

# **FFI RAPPORT**

## **TEK14: MILITÆRTEKNOLOGISKE TRENDER – Oversiktsrapport 2004**

EGGEREIDE Bård, KRÅKENES Tony, MELAND Bente Jensløyken,  
SCHJELDERUP Tor-Erik, WAHL Terje

**FFI/RAPPORT-2004/03954**



**TEK14: MILITÆRTEKNOLOGISKE TRENDER –  
Oversiktsrapport 2004**

EGGEREIDE Bård, KRÅKENES Tony, MELAND Bente  
Jensløyken, SCHJELDERUP Tor-Erik, WAHL Terje

FFI/RAPPORT-2004/03954

**FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT**  
**Norwegian Defence Research Establishment**  
Postboks 25, 2027 Kjeller, Norge



**FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT (FFI)**  
**Norwegian Defence Research Establishment**

**UNCLASSIFIED**

P O BOX 25  
 NO-2027 KJELLER, NORWAY  
**REPORT DOCUMENTATION PAGE**

**SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE**  
 (when data entered)

1) PUBL/REPORT NUMBER FFI/RAPPORT-2004/03954 1a) PROJECT REFERENCE FFI-I/874/161.1	2) SECURITY CLASSIFICATION UNCLASSIFIED 2a) DECLASSIFICATION/DOWNGRADING SCHEDULE -	3) NUMBER OF PAGES 137		
4) TITLE TEK14: MILITÆRTEKNOLOGISKE TRENDER – Oversiktsrapport 2004  TEK 14: TRENDS IN MILITARY TECHNOLOGY – An overview 2004				
5) NAMES OF AUTHOR(S) IN FULL (surname first) EGGEREIDE Bård, KRÅKENES Tony, MELAND Bente Jensløyken, SCHJELDERUP Tor-Erik, WAHL Terje				
6) DISTRIBUTION STATEMENT Approved for public release. Distribution unlimited. (Offentlig tilgjengelig)				
7) INDEXING TERMS IN ENGLISH: <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;">           a) <u>Defence planning</u>            b) <u>Long term planning</u>            c) <u>Military technology</u>            d) <u>Technological development</u>            e) _____         </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;">           IN NORWEGIAN:            a) <u>Forsvarsplanlegging</u>            b) <u>Langtidsplanlegging</u>            c) <u>Militærteknologi</u>            d) <u>Teknologisk utvikling</u>            e) _____         </td> </tr> </table>			a) <u>Defence planning</u> b) <u>Long term planning</u> c) <u>Military technology</u> d) <u>Technological development</u> e) _____	IN NORWEGIAN: a) <u>Forsvarsplanlegging</u> b) <u>Langtidsplanlegging</u> c) <u>Militærteknologi</u> d) <u>Teknologisk utvikling</u> e) _____
a) <u>Defence planning</u> b) <u>Long term planning</u> c) <u>Military technology</u> d) <u>Technological development</u> e) _____	IN NORWEGIAN: a) <u>Forsvarsplanlegging</u> b) <u>Langtidsplanlegging</u> c) <u>Militærteknologi</u> d) <u>Teknologisk utvikling</u> e) _____			
<b>THESAURUS REFERENCE:</b>				
8) ABSTRACT  This report gives a broad overview of important military technology trends in the Western World, as a basis for further work on possible future development paths for the Norwegian armed forces. Both platforms, communications, sensors and weapon systems are covered, as well as military logistics, NRBC protection and information operations. Several of the trends reported here were clearly seen during the latest operations in Afghanistan and Iraq. Among new important issues that have not yet been used in the battlefield, the report highlights the following: <ul style="list-style-type: none"> <li>• The transition of artillery into a precision weapon by introduction of GPS-guided shells</li> <li>• The imminent introduction of high power microwave and laser weapons</li> <li>• The rapid development on the armed UAV sector ("Hunter-Killer UAVs" and UCAV)</li> </ul> The report also highlights the likely technological consequences of the 11 <sup>th</sup> of September terrorist attacks and the stabilization phase of Operation Iraqi Freedom.				
9) DATE  2005-01-20	AUTHORIZED BY This page only  Espen Skjelland	POSITION  Director of Research		

