft in Delft een opslagplaats voor buskruit. Nagenoeg elk gebouw in de binnenstad loopt schade op en een groot gebied wordt volledig met de grond gelijkgemaakt. Historici gaan ervan uit dat bij de 'Delftse donderslag' minstens honderd doden vallen. Getuige Egbert van der Poel legt de ramp vast in een serie schilderijen. Naar aanleiding van de ramp wordt vastgesteld dat het nieuwe kruitarsenaal buiten de stadswallen moet worden gebouwd, op een veilige afstand van 1500 meter. In 1988 – ter gelegenheid van het 150-jarig bestaan van het Prins Maurits Laboratorium – onderzoekt TNO de kracht van de explosie. Zij schat die op 40 ton TNT-equivalent.



SOLDAAT-EFFECTIVITEIT

VAN GI NAAR LOPEND WAPENSYSTEEM

In de periode na de Tweede Wereldoorlog bezit de soldaat een geweer, moet hij naast de tank lopen en heeft hij zijn handen vol aan het in stand houden van zichzelf. Zijn uitrusting bestaat uit niet meer dan de modernisering die Napoleon heeft ingevoerd, zoals de webbing en de tassen, en biedt nauwelijks bescherming. Weliswaar wordt in de jaren zestig het optreden van de infanterie gemechaniseerd, maar pas in de late jaren zestig dringt het besef door dat ook de persoonlijke uitrusting moderner moet worden. Echter, de soldaat vragen wat hij wil is niet de gewoonte.

Onderzoek van kleding komt op gang als in de jaren zeventig de NBC-pakken (pakken voor nucleaire, biologische en chemische bescherming) moeten worden vervangen door veel betere, maar dikkere pakken waarin de soldaat het veel te warm krijgt. De Koninklijke Landmacht begrijpt dat kennis van draagbaarheid moet worden opgebouwd, en geeft TNO daartoe opdracht. TNO brengt de ongewone boodschap dat comfort geen overbodige luxe is, maar een voorwaarde voor functioneren. Dan volgt een stroomversnelling. Nieuwe basisgevechtscloeding, waterdichte buitenkleding, nieuwe gevechtslaarzen en sokken, een kunststof helm, een warme slaapzak en andere uitrusting worden gezamenlijk door de landmacht, TNO en de industrie tot stand gebracht en door het KPU-bedrijf verworven.

Het einde van de Koude Oorlog betekent een enorme verandering voor de uitrusting die volledig is afgestemd op het optreden op de Noord-Duitse laagvlakte. De taakstelling en het operatiegebied worden in korte tijd aangepast. Er moet jungle- en desert-uitrusting komen. Het risico op de Balkan blijkt veel groter dan in het rustige Duitsland en dus komen veiligheid en bescherming op de agenda. Ballistische vesten met harde platen en scherfwerende helmen worden ingevoerd. TNO onderzoekt de beschermende werking en hamert erop dat het goed dragen van de bescherming ook belangrijk is. De omvorming naar een beroepsleger is de tweede revolutie. Uitrusting die te duur was voor dienstplichtigen, ligt nu binnen bereik.

Na de Eerste Golfoorlog besluiten de Verenigde Staten tot een technologische sprong vooruit, die uitgroeit tot Soldier Modernisation. De Nederlandse krijgsmacht volgt met ondersteuning van TNO. De soldaat dient beter zicht te krijgen, betere Situational Awareness, meer vechtend vermogen en vooral een meer flexibele inzetbaarheid. Naar verwachting wordt in 2010 een eerste soldaatsysteem met zulke eigenschappen in Nederland ingevoerd.



2006



INFORMATIE

De sleutel tot effectief optreden ligt bij snelle informatie. Door de studies van TNO en de realisatie van de Communicatie en Informatie Module door Thales bereikt informatie nu de individuele soldaat.

2006



MOBILITEIT EN BESCHERMING

Mobiliteit is en blijft essentieel voor soldaatoptreden. Er moet te veel gedragen worden, waar de gevechtsprestatie onder lijdt. In 2006 ontwerpt TNO een draagsysteem dat flexibel is en de schouders ontlast. Studies in bescherming laten zien dat het hoofd en de torso redelijkerwijs tegen scherven kunnen worden beschermd, net als het hart tegen kogels. Bij meer uitgebreide bescherming loopt de mobiliteit ernstig terug. Verdere vermindering van risico moet komen uit beter optreden.

GEVECHTSVELD-SIMULATIE

EEN KUNSTMATIGE WERKELIJKHEID ALS BASIS VOOR OBJECTIEVE ANALYSE

Tot de tweede helft van de jaren zeventig is voor het analyseren en plannen van het gevecht de *wargame* het belangrijkste instrument. Traditioneel is *wargaming* een handmatige exercitie, maar de verdergaande informatisering opent de mogelijkheid tot computerondersteuning en zelfs tot zogenaamde gesloten gevechtssimulatiemodellen. Computeralgoritmen zijn in staat om zonder menselijke tussenkomst talloze inzetopties door te rekenen. TNO heeft hiervoor het Duitse model EINFALL beschikbaar. Het beschrijft gevechtshandelingen met Lanchester-vergelijkingen: een grove benadering van de werkelijkheid, als uitkomst van abstracte wiskundige analyse. Vrij snel volgen diverse verbeteringen, zoals een driedimensionaal beeld van het terrein en een gedetailleerde weergave van de vuurkracht, mobiliteit, kwetsbaarheid en logistiek van de wapensystemen. Het leidt tot grotere objectiviteit en onderbouwing omdat in de analyses reële tijd-, ruimte- en logistieke factoren kunnen worden meegenomen in plaats van moeilijk toetsbare aannames.

De voorgenomen een-op-eenvervangings van de Centurion-tank is aanleiding tot de studie PABMIX. Een specifiek aanvalswapen zoals een tank lijkt strijdig met de verdedigende taak van de Nederlandse krijgsmacht op de Noord-Duitse laagvlakte. Een deel van de gevechtskracht kan ook worden geleverd door een verdedigend wapen: de antitankmissiel TOW (tube launched, optically tracked, wire command link guided). Met PABMIX brengt TNO de optimale samenstelling van het Eerste Legerkorps binnen het NAVO-optreden gedetailleerd in kaart. Defensie volgt het advies en besluit tot aanschaf van zowel tanks als TOW's.

Begin jaren tachtig vraagt ook de veldartillerie van het Eerste Legerkorps om modernisering. In de Operations Research Studie Veld Artillerie (ORSVA) bestudeert TNO de effectiviteit van de veldartillerie, afgemeten aan de invloed op het manoeuvregevecht. Uitkomst van de studie is dat grondwapensysteembestrijding hoge prioriteit verdient. Het leidt tot de aanschaf van het Amerikaanse Multiple Launch Rocket System, naast de modernisering van de artillerievuurmonden. Bovendien worden de infanterie-eenheden standaard versterkt met tanks tot pantserinfanterie-eenheden.

Met het einde van de Koude Oorlog verschuift de aandacht naar kleinere aantallen en scenario's die zich afspelen op lager organisatie-niveau. De Verenigde Staten ontwikkelen samen met Nederland het Infantry Warrior Simulation-model (IWARS). Het model, dat de soldaat beschouwt als systeem, simuleert ook vredesmissies met gebruik van Network Enabled Capabilities, inclusief operaties in verstedelijkt gebied. Sinds eind 2006 is de eerste versie van IWARS beschikbaar.



2007

@MIGO

Haar kennis van Operations Research zet TNO ook in ten behoeve van de Koninklijke Marechaussee. Zo is de organisatie actief betrokken bij een aantal projecten rond informatiegestuurd optreden (IGO). Het grote IGO-project @MIGO – spreek uit: Amigo – heeft als doelstelling het mobiele toezicht op vreemdelingen te verbeteren door middel van betrouwbare kentekenherkenning, gekoppelde databases en uitgebreide analysemogelijkheden. Binnen het project werken de marechaussee en TNO samen op het grensvlak van de hedendaagse technologie.

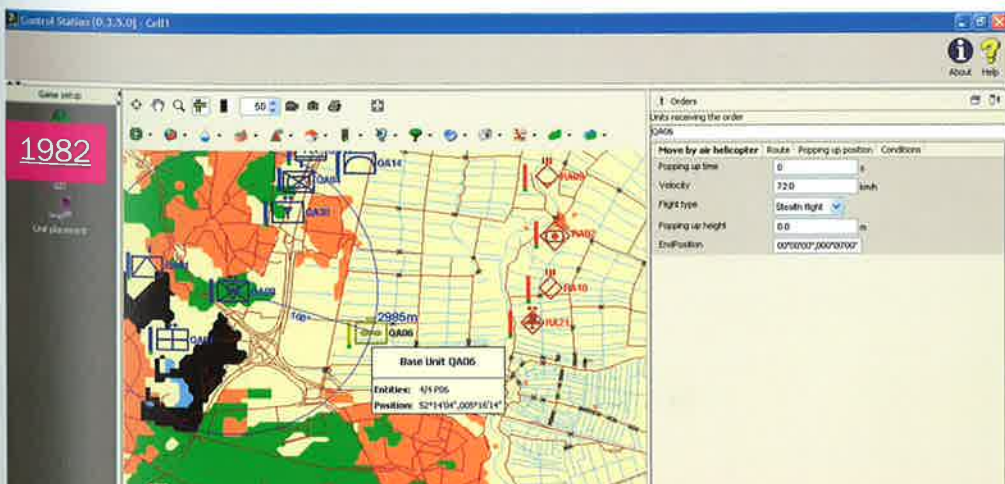
1991



MATERIEELAANSCHAF

De mogelijkheid om via computermodelering snel en gedetailleerd inzetscenario's door te lopen, al dan niet met menselijke interactie, geeft een nieuwe impuls aan de analytische onderbouwing van wapenmixstudies. Deze analyses zijn vooral nuttig om te experimenteren met heel nieuwe systemen en wijzen van optreden. Zo wordt in de jaren negentig gevechtssimulatie onder meer toegepast bij de aanschaf van de Apache-helikopter, verschietbare mijnen en Copperhead-artilleriemunitie.

1982



KIBOWI

Een spin-off van gevechtssimulaties ten behoeve van materieelaanschaf, is de toepassing voor trainingsdoeleinden en voor het opstellen van doctrines. De commando- en staftrainer KIBOWI simuleert realtime en zeer gedetailleerd de gevechtsumgeving, de eenheden en de processen op het gevechtssveld. KIBOWI is bovendien transportabel, zodat het op iedere gewenste locatie kan worden gebruikt. De faciliteit is in gebruik bij de Koninklijke Landmacht sinds 1982 – in eerste aanleg als SOLTAU en vanaf 1990 als KIBOWI. In 2004 verschijnt de nieuwe versie KIBOWI Multi Platform.

ROBIN

VOGELTREKMETING MET RADAR

De kans op aanvaringen met vogels wordt door de Koninklijke Luchtmacht bijzonder serieus genomen. Factoren van belang zijn onder meer de risico's voor de vlieger en de kosten van moderne straalvliegtuigen. Vogelaanvaringen en route laten zich, anders dan aanvaringen boven het vliegveld, alleen bestrijden door zogenaamde vogeltrekwaarschuwingen. De uitdaging is dus om grote vogelvliegactiviteit snel en op grote schaal te meten, en liefst met redelijke nauwkeurigheid te voorspellen.

Radar is het meest geschikte instrument voor het meten van vogelvliegactiviteit. Dit instrument heeft een groot afstandsgebied, kent de mogelijkheid om vogeldichtheid te meten en is onafhankelijk van daglicht. Doordat vogels de gewoonte hebben om zich tijdens de trek in groepen te verplaatsen, tamelijk gelijkmatig boven het aardoppervlak verspreid, kunnen ze worden onderscheiden van overige objecten, zoals vliegtuigen, neerslag en landmassa's met begroeiing en bebouwing.

Om het aanvaringsgevaar tussen vogels en vliegtuigen van de luchtmacht zo veel mogelijk te beperken wordt jarenlang gebruikgemaakt van observatie van de vogeltrek door een radaroperator. In 1976, als de nieuwe Radar Post Noord in het Friese Wier voor dit doel wordt bestemd, wenst de luchtmacht over te stappen op een elektronisch vogeltrekdetectie- en registratiesysteem. Het beoogde systeem is gebaseerd op Faust, een toepassing van de Deense luchtmacht. Een en ander resulteert in 1978 in de opdracht aan TNO tot vervaardiging van het analoge systeem Kast met Integrale Elektronische Vogeltrek Intensiteit Tellers (KIEVIT), later gevolgd door het digitale systeem Radar Observation of Bird Intensity (ROBIN), dat met beeldverwerking en patroonherkenning tot nog betere resultaten leidt.

Sinds de invoer van het ROBIN-systeem bij de luchtmacht is het aantal botsingen tussen vogels en vliegtuigen rond luchtmachtbases met meer dan vijftig procent afgenomen. In 2005 neemt ook de Belgische luchtmacht ROBIN in gebruik.



1979



TREKSTRATEGIEËN VAN VOGELS

Kennis van trekstrategieën van verschillende soorten vogels gecombineerd met kennis op het gebied van radar en signaalverwerking leidt tot het unieke product.

2005



PRESENTATIESYSTEEM

ROBIN bestaat uit een registratiesysteem en een presentatiesysteem. Het registratiesysteem bevindt zich bij de radar, maar het presentatiesysteem kan op iedere gewenste locatie worden opgesteld. Beeldverwerking en patroonherkenning ondersteunen de gebruiker bij de interpretatie van de radarbeelden. Criteria die worden gebruikt zijn: omvang en sterkte van de echo's, ruimtelijke spreiding, samenhang van reflecties, bewegingsrichting en snelheid.

2006



WINDMOLENPARK

In verband met de locatiekeuze voor een windmolenpark brengt een lichte versie van ROBIN op een mobiele radar de vogeltrek boven de Noordzee in beeld.

BIOLOGISCHE BESCHERMING

SNELLE EN BETROUWBARE DETECTIE

Tot eind jaren negentig staat de belangstelling voor biologische dreiging in de schaduw van die voor chemische dreiging. Eerst in Rijswijk en later in Leiden beperkt TNO zich tot diagnostiek en vaccinatie. In Rijswijk richt het onderzoek zich met bescheiden inspanning op dreigingsanalyse. In 2001 brengt het doelfinancieringsprogramma 'Passieve verdediging tegen NBC-wapens' daarin verandering. Om haar kennis en praktijkervaring op het gewenste hoge niveau te brengen, investeert TNO in expertises, verkennend onderzoek, faciliteiten en stamcollecties. Bovendien werkt zij samen met universiteiten en internationale organisaties. Een deel van de inspanning is een afspiegeling van het onderzoek aan chemische bescherming: onderwerpen als dreigingsanalyse, detectie en diagnose, identificatie, besmettingsbeheersing, fysieke bescherming en medische tegenmaatregelen zijn van toepassing op zowel biologische als chemische bescherming. Nieuw te verwerven kennis betreft onder meer genoom- en proteoomtechnologie, nanotechnologie en medische microbiologie. Opnieuw beschouwd wordt het onderwerp aerosolfysica.

Ook in de civiele wereld ontstaat bijzondere aandacht voor de dreiging van biologische strijdmiddelen. De voor Defensie opgebouwde kennis kan goed worden gebruikt voor veiligheidsdoeleinden. Zo wordt naast het 24 uren *emergency response*-team voor chemische dreiging een soortgelijke dienst ingericht, die in geval van biologische incidenten snel kan worden opgeroepen.

In internationaal verband wordt onderkend dat de bescherming van nationale krijgsmachten tegen NBC-strijdmiddelen verbetering behoeft om het voortzettingsvermogen te waarborgen – juist ook *out of area* (buiten het grondgebied van de NAVO) en *urban* (in verstedelijkt gebied). Bij diverse internationale initiatieven en behoeftestellingen om in te spelen op de veranderende veiligheidssituatie, speelt NBC-bescherming dan ook een nadrukkelijke rol.

Met de relatief jonge technologie 'Biologische bescherming' wordt in korte tijd veel bereikt, met name op het gebied van snelle detectie. Bij de ontwikkeling van het Bioaerosolalarm maakt TNO strategisch gebruik van de sterke kennispositie die zij heeft opgebouwd op het gebied van chemische strijdmiddelen en massaspectrometrie. In 2007 werkt de organisatie samen met de Technische Universiteit Delft en de Duitse firma Bruker Daltonics aan de vercommercialisering van het detectiesysteem. Defensie hecht groot belang aan het alarmeringsapparaat omdat snelle, zeer specifieke alarmering nog nergens in de wereld verkrijgbaar is.

2007

BIOAEROSOLALARM

Het geotrooieerde bioaerosolalarm is gebaseerd op *aerosol time-of-flight*-massa-spectrometrie. Voordat detectie plaatsvindt van gifstoffen en bacteriën in de lucht, treedt een op fluorescentie gebaseerd preselectiesysteem in werking. Dit scheidt biodeeltjes van andere deeltjes en maakt de detectie minder gevoelig voor valse alarmeringen.



2007

SPÜRFUCHS

In 2007 werken de Technische Universiteit Delft, Bruker Daltonics en TNO samen aan een prototype van het bioaerosolalarm dat geschikt is voor inbouw in voertuigen als de Spürfuchs en andere mobiele platforms.



COMMANDO-CENTRALES EN SCHEEPSBRUGGEN

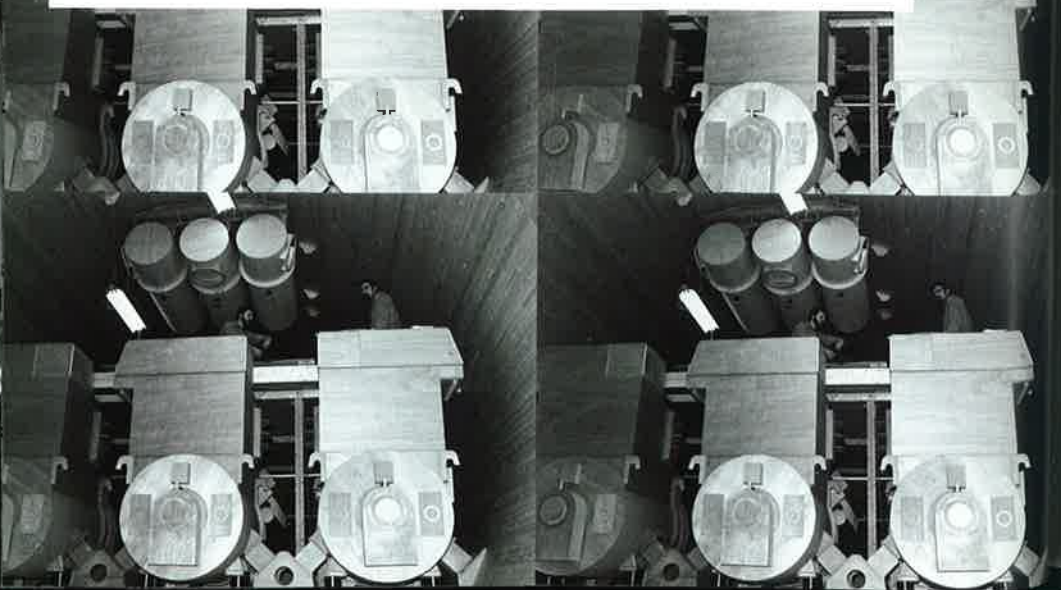
DE MENSELIJKE MAAT AAN BOORD

Grote hoeveelheden hout en pvc worden in de jaren tachtig getransporteerd richting Soesterberg. Daar verrijzen *mock-ups* (schaalmodellen tot op ware grootte) van delen van het M-fregat en de Walrusklasse-onderzeeboot. Indrukwekkend zijn de grote segmenten van de Walrus die op basis van tekeningen worden gerealiseerd. Aan de hand van de *mock-ups* evalueert TNO in opdracht van de Koninklijke Marine de ruimtebenutting en de fysiek-ergonomische aspecten, en kan zij in een vroeg stadium de nodige verbeteringen aangegeven in het complexe ontwerp.