**UNCLASSIFIED**

**SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE**  
 (when data entered)



**INNHOLD**

	<b>Side</b>	
1	INNLEDNING	11
1.1	Rapportens formål	11
1.2	Rapportens inndeling	12
2	LANDPLATTFORMER OG DERES DELSYSTEMER	14
2.1	Generelle trender	14
2.2	Soldatutrustning	15
2.3	Kjøretøyer	17
2.4	Artilleri og bombekaster	19
2.5	Luftvern	21
2.6	Ubemannete farkoster	22
2.7	Oppsummering	24
3	SJØPLATTFORMER OG DERES DELSYSTEMER	24
3.1	Generelle trender	24
3.2	Fartøyer	25
3.2.1	Hangarskip	25
3.2.2	Kryssere, destroyere og fregatter	26
3.2.3	Hurtigbåter	27
3.2.4	Undervannsbåter	28
3.2.5	Mineryddere	29
3.2.6	Logistikkskip, amfibieskip	29
3.2.7	Ubemannete fartøyer	30
3.2.8	Skrogovervåkning	30
3.3	Sjøbaserte våpensystemer og annen egenbeskyttelse	31
3.3.1	Kryssermissiler	31
3.3.2	Skipsbasert luftvern	32
3.3.3	Sjømålsmissiler	32
3.3.4	Annet	35
3.4	Maritim KKI og overvåkning	35
3.4.1	Maritim kommunikasjon	35
3.4.2	Undervannsovervåkning	36
3.4.3	AIS og kystovervåkning	37
3.5	Oppsummering	38
4	LUFTPLATTFORMER OG LUFTLEVERTE VÅPEN	38
4.1	Generelle trender	38
4.2	Kampfly	39
4.3	Andre fly	40

4.3.1	Bombefly	40
4.3.2	Overvåkningsfly	40
4.3.3	Transportfly og andre fly	41
4.4	Helikoptre	41
4.4.1	Kamphelikoptre	41
4.4.2	Andre helikoptre	43
4.5	Ubemannete luftfarkoster	43
4.5.1	UAV	43
4.5.2	UCAV	45
4.5.3	Luftskip og ballonger	46
4.6	Luftleverte våpen	46
4.6.1	Missiler	46
4.6.2	Bomber	47
4.7	FoU-trender	47
4.8	Oppsummering	48
5	MISSILER	49
5.1	Generelle trender	49
5.2	Kryssermissiler	49
5.3	Luft-til-luft og luft-til-bakke missiler	51
5.4	Luftvernmissiler	52
5.5	Ballistiske missiler	54
5.6	Sjømålsmissiler	55
5.7	Oppsummering	55
6	ROMVIRKSOMHET	55
6.1	Satellittkommunikasjon	56
6.2	Satellitnavigasjon	59
6.3	Satellittovervåkning	61
6.4	Bæreraketter, romovervåkning og romvåpen	66
6.4.1	Bæreraketter	66
6.4.2	Nye militære romaktiviteter	67
6.4.3	Mulige trendbrudd	67
6.5	Oppsummering	68
7	ARBC-VÅPEN OG ARBC-BESKYTTELSE	69
7.1	Generelle trender	69
7.2	Kjernevåpen	70
7.3	Radiologiske våpen	71
7.4	Kjemiske våpen	72
7.4.1	Deteksjon – sensorer	72



7.4.2	Åndedrettsvern	74
7.4.3	Vernebekledning	75
7.4.4	Utfordringer innenfor medisinsk beskyttelse mot kjemiske stridsmidler	76
7.5	Biologiske våpen	77
7.6	Oppsummering	80
8	STRÅLEVÅPEN, RF-, EO- OG NAVIGASJONSSENSORER	81
8.1	Generelle utviklingstrekk	81
8.2	Laservåpen	81
8.3	HPM-våpen	82
8.4	RF-sensorer	84
8.5	EO-sensorer	86
8.6	Akustiske sensorer	87
8.7	Navigasjonssensorer	88
8.8	Oppsummering	89
9	INFORMASJONSOPERASJONER INKL. ELEKTRONISK KRIGFØRING	89
9.1	Generelle utviklingstrekk	89
9.2	Elektronisk krigføring	91
9.2.1	Landbasert EK	92
9.2.2	Maritim EK	93
9.2.3	Luftbasert EK	93
9.3	Navigasjonskrigføring	96
9.4	Computer Network Operations (CNO)	96
9.5	Oppsummering	97
10	KKI-SYSTEMER	98
10.1	Generelle trender	98
10.2	Kommunikasjon	99
10.3	Tjenester	101
10.4	Virksomhet	104
10.5	Oppsummering	106
11	LOGISTIKK (TAV)	107
11.1	GENERELLE UTVIKLINGSTREKK	107
11.2	NOEN TRENDER INNEN MILITÆR LOGISTIKK	107
11.2.1	Fra anskaffelse av materiell til anskaffelse av tilgjengelighet	107
11.2.2	Økt avhengighet av sivile leverandører	108
11.2.3	Transportmetoder	108