In de jaren negentig wordt de modelbouw verrijkt met digitale ontwerptechnieken en toepassingen van Virtual Environment-technologie. De gebruiker wordt 'ondergedompeld' in een virtuele versie van zijn toekomstige werkomgeving, en ervaart hoe de diverse ergonomische aspecten leiden tot een functionele indeling. Maar de rol van de houten *mock-up* is nog niet uitgespeeld. Voor de commandocentrale van het LCF en de Joint Operations Room van het Landing Platform Dock Hr.Ms. Johan de Witt bewijst de *mock-up* nog duidelijk zijn nut in het beoordelen van ruimten gericht op samenwerking in groter teamverband.

Inmiddels vertegenwoordigen de adviezen een breed pakket aan onderzoek dat vele kanten van de menselijke maat laat zien. De toenemende stroom aan informatie die in de operationele ruimten moet worden verwerkt en de complexiteit van de systemen leiden tot gewijzigde behoeften. Die betreffen bijvoorbeeld de cognitieve belasting die taakuitvoering met zich meebrengt en de wijze waarop computerondersteuning deze belasting kan doen verminderen. Onder de noemer mens-systeemtaakintegratie onderzoekt TNO nieuwe vormen van samenwerking en ondersteuning, zoals adaptieve interfaces en adaptieve automatisering. Ook het streven naar bemanningsreductie wordt een belangrijk onderwerp. Hoe kunnen pieken in taakbelasting worden opgevangen in kleiner teamverband en met een meer dynamische taakverdeling? De eerste vruchten van het denkwerk worden geplukt in het ontwerp van de nieuw te bouwen patrouilleschepen en het Joint Support Ship. Met name voor het patrouilleschip realiseert TNO vernieuwende stappen in het werken met kleine, flexibele teams en een volledige integratie van traditioneel gescheiden operationele ruimten zoals brug, commandocentrale en technische centrale.

De vele bezoeken die ook buitenlandse marines aan de schepen brengen maken duidelijk dat in gerealiseerde functionaliteit en integratie de marine een voortrekkersrol vervult die veel bewondering afdwingt.



2003



JOINT OPERATIONS ROOM

Aan de hand van een mock-up van de Joint Operations Room op het Landing Platform Dock (LPD2) onderzoekt TNO het optimale ontwerp van een operationele ruimte waarin landmacht, luchtmacht en marine aan boord van een schip op een efficiënte en effectieve manier kunnen samenwerken.

1997



VIRTUEEL VAREN OP HET LCF

Kroonprins Willem-Alexander bekijkt de scheepsbrug van de toekomst tijdens de viering van 50 jaar defensieonderzoek.

1987



KLEURENBEELDSCHERM

Op het M-fregat doet het kleurenbeeldscherm zijn intrede. Voor diverse toepassingen specificeert TNO hoe kleuren op een effectieve wijze kunnen worden gebruikt.

GOALKEEPER

DE LAATSTE VERDEDIGING

In de jaren zeventig ontstaat binnen de NAVO behoefte aan een luchtverdedigingsmiddel voor schepen dat in staat is om snelle en laagvliegende antischipmissiles te bestrijden. Het systeem moet in staat zijn om missiles die door de eerste verdedigingslijn komen in korte tijd op voldoende afstand van het schip onschadelijk te maken. De NAVO formuleert stafeisen, maar komt niet tot een gemeenschappelijke ontwikkeling. Nederland kiest uiteindelijk voor een eigen ontwikkeling: de Goalkeeper.

De Goalkeeper wordt ontwikkeld door de Koninklijke Marine, Hollandsche Signaalapparaten N.V. (nu Thales Nederland; radar en systeemverantwoordelijkheid), General Electric (kanon) en Kruithoorn (munitie). TNO ondersteunt de marine gedurende de gehele ontwikkeling, van de dreigingsanalyse en de formulering van eisen tot en met de evaluatie van het uiteindelijke systeem. In het voortraject beschouwt TNO vooral de haalbaarheid van de diverse opties, en bestudeert en specificceert zij deze in detail. Na experimenteel en theoretisch voorspellend onderzoek naar de benodigde volgnauwkeurigheid en naar de schade aan het antischipmissile – als functie van kaliber, type munitie en vuursnelheid – valt de keuze op het 30 mm-snelvuurkanon, bekend van het Amerikaanse aanvalsvliegtuig A-10. Als munitie wordt gekozen voor een subkaliber met een harde kern, een vlakke-baankarakteristiek en een groot penetratievermogen.

Bij de bestudering van banen van beschadigde antischipmissiles blijkt dat deze toch nog tot op vrij grote afstand een bedreiging vormen. Een allesoverheersende eis voor de ontwikkeling is dan ook dat een *warhead kill* tot stand komt. Dat wil zeggen dat het antischipmissile op voldoende afstand van het schip ontploft. Om dit te bereiken dient de munitie de gehele voorkant van het antischipmissile te penetreren, waarna voldoende energie resteert om de warhead tot ontploffing te brengen. Om aan deze strenge eis te kunnen voldoen komt de marine tot een Data Exchange Agreement met het Amerikaanse Naval Surface Warfare Center, waarin essentiële gegevens over ontwerp, testen en evalueren van dergelijke munitie worden verkregen. Met deze nieuwe kennis ontwikkelt TNO een standaardtest voor de Missile Piercing Discarding Sabot-munitie. Bovendien komt zij tot modellen om op systeemniveau de effectiviteit van de Goalkeeper te testen en evalueren. Deze studiefase duurt tot 1984, waarna de industrie het systeem doorontwikkelt tot een eindproduct.

De Goalkeeper is sinds 1991 op alle grotere oppervlakteschepen van de marine geïnstalleerd. Wereldwijd zijn meer dan vijftig systemen verkocht.



1991



70 SCHOTEN PER SECONDE

Het wapensysteem Goalkeeper bestaat uit een rondzoekradar, een volgradar en een zevenloopssnelvuurkanon. De rondzoekradar zoekt continu naar doelen en draagt deze, als ze binnen schootsbereik zijn, over aan de volgradar. De volgradar verzorgt de aansturing voor het snelvuurkanon, dat in korte bursts (70 schoten per seconde) doelen uitschakelt.

1972



TREFFERBEELDREGISTRATIEAPPARAAT

In 1972 ontwikkelt TNO op verzoek van de Koninklijke Landmacht een automatisch registerende schietschijf: het trefferbeeldregistratieapparaat. Twee optische detectoren berekenen de posities van de projectielen door het trefvlak, en een akoestische detector telt het aantal schoten. Via een radioverbinding worden de gegevens naar de centrale registratiepost verzonden. Beproeving van de Goalkeeper – met zeven lopen en een enorme vuursnelheid – vraagt om aanpassing van het apparaat. In 1984 wordt de Goalkeeper met succes geëvalueerd. Op de plots worden de schoten van iedere loop in een andere kleur weergegeven.

LEGERKORPS- COMMUNICATIE

VAN LIJN NAAR SATELLIET

In de decennia na de Tweede Wereldoorlog heeft het Eerste Legerkorps een overzichtelijke taak: het verdedigt een gebied van tachtig bij honderd kilometer op de Noord-Duitse laagvlakte. Communicatie tussen commandoposten gebeurt via – steeds handmatig aan te leggen – lijnverbindingen of via in de loop der tijd gerealiseerde opstijgpunten. Halverwege de jaren vijftig wordt de lijnverbinding vervangen door een straalverbinding die radiogolven in een bepaalde richting uitzendt. Niet alleen levert het opbouwen van de draadloze straalverbinding een aanzienlijke tijdswinst op; ook kan het telefoon- en telexverkeer tussen commandoposten nu over grotere afstanden plaatsvinden.

Aanvankelijk worden de straalverbindingen alleen gebruikt tussen de commandoposten. Om nog sneller te kunnen verplaatsen, bestaat behoefte aan een gebiedbedekkend communicatiestelsel. De oplossing is het zogenaamde rayonverbindingssstelsel: een stelsel van zes knooppunten, onderling verbonden met twaalfkanaalsstraalverbinding. Omdat de knooppunten ook kunnen worden gekoppeld met civiele telefoonlijnen aan het territoriale verbindingssstelsel, kunnen de commandoposten op iedere plaats in het vermaasde netwerk 'inhaken'. In 1971 zijn alle eenheden tot en met brigadeniveau op dit systeem aangesloten. De expertise van TNO wordt ingezet om het systeem, dat gepaard gaat met vijftien meter hoge masten en drietonners vol technische apparatuur, draaiend te krijgen. Ook onderzoekt TNO de propagatie- en antenne-eigenschappen, om onder meer te weten te komen hoe ver de antennemasten uit elkaar kunnen worden gezet.

Volledige automatisering vindt plaats in de jaren tachtig met de invoering van het beveiligde netwerk ZODIAC (zone, digitaal, automatisch, cryptografisch beveiligd). TNO is sparringpartner van Defensie in het specificeren en testen van het revolutionaire door Hollandsche Signaalapparaten N.V. (nu Thales Nederland) ontwikkelde systeem. Ook voert TNO deelontwikkelingen uit, en verricht zij experimenten met datacommunicatie. De uitdaging is om ZODIAC in nationaal verband te optimaliseren én om het te koppelen aan alle verschillende systemen van de NAVO-partners.

Met het einde van de Koude Oorlog en de veranderende rol van de krijgsmacht in onbekende en uitgestrekte operatiegebieden, veranderen opnieuw de eisen aan het communicatiestelsel. Defensie kiest niet voor een midlife-update van ZODIAC, maar zij besluit tot eigen ontwikkeling van TITAAN: een digitaal systeem, opgebouwd uit militaire componenten en civiele onderdelen, dat geschikt wordt gemaakt voor militair gebruik. Naar behoefte kunnen in rap tempo netwerken in de commandoposten worden uitgerold die met straalverbindingen, radio, glasvezel en met behulp van satellietverbindingen onderling zijn verbonden. TNO – mederichtingbepalend voor de concepten en de technologie – denkt mee, specificeert, ontwikkelt mee en levert inhoudelijke bijdragen zoals de FM200-adapterbox.



2002



FM200-ADAPTERBOX

Omdat in TITAAN nog wordt gebruikgemaakt van de straalzenders van ZODIAC, bestaat behoefte aan een interface. In nauwe samenwerking met de Koninklijke Landmacht ontwerpt TNO de FM200-adapterbox.

1988



ZODIAC

ZODIAC is een gebiedsdekkend verbindingssysteem van knooppunten, gekoppeld door middel van FM200-straalzenders. Omdat het stelsel permanent inzetbaar moet blijven, wordt het ingevoerd in vijf afgeronde fasen: overgang op digitale transmissietechnieken, realisatie van een automatisch telexsysteem, automatisering van het telefoonverkeer, uitbreiding van het aantal knooppunten, en aansluiting van kleinere staven en mobiele gebruikers.

MENS-MACHINE-INTERFACES

WAARNEMEN, VERWERKEN, BESLISSEN EN HANDELEN

Als TNO in de jaren zeventig de eerste schreden zet op het gebied van Human Factors, houdt zij zich al bezig met problemen op het snijvlak van mens en systeem. Hoe kunnen mensen visuele informatie beter verwerken? Hoe kunnen zij spraak beter verstaan? De kwesties vergen niet alleen inzicht in de menselijke waarneming, maar zij vragen ook om kennis van de systemen waarmee mensen werken. Het onderzoek leidt tot adviezen over kleurgebruik en verlichting op de scheepsbrug en bij radaroperators. Een ander resultaat is de revolutionaire, inmiddels wereldwijd gebruikte methode om de kwaliteit van spraakcommunicatiemiddelen zoals radio te meten. Latere vragen betreffen de wijze waarop mensen systemen besturen – zoals een mammoettanker die de Nieuwe Waterweg binnenvaart – en hoe operators zoals verkeersleiders informatie verwerken. Een en ander leidt tot integrale studies van de gehele cyclus van waarnemen, verwerken, beslissen en handelen.

In 2007 is kennis van de cyclus nog altijd relevant, of het nu gaat om het gebruik van mobiele interfaces in het veld, om het op afstand besturen van voertuigen, of om het aankoppelen van de brandstoftoevoerslang van een tankervliegtuig. Om het waarnemen en verwerken sneller en gemakkelijker te maken, ontwikkelt TNO in de loop der jaren een palet aan 'intuïtieve' interfaces die informatie driedimensionaal in de ruimte weergeven of zelfs met trillers op de huid voelbaar maken. Hierdoor kan de piloot van een F-16 horen waar een dreiging vandaan komt en op een 3D-display zien welke informatie relevant is, en kan een helikoptervlieger beter voelen hoe een landing bij slecht zicht verloopt. Om het beeld van een nachtzichtkijker beter te kunnen interpreteren wordt een intuïtieve interface ontwikkeld die zorgt voor weergave in natuurlijke kleuren, en die als handzaam vizier op een wapen kan worden gemonteerd.

De kennis over menselijke waarneming wordt niet alleen toegepast in de studie van mens-machine-interfaces. TNO ontwikkelt verschillende middelen ten behoeve van visuele en auditieve keuring, zoals de gezichtsscherpte kaart (1969) en de diepteziëntest (1975). En mede dankzij het onderzoek naar de subjectieve hinder van schietgeluid kunnen militairen in het dichtbevolkte Nederland blijven oefenen zonder grote weerstand van omwonenden op te wekken.

2007

TANKER REMOTE VISIONSYSTEM

De Koninklijke Luchtmacht voert sinds 1995 bijtankoperaties uit in de lucht met tankervliegtuigen van het type KDC-10. In 2003 vraagt de luchtmacht aan TNO om met het Nederlandse bedrijfsleven een upgrade uit te voeren van het camerazichtstelsel. In de prototypefase wordt samen met de luchtmacht een compleet nieuw zichtsysteem ontwikkeld dat vele malen beter is dan het origineel. Op basis hiervan wordt besloten over te gaan tot productie. Levering: najaar 2007.

2005

VISION SCREENER

In opdracht van de Koninklijke Luchtmacht ontwikkelt TNO de Vision Screener. Een computer is in staat om 'zelfstandig' een ogentest uit te voeren en de testuitslag te bepalen. Het resultaat is een nog betrouwbaarder wijze van testen en een besparing van kostbaar personeel. Bovendien kunnen nieuwe, dynamische visuele tests worden toegevoegd die specifiek zijn afgestemd op de veeleisende visuele taken van bijvoorbeeld het vliegen.

2004

TRILVEST

In sommige situaties komt de militair letterlijk ogen en oren te kort. Tactiele displays – displays voor de huid zoals de trilfunctie van een mobiele telefoon – kunnen uitkomst bieden. TNO ontwikkelt het trilvest, en test de toepassing in *brown-out*-situaties (situaties waarbij opwaaiend stof het zicht belemmert) samen met testvliegers van de Koninklijke Luchtmacht. Vliegen op gevoel verkleint mogelijk de gevaren van slecht zicht.



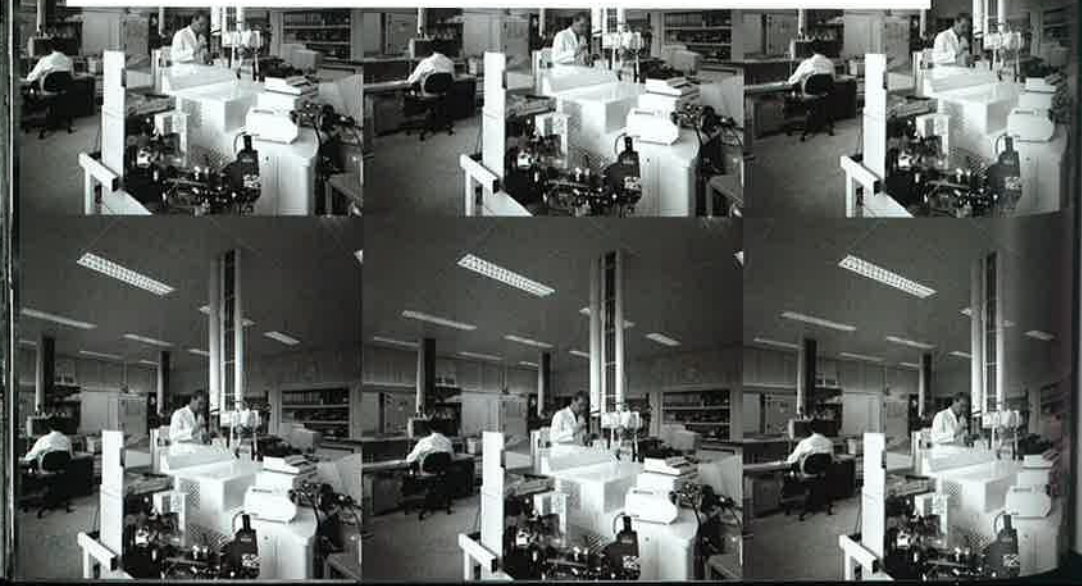
CHEMISCHE BESCHERMING

EXPERTISE OP MONDIAAL NIVEAU

De eerste chemische wapens, waaronder het blaartrekkende mosterdgas, dateren uit de Eerste Wereldoorlog. Tijdens de Koude Oorlog ontstaat een trend naar steeds giftiger gassen zoals het zenuwgas VX en naar zogenaamde binaire wapens: wapens met twee ongevaarlijke en niet onder verbodsartikelen vallende bestanddelen die na samenvoeging een chemische reactie geven. Nederland en veel andere NAVO-landen hebben afgezien van het gebruiken en in bezit hebben van de inmiddels verboden wapens. Maar in 2007 zijn het niet alleen de 'klassieke' nucleaire, biologische en chemische middelen (NBC-middelen) die de wereld bedreigen. Terroristische groeperingen beschikken over giftige chemicaliën, ziekteverwekkers en radiologische producten.

Beheersing van de volledige keten van passieve bescherming – van dreigingsanalyse, detectie en diagnose, identificatie, besmettingsbeheersing en fysieke bescherming tot en met medische tegenmaatregelen – vraagt om een forse onderzoeksinspanning. Synthese van ook de meest giftige stoffen is noodzakelijk om inzicht te verkrijgen in het werkingsmechanisme en de fysiologische en fysische eigenschappen. Al sinds 1939 houdt TNO zich hiermee bezig. Vanaf de jaren zestig werkt zij aan de daadwerkelijke ontwikkeling en productie van beschermingsmiddelen. Zo worden een gasverkenningssuitrusting, een gasdetectieknoop, een wateronderzoeksuitrusting en een mobiele drinkwaterinstallatie ontwikkeld en geproduceerd. Later verschuift de vraag van Defensie van het ontwikkelen van nieuwe producten naar het testen en evalueren van bestaande producten en het opstellen van eisen.