11.2.4	Komponentutbytting	109
11.2.5	Multinasjonal logistikk	110
11.2.6	Ammunisjon	110
11.2.7	Energi	110
11.2.8	Asymmetrisk trusselbilde	111
11.3	Total Asset Visibility (TAV)	111
11.3.1	Hardware	111
11.3.2	Software	113
11.3.3	Teknologien fremover	114
11.3.4	Utfordringer ved TAV i en militær setting	114
11.4	OPPSUMMERING	115
12	NOEN ANDRE MILITÆRTEKNOLOGISKE TEMAER	116
12.1	Ikke-dødelige våpen	116
12.2	Syntetiske simuleringsmiljøer	117
12.3	Automatisk oversettelse	117
12.4	Gjennomlysningssystemer	117
12.5	Elektrisk rail-gun	118
12.6	Nye typer eksplosiver og stridshoder	118
12.7	Biometrics og Inforensics	119
12.8	Håndvåpen	119
13	OPPSUMMERING OG KONKLUSJONER	120
13.1	Presisjonsvåpen mot landmål	121
13.2	Artillerirevolusjonen	121
13.3	Sensorer mot landmål	121
13.4	Fjernstyring av våpen	122
13.5	Lettere, men godt pansrete stridskjøretøyer	122
13.6	Små ubemannede plattformer som støtter større bemannede plattformer	122
13.7	Samvirke mellom bemannede fly og store UAVer	122
13.8	Strålevåpen	123
13.9	De små ting	123
13.10	Total Asset Visibility – TAV	123
13.11	Missilforsvar	124
13.12	Stabilisering og Homeland Defense som teknologidrivere	124
13.13	Avsluttende kommentarer	124
	APPENDIKS	126
A	FORKORTELSER	126

B	BIDRAGSYTERE	132
	Litteratur	133



## TEK14: MILITÆRTEKNOLOGISKE TRENDER – Oversiktsrapport 2004

### 1 INNLEDNING

#### 1.1 Rapportens formål

En av Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) viktigste oppgaver er å følge den vitenskapelige og militærteknologiske utvikling i verden, for derigjennom å gi råd til Forsvarets politiske og militære ledelse vedrørende fremtidig militær styrkestruktur og materiellanskaffelser. Dette gjøres bl.a. gjennom analyser knyttet til Forsvarets langtidsplanprosess, rapporter fra FFIs mange teknologisk orienterte prosjekter og den løpende rådgivning. Enkelte ganger presenterer også FFI i rapport form mer helhetlige utsyn over militærteknologiens utvikling og betydning. Eksempler på dette er Solstrands oppsummering av Forsvarsanalysen 2000 (1) og Nyhamars analyse i 2003 av amerikansk militærteknologi og forholdet til Europa (2).

Mens omfattende aktiviteter rettet inn mot Forsvarssjefens militærfaglige utredning 2003 (3) fortsatt pågikk ved FFI (4), ble FFI-prosjekt 874 "Teknologi og forsvar etter 2014" (Tek14) igangsatt våren 2003 med tanke på neste langtidsplanprosess i Forsvaret. Formålet med Tek14-prosjektet er bl.a. å etablere et nytt helhetssyn på den militærteknologiske utvikling, og gi råd om teknologitemaer som bør utredes i mer detalj i den tidlige fase av neste langtidsplanprosess i Forsvaret.