Risicoanalyse is vanaf het eind van de jaren zeventig een essentieel onderdeel van het onderzoek. Zo analyseert TNO met computersimulaties chemische aanvallen om te beschouwen welke beschermingsmiddelen nodig en welke effectief zijn. Van belang voor diagnose en medische tegenmaatregelen is het toxicokinetisch onderzoek (diepgaand onderzoek ten behoeve van de interpretatie van opnamesnelheid en metabolisme). Veel van het werk verricht TNO samen met partners vanuit internationale organisaties zoals de NAVO, de West-Europese militaire samenwerkingsorganisatie FINABEL en de IEPG (later de West-Europese defensiesamenwerkingsorganisatie WEAG). In opdracht van het ministerie van Defensie van de Verenigde Staten bestudeert TNO onder meer de langetermijneffecten van lage concentraties gas, zoals bij het Golfoorlog-syndroom. Ook onderzoekt zij bloedmonsters van de slachtoffers van de terroristische aanval met het zenuwgas Sarin in de metro van Tokio in 1995. In Nederland staat sinds vijf jaar voor een dergelijke calamiteit het *24 uren emergency response-team* van TNO paraat voor monsternamen en identificatie van verdachte objecten.





WHOLE SYSTEM TEST

Materiaaltesten op zichzelf zeggen niet alles over de beschermende eigenschappen van kleding. Daarom ontwikkelt TNO in 2004 de Whole System Test. Een bewegende pop in beschermende kleding loopt een aantal uren in de damp van een nagebootst chemisch strijdmiddel. Het lopen veroorzaakt een pompbeweging die mogelijk leidt tot lekkage. Samen met Canada maakt TNO een vergelijking tussen mens en mannequin. In Tsjechië wordt het NBC-pak M2000 getest met mens en mannequin om zo de toekomstige meetresultaten beter op waarde te kunnen schatten.

MULTILATERALE INTEROPERABILITEIT

NAVO-BREED OPERATIONELE INFORMATIE UITWISSELEN

Interoperabiliteit en Situational Awareness zijn sinds jaar en dag belangrijke onderwerpen binnen de NAVO. Hoe intensiever landen en strijdkrachten samenwerken, hoe groter de behoefte wordt aan het delen van informatie. Met name ter ondersteuning van Command and Control dient informatie actueel en accuraat te zijn om fatale fouten, zoals schieten op coalitietroepen, te voorkomen. De systemen waarin dit soort informatie tegenwoordig veelal wordt bijgehouden, dienen daarom in staat te zijn hun gegevens onderling uit te wisselen. Tevens moeten die gegevens door de systemen kunnen worden geïnterpreteerd, bijvoorbeeld om er een integraal situatiebeeld van op te bouwen.

Een belangrijke aanjager voor het verbeteren van de interoperabiliteit tussen Command and Control-systemen in coalitieverband, is de Allied Tactical Command and Control Interoperability Study (ATCCIS). In de jaren negentig nemen de landmachten van diverse NAVO-landen hieraan deel. Doel van de studie is een multilateraal interoperabiliteitsconcept te ontwerpen en te testen. In de beginfase wordt geconcludeerd dat landen de onderlinge interoperabiliteit kunnen verhogen door hun systemen te ontwikkelen volgens gemeenschappelijke technische standaarden. Een permanente werkgroep definieert een standaard die bestaat uit afspraken over hoe gegevens kunnen worden uitgewisseld en wat ze precies betekenen. Zo ontstaan twee hoofdproducten: een replicatie-mechanisme waarmee gegevens tussen systemen kunnen worden uitgewisseld volgens een gestandaardiseerd protocol, en een uitwisselingstaal in de vorm van een datamodel dat het formaat en de betekenis van de uit te wisselen gegevens vastlegt. Het datamodel krijgt de naam Generic Hub, later bekend als Land C2 Information Exchange Data Model.

Sinds 1991 spelen de Koninklijke Landmacht en TNO samen een actieve rol in ATCCIS. TNO levert vertegenwoordigers in alle technische werkgroepen, onder andere op het gebied van systeemarchitectuur, replicatie, databases en datamodellering. Ook wordt in 1995 de eerste grote ATCCIS-demonstratie bij TNO in Den Haag georganiseerd. In 2000 gaat ATCCIS op in het Multilateral Interoperability Programme (MIP), waaraan medio 2007 24 landen meedoen. De Nederlandse delegatie kent twee TNO'ers: de voorzitter van de System Engineering & Architecture-werkgroep en een vertegenwoordiger in de Data Modelling-werkgroep. Het MIP-datamodel, inmiddels bekend onder de naam Joint C3 Information Exchange Data Model, wordt algemeen gezien als een van de belangrijkste NAVO-informatiestandaarden.

2007



OSIRIS

Het Battlefield Management System OSIRIS dat momenteel bij Defensie in ontwikkeling is, is vergelijkbaar met het NIMCIS voor het Korps Mariniers en vormt de ruggengraat van de commandovoering op het niveau van bataljon en lager binnen de landmacht. Het systeem toont posities van objecten op een digitale landkaart en biedt functionaliteit voor het opstellen en distribueren van plannen. Tevens vormt het een geavanceerd navigatie- en oriëntatiemiddel voor voertuigen. TNO is vanaf het prille begin betrokken bij OSIRIS, van de ontwikkeling van het prototype tot een onderzoek naar de meerwaarde voor het operationele optreden tijdens gevechtsoperaties en vredesmissies.

JWID

Tijdens het NAVO-evenement Joint Warrior Interoperability Demonstration (JWID) in 2002 worden de positie en de status van internationale eenheden van landmacht, luchtmacht en marine voor het eerst in één systeem samengebracht en gepresenteerd. TNO toont de technische haalbaarheid aan van een nationaal Joint Common Operational Picture, en zij demonstreert de operationele mogelijkheden van geïntegreerde informatievoorziening aan een breed defensiepubliek.



2002

1995



Introducing the Systems		
Spain		HQ 2(SP) Cav Bde
Netherlands 1		HQ MND[C]
United Kingdom		HQ 24(UK) Mech Div
Denmark		HQ 1(DA) Mech Bde
Netherlands 2		HQ AIR MND[C]
France		HQ 14(FR) Armd Div

ATCCIS

De eerste grote ATCCIS-demonstratie bij TNO in Den Haag.

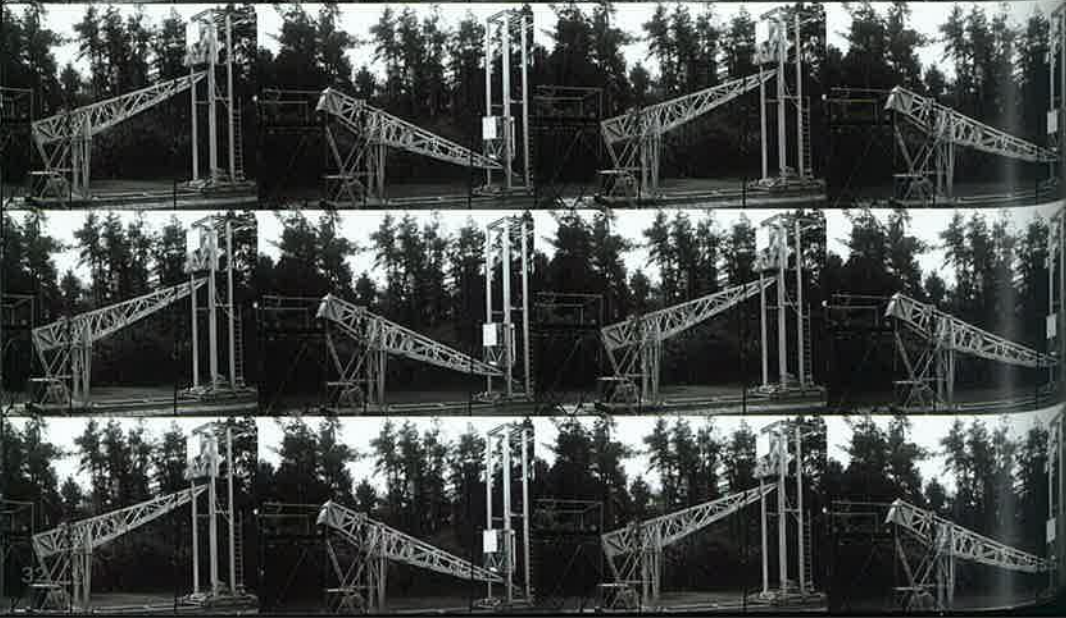
DESORIËNTATIE EN BEWEGINGSZIEKTE

EEN BELANGRIJKE ROL IN HET KRIJGSVERLOOP

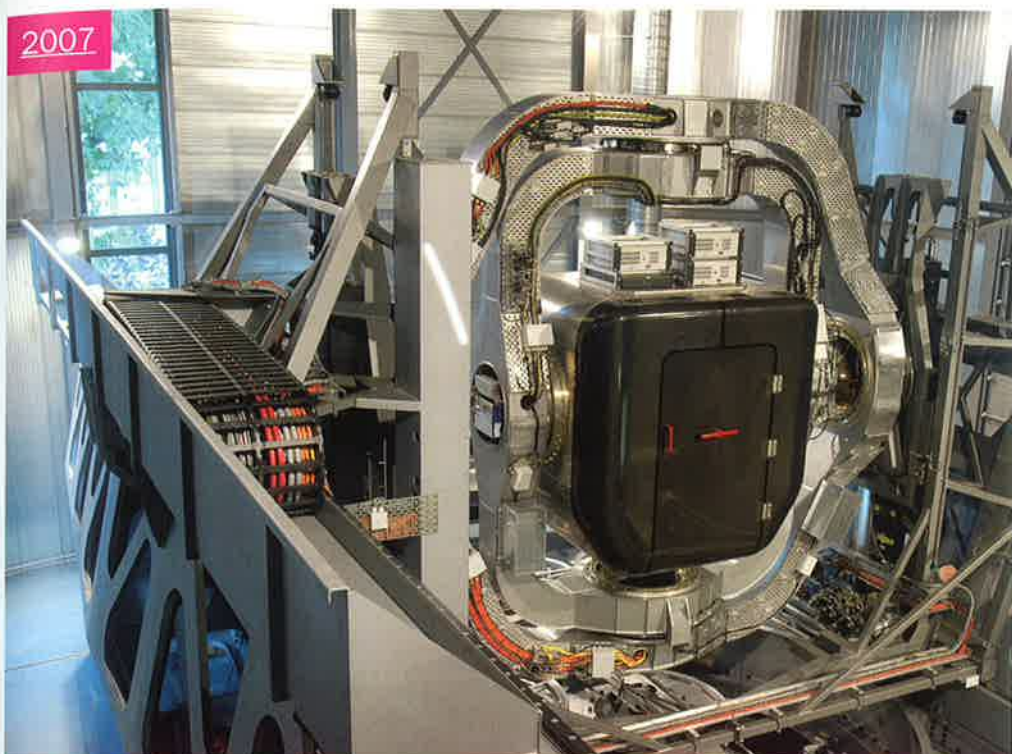
In en vlak na de Tweede Wereldoorlog wordt duidelijk dat de nadelige effecten van beweging op mensen een belangrijke rol kunnen spelen in het krijgsverloop. Zo speelt zeeziekte een rol bij de troepen die op D-day aan land worden gezet. Een ander voorbeeld zijn de piloten die in de Koreaanse oorlog voor het eerst bij nacht vanaf een vliegdekschip worden gekatapulteerde. Een aantal van hen stuurt zijn vliegtuig door een dan nog onbegrepen evenwichtsiillusie direct na de start in zee. Beide effecten vinden hun oorzaak in de werking van het evenwichtsorgaan in het binnenoor. Na een hausse in de jaren vijftig van vooral Amerikaans onderzoek, laat sinds de jaren tachtig ook de Nederlandse krijgsmacht onderzoek verrichten door TNO – onder andere door toenemende specialisatie in combinatie met een afnemende bemanningsomvang. Personeel kan elkaar niet meer vervangen bij uitval, wat een toenemend risico betekent.

De eerste onderzoekservaringen met bewegingsziekte dateren uit de jaren zeventig. TNO doet onderzoek naar zeeziekteverschijnselen bij machinisten van kabelbaangondels die stenen moeten lossen voor de Deltawerken in de Oosterschelde. Om de verschijnselen te kunnen bestuderen wordt in 1973 een 'hotsklots' gebouwd. Tijdens het project wordt beslist de Oosterschelde niet af te sluiten. Voortbouwend op deze ervaringen onderzoekt TNO in opdracht van de Koninklijke Marine de gevolgen van zeeziekte op onder meer Hr.Ms. Makkum, Hr.Ms. Zeefakkel en Hr.Ms. Tromp. Vanaf 1994 bestaat de mogelijkheid om het onderzoek voort te zetten in een scheepsbewegingssimulator. TNO wisselt haar onderzoeksresultaten uit binnen het ABCD-overleg, een ad-hocwerkgroep van Amerikanen, Britten, Canadezen en de 'Dutch'. Bij het scheepsontwerpproces van de marine wordt nu expliciet rekening gehouden met de gevonden relatie tussen scheepsbewegingen, zeeziekte en taakprestatie.

Voor vliegers van de Koninklijke Luchtmacht is desoriëntatie een groot risico. In 1986 en 1992 onderzoekt TNO de mogelijke evenwichtsoorzaak van twee ongelukken met Nederlandse F-16's. Onderzoek met een driedimensionale draaistoel leert de ruimtelijke (des)oriëntatie beter begrijpen én voorspellen. Een en ander leidt tot aangepaste aannametests van aspirant-vliegers en tot een grondcursus Desoriëntatiedemonstratie. Hiervoor wordt vanaf 2007 gebruikgemaakt van Desdemonia. Daarnaast wordt een cursus gegeven die (leerling)vliegers afhelpt van hun luchtziekteproblemen. Ook op deze gebieden deelt TNO haar kennis en ervaringen in internationaal verband, en is de organisatie vertegenwoordigd in diverse NAVO-werkgroepen.



2007



DESDEMONA

Primair ontworpen als desoriëntatiedemonstratieapparaat (gemaakt door Amst Systemtechnik GmbH) biedt Desdemona de mogelijkheid iemand rond willekeurig welke as onbeperkt rond te draaien, op en neer en heen en weer te bewegen en ook nog eens te centrifugeren. De visuele projectiemogelijkheden maken Desdemona bovendien geschikt voor onderzoek naar *motion cueing* in vlieg-, rij- en vaarsimulatie, en naar alle vormen van bewegingsziekte, waaronder zeeziekte, simulatorziekte en ruimteziekte.

2004



3D-DRAAISTOEL

De 3D-draaistoel bewijst jarenlang goede diensten, onder meer tijdens proeven met het 'trilvest' door astronaut André Kuipers.

SIGNATUREN

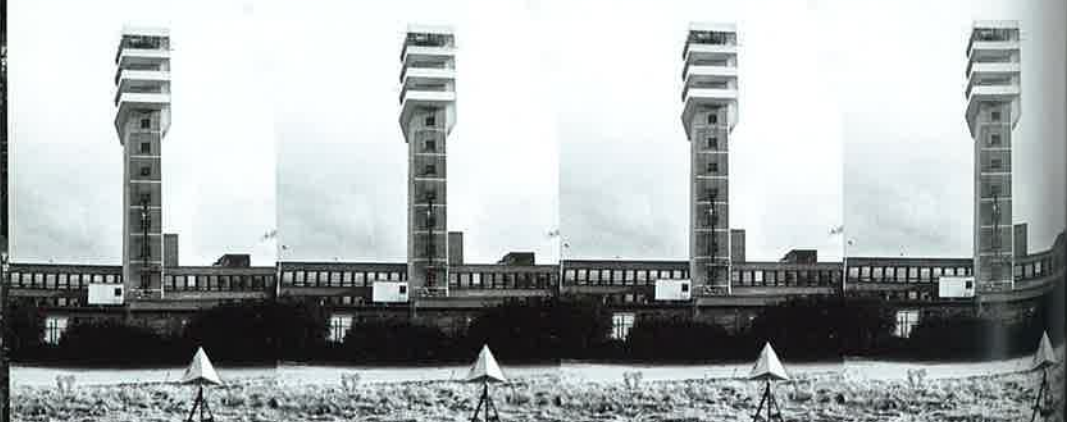
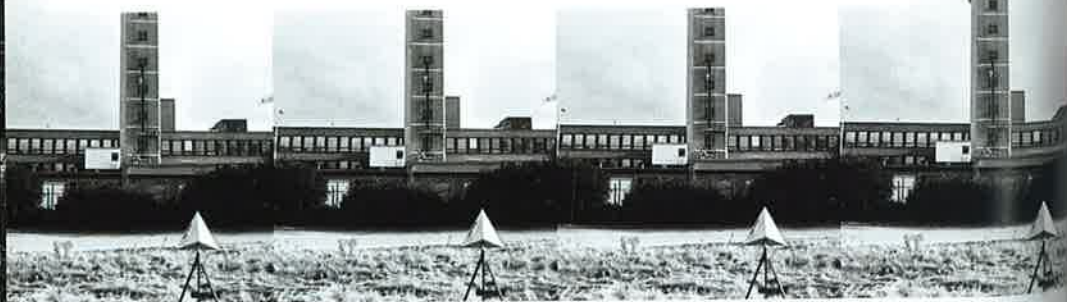
OPTIMAAL BESCHERMD TEGEN MULTISPECTRALE SENSOREN

Ruim voordat de diverse defensieonderzoeklaboratoria de krachten bundelen in TNO, maken camouflage van personeel en materieel deel uit van het onderzoekprogramma. Reductie van de Radar Cross Section (radarsignatuur) en actieve verlaging van de infraroodsignatuur vormen meer recente opties om de eigen zichtbaarheid voor de tegenpartij te verminderen.

Met name sinds het einde van de Koude Oorlog wordt de Nederlandse krijgsmacht wereldwijd ingezet. De verscheidenheid aan operationele achtergronden vraagt om aanpassing van bestaande camouflagemiddelen. Bovendien wordt effectief camoufleren steeds moeilijker omdat sensoren steeds geavanceerder worden. Het nieuwe uitgangspunt is dat camouflage een geïntegreerd onderdeel vormt van het voertuig en een basisbescherming biedt tegen multispectrale sensoren. Wanneer de missie dit toelaat wordt het basissysteem aangevuld met additionele camouflagemiddelen.

Op radargebied richt TNO zich in eerste instantie op het meten van de grootte van de radarsignatuur van voertuigen, vliegtuigen en schepen. De organisatie ontwikkelt meetradars voor gebruik in het veld of op zee. Een andere mogelijkheid is het meten aan schaalmodellen. In samenwerking met het Verenigd Koninkrijk worden metingen uitgevoerd aan een schaalmodel van het S-fregat. Rond 1990 wordt gestart met de ontwikkeling van een computermodel waarmee de radarsignatuur van voertuigen, schepen en gebouwen kan worden berekend. Met het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium worden de modellen verder uitgebouwd, in het bijzonder voor gebruik bij vliegtuigen en voor het gebruik van radarabsorberende materialen. Toepassing van het TNO-computermodel RAPPORT op het ontwerp van het LCF maakt het mogelijk om in alle fasen van het ontwerp bijdragen te leveren die leiden tot vermindering van de grootte van de radarsignatuur. Uit metingen aan een schaalmodel en latere metingen aan het schip zelf blijkt dit succesvol te zijn.