Arbeidet i Tek14-prosjektet i perioden 2003–2004 har i vesentlig grad vært innrettet mot følgende oppgaver:

- Militærteknologiske betraktninger om Irak-krigen våren 2003 (5)
- Militærteknologiske betraktninger om stabiliseringsfasen i Irak (6)
- Oppsummering og vurdering av FFIs teknologiinnspill til MFU-03 (7)
- Drøfting av den forventede norske materiellarven i 2014 (8)
- Studiereise til USA våren 2004 om amerikansk militær teknologiutvikling (9)
- Systemdynamisk modellering av det militære teknologigapet mellom USA og Europa (10)
- Utviklingstrender innen moderne stridskjøretøy (11)
- En rapport som presenterer 20 anbefalte temaer for mer detaljert analyse i 2005 (ofte omtalt som "Top20-rapporten") (12)
- En oversiktsrapport om dagens viktigste militærteknologiske utviklingstrekk, med hovedfokus på USA og NATO (denne rapporten, ofte omtalt som "MilTek-rapporten")

Denne rapporten ("MilTek-rapporten") er en hovedleveranse fra Tek14-prosjektet. På de neste 120 sidene presenteres et overordnet utsyn over militærteknologiske trender høsten 2004.

Rapporten er ført i pennen av et kjerneteam på Tek14-prosjektet, men er basert på innspill og kommentarer fra en rekke forskere og forskningssjefer ved FFI (se appendiks B). Nærmere 50 personer ved FFI har vært involvert i utarbeidelsen av rapporten.

Mens høyt graderte NATO-dokumenter vurderer potensielle militærteknologiske trusler mot NATO, fokuserer vår ugraderte MilTek-rapport primært på vestlige militærteknologiske trender. Dette er naturlig siden denne rapporten er tenkt brukt som underlag for diskusjoner om fremtidige norske materiellanskaffelser. Det er Vesten (og da særlig USA) som er ledende innen avansert militærteknologi i dag, og de materiellmessige valg hos våre allierte kan gi sterke føringer på hvilke rammer norske militære styrker skal operere innenfor. Også når det gjelder Forsvarets fremtidige materiellbehov vil det – i tillegg til norskprodusert materiell – primært være aktuelt med anskaffelse fra produsenter i nordamerikanske eller europeiske land.

Det understrekes innledningsvis at denne rapporten ikke gir konkrete anbefalinger om norske materiellanskaffelser. Rapporten tar derimot sikte på å legge et solid fundament for forståelse av militærteknologiske trender av vesentlig betydning for langtidsplanleggingen i Forsvaret. Rapporten er ikke uttømmende, men beskriver de viktigste trendene og eksemplene slik de fremstår i dag. Rapporten er holdt på ugradert nivå for å øke kunnskapen om militærteknologi i en bred leserkrets og for at den skal kunne benyttes i alle fora hvor fremtidig norsk militær styrkestruktur diskuteres. Dette medfører nødvendigvis at en rekke interessante, men graderte, tekniske detaljer ikke er inkludert i rapporten.

En norsk militær styrkestruktur for perioden 2005–2008 er nylig vedtatt av Stortinget på basis av St.prp. nr. 42 (2003–2004). Denne strukturen legger en rekke føringer også for perioden etter 2008 (13). Generelt tar utvikling og anskaffelse av militært materiell tid, og materiellet har vanligvis lang levetid. Dette gjør at det i betydelig grad er mulig å gjøre forholdsvis presise analyser av hva som vil være sentralt militært materiell blant våre nærmeste allierte 10–15 år frem i tid. Det understrekes at denne rapportens hovedfokus er de militærteknologiske systemer som ikke var modne nok til å bli tatt i bruk i Irak våren 2003, jamfør (5) og (6), men som vi er rimelig sikre på at vil bli realisert i overskuelig fremtid. Dette er systemer som det vil være av vesentlig betydning å ta med i betraktning når man skal diskutere de alternative utviklingsbaner for den norske forsvarsstrukturen etter 2008.

En draftversjon av denne rapporten ble benyttet som pensum ved Forsvarets stabsskole i forbindelse med FFIs undervisning der høsten 2004.