Sinds de jaren zestig doet TNO ook onderzoek naar verlaging van de zichtbaarheid van marineschepen in het infraroodgebied. De adviezen voor verbetering worden daadwerkelijk toegepast. Zo wordt via rekenmodellen in alle fasen van het ontwerp van het LCF inzicht verkregen in de infraroodsignatuur en gebruikt het LCF *prewetting* (koeling van de scheepsromp met behulp van de bestaande deksproei-installatie) om de infraroodsignatuur actief te verlagen. Het is het eerste schip dat operationeel de beschikking heeft over een Tactical Decision Aid die adviseert hoe lang en hoe vaak de verschillende pompgroepen in werking moeten zijn.



2005



MOBIEL CAMOUFLAGESYSTEEM

Het verkenningsvoertuig Fenek kan worden uitgerust met een multispectraal mobiel camouflagesysteem.

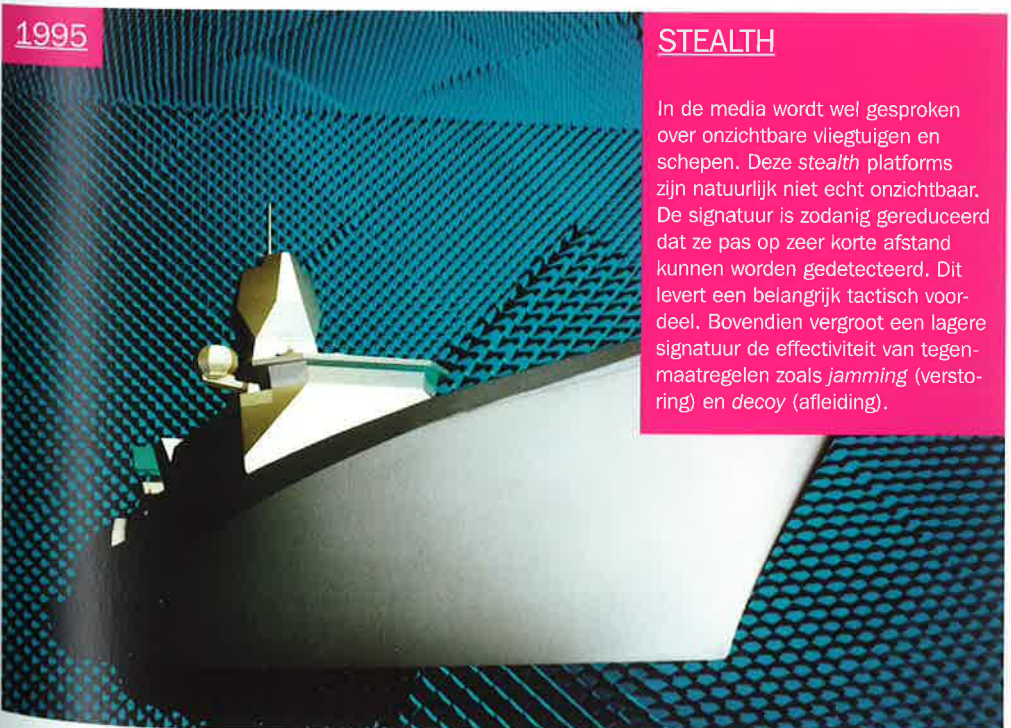
2000



DECOY

Voor grote en minder mobiele installaties zoals het Patriot-luchtverdedigingssysteem is camouflage weinig effectief. De locatie is immers veelal bekend. Een opblaasbare decoy van de kwetsbare radarunit, met een vrijwel identieke radar- en infrarood-signatuur, kan de vijand toch misleiden. Rond het jaar 2000 wordt de decoy in samenwerking met Duitsland en de Koninklijke Luchtmacht ontwikkeld en beproefd.

1995



STEALTH

In de media wordt wel gesproken over onzichtbare vliegtuigen en schepen. Deze *stealth* platforms zijn natuurlijk niet echt onzichtbaar. De signatuur is zodanig gereduceerd dat ze pas op zeer korte afstand kunnen worden gedetecteerd. Dit levert een belangrijk tactisch voordeel. Bovendien vergroot een lagere signatuur de effectiviteit van tegenmaatregelen zoals *jamming* (verstoring) en *decoy* (afleiding).

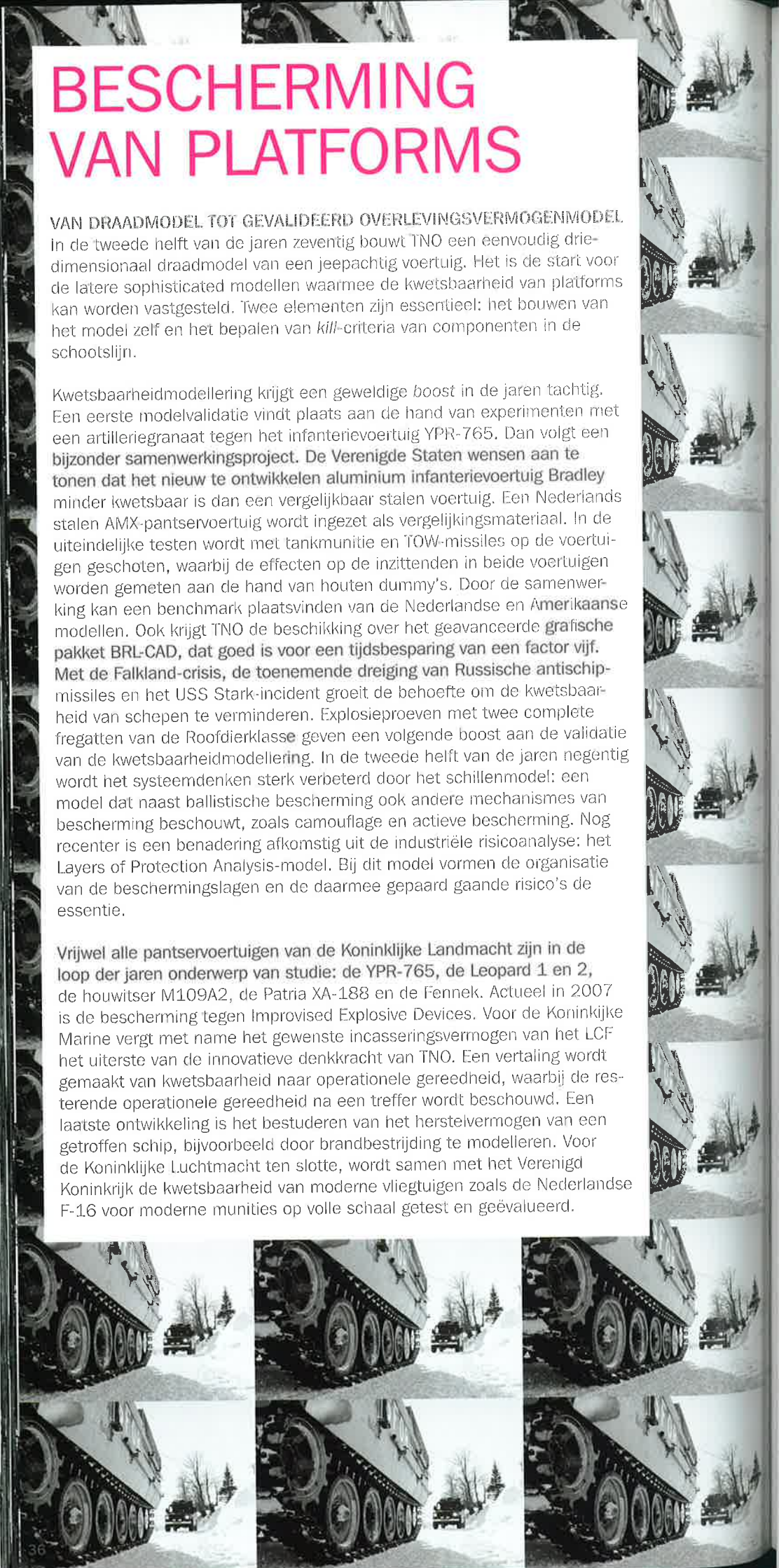
BESCHERMING VAN PLATFORMS

VAN DRAADMODEL TOT GEVALIDEERD OVERLEVINGSVERMOGENMODEL

In de tweede helft van de jaren zeventig bouwt TNO een eenvoudig drie-dimensionaal draadmodel van een jeepachtig voertuig. Het is de start voor de latere sophisticated modellen waarmee de kwetsbaarheid van platforms kan worden vastgesteld. Twee elementen zijn essentieel: het bouwen van het model zelf en het bepalen van *kill*-criteria van componenten in de schootslijn.

Kwetsbaarheidmodellering krijgt een geweldige boost in de jaren tachtig. Een eerste modelvalidatie vindt plaats aan de hand van experimenten met een artilleriegranaat tegen het infanterievoertuig YPR-765. Dan volgt een **bijzonder samenwerkingsproject. De Verenigde Staten wensen aan te tonen dat het nieuw te ontwikkelen aluminium infanterievoertuig Bradley minder kwetsbaar is dan een vergelijkbaar stalen voertuig.** Een Nederlands stalen AMX-pantservoertuig wordt ingezet als vergelijkingsmateriaal. In de uiteindelijke testen wordt met tankmunitie en TOW-missiles op de voertuigen geschoten, waarbij de effecten op de inzittenden in beide voertuigen worden gemeten aan de hand van houten dummy's. Door de samenwerking kan een benchmark plaatsvinden van de Nederlandse en Amerikaanse modellen. Ook krijgt TNO de beschikking over het geavanceerde **grafische pakket BRL-CAD, dat goed is voor een tijdsbesparing van een factor vijf.** Met de Falkland-crisis, de toenemende dreiging van Russische antischip-missiles en het USS Stark-incident groeit de behoefte om de kwetsbaarheid van schepen te verminderen. Explosieproeven met twee complete fregatten van de Roofdierklasse geven een volgende boost aan de validatie van de kwetsbaarheidmodellering. In de tweede helft van de jaren negentig wordt het systeemdenken sterk verbeterd door het schillenmodel: een model dat naast ballistische bescherming ook andere mechanismes van bescherming beschouwt, zoals camouflage en actieve bescherming. Nog recentier is een benadering afkomstig uit de industriële risicoanalyse: het Layers of Protection Analysis-model. Bij dit model vormen de organisatie van de beschermingslagen en de daarmee gepaard gaande risico's de essentie.

Vrijwel alle pantservoertuigen van de Koninklijke Landmacht zijn in de loop der jaren onderwerp van studie: de YPR-765, de Leopard 1 en 2, de houwitser M109A2, de Patria XA-188 en de Fennek. Actueel in 2007 is de bescherming tegen Improvised Explosive Devices. Voor de Koninklijke Marine vergt met name het gewenste incasseringsvermogen van het LCF het uiterste van de innovatieve denkkracht van TNO. Een vertaling wordt gemaakt van kwetsbaarheid naar operationele gereedheid, waarbij de resterende operationele gereedheid na een treffer wordt beschouwd. Een laatste ontwikkeling is het bestuderen van het herstelvermogen van een getroffen schip, bijvoorbeeld door brandbestrijding te modelleren. Voor de Koninklijke Luchtmacht ten slotte, wordt samen met het Verenigd Koninkrijk de kwetsbaarheid van moderne vliegtuigen zoals de Nederlandse F-16 voor moderne munities op volle schaal getest en geëvalueerd.



1997

MINES

MIJNBESCHERMING

Samen met Duitsland wordt onderzoek gedaan aan de bescherming tegen mijnen. Voor zowel materiële als personele bescherming worden testmethodes en simulatietools ontwikkeld. Op het gebied van personele bescherming maakt TNO furore met het gebruik van crashdummy's en de crashsimulatiesoftware MADYMO. De proeven maken het mogelijk om beschermende maatregelen te treffen voor de tankbemanning. Zo wordt een mijnbeschermingskit voor de Leopard 2 internationaal ontwikkeld en door Duitsland en Zweden ingevoerd.

1985



ERA

Explosive Reactive Armour (ERA) van Warschaupact-landen heeft in de tweede helft van de jaren tachtig een dramatische impact op de eigen antitankwapens. Via geheime briefings van het Verenigd Koninkrijk en de Verenigde Staten wordt dit aangetoond, zonder het werkingsmechanisme tot in het vereiste detail te vermelden. In de internationale arena geldt nu eenmaal het voor-wat-hoort-watprincipe. Eind jaren tachtig start het eigen ERA-onderzoek. Uiteindelijk leiden de eigen experimenten en de gegevens van derden tot een goed inzicht hoe ERA werkt. ERA wordt in veel landen als extra bepantsering ingevoerd. Ook de Nederlandse YPR's in Afghanistan zijn ermee uitgerust.

OPERATIONELE ANALYSE

OPTIMALE BESLUITVORMING TE VELDE

Operationele Analyse is het vakgebied dat het proces van besluitvorming ondersteunt door middel van methoden en technieken uit de wiskunde, natuurkunde, informatica en/of bedrijfskunde. Operationeel analisten van het eerste uur concentreren zich tijdens de Tweede Wereldoorlog op het optimaliseren van logistieke ondersteuning, het opsporen van onderzee-boten en de inzet van nieuwe radarsystemen. Sinds 1953 heeft ook TNO een afdeling die zich met militaire Operationele Analyse bezighoudt. De aandacht verschuift naar gevechtskrachtvergelijkingen, vuurkrachtelevaluaties, kwetsbaarheidsstudies en ondersteuning van aanschafprocessen. Als de Koude Oorlog ten einde is, beheersen vredesoperaties de agenda van de verschillende krijgsmacht delen. Opnieuw passen de operationeel analisten zich aan bij de veranderde behoeften; ditmaal om te kunnen adviseren bij het plannen en uitvoeren van missies naar gebieden die nog nauwelijks in kaart zijn gebracht.

Rond de eeuwwisseling is operationele analyse in veel NAVO-landen ingeburgerd op hoofdkwartieren van divisieniveau en hoger. Ook de Nederlandse krijgsmacht kent zijn eerste 'OA-cel'. In 2003 worden aan de staf van de International Security Assistance Force (ISAF) in Afghanistan twee reservisten toegevoegd die in het dagelijks leven in dienst zijn van TNO. Deze operationeel analisten 'te velde' gebruiken hun expertise om de commandant in het inzetgebied te ondersteunen bij zijn besluitvorming. Dat doen zij door verschillende inzetopties te simuleren of door te rekenen, maar ook door te meten hoe een actuele missie verloopt. Het werken in een operatiegebied levert een schat aan informatie en ervaringen. Niet alleen komt dat ten goede aan de kwaliteit van het beleidsonderzoek, maar bovenal levert het een cruciale bijdrage aan toekomstig advies aan de krijgsmacht.

TNO is er trots op dat binnen haar organisatie mannen en vrouwen werken die niet alleen over de gevraagde expertise beschikken, maar die ook bereid zijn zich voor dergelijke taken beschikbaar te stellen. Het getuigt niet alleen van een grote toewijding voor hun werk, maar ook van vertrouwen in de veiligheidsaspecten van de missies en van bereidheid om zich persoonlijk in te zetten voor vrede en veiligheid in de vuurhaarden van deze wereld.



2006



EMBLEM

Het aanbieden van het embleem van de nieuwe groep Operationele Analyse is een symbool voor de formele inbedding van het vakgebied in de defensieorganisatie. De reservistengroep is opgebouwd met inhoudelijke en personele inbreng van TNO.

2004



CODE OF BEST PRACTICE

De inzet van NAVO-eenheden in de Balkan en Afghanistan leidt tot vergrote aandacht voor ondersteuning door operationeel analisten. De behoefte ontstaat om de door hen geïdentificeerde lessen samen te vatten in een Code of Best Practice. Het document RTO-TR-SAS-044 beschrijft onder meer de kennis en kunde van de analist, de benodigde infrastructuur, de opleiding en training, en de organisatorische inbedding. Aan het NAVO-standaardwerk levert TNO een substantiële bijdrage.



TRAINING EN SIMULATIE

EFFECTIEF EN EFFICIËNT ONDERWIJS

In 1956, als de eerste psycholoog bij TNO in Soesterberg in dienst treedt, zijn leerpsychologie en onderwijskunde nog onbekend. Het LEOK in Oegstgeest levert in de jaren zestig en zeventig al trainers aan de krijgsmacht: een schietbioscoop voor tanks voor de Koninklijke Landmacht en een onderzeebootbestrijdingssimulator voor de Koninklijke Marine. Pas in de jaren zeventig komt leeronderzoek op gang. De introductie binnen de landmacht van trainingssimulators zoals de Pantser-Lua Trainer in 1980, de Leopard- en YPR-rijssimulators in 1986 en computergebaseerd onderwijs geven een sterke impuls aan de kennisopbouw over leerprocessen en geavanceerde onderwijsleermiddelen. Bij herhaling blijkt dat bezinning vooraf over leerdoelen, leertraject en functionele specificaties zeer kostenbesparend kan zijn. In Soesterberg verwerft TNO een leidende positie in enkele zeer omvangrijke Europese projecten. Het resulteert in de behoefte-stellingsmethode voor geavanceerde onderwijsleermiddelen (GOLM) en in de ontwikkeling van een zeer kosteneffectieve rijssimulator met virtuele instructeur.

Parallel aan de ontwikkelingen in Soesterberg realiseert het LEOK samen met Hollandsche Signaalapparaten N.V. (nu Thales Nederland) een trainingssimulator voor het antiluchtdoelgeschut PRTL die het instructieproces verregaand automatiseert. In 1980 volgt de mobiele Mech-Lua Trainer. Het opleidingssysteem is vele jaren in gebruik. Begin jaren negentig ontwikkelt TNO ten behoeve van de landmacht en de Duitse krijgsmacht een geheel nieuwe versie, voortbouwend op het eerste succesvolle ontwerp.

In de jaren tachtig worden de activiteiten uitgebreid met bijvoorbeeld pc-gebaseerde training, intelligente leermiddelen en tactische teamtraining (INTACT en TACTIS). In Den Haag wordt een complete experimenteer- en oefenruimte ingericht: de Electronic Battlespace Facility. Ook worden experimenten gedaan met virtual reality, wat resulteert in de FACSIM, een trainer voor de Forward Air Controller. Ten behoeve van training op de hoogste niveaus ontwikkelt TNO de staftrainer KIBOWI.

Sinds het einde van de jaren negentig breiden de vragen zich uit naar onderhoudstraining, storingzoeken, tactische training en toepassing van allerlei nieuwe digitale en multimediatechnieken. De sterke penetratie en het steeds goedkoper worden van ICT en simulatietechnologie leidt tot het idee dat het mogelijk moet zijn om intelligente *agents* te ontwikkelen die als virtuele instructeur, virtueel teamlid of tegenstander de effectiviteit van militaire trainingen op zowel individueel niveau als op teamniveau geweldig kunnen bevorderen. In 2007 wordt hieraan gewerkt door specialisten op het gebied van cognitieve kunstmatige intelligentie, leerpsychologie en ICT. De nieuwste ontwikkeling speelt in op de opkomst van computer- en videospellen. Hoe kan een militair – al spelend – competenties zoals tactisch inzicht verwerven of onderhouden?



2001



FORWARD AIR CONTROLLER

Eind jaren negentig weten experts vanuit Defensie en TNO de groeiende mogelijkheden van simulatietechnologie met succes in te zetten voor een nijpend trainingsprobleem dat ontstaat door het wegvallen van mogelijkheden voor live training. In een virtuele omgeving kunnen de Forward Air Controllers van de Koninklijke Landmacht zich optimaal voorbereiden op het 'echte werk' in het veld. In 2001 neemt de landmacht de trainingssimulator in gebruik.

1980



MECH-LUA TRAINER

Voor de optimale uitwerking van het lucht-doelgeschut Mech-Lua zijn het opleidingsniveau en de graad van geoefendheid van het bedienend personeel sterk bepalend. Daarom schenkt de Koninklijke Landmacht reeds in een vroeg stadium aandacht aan de opleidingsmogelijkheden. De Mech-Lua Trainer combineert een wapensysteemsimulator en een gevechtssomstandighedensimulator met een moderne opleidingsmethode.

THEATRE MISSILE DEFENCE

ACTIEVE BESCHERMING TEGEN BALLISTISCHE RAKETTEN

Actieve bescherming tegen ballistische raketten is onderwerp van discussie sinds de eerste V-2's tijdens de Tweede Wereldoorlog hun vernietigende werk doen. Gedurende de Koude Oorlog is de mogelijkheid voorbehouden aan de supermogendheden. In 1972 tekenen de Verenigde Staten en de Sovjet-Unie de Anti-Ballistic Missile Treaty (ABM Treaty), waarin beperkingen zijn uitgewerkt voor de verdediging tegen ballistische raketten. De aandacht is vooral gericht op aanvallen met langedrachtwapens en op het in stand houden van de mogelijkheid tot Mutual Assured Destruction. De initiatieven van President Ronald Reagan, bekend onder de naam Star Wars, ruimteschild en – officieel – Strategic Defence Initiative, moeten tegen deze achtergrond worden gezien.

Na de val van de Berlijnse Muur ontstaat een totaal andere dreiging. 'Schurkenlanden' kopen en ontwikkelen betaalbare korte- en middellange-afstandsraketten zoals de Scud, en deinzen er niet voor terug die daadwerkelijk in te zetten. Omdat de ABM Treaty verbiedt om technologie en kennis op het gebied van antiraketverdediging te delen, wordt het verdrag op 13 juni 2002 opgezegd. Het opent de mogelijkheid voor de Verenigde Staten om via internationale samenwerking de nieuwe dreiging de baas te kunnen.

NAVO-breed wordt erkend dat Theatre Missile Defence, als onderdeel van Extended Air Defence, een essentiële bijdrage levert aan luchtverdediging. De Nederlandse krijgsmacht beschikt daarom over een aantal belangrijke wapensystemen in dit veld. De Patriots uit de Eerste Golfoorlog zijn gedomerniseerd en ons land beschikt nu over PAC-3-raketten met een substantieel grotere capaciteit.

Sinds 2001 participeert Nederland in de Theatre Ballistic Missile Defence-activiteiten van de NAVO. TNO werkt via een doelfinancieringsprogramma om de haalbaarheidsstudie Active Layered Theatre Ballistic Missile Defence (ALTBMD) te evalueren. Het programma vergt een veelheid aan onderzoeksdisciplines, van dreigingsanalyse en onderschepping tot operationele analyse en interoperabiliteit. Ook levert TNO een internationaal erkende bijdrage op het gebied van Joint Project Optic Windmill (JPOW) – een serie oefeningen met Duitsland en de Verenigde Staten in het opsporen en vernietigen van tactische ballistische raketten, kruisvluchtwapens en vliegtuigen. TNO wordt onder meer gewaardeerd voor de inbreng van het simulatiemodel JROADS en voor haar ondersteuning op het gebied van Consequence Management (het gebruik van militaire middelen ter ondersteuning van civiele autoriteiten bij het omgaan met de gevolgen van terroristische aanslagen).

Begin 2007 start het nieuwe doelfinancieringsprogramma Joint Air and Missile Defence. Het is gericht op dreiging, *sensors* en *shooters*, consequence management, luchtverdedigingsoperaties en de menselijke factor. Gezamenlijk trainen en opereren zijn het uitgangspunt. Als strategisch partner van Defensie vervult TNO een ondersteunende rol.

2006

MARITIEME MISSILE DEFENCE

In 2006 voert Koninklijke Marine een studie uit om het LCF te voorzien van de Extended Long Range-modificatie van de SMART-L-radar. Met succes, want tijdens proeven in Hawaï blijkt de radar twee door de Verenigde Staten afgevuurde ballistische raketten in hun baan te kunnen volgen.



2001

PARTICIPATIE IN NAVO-STUDIES

In 2001 participeert TNO in een consortium dat de haalbaarheidsstudie ALTBMD uitvoert. Met de resultaten zet de NAVO een belangrijke stap voorwaarts om te komen tot een expeditionair inzetbaar Command and Control-systeem. In het geval van ontplooiide activiteiten leveren de NAVO-landen de sensoren en verdedigingsraketten. TNO neemt deel aan dit vervolgtraject.



1990

PATRIOT

In de Eerste Golfoorlog blijken de door Nederland aan Israël geleverde Patriot-raketten redelijk effectief om de Iraakse Scuds uit te schakelen, maar de oorlog is goed voor twee belangrijke lessen: een land zonder scrupules neemt inderdaad zijn toevlucht tot deze wapens, en de verdediging tegen deze wapens is van groot belang voor een hedendaagse militaire operatie.



EFFECTIVITEIT VAN WAPENSYSTEMEN

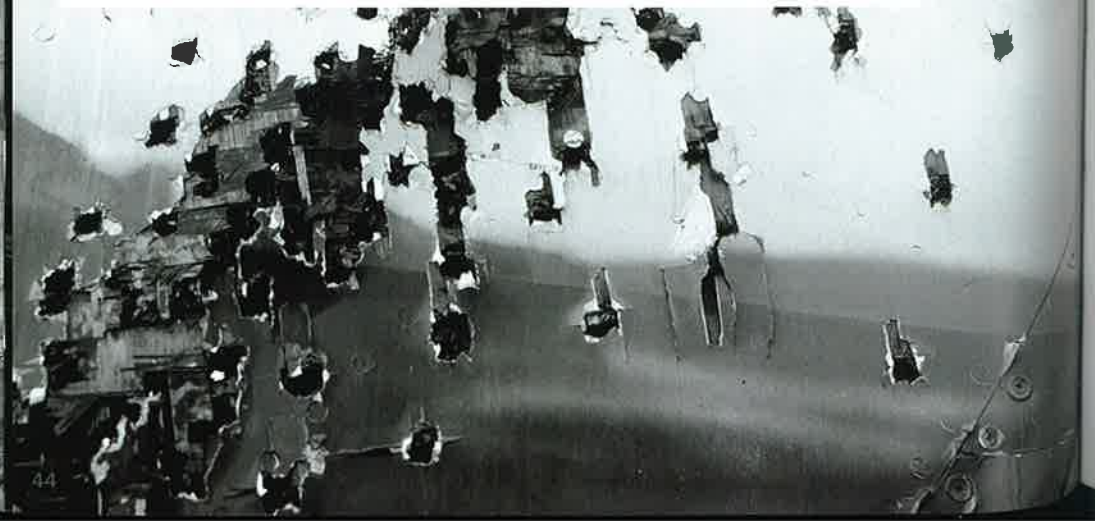
VAN GRANAATWERPER TOT HOUWITSER EN VAN MIJN TOT HELIKOPTER-BEWAPENING

Het bepalen van de effectiviteit van wapensystemen vraagt om een reeks gevalideerde modellen. Daarom zoekt TNO in de tweede helft van de jaren zeventig samenwerking met de Verenigde Staten. Met name Data Exchange Agreement 1182 is sterk bepalend voor de TNO-ontwikkelingen. De gerubriceerde Joint Munition Effectiveness Manuals die via deze overeenkomst worden ontsloten beschrijven hoe de effectiviteit van een bepaald wapen tegen diverse doelen kan worden berekend, en hoe een bepaald platform zich het beste tegen verschillende wapens kan beschermen. Het wederzijdse vertrouwen resulteert onder meer in een gezamenlijke proevenserie die kennis oplevert over het effect van antitankwapens op gepantserde infanterievoertuigen.

In de jaren tachtig zet TNO de ontwikkeling van de modellenreeks voort, en past zij deze toe in grote wapensysteemstudies voor Defensie zoals PABMIX voor tankvervanging en ORSVA voor veldartillerievervanging. De effectiviteitsgegevens van de individuele wapensystemen staan aan de basis van diverse gevechtssimulaties. Uiteindelijk worden de gerubriceerde gegevens opgenomen in de Database Wapenindicatoren. Om alle mogelijke wapensystemen in te voeren maakt TNO gebruik van andere bronnen zoals de Militaire Inlichtingendienst. Voor nieuwe systemen worden de gegevens zo betrouwbaar mogelijk vastgesteld aan de hand van experimenten, simulatie of gegevensuitwisseling. Bijvoorbeeld ter bepaling van de effectiviteit van artillerie-, missile- en kanonsystemen komen veel modellen tot stand. Ook wordt in deze periode de internationale samenwerking uitgebreid, onder meer met de Duitse onderzoeksorganisatie IABG.

Verdieping van de wapensysteemkennis is de logische volgende stap. Door middel van simulaties en experimenten wordt vooral de betrouwbaarheid van de effectiviteitsgegevens van de wapensystemen onder de loep genomen. In opdracht van Defensie evalueert TNO wapensysteemaankopen voor alle krijgsmachtdelen, van granaatwerper tot houwitser en van mijn tot helikopterbewapening. Ook voor kapitale missiesystemen voert zij evaluaties uit. Zo passen de Verenigde Staten – na uitgebreide berekeningen door TNO – het ontwerp aan van de *warhead* van het Evolved Sea Sparrow Missile. De oorspronkelijke scherfverdeling van de *warhead* en de buisfunctie blijken onvoldoende gedimensioneerd om effectief te zijn tegen zowel antischipmissiles als tegen vliegtuigen. Ten behoeve van de Koninklijke Luchtmacht evalueert TNO de Advanced Medium Range Air-to-Air Missile. En in 2007 optimaliseert zij Vulcano, de langedrachtmunitie voor het 127 mm-scheepskanon.

De nieuwste trend vormen niet-letale wapens of schaalbare munities, waarbij niet een maximaal effect het doel is, maar dosering van de schadelijke gevolgen van wapens en gevechten.



2000



CV90

Voor het nieuwste infanteriegevechtsvoertuig CV90 evalueert TNO het kanonsysteem. De keuze valt op het 35 mm-kanon. Ook optimaliseert TNO de airburst-munitie en optimaliseert zij een vuurdoctrine.

1985



TOW

In nauwe samenwerking met de Verenigde Staten evalueert TNO alle generaties van de antitankmissiel TOW (tube launched, optically tracked, wire command link guided). Als Nederland midden jaren tachtig op het punt staat om de verbeterde ITOW in te voeren, adviseert TNO om direct over te stappen op de TOW2-generatie, die is ontworpen om tanks met Explosive Reactive Armour te bestrijden.

1984



FRANGIBLE MUNITIE

Internationaal aanzien verwerft TNO met zogenaamde *frangible* munitie. Deze munitie bevat geen explosief, maar breekt na inslag in steeds kleinere stukken. Voor het 20 mm-boordkanon van de F-16 ontwikkelt de industrie in nauwe samenwerking met TNO de FAP (Frangible Armour Piercing) en voor het infanteriegevechtsvoertuig de 25 mm-FAPDS (FAP Discarding Sabot). Voor de JSF is een 25 mm-FAP een optie.

ONDERWATER- AKOESTIEK

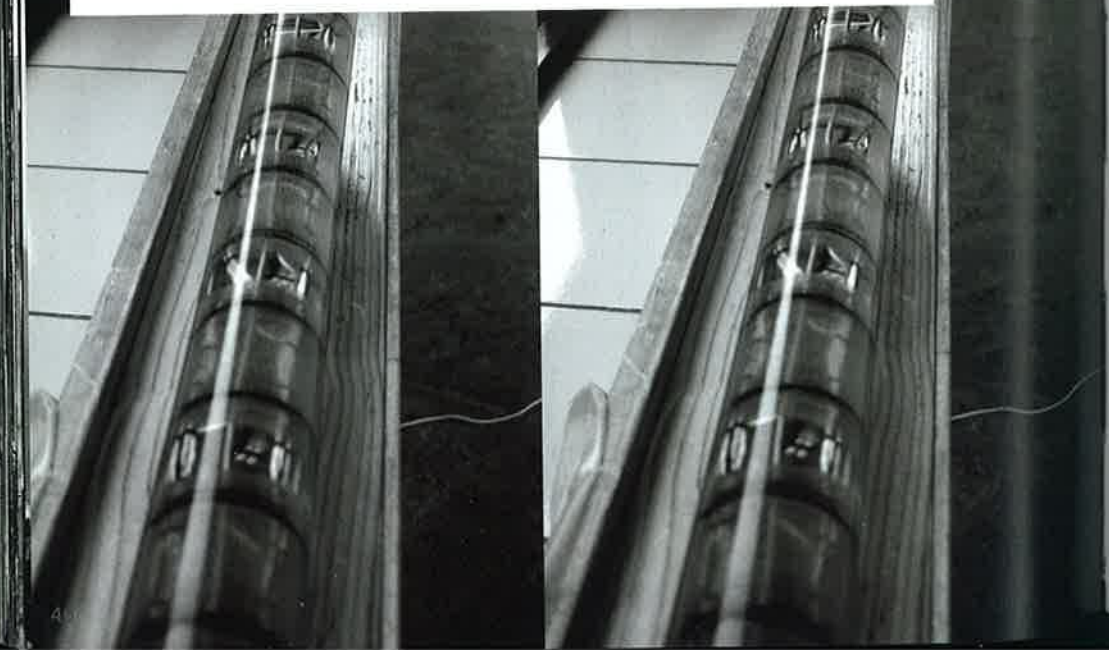
HOREN EN NIET GEHOORD WORDEN ONDER WATER

Gedurende de Tweede Wereldoorlog maakt de Britse marine gebruik van de eerste actieve-sonartechnologie: ASDIC (Allied Submarine Detection Investigation Committee). Aan de hand van het interval tussen uitzending van een 'ping' en terugontvangst van de echo bepaalt de sonaroperator de afstand tot een vijandelijke onderzeeboot. Het nadeel van actieve sonar is dat de geluidspuls de eigen aanwezigheid verradt. Daarom werken de Koninklijke Marine en TNO vanaf het begin van de Koude Oorlog aan de ontwikkeling van passieve sonar: een sonar die niet zendt, maar alleen luistert.

Onder water heerst een kakofonie van geluiden. Het onderscheiden van de tegenstander vraagt dus om goede filters. Een veelgebruikte techniek is die van de Towed Array: een gesleepte antenne met meerdere hydrofoons (onderwatermicrofoons). Onderlinge vergelijking van de hydrofoonsignalen maakt het mogelijk om de richting van geluid te bepalen, en geluid uit andere richtingen weg te filteren. Door de antenne aan een lange kabel te slepen wordt de array bovendien niet gestoord door het geluid van het eigen schip. Towed arrays vierden hun hoogtijdagen tijdens de Koude Oorlog. De kunst is om ze steeds stiller te maken en de signaalverwerking (filtering) te verbeteren. TNO ontwikkelt vele concepten, en test deze zowel in het akoestisch bassin als op zee vanaf Hr.Ms. Tydeman.

Begin jaren negentig verplaatst de dreiging zich naar kustwateren, waar dieselelektrische onderzeeboten – waaronder de Nederlandse Walrus-klasse – veel minder geluid maken dan de nucleaire onderzeeboten uit de Koude Oorlog. Ruisverminderende maatregelen zijn daarom een belangrijk punt van aandacht bij TNO. Anderzijds biedt de organisatie in 1979 technische ondersteuning bij de oprichting van het Geruis Analyse Centrum van de Koninklijke Marine (dat in 1996 opgaat in het Centrum voor Operationele Data Analyse). Door het geluid van een doel te analyseren, kunnen gegevens worden herkend zoals het aantal schroefomwentelingen en schroefbladen, het geluid van de motoren en de tandwielkasten, et cetera. Vergelijking met de gegevens in een database maakt het mogelijk het doel te classificeren.

Als de nieuwe onderzeebootdreiging te stil is geworden om te detecteren met passieve sonar, wordt teruggegrepen op actieve sonar. ALF (Actief Laag Frequent) is een van de eerste moderne onderzeebootbestrijding-sonars. De opvolger SOCRATES heeft meer bandbreedte en een hogere resolutie en is daarmee adequaat uitgerust voor expeditionaire operaties in zeer ondiep water.



2005



ZEEZOOGDIEREN

Met de herintroductie van actieve sonar rijzen ook nieuwe problemen. Sonaruitzendingen verstoren mogelijk het leven op zee. Een krachtige tool om schade aan zeezoogdieren te voorkomen is goed te luisteren of deze dieren zich in de nabijheid van de bron bevinden. TNO ontwikkelt een speciaal ultrasoon Towed Array, en brengt het als product op de markt.

2000



SOCRATES

De gesleepte geluidsbron SOCRATES is slechts drie meter lang. Ondanks dat bescheiden formaat heeft het systeem een groot bereik en kan het opereren tot een diepte van 700 meter. Hoewel primair bedoeld voor onderzeebootbestrijding, is SOCRATES ook te gebruiken als kunstdoel tijdens militaire oefeningen, voor de evaluatie en kalibratie van andere sonarsystemen, en voor de ontwikkeling van tegenmaatregelen tegen laagfrequente actieve sonar.

1992



ALF

Samen met de Koninklijke Marine ontwikkelt TNO een nieuw type sonar om onderzeeboten op te sporen. ALF (Actief Laag Freqvent) bestaat uit een gestroomlijnd lichaam met een zender die laagfrequent (verdragend) geluid maakt, twee ontvangers en elektronica voor datatransmissie en signaalverwerking. De stand en vorm van de twee ontvangers wordt gemonitord via een intelligent sensorsysteem, zodat het beruchte links-rechtsprobleem kan worden opgelost en de meting van het doel preciezer kan plaatsvinden.

VERDRAG CHEMISCHE WAPENS

NON-PROLIFERATIE, ONTWAPENING EN WAPENBEHEERSING

Bij ratificering van het Protocol van Genève uit 1925 behoudt in die tijd ook Nederland zich het recht voor om chemische wapens te gebruiken tegen een aanvallend land dat ze als eerste inzet. In dat kader maken de Artillerie Inrichtingen te Hembrug (van 1973 tot 2002 gedeeltelijk voortgezet als Eurometaal) in de jaren dertig proefproducties van mosterdgas. Eind jaren negentig onderzoekt TNO op het fabrieksterrein de milieuaspecten van deze proefproducties.

Na de Tweede Wereldoorlog kent de geschiedenis vele voorbeelden van (vermeend) gebruik van chemische wapens. In de jaren tachtig is een aantal malen sprake van inzet van chemische wapens door Irak: tegen Iran en tegen de Koerden tijdens de massamoord met zenuwgas in Halabja. In 1984 en 1986 analyseert TNO urinemonsters van Koerdische slachtoffers van mosterdgasaanvallen op de aanwezigheid van het basis-ingrediënt thiodiglycol. De Veiligheidsraad verplicht Irak in 1991 om inspecteurs van de United Nations Special Commission (UNSCOM) toe te laten om het chemische-wapenarsenaal door te lichten. Dr. Koos Ooms, oud-directeur van het TNO Prins Maurits Laboratorium, is een prominent lid van UNSCOM. Andere specialisten van TNO verrichten ter plaatse verificatieprocedures.