## **1.2 Rapportens inndeling**

En presentasjon av et omfattende felt som militærteknologi kan potensielt gjøres på mange ulike måter. Tradisjonelt har oppdeling etter forsvarsgrener (land, sjø, luft, felles) stått sterkt. Et slikt tradisjonelt perspektiv er imidlertid ikke uproblematisk i dag, da en rekke teknologiske elementer benyttes av alle forsvarsgrener, og samme type våpen eller sensorer kan benyttes fra både land-, sjø- og luftplattformer. Moderne nettverksbasert tenkning innbyr til en helt annen oppdeling (sensorer, effektorer, beslutningstakere osv.), hvilket imidlertid ikke samsvarer med

de etablerte anskaffelsesrutiner, budsjettinndelinger eller den grenvise utdanningsstrukturen i Forsvaret. En mer akademisk orientert oppdeling (fysikk, kjemi, biologi, medisin, ...) synes heller ikke hensiktsmessig for en leserkrets som primært er interessert i de militære anvendelser av fagkunnskapen.

Vi har derfor valgt å organisere rapporten på en måte som er et kompromiss mellom disse ulike rendyrkede innfallsvinklene. Dette innebærer totalt 11 tekniske kapitler som i noen grad respekterer det tradisjonelle skillet mellom forsvarsgrener når det gjelder plattformer, men med egne kapitler for bl.a. ARBC-vern, missiler, sensorer og KKI. Inndelingen er for øvrig i samsvar med veletablert NATO-praksis.

Resten av rapporten er organisert på følgende måte:

Kapittel 2 omhandler landbaserte plattformer og deres delsystemer. Viktige temaer her er bl.a. nye stridskjøretøyer, presisjonsstyrte artillerigranater og individuell soldatutrustning.

Kapittel 3 omhandler sjøbaserte plattformer og deres delsystemer. Viktige temaer her er bl.a. vestlige marinere økte fokus på ildkraft mot landmål, den nye amerikanske fartøysklassen Littoral Combat Ship, maritim overvåkning, sjømålsmissiler og den økte bruk av ubemannete farkoster som opereres ut fra større marinefartøyer.

Kapittel 4 omhandler luftfarkoster og deres delsystemer. Viktige temaer her er bl.a. den nye generasjonen kampfly, den stadig pågående trenden i retning av mindre og mer presise luftleverte våpen, samt den pågående revolusjonen innen ubemannete luftplattformer (UAV).

Kapittel 5 omhandler missilteknologi. Viktige temaer her er bl.a. den nye generasjon av kryssermissiler som nå introduseres i USA, Storbritannia og Tyskland, økt behov for kommunikasjonslink mellom missil og plattform/kontrollsenter, og det amerikanske Joint Common Missile.

Kapittel 6 omhandler rombaserte systemer. Viktige temaer her er bl.a. den stadig mer omfattende militarisering av verdensrommet, utviklingen av dual-use satellitter og neste generasjon satellittnavigasjon og satellittkommunikasjon.

Kapittel 7 omhandler ABC-våpen og beskyttelse mot slike våpen. Viktige temaer her er bl.a. sensorer for avstandsdeteksjon av B/C-stridsmidler, mulige konsekvenser av genteknologiske fremskritt for raskere klassifisering av biologiske stridsmidler, og nye materialer for vernedrakter.

Kapittel 8 omhandler strålevåpen og sensorer. Viktige temaer her er bl.a. den nært forestående operasjonalisering av mikrobølgevåpen og laservåpen, samt den stadig pågående miniatyrisering av en rekke observasjons- og navigasjonssensorer.

Kapittel 9 omhandler informasjonsoperasjoner, herunder elektronisk krigføring. Viktige temaer her er bl.a. Computer Network Operations, støttejamming og direkte IR-motmidler. Signaler fra kringkastingssendere vil snart kunne brukes til å overvåke luftrommet vha. små, passive mottakere. Betydningen av GPS III for navigasjonskrigføring understrekes også.

Kapittel 10 omhandler kommando-, kontroll og informasjonssystemer (KKI). Viktige temaer her er bl.a. taktiske kommunikasjonssystemer, software radio, Combat ID-systemer, kooperative overvåkningssystemer og Internett-inspirerte løsninger innen militær KKI.

Kapittel 11 omhandler militær logistikk. Viktige temaer her er presisjonslogistikk med utnyttelse av moderne IKT-teknologi, og den stadig mer omfattende outsourcing av logistikk-funksjoner til privat sektor.