Onder andere omdat het Protocol van Genève geen verificatieregime kent, ontstaat eind jaren zestig behoefte aan een nieuw verdrag. Na jarenlang onderhandelen treedt het 'Verdrag chemische wapens' in 1997 in werking. De 182 lidstaten verplichten zich ertoe nimmer chemische wapens te gebruiken of te ontwikkelen, produceren, bezitten of over te dragen en ook anderen niet daartoe aan te moedigen of aan te zetten. In 1969 is Ooms de eerste wetenschapper die wordt toegevoegd aan een politieke delegatie – een gebruik dat later ook in andere landen raakt ingeburgerd. De wetenschapper betoogt dat een verdrag pas echt werkt als verificatie daarmee onafscheidelijk is verbonden, en ondersteunt dat met experimenten.

De verdragsorganisatie Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons (OPCW) wordt gevestigd in Den Haag. Mede aanleiding daartoe vormen de beoogde opleiding van 180 inspecteurs door TNO en de gewenste nabijheid van een laboratorium met ervaring in verificatieprocedures. Sinds 1997 heeft TNO de rol van consultant en Designated Laboratory, wat betekent dat zij stand-by is om vermeend gebruik van chemische strijdmiddelen eenduidig aan te tonen door middel van het analyseren van monsters.

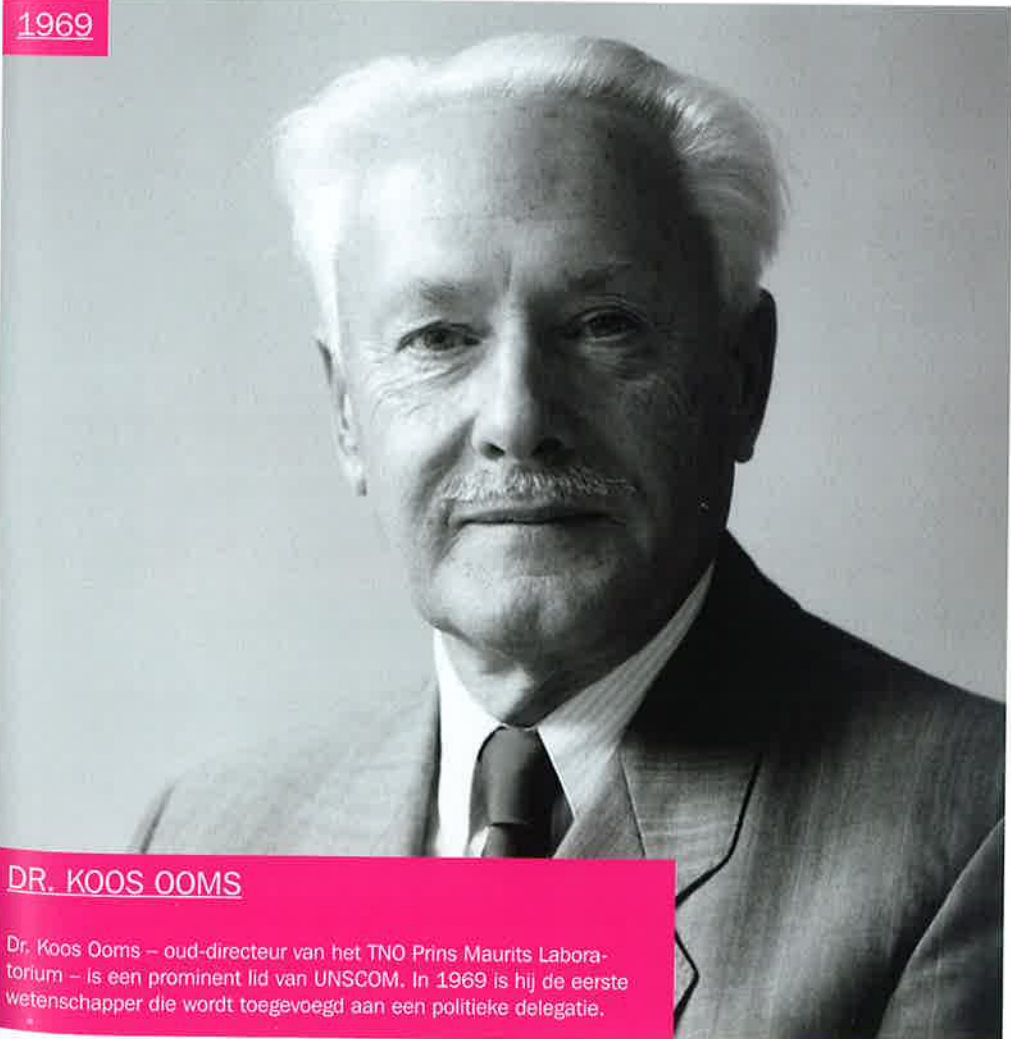
1978

OPERATIE OBONG

De grote productie en opslag van Nederlands mosterdgas vindt plaats begin jaren veertig bij Bandung in Indonesië. Na de onafhankelijkheid raakt dit feit in de vergetelheid. In 1978 – enige tijd nadat een en ander opnieuw bekend wordt – vernietigt een team van TNO in de geheime 'operatie Obong' het opgeslagen mosterdgas met behulp van een verbrandingsinstallatie.



1969



DR. KOOS OOMS

Dr. Koos Ooms – oud-directeur van het TNO Prins Maurits Laboratorium – is een prominent lid van UNSCOM. In 1969 is hij de eerste wetenschapper die wordt toegevoegd aan een politieke delegatie.

BESCHERMING INFRASTRUCTUUR

GOEDE BESCHERMINGSCONSTRUCTIES EN VEILIGE MUNITIEOPSLAG

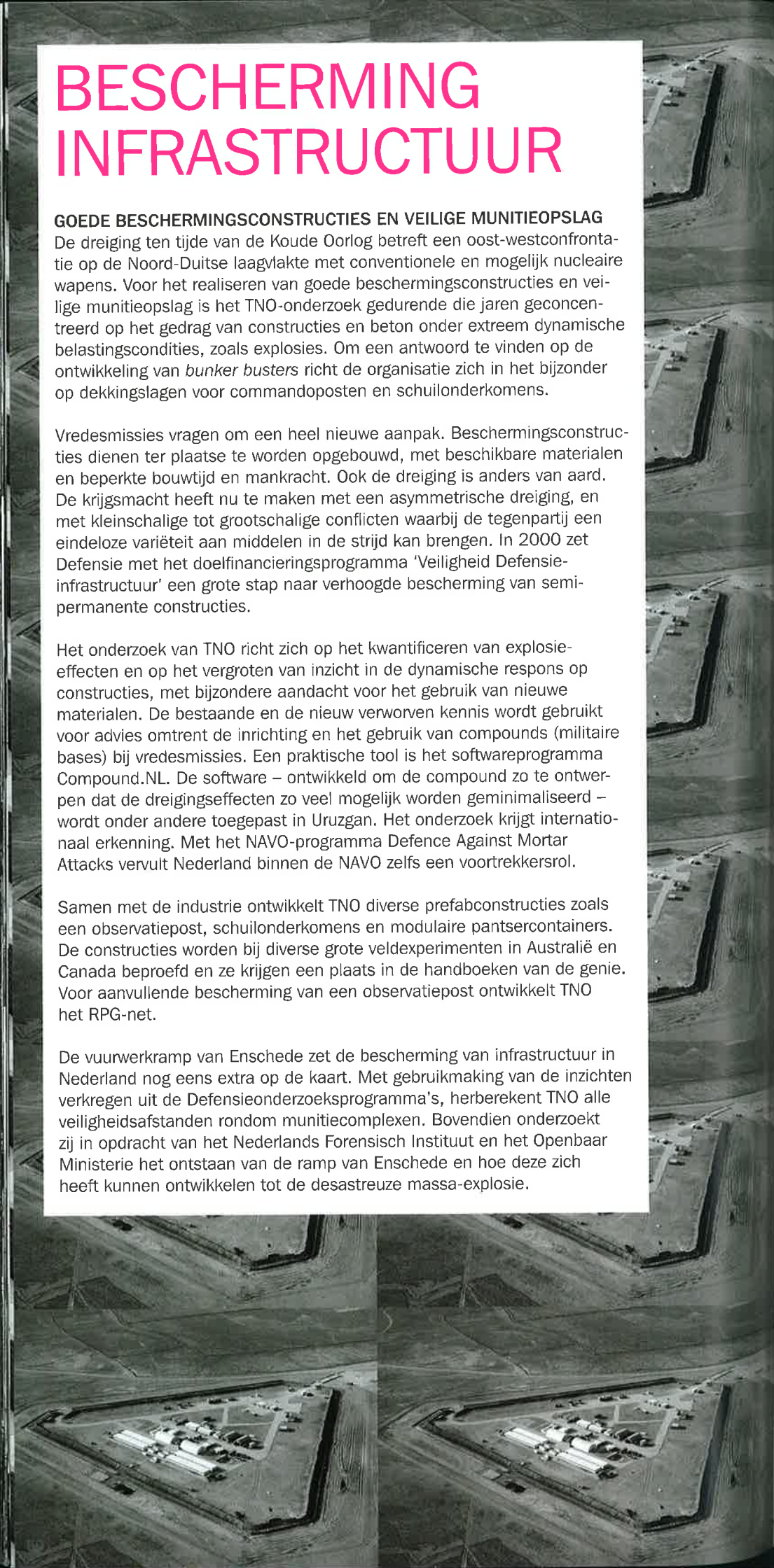
De dreiging ten tijde van de Koude Oorlog betreft een oost-westconfrontatie op de Noord-Duitse laagvlakte met conventionele en mogelijk nucleaire wapens. Voor het realiseren van goede beschermingsconstructies en veilige munitieopslag is het TNO-onderzoek gedurende die jaren geconcentreerd op het gedrag van constructies en beton onder extreem dynamische belastingscondities, zoals explosies. Om een antwoord te vinden op de ontwikkeling van *bunker busters* richt de organisatie zich in het bijzonder op dekkingslagen voor commandoposten en schuilonderkomens.

Vredesmissies vragen om een heel nieuwe aanpak. Beschermingsconstructies dienen ter plaatse te worden opgebouwd, met beschikbare materialen en beperkte bouwtijd en mankracht. Ook de dreiging is anders van aard. De krijgsmacht heeft nu te maken met een asymmetrische dreiging, en met kleinschalige tot grootschalige conflicten waarbij de tegenpartij een eindeloze variëteit aan middelen in de strijd kan brengen. In 2000 zet Defensie met het doelfinancieringsprogramma 'Veiligheid Defensie-infrastructuur' een grote stap naar verhoogde bescherming van semi-permanente constructies.

Het onderzoek van TNO richt zich op het kwantificeren van explosie-effecten en op het vergroten van inzicht in de dynamische respons op constructies, met bijzondere aandacht voor het gebruik van nieuwe materialen. De bestaande en de nieuw verworven kennis wordt gebruikt voor advies omtrent de inrichting en het gebruik van compounds (militaire bases) bij vredesmissies. Een praktische tool is het softwareprogramma Compound.NL. De software – ontwikkeld om de compound zo te ontwerpen dat de dreigingseffecten zo veel mogelijk worden geminimaliseerd – wordt onder andere toegepast in Uruzgan. Het onderzoek krijgt internationaal erkenning. Met het NAVO-programma Defence Against Mortar Attacks vervult Nederland binnen de NAVO zelfs een voortrekkersrol.

Samen met de industrie ontwikkelt TNO diverse prefabconstructies zoals een observatiepost, schuilonderkomens en modulaire pantsercontainers. De constructies worden bij diverse grote veldexperimenten in Australië en Canada beproefd en ze krijgen een plaats in de handboeken van de genie. Voor aanvullende bescherming van een observatiepost ontwikkelt TNO het RPG-net.

De vuurwerkramp van Enschede zet de bescherming van infrastructuur in Nederland nog eens extra op de kaart. Met gebruikmaking van de inzichten verkregen uit de Defensieonderzoeksprogramma's, herberekent TNO alle veiligheidsafstanden rondom munitiecomplexen. Bovendien onderzoekt zij in opdracht van het Nederlands Forensisch Instituut en het Openbaar Ministerie het ontstaan van de ramp van Enschede en hoe deze zich heeft kunnen ontwikkelen tot de desastreuze massa-explosie.



2007



RPG-NETTEN

De Rocket Propelled Grenade RPG7 is goedkoop, komt veelvuldig voor en wordt gebruikt in asymmetrische conflicten. Gebaseerd op de zeer sterke vezels die industrieel beschikbaar zijn, ontwikkelt TNO in de periode 2004 tot 2007 een beschermend net tegen RPG7-aanvallen, waarbij de granaat wordt opgevangen en geneutraliseerd. In 2007 zijn diverse ambassades met het RPG-net uitgerust, en wordt het gebruikt bij verhoogde observatieposten in compounds in Afghanistan.

2006



PROEVEN IN AUSTRALIË

Om explosie-effecten te kwantificeren doet zich van 1998 tot 2006 de mogelijkheid voor om samen met andere landen testen te doen met explosies op volle schaal. In Australië worden achtereenvolgens testen uitgevoerd met 40, 27 en 5 ton. De effecten van de explosies worden gemeten op allerlei materialen en constructies. De schat aan gegevens wordt onder meer gebruikt in het softwareprogramma RISK.NL. De gevalideerde software is essentieel voor de herberekening van de veiligheidsafstanden rondom munitiecomplexen in Nederland.

NABIJHEIDSBUIZEN

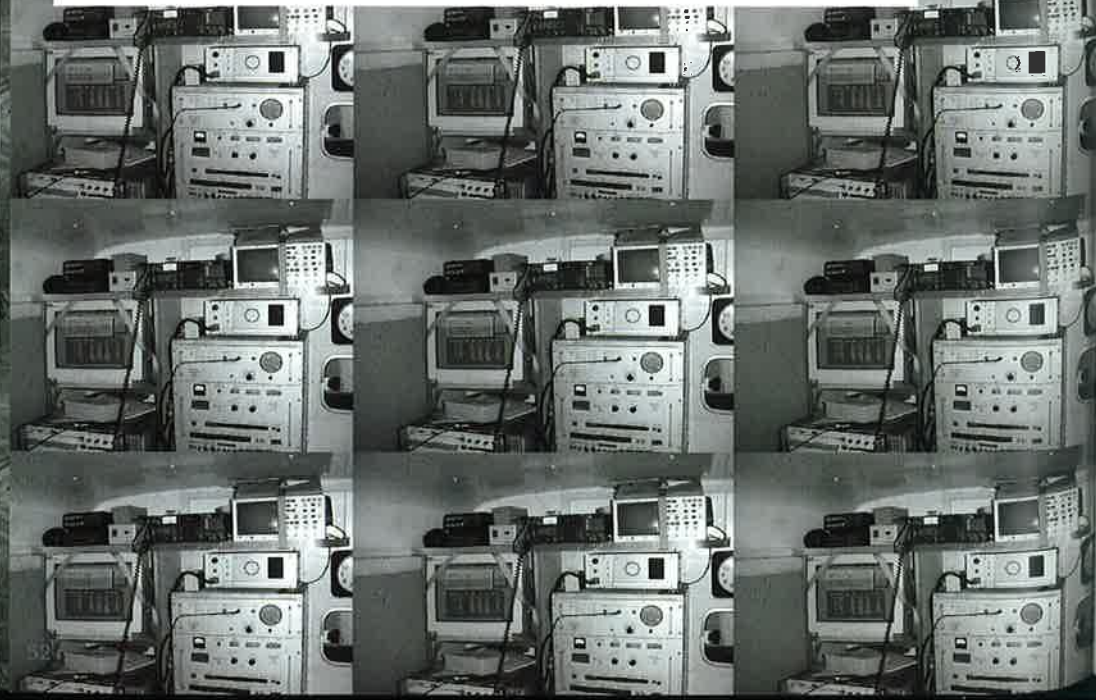
VERHOOGDE EFFECTIVITEIT VAN MUNITIE

Een nabijheidsbuis is een elektronisch ontstekingsmechanisme, gemonteerd op een artillerieprojectiel. De buis bevat een radiozender/ontvanger die een signaal uitzendt. Wanneer dat signaal door een voorwerp of oppervlak in de onmiddellijke nabijheid (circa 1 tot 30 meter) wordt gereflecteerd, dan reageert de buis daarop en ontsteekt de explosieve lading van het projectiel. Nabijheidsbuisen worden onder meer gebruikt op munitie van luchtdoelgeschut, bijvoorbeeld voor de bestrijding van vliegtuigen en missiles, en op munitie tegen gronddoelen.

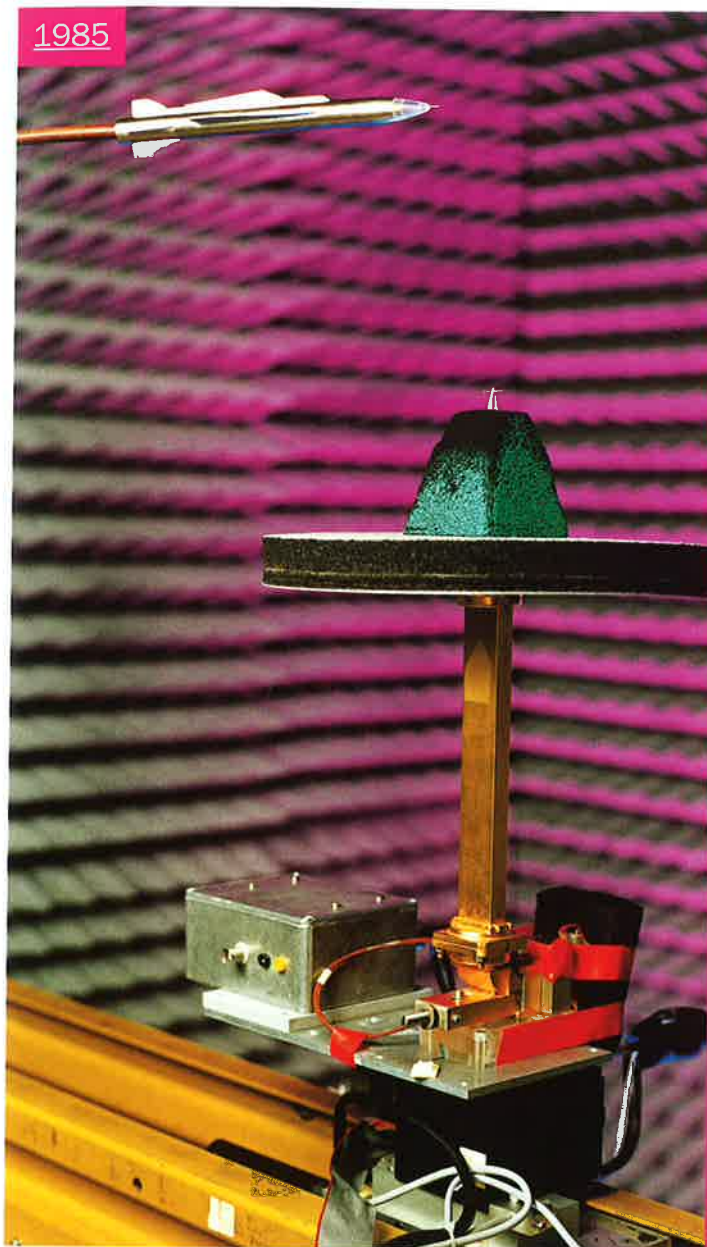
De eerste nabijheidsbuisen worden tijdens de Tweede Wereldoorlog in het diepste geheim ontwikkeld in de Verenigde Staten. Met de nieuwe toepassing wordt de effectiviteit van munitie enorm vergroot. Om een doel uit te schakelen is geen voltreffer meer nodig, maar is een passage op enige meters afstand al voldoende. Honderden vijandelijke jagers worden op deze wijze onschadelijk gemaakt. Rond 1960 wordt het LEOK in Oegstgeest betrokken bij de ontwikkeling, beproeving en beoordeling van nabijheidsbuisen. Dit gebeurt in nauwe samenwerking met de krijgsmacht en met de producent Philips USFA (later ondergebracht in Thales). Voor wat betreft de betrouwbare ontsteking en optimale uitwerking van de granaat wordt samengewerkt met TNO op de locatie Rijswijk.

De eerste generatie nabijheidsbuisen is uitgerust met miniatuurelektronenbuisjes. Vanaf de jaren zestig wordt de transistor toegepast. Bij de Nederlandse ontwikkelingen blijft de vacuümbuis nog relatief lang in gebruik. Wel wordt in de jaren zeventig in de NINA (Nieuwe Nabijheidsbuis) naast transistors ook een geïntegreerde schakeling toegepast. Dergelijke elektronica wordt door een kanon afgeschoten, en moet versnellingen van 20.000 tot 60.000 g-kracht kunnen doorstaan! Tot de jaren negentig worden diverse generaties buizen voor Koninklijke Marine en de Koninklijke Landmacht ontwikkeld en geproduceerd.

In de jaren negentig ontwikkelen Thales en TNO een nieuwe nabijheidsbuis voor de 76 mm-luchtdoelmunitie van de marine, de NH9-DARWIN (Digital Advanced Radio Wave Intelligent Naval fuze). De nabijheidswerking is toegespitst op het bestrijden van Anti-Ship Seaskimming Missiles die op zeer lage hoogte komen invliegen. Dit is zeer complex omdat onderscheid moet worden gemaakt tussen reflecties van het zeeoppervlak en het doel. Ook is de NH9 in staat om *high diver missiles* – die op grote hoogte inkomen – te bestrijden. Bovendien biedt deze nabijheidsbuis de mogelijkheid om ingezet te worden tegen oppervlakteschepen en voor een walbombardement ter ondersteuning van kustoperaties. De meest recente ontwikkeling is de NH10-MEDEA (Multifunction Extended range Digital Electronic Artillery fuze).



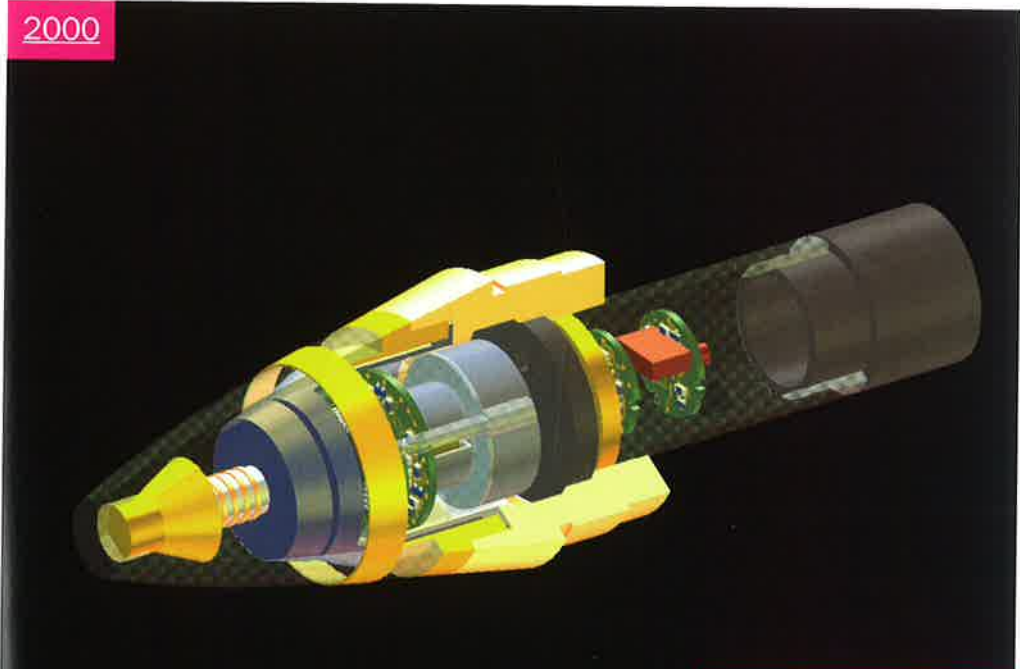
1985



MONA

Bij de ontwikkeling van een nieuwe nabijheidsbuis is simulatie minder kostbaar dan schietproeven in de praktijk. De Modelbaan Nabijheidsbuis (MONA) simuleert passeersituaties tussen een nabijheidsbuis op schaal en diverse typen luchtdoelen op schaal. Computergestuurde passeerbanen registreren de ontvangen signalen, waarna signaalverwerking informatie geeft over de specifieke springposities ten opzichte van het luchtdoel.

2000



NH9

In 2000 wordt de NH9 in productie genomen en geleverd aan de marine.

VERVANGING F-16

OBJECTIEF KIEZEN VOOR DE BESTE KANDIDAAT

De Koninklijke Luchtmacht vliegt sinds 1979 met de F-16. Door de levensduur te verlengen kunnen de toestellen langer mee dan voorzien, maar rond 2010 zijn de eerste F-16's echt aan het einde van hun operationele, technische en economische levensduur. Belangrijkste kandidaat voor de vervanging is de F-35 Joint Strike Fighter (JSF).

Om de vervanging van de F-16 in goede banen te leiden ondersteunt TNO in nauwe samenwerking met het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium (NLR) de projectorganisatie 'Vervanging F-16' al sinds de aanvang van het project. In 1998 – na goedkeuring van de behoeftestelling – begint de gecombineerde fase van voorstudie en studie. In deze tweede fase wordt TNO betrokken bij de evaluatie van de kandidaten: Eurofighter Typhoon, Rafale, Advanced F-16, F/A-18 E/F, JAS-39 Gripen en JSF.

TNO en NLR realiseren een objectieve technische evaluatie op het gebied van operationele effectiviteit, materieellogistiek en levensduurkosten: alle potentiële leveranciers ontvangen een Request for Information gebaseerd op een evaluatiestructuur waaraan ruim zevenhonderd vragen zijn gekoppeld. TNO evalueert de antwoorden binnen alle geledingen van haar drie defensieonderzoeklocaties. Specialisten in Den Haag richten zich op sensoren, operationele aspecten en materieellogistiek. Op de locatie Rijswijk worden de NBC-bescherming en kwetsbaarheid bestudeerd. En in Soesterberg worden de mens-machine-interfaces, antropometrische aspecten, arbo en veiligheid onder de loep genomen. Voor een vergelijking van de systeemeffectiviteit maakt de luchtmacht gebruik van een multicriteria-analyse. TNO is verantwoordelijk voor de procesgang en de systematiek van de analyse. Ook worden de levensduurkosten bepaald met behulp van de TNO-methodiek FELSALDO, zodat ook voor dit aspect een rangorde van kandidaten ontstaat. De JSF blijkt uiteindelijk de meest kosteneffectieve kandidaat.

Gelijktijdig met de kandidatenevaluatie onderzoekt Defensie de voor- en nadelen van deelname in de ontwikkelingsfase. In februari 2002 oordeelt het kabinet positief over deelname aan deze fase, en de Tweede Kamer stemt hiermee in. Het is de start van de derde fase: de verwervingsvoorbereidingsfase. Na opnieuw een groot aantal studies en analyses, resulteert deze fase in 2006 in onder meer het zogenaamde D-document: een document van bijna vierhonderd pagina's, dat wordt onderbouwd door meer dan drieduizend pagina's aan onderliggende studies. Inbegrepen zijn concepten en plannen die zijn opgesteld ter voorbereiding op de overgang van de F-16 naar de F-35. TNO levert aanzienlijke bijdragen aan het operationele concept en aan het onderhouds-, bevoorradings- en trainingsconcept van de F-35.

Op basis van de resultaten uit fase 3 besluiten de regering en de Tweede Kamer om te blijven participeren in de ontwikkeling van de F-35. Met een formele ondertekening start eind 2006 de vierde fase: de introductievoorbereidingsfase. Wederom breed ondersteund door TNO ...

2006



D-DOCUMENT

Hoe lang kunnen we nog veilig met de F-16 militaire operaties uitvoeren? Welke kosten zijn gemoeld met de aanschaf en de exploitatie van de F-35? Welk aandeel heeft de F-16 gehad in afgelopen luchtoperaties? Zijn onbemande systemen een optie? Wat zijn kritische reserveden? Hoe gaan we vliegers en onderhouders straks opleiden? Deze en talloze vragen worden beantwoord in het zogenaamde D-document waaraan de projectorganisatie 'Vervanging F-16', ondersteund door TNO en NLR, drie jaar lang werkt.

2002

NANCIEELE DAG

et geene tot het financieele eenige betrekking heeft – sinds 1796



ONDERNEMEN UIT NOODZAAK

In de meeste landen is ondernemerschap geen kwestie van hoge ambitie. Het is zuiver een manier om te overleven

► PAGINA 9

MISTIGE KABINETSUITGAVEN

De Algemene Rekenkamer betwijfelt of het tweede paarse kabinet extra geld voor zorg en onderwijs effectief heeft besteed

► PAGINA 5



SOESTERBERG — Ter gelegenheid van de ondertekening van het contract voor part van het Amerikaanse gevechtsvliegtuig JSF heffen demissionair minister van Econo en hoge militairen het glas.

ONDERTEKENING

De ondertekening van het Memorandum of Understanding – dat Nederland verbindt aan de ontwikkeling van de F-35 – markeert het einde van de B/C-fase (de gecombineerde fase van voorstudie en studie).

Atos Origin wint strijd



DE TOEKOMST

Ir. Paul Korting

Algemeen Directeur TNO Defensie en Veiligheid

Oorlog bestaat niet langer. Zo begint de Britse oud-generaal Rupert Smith zijn boek 'The utility of force: the art of war in the modern world'. Smith bedoelt niet dat er een einde is gekomen aan gewapende conflicten – integendeel. Wél is verdwenen datgene wat de meeste mensen associëren met het begrip 'oorlog'. De massale veldslagen van soldaten, tanks, fregatten en vliegtuigen om een conflict tussen staten te beslissen zijn vervangen door wat Smith aanduidt als 'strijd temidden van de bevolking' (*war amongst the people*). De veranderende aard van conflicten vraagt om een andere krijgsmacht die op een andere manier wordt ingezet: over de gehele wereld, in een scala aan missies, in nauwe samenwerking met civiele partijen, vaak met kleine, specifiek op de situatie toegesneden eenheden. Defensie is daarnaast 'structureel partner' geworden in het waarborgen van de binnenlandse veiligheid bij crises, na rampen en tegen aanslagen.

De behoefte aan technologie als kritische succesfactor voor militair optreden verandert mee. Het steeds grotere belang van inlichtingen stelt hoge eisen aan sensoren, informatiesystemen en netwerken. Het optreden in omstandigheden waarin een schijnbare rust opeens kan omslaan in een toestand van moorddadig geweld vraagt om bijzondere beschermingsmaatregelen. Onbemande systemen kunnen een wezenlijke bijdrage leveren aan langdurige of gevaarlijke taken. Aan de andere kant is en blijft de menselijke factor in veel situaties doorslaggevend. Adequate opleiding en training en een goede inbedding van de militair in een hoogtechnologische omgeving zijn meer dan ooit cruciaal. Een belangrijke constatering is verder dat de operationele druk van lopende missies soms noopt tot ultrasnelle invoering van innovatieve systeemconcepten 'in het veld'.

Defensie mag van TNO verwachten dat zij proactief op dergelijke ontwikkelingen inspeelt. Onder meer omdat civiele technologie op steeds meer gebieden leidend is, gebeurt dat in een defensiemarkt die langzaam minder gesloten wordt. Speerpunten in het beleid van TNO zijn daarom het versterken van de rol als kennismakelaar en het vergroten van de internationale oriëntatie. Verder zijn we bezig om op bepaalde gebieden hogere Technology Readiness Levels na te streven. Dat wil zeggen dat TNO nadrukkelijker dan vroeger het traject wil aflopen van innovatieve technologie naar daadwerkelijk in te zetten systemen, in nauwe samenwerking met partners. Daarmee is een grotere betrokkenheid in Fast Track Development and Procurement-trajecten mogelijk. Tenslotte geldt in moderne operaties vaak dat niet zozeer de technologie op zichzelf, maar vooral het slimme gebruik ervan binnen de kaders van de missie het operationele succes bepaalt. Reden voor TNO om te investeren in het vermogen om nut en noodzaak van technologische innovatie te kunnen plaatsen en beoordelen in een doctrinaire, strategische en politieke context.

DE VERANDERENDE AARD VAN CONFLICTEN VRAAGT OM EEN ANDERE KRIJGSMACHT DIE OP EEN ANDERE MANIER WORDT INGEZET.

HET STEEDS GROTERE BELANG VAN INLICHTINGEN STELT HOGE EISEN AAN SENSOREN, INFORMATIESYSTEMEN EN NETWERKEN.

Ook in de toekomst zal TNO soms eigenwijs zijn. We lopen wel eens voor de muziek uit of doen onderzoek naar zaken die in het beleid en de plannen van Defensie (nog) geen plaats hebben. Een voorbeeld uit het verleden is de ontwikkeling van zogenaamde Monolithic Microwave Integrated Circuits (MMIC's), een specifiek type chip die aan de basis heeft gestaan van succesvolle nationale radarsystemen als de APAR. Actuele voorbeelden zijn het onderzoek naar Directed Energy Weapons en naar mini- en micro-satellieten. Die eigenwijsheid hoort óók bij het strategische partnerschap tussen Defensie en TNO. Dat laatste is en blijft dé basis voor ons handelen. Zoals in de beginselverklaring – de missie – van TNO Defensie en Veiligheid gesteld: 'Bij alle geschetste ontwikkelingen blijft het uitgangspunt van de activiteiten van het kerngebied Defensie en Veiligheid de, in de wet verankerde maar ook door beide partijen zo beleefde, bijzondere relatie tussen het Ministerie van Defensie en TNO.' Als het er toe doet staan we klaar voor Defensie. Altijd, overal en met alles wat we hebben. Vandaag, morgen én overmorgen.

Technologie in context

In de kerntaak van het defensieonderzoek bij TNO, het toepasbaar maken van technologie voor militaire toepassingen, is door de jaren heen een verschuiving waar te nemen. De defensieorganisatie is minder in staat en genegen gedetailleerde technische kennis te absorberen. Dit betekent dat TNO steeds meer zelf de toepasbaarheid voor en inpasbaarheid in de krijgsmacht van haar kennis en producten moet toetsen. Daar komt bij dat met de huidige veiligheidssituatie in de wereld de keuzes over inzet en opbouw van de krijgsmacht – en daarmee uiteindelijk ook van Research and Development-prioriteiten – een steeds grotere politieke dimensie krijgen. Het antwoord van het kerngebied Defensie en Veiligheid op deze ontwikkelingen is een versterking van de kennis van de context van Defensie en het militair optreden. De oprichting begin 2007 van het Den Haag Centrum voor Strategische Studies, een zelfstandig centrum onder TNO, is hier de belichaming van. Het HCSS biedt kennis van zaken op gebieden als de geopolitieke ontwikkelingen en toekomstige veiligheidsuitdagingen. De combinatie hiervan met de technologische en methodische expertise van TNO blijkt te voorzien in een duidelijke behoefte. Niet in de laatste plaats binnen TNO zelf, dat op deze wijze in staat is haar activiteiten, producten en diensten beter te laten aansluiten op de veranderende behoeften van de defensieorganisatie.

Kennisnetwerken

Binnen de Defensieorganisatie is de Defensie Research and Development-organisatie (DR&D) verantwoordelijk voor een zo effectief en efficiënt mogelijke besteding van het R&D-budget. Een belangrijk instrument is de vorming van een kleine twintig kennisnetwerken, gericht op thema's als Munitie, Training en Opleiding, en Inlichtingen. Deze ontwikkeling sluit naadloos aan op het overheidsbrede initiatief van 'vraaggestuurde programmering' van het onderzoek. In de kennisnetwerken komen de experts tezamen om voor het betreffende thema de behoeften aan R&D

DE VERANDERENDE AAN VRAAGT OM EEN ANDER EEN ANDERE MANIER W

HET STEEDS GR INLICHTINGEN S AAN SENSOREN EN NETWERKEN

Ook in de toekomst zal TNO soms eigenwijs zijn. We lopen wel eens voor de muziek uit of doen onderzoek naar zaken die in het beleid en de plannen van Defensie (nog) geen plaats hebben. Een voorbeeld uit het verleden is de ontwikkeling van zogenaamde Monolithic Microwave Integrated Circuits (MMIC's), een specifiek type chip die aan de basis heeft gestaan van succesvolle nationale radarsystemen als de APAR. Actuele voorbeelden zijn het onderzoek naar Directed Energy Weapons en naar mini- en micro-satellieten. Die eigenwijsheid hoort óók bij het strategische partnerschap tussen Defensie en TNO. Dat laatste is en blijft dé basis voor ons handelen. Zoals in de beginselverklaring – de missie – van TNO Defensie en Veiligheid gesteld: 'Bij alle geschetste ontwikkelingen blijft het uitgangspunt van de activiteiten van het kerngebied Defensie en Veiligheid de, in de wet verankerde maar ook door beide partijen zo beleefde, bijzondere relatie tussen het Ministerie van Defensie en TNO.' Als het er toe doet staan we klaar voor Defensie. Altijd, overal en met alles wat we hebben. Vandaag, morgen én overmorgen.

RD VAN CONFLICTEN RE KRIJGSMACHT DIE OP WORDT INGEZET.

OTERE BELANG VAN STELT HOGE EISEN , INFORMATIESYSTEMEN

Technologie in context

In de kerntaak van het defensieonderzoek bij TNO, het toepasbaar maken van technologie voor militaire toepassingen, is door de jaren heen een verschuiving waar te nemen. De defensieorganisatie is minder in staat en genegen gedetailleerde technische kennis te absorberen. Dit betekent dat TNO steeds meer zélf de toepasbaarheid voor en inpasbaarheid in de krijgsmacht van haar kennis en producten moet toetsen. Daar komt bij dat met de huidige veiligheidssituatie in de wereld de keuzes over inzet en opbouw van de krijgsmacht – en daarmee uiteindelijk ook van Research and Development-prioriteiten – een steeds grotere politieke dimensie krijgen. Het antwoord van het kerngebied Defensie en Veiligheid op deze ontwikkelingen is een versterking van de kennis van de *context* van Defensie en het militair optreden. De oprichting begin 2007 van het Den Haag Centrum voor Strategische Studies, een zelfstandig centrum onder TNO, is hier de belichaming van. Het HCSS biedt kennis van zaken op gebieden als de geopolitieke ontwikkelingen en toekomstige veiligheidsuitdagingen. De combinatie hiervan met de technologische en methodische expertise van TNO blijkt te voorzien in een duidelijke behoefte. Niet in de laatste plaats binnen TNO zelf, dat op deze wijze in staat is haar activiteiten, producten en diensten beter te laten aansluiten op de veranderende behoeften van de defensieorganisatie.