Kapittel 12 omhandler en del andre teknologiområder som bl.a. er aktualisert gjennom terrortrusselen, stabiliseringsoperasjoner og sivil/militær samhandling. Viktige temaer her er bl.a. ikke-dødelige våpen, sikringstiltak, og nye typer eksplosiver.

Kapittel 13 oppsummerer rapportens viktigste funn og indikerer deres mulige betydning for Norge.

En omfattende litteraturliste gir leseren mulighet til å søke flere detaljer og etterprøve vår syntetisering av stoffet.

## **2 LANDPLATTFORMER OG DERES DELSYSTEMER**

### **2.1 Generelle trender**

Det har i den senere tid blitt mer og mer fokus på deployerbarhet over lange avstander (strategisk mobilitet). I den sammenheng er vekten på alt utstyr blitt en viktig faktor, for at utstyr om nødvendig skal kunne transporteres med fly over lange avstander. Dette gjelder spesielt for kjøretøyer og våpensystemer, men også for ammunisjon er det viktig å begrense vekten for å forenkle logistikken. Trenden er altså at det går mot lettere og mer kompakte systemer (14).

Men samtidig er det økt fokus på sikkerhet og beskyttelse for personell. Toleransegrensen for egne tap er kanskje lavere enn noen sinne. Dette fokuset på sikkerhet har ført til at det benyttes store ressurser på forskning på beskyttelse i form av aktiv pansring, lettere og sterkere pansring og nanoteknologi. Utvikling av ubemannete systemer skyldes også i stor grad krav til sikkerhet for personellet.

Samtidig som toleransen for egne tap er liten er også toleransen for uønsket skade på andre liten. Dette framtvinger mer presisjonslevert ild. Utviklingen innen presisjonslevert ild fra artilleri og bombekaster er kommet langt. Innen kort tid vil man kunne benytte artilleri i nærstøtterollen



med langt større presisjon og lengre rekkevidde, og på den måten redusere avhengigheten av flystøtte.

Her er gjort et utvalg av systemer og delsystemer hvor teknologiske fremskritt vil bli utnyttet av våre allierte i nær framtid.

## 2.2 Soldatutrustning

En har i Irak og Afghanistan sett noen endringer på soldatutrustningen på vestlig side (6), og man kan forvente flere store endringer fremover. De største endringene vil komme på kommunikasjonssiden, i form av bedre og lettere beskyttelse og nytt våpen. Dessuten vil en rekke sensorer bli integrert i soldatutrustningen, noe som mellom annet bidrar til å øke soldaten sin evne til å påkalle ildstøtte fra bakre avdelinger. Soldaten skal kunne utføre en rekke oppgaver som krever ulike typer spesialisert utstyr, samtidig som han har en rimelig beskyttelse mot aktuelle trusler, uten at vektbelastningen i for stor grad reduserer hans mobilitet. Soldaten blir dermed et komplisert system. Utrustningen må kunne konfigureres på en hensiktsmessig måte for de enkelte oppdrag. Modularitet og fleksibilitet er nødvendige egenskaper. Svært mye av dette nye utstyret krever strøm, slik at strøm vil bli kritisk for fremtidens soldat. Dette merket en i Irak og Afghanistan der batterier ble en kritisk ressurs. Et naturlig første steg er oppladbare batterier som kan lades på kjøretøyene. US Army har i tillegg ambisiøse planer for neste generasjon strømforsyning i felt (med bl.a. brenselceller), se (15) og (16).

Soldatutrustningen vil innen kort tid bestå av tekstiler som vil ha mange nye egenskaper, mellom annet vil den kunne lede strøm og datasignaler. Dessuten vil en rekke komponenter være integrert i soldatutrustningen, for eksempel sikte- og sensorsystemer. Etter hvert som blant annet elektronikken blir mindre vil den bli en del av utrustningen i langt større grad. Det at elektronikken blir mindre fører også til at soldatutrustningen blir lettere og at elektronikken krever mindre strøm. Det vil dermed bli en hjelp i batteriproblematikken.