Kennisnetwerken

Binnen de Defensieorganisatie is de Defensie Research and Development-organisatie (DR&D) verantwoordelijk voor een zo effectief en efficiënt mogelijke besteding van het R&D-budget. Een belangrijk instrument is de vorming van een kleine twintig kennisnetwerken, gericht op thema's als Munitie, Training en Opleiding, en Inlichtingen. Deze ontwikkeling sluit naadloos aan op het overheidsbrede initiatief van 'vraaggestuurde programmering' van het onderzoek. In de kennisnetwerken komen de experts tezamen om voor het betreffende thema de behoeften aan R&D

DE OPERATIONELE DRUK VAN LOPENDE MISSIES NOOPT SOMS TOT ULTRASNELLE INVOERING VAN INNOVATIEVE SYSTEEM- CONCEPTEN 'IN HET VELD'.

op de korte en lange termijn te formuleren. Het gaat in de eerste plaats om vertegenwoordigers van de Defensieonderdelen die de resultaten van het onderzoek moeten gaan toepassen. Maar ook de kennisinstututen Marin, NLR en TNO zitten in de netwerken, en soms ook de industrie. Op deze wijze worden vraag en aanbod vroegtijdig met elkaar geconfronteerd. Dit moet leiden tot zogenaamde *roadmaps* waarin de R&D-inspanningen, de onderzoeksresultaten en de mogelijke toepassingen in samenhang in kaart zijn gebracht. Zo'n roadmap is een belangrijk hulpmiddel om bewustzijn en inzicht te scheppen, te ondersteunen bij het nemen van beslissingen en deze op heldere wijze te communiceren en onderbouwen.

Operationeel analisten te velde

De krijgsmacht wordt ingezet in complexe en veeleisende missies, zoals in Afghanistan. Binnen TNO zijn diverse experts dagelijks bezig met het analyseren van scenario's om tot optimale inzet van militaire middelen te komen. Waarom zou deze denkkraft alleen worden losgelaten op fictieve scenario's en niet op wérkelijke operaties? Dat is de gedachte achter het initiatief 'OA te velde' van de Koninklijke Landmacht en TNO. De bijzondere vorm van ondersteuning blijkt een succes, en krijgt in 2006 een structureel karakter. Is er een betere illustratie van de lotsverbondenheid die TNO Defensie en Veiligheid voelt met de Defensieorganisatie?

Zelforganiserende draadloze netwerken

In het moderne militaire optreden is het constant beschikbaar hebben van een hoogwaardig omgevingsbeeld een belangrijke randvoorwaarde voor succes. Dit omgevingsbeeld zal voortdurend gevoed moeten worden door een scala aan sensoren, verbonden in een netwerk. De toepassing van kleine en goedkope sensoren gekoppeld aan een zend-ontvangsteenheden biedt de mogelijkheid om zeer flexibel een draadloos netwerk te installeren dat direct beschikbaar is voor gebruik. TNO ontwikkelt hiertoe een Self Organising Wireless Network (SOWNet): een netwerk dat is

OOK IN DE TOEKOMST ZAL TNO SOMS EIGEN- WIJS ZIJN.

opgebouwd uit onafhankelijke nodes die via een radioverbinding communiceren en samenwerken om een taak te volbrengen. SOWNet-controlenetwerken verbruiken zeer weinig stroom en de nodes kunnen, afhankelijk van de concrete toepassing, soms jarenlang op één AA-batterijtje functioneren. Oorspronkelijk ontwikkeld voor militaire toepassingen, blijkt SOWNet ook geschikt voor andere toepassingsdomeinen, waaronder het terrein van de maatschappelijke veiligheid. Om beter te kunnen inspelen op de behoefte aan dergelijke draadloze controle- en stuurnetwerken in industrie en dienstverlening, besluit TNO in 2006 tot oprichting van een aparte BV. SOWNet is een voorbeeld van de kruisbestuiving tussen toepassingsgebieden, alsmede van de stimulans voor de bedrijvigheid in Nederland die TNO kan bewerkstelligen. Een voorbeeld waarvan er in de toekomst nog vele moeten volgen.

DE OPERATIONELE DRUK MISSIES NOOPT SOMS T INVOERING VAN INNOVAT CONCEPTEN 'IN HET VEL

op de korte en lange termijn te formuleren. Het gaat in de eerste plaats om vertegenwoordigers van de Defensieonderdelen die de resultaten van het onderzoek moeten gaan toepassen. Maar ook de kennisinstellingen Marin, NLR en TNO zitten in de netwerken, en soms ook de industrie. Op deze wijze worden vraag en aanbod vroegtijdig met elkaar geconfronteerd. Dit moet leiden tot zogenaamde *roadmaps* waarin de R&D-inspanningen, de onderzoeksresultaten en de mogelijke toepassingen in samenhang in kaart zijn gebracht. Zo'n roadmap is een belangrijk hulpmiddel om bewustzijn en inzicht te scheppen, te ondersteunen bij het nemen van beslissingen en deze op heldere wijze te communiceren en onderbouwen.

Operationeel analisten te velde

De krijgsmacht wordt ingezet in complexe en veeleisende missies, zoals in Afghanistan. Binnen TNO zijn diverse experts dagelijks bezig met het analyseren van scenario's om tot optimale inzet van militaire middelen te komen. Waarom zou deze denkkraft alleen worden losgelaten op fictieve scenario's en niet op werkelijke operaties? Dat is de gedachte achter het initiatief 'OA te velde' van de Koninklijke Landmacht en TNO. De bijzondere vorm van ondersteuning blijkt een succes, en krijgt in 2006 een structureel karakter. Is er een betere illustratie van de lotsverbondenheid die TNO Defensie en Veiligheid voelt met de Defensieorganisatie?

Zelforganiserende draadloze netwerken

In het moderne militaire optreden is het constant beschikbaar hebben van een hoogwaardig omgevingsbeeld een belangrijke randvoorwaarde voor succes. Dit omgevingsbeeld zal voortdurend gevoed moeten worden door een scala aan sensoren, verbonden in een netwerk. De toepassing van kleine en goedkope sensoren gekoppeld aan een zend-ontvangsteenheden biedt de mogelijkheid om zeer flexibel een draadloos netwerk te installeren dat direct beschikbaar is voor gebruik. TNO ontwikkelt hiertoe een Self Organising Wireless Network (SOWNet): een netwerk dat is

K VAN LOPENDE
TOT ULTRASNELLE
TIEVE SYSTEEM-
LD'.

OOK IN DE TOEKOMST
ZAL TNO SOMS EIGEN-
WIJS ZIJN.

opgebouwd uit onafhankelijke nodes die via een radioverbinding communiceren en samenwerken om een taak te volbrengen. SOWNet-controlenetwerken verbruiken zeer weinig stroom en de nodes kunnen, afhankelijk van de concrete toepassing, soms jarenlang op één AA-batterijtje functioneren. Oorspronkelijk ontwikkeld voor militaire toepassingen, blijkt SOWNet ook geschikt voor andere toepassingsdomeinen, waaronder het terrein van de maatschappelijke veiligheid. Om beter te kunnen inspelen op de behoefte aan dergelijke draadloze controle- en stuurnetwerken in industrie en dienstverlening, besluit TNO in 2006 tot oprichting van een aparte BV. SOWNet is een voorbeeld van de kruisbestuiving tussen toepassingsgebieden, alsmede van de stimulans voor de bedrijvigheid in Nederland die TNO kan bewerkstelligen. Een voorbeeld waarvan er in de toekomst nog vele moeten volgen.



NAWOORD

Ir. Hans Huis in 't Veld
Voorzitter TNO Raad van Bestuur

2007 is een bijzonder jaar. 75 jaar TNO, 60 jaar defensieonderzoek. Maar het is ook 50 jaar geleden dat het initiatief werd genomen om te komen tot wat nu de Europese Unie is: de oprichting van de EEG met het Verdrag van Rome. Ik durf te stellen dat al deze bijzondere gebeurtenissen hebben bijgedragen aan de stabiliteit en economische voorspoed van Europa en Nederland in het bijzonder. In een slotbeschouwing past het echter niet terug te kijken, maar juist vooruit: is er een toekomst voor nog eens 60 jaar defensieonderzoek?

Ik zou de vraag graag willen verbreden tot veiligheidsonderzoek in meer algemene zin. Onze wereld, ons continent Europa en ons land Nederland staan voor grote uitdagingen. De mondiale welvaart groeit (helaas nog lang niet voor iedereen), de bevolking groeit (gelukkig niet meer overal) en er is nog nooit zo'n verkeer van mensen, goederen en informatie geweest. De meeste mensen leven in steden of sterk verstedelijkte gebieden. Technologie maakt dit mogelijk. Tegelijkertijd leggen deze ontwikkelingen een enorme druk op beschikbare hulpbronnen, en heeft een tijdelijke verstoring in bijvoorbeeld de energievoorziening consequenties voor grote delen van Europa. Met relatief eenvoudige middelen is onze samenleving ook moedwillig te verstoren. Onze samenleving is (te) kwetsbaar geworden. Ook hier kan technologie een oplossing bieden, maar niet alleen. Ook ethische en geopolitieke aspecten dienen in de overwegingen te worden meegenomen. Onze samenleving is complex, de vraagstukken ook. Antwoorden kunnen alleen worden gegeven door multidisciplinaire inzet. Dat geldt met name voor veiligheidsonderzoek. De behoefte is er.

Defensie feliciteer ik van harte met dit bijzondere jubileum. En vanzelfsprekend gaan mijn gelukwensen ook naar onze medewerkers. Zonder hun deskundigheid en gedrevenheid hadden wij dit jubileum niet in deze opgetogen stemming samen kunnen vieren.

Zijn wij klaar voor de volgende 60 jaar? Ja, als wij erin slagen om daadwerkelijk in nauwe samenwerking met anderen – als partner of als initiatiefnemer – de noodzakelijke kennis te mobiliseren. Ik ben ervan overtuigd dat dat gaat lukken.

SUMMARY

In 1947, the Dutch government decided to commission the Netherlands Organisation for Applied Scientific Research (TNO) to conduct the major part of its defence research. This was a remarkable choice considering that in most countries defence research labs are part of the defence organisation itself. But although this decision increased the distance between TNO and its client, it has mostly had positive consequences for knowledge support of the Ministry of Defence. For sixty years now, the thorough scientific research conducted by TNO has been a basis for important decisions in the armed forces.

It is no coincidence that the sixty-year relationship between the Ministry of Defence and TNO coincides with a period of dramatic changes in the world. Key notions such as the Cold War, NATO, nuclear weapons and shifting international relationships mark the 1947-2007 period. The dynamic nature of conflicts calls for a different type of armed forces to be deployed in a different way: all over the world, on a wide range of missions, in close collaboration with civilian entities and often with small units specifically tailored to the situation. In addition, the Ministry of Defence has become a 'structural partner' in safeguarding national security during crises, after disasters and against attacks.

The need for technology as a critical success factor for military operations is also changing. The ever-increasing importance of intelligence places high demands on sensors, information systems and networks. Operating in conditions in which apparent calm can suddenly turn into an extremely violent situation creates a need for special protection measures. Unmanned systems, for example, can make a substantial contribution to long-term or dangerous tasks. However, the human factor is and will remain decisive in many situations. Adequate schooling and training and proper embedment of soldiers in a high-tech environment is crucial, now more than ever. It is also important to note that in some cases, the operational pressure of ongoing missions requires the instant introduction of innovative system concepts in the field.

Over the past sixty years, the Ministry of Defence and TNO have established a firm foundation for further co-operation. The more or less noncommittal relationship has changed into a *strategic partnership* in which both parties express their commitment to each other, with all the associated rights, duties and responsibilities. Together, the partners will be able to continue responding adequately to the technological, social and military developments of the future. The Ministry of Defence and TNO: a vital partnership.

1838 OPRICHTING SCHEIKUNDIG LABORATORIUM IN DELFT 1900 SCHEIKUNDIG LABORATORIUM WORDT SCHEIKUNDIG LABORATORIUM DER ARTILLERIE-INRICHTINGEN (AI) IN ZAANDAM 1924 OPRICHTING COMMISSIE VOOR PHYSISCHE STRIJDMIDDELEN 1927 INGEBRUIKNEMING LABORATORIUM VAN DE COMMISSIE VOOR PHYSISCHE STRIJDMIDDELEN (MEETGEBOUW) IN DEN HAAG 1930 TNO-WET 1932 OPRICHTING TNO 1939 OPRICHTING CENTRAAL LABORATORIUM IN LEIDEN 1939 SCHEIKUNDIG LABORATORIUM DER ARTILLERIE-INRICHTINGEN NAAR TECHNISCHE HOGESCHOOL DELFT 1940 SCHEIKUNDIG LABORATORIUM DER ARTILLERIE-INRICHTINGEN DUKT ONDER ALS TNO LABORATORIUM POORTLANDLAAN IN DELFT 1940 CENTRAAL LABORATORIUM DUKT ONDER IN ENGELAND ALS CENTRAAL LABORATORIUM – AFDELING LONDEN 1941 MEETGEBOUW WORDT PHYSISCH LABORATORIUM PTT 1945 PHYSISCH LABORATORIUM PTT WORDT PHYSISCH LABORATORIUM VAN HET DEPARTEMENT VAN OORLOG 1946 OPRICHTING RIJKSVERDEDIGINGSORGANISATIE TNO (RVO-TNO) 1946 OPRICHTING MARINE RADIO DIENST, AFDELING BEPROEVING EN ONTWIKKELING IN OEGSTGEEST 1947 OPRICHTING MEDISCH BIOLOGISCH LABORATORIUM (MBL) 1947 PHYSISCH LABORATORIUM VAN HET DEPARTEMENT VAN OORLOG WORDT PHYSISCH LABORATORIUM RVO-TNO (LATER: PHYSISCH LABORATORIUM TNO) 1948 CENTRAAL LABORATORIUM WORDT CHEMISCH LABORATORIUM RVO-TNO 1948 SCHEIKUNDIG LABORATORIUM DER ARTILLERIE-INRICHTINGEN WORDT TECHNOLOGISCH LABORATORIUM RVO-TNO 1949 OPRICHTING WERKGROEP WAARNEMING BINNEN DE RVO-TNO IN SOESTERBERG 1950 MARINE RADIO DIENST, AFDELING BEPROEVING EN ONTWIKKELING VORMT BEGIN VAN LABORATORIUM ELECTRONISCHE ONTWIKKELINGEN VOOR DE KONINKLIJKE MARINE (LEO) 1955 LABORATORIUM ELECTRONISCHE ONTWIKKELINGEN VOOR DE KRIJGSMACHT (LEOK) 1956 OVERGANG MEDISCH-BIOLOGISCH LABORATORIUM, CHEMISCH LABORATORIUM RVO-TNO EN TECHNOLOGISCH LABORATORIUM RVO-TNO NAAR PRINS MAURITS GEBOUW IN RIJSWIJK 1956 WERKGROEP WAARNEMING WORDT

INSTITUUT VOOR ZINTUIGFYSIOLOGIE TNO (IZF-TNO) 1977 OVERGANG LEOK NAAR RVO-TNO 1979 MEDISCH-BIOLOGISCH LABORATORIUM NAAR GEZONDHEIDSORGANISATIE TNO 1979 CHEMISCH LABORATORIUM RVO-TNO EN TECHNOLOGISCH LABORATORIUM RVO-TNO WORDEN SAMEN PRINS MAURITS LABORATORIUM TNO (PML-TNO) 1980 RVO-TNO WORDT HOOFDGROEP DEFENSIE ONDERZOEK TNO (HDO) 1980 BUNDELING VAN DEFENSIEONDERZOEK DOOR NIET-HDO-INSTITUTEN EN HET MARIN IN ELDERS VERRICHT ONDERZOEK (EVO) 1982 INVOERING HOOFDGROEPEN-STRUCTUUR IN TNO 1984 FYSISCH LABORATORIUM TNO EN LEOK WORDEN FYSISCH EN ELEKTRONISCH LABORATORIUM TNO (FEL-TNO) 1985 VERNIEUWING TNO-WET 1994 OPHEFFING HOOFDGROEPEN, UITGEZONDERD HET STAFBUREAU VAN TNO DEFENSIE-ONDERZOEK 1994 FEL-TNO WORDT TNO FYSISCH EN ELEKTRONISCH LABORATORIUM (TNO-FEL) 1994 PML-TNO WORDT TNO PRINS MAURITS LABORATORIUM TNO (TNO-PML) 1994 IZF-TNO WORDT TNO TECHNISCHE MENSCHEN (TNO-TM) 1996 EVO WORDT OVERIG DEFENSIE ONDERZOEK (ODO) 1988 OPRICHTING LABORATORIUM VOOR BALLISTISCH ONDERZOEK IN YPENBURG 1990 OPRICHTING LABORATORIUM VOOR PYROTECHNIEK IN YPENBURG 2003 DEEL TELECOMMUNICATIEONDERZOEK VAN TNO-FEL NAAR TNO TELECOM IN DELFT 2004 DEEL BIOLOGISCH ONDERZOEK TERUG NAAR TNO-PML 2005 HERINRICHTING TNO IN VIJF KERNGEBIEDEN: TNO BOUW EN ONDERGROND, TNO DEFENSIE EN VEILIGHEID, TNO INDUSTRIE EN TECHNIEK, TNO INFORMATIE- EN COMMUNICATIETECHNOLOGIE EN TNO KWALITEIT VAN LEVEN

COLOFON

Redactie Ellen van Bergem, Hans Godtheelp, Geert Heebels, Ernst van Hoek, Danny Hoffmans, Ger Willemsen, Jan Wind (DR&D)

Eindredactie Paul van Wezenberg

Aan dit boek werkten verder mee

Frank van Aken, Peter Beerens, Wim Bles, Okko Bloem, Wim Borawitz, Addy Borst, Jelte Bos, Richard Bouma, Leo van Breda, Adelbert Brönkhorst, Ruud Busker, Jan van Delft, Philip van Dongen, Peter Doup, Kees Eberwijn, Richard van Eenennaam, André van Erkel, Jan van Erp, Robin de Haas, Eric Heemskerk, Peter Hoozeboom, Albert Huizing, Pieter Jacobs, Arie de Jong, Wim de Jong, Gerben Klein Baltink, Wim de Klerk, Frans Kleyheeg, Frank Kooi, Jaap Koole, Hans Korteling, Roger Langeveld, Eddie Lasschuyt, Piet-Jan Leerdam, Wouter Lotens, Maarten Manders, Maarten Nieuwenhuizen, Jaap van den Oever, Hans Pasman, Gerhard Reeling Brouwer, Peter van Schagen, Belinda Smeenk, Mink Spaans, Leo Steenweg, Mark Stoop, Freek-Jan Toevank, Frank van Vliet, Aad van der Voort, Joos Vos, Jaap Weerheijm

Vertaling summary Language Unlimited BV

Fotografie Audiovisuele Dienst Defensie, Etienne van Daelen, Walter van Dijk, Fotovlucht Soesterberg, Ari Friedlaender, Instituut voor Maritieme Historie, Anda Kukemilka, Nederlands Instituut voor Militaire Historie, Fotobureau Fred Nijs, Jaap Oldenkamp, Hans Oostrum Fotografie (portretten), Museum Het Prinsenhof (bruikleen Instituut Collectie Nederland), Eric de Vries, Paul van Walree, Kaspars Znotins

Vormgeving Barlock.nl

Druk Lecturis

ISBN

978-90-5986-244-9

September 2007





TNO | Kennis voor zaken



TNO.NL