Mange land arbeider med utvikling av operasjonskonsept og teknisk utrustning for den enkelte soldat. De største programmene finner vi i USA, Storbritannia og Frankrike. I Norge arbeides det med konseptet NORMANS (The Norwegian Modular Arctic Network Soldier). Sammenlignet med andre programmer er NORMANS spesielt godt tilpasset kaldt klima. Den teknologiske utviklingen innenfor alle relevante områder går raskt. Ammunisjonen blir bedre, det utvikles kompakte sensorer med lite strømforbruk, det er demonstrert trådløse kommunikasjonsnettverk med rimelig kapasitet, nye beskyttelsesmaterialer tilbys, kompakte batteriløsninger er under utvikling og stadig mer datakraft tilbys. Utfordringen er å utnytte disse teknologiene på en hensiktsmessig måte i et soldatsystem, samtidig som de integreres med arven og eventuelt nye tilstøtende systemer. Innenfor konseptet NORMANS foregår et slikt arbeid.

Det forventes en gradvis utrustning av NORMANS-soldaten. Det vil ikke skje som en samlet investering i komplette utrustninger, men ved at det etableres et system hvor det lett kan importeres nye moduler. Figur 2.1 viser en skisse av NORMANS-soldaten.



*Figur 2.1 I Norge arbeides det med konseptet "The Norwegian Modular Arctic Network Soldier" (NORMANS). NORMANS er en soldatutrustning som er spesielt godt tilpasset kaldt klima*

Nanoteknologi er revolusjonerende. Den er en annen måte å fremstille materialer på. I stedet for å miniaturisere, begynner man med de minste komponentene et material består av: atomer og molekyler. Disse atomene og molekylerne brukes som byggeklosser for så å lage nanometer-skalastrukturer. Med en slik fremstillingsprosess kan man bestemme egenskapene som materialet skal ha.

Redusert sårbarhet og økt soldatytelse er noe av effekten som en forventer at nanoteknologi skal bidra med. Figur 2.2 viser en skisse av slik den amerikanske soldaten ser ut om kort tid (Land Warrior), samt en skisse av hvordan man tenker seg fremtidens soldat (Future Warrior) når man får utnyttet effekter fra nanoteknologi.

Utviklingen av nye polymerer og kompositter, samt deres organisering i kunstig vev, vil resultere i sterkere og lettere materialer som vil være en del av en framtidig feltuniform. Materialet skal effektivt kunne spre den energien som en kule fører med seg og det skal likevel være lett nok til at det ikke begrenser soldatens bevegelse.

Hvor og hvordan nanoteknologien i praksis vil bli brukt om 10 år er vanskelig å forutsi. Hver for seg virker de ulike anvendelser ikke urealistiske, men integrasjonen av alle muligheter i en uniform vil være svært krevende. US Army satser tungt på utviklingen av nanoteknologi, også for beskyttelse av både kjøretøy og våpensystemer. I denne sammenhengen tenkes det mer på redusert vedlikehold ved å beskytte materialet mot slitasje eller/og mot innvirkningen av for eksempel O<sub>2</sub>.



Figur 2.2 Skisse av noe av utstyret i USAs Land Warrior (t.v.) og Future Warrior. Ny materialteknologi forventes å få stor betydning for Future Warrior

### 2.3 Kjøretøyer

En rekke ulike kjøretøystyper er under utvikling i ulike land. De er alt fra enkle kjøretøysprosjekter til utvikling av store systemer av systemer, slik som det amerikanske Future Combat Systems (FCS). Nye systemer som utvikles nå har i stor grad fokus på vekt. Et mål som svært mange av kjøretøysprosjektene arbeider mot er at kjøretøyet skal være transportabel i C-130, dvs. veie mindre enn 18 tonn. I tillegg til vekt er det stor fokus på sikkerhet. Av den grunn er det en generell trend for mange av disse kjøretøysprosjektene at de har fjernstyrte våpenplattformer og god beskyttelse mot miner. Dessuten ønsker man av logistikk- og andre grunner å utvikle "familier" av kjøretøyer. Se (11) for en oversikt over ulike kjøretøysprosjekter.

Det har siden stridsvognens fødsel vært et utviklingskappløp mellom våpen som skal ødelegge stridsvognen og beskyttelse av stridsvognen mot slike våpen. Dette har blant annet ført til at dagens stridsvogn har nådd en praktisk øvre vektgrense på ca. 60 tonn. I tillegg til at dette reduserer mobiliteten, vanskeliggjør det den raske forflytningen av potente styrker til ulike deler av verden som dagens trusselbilde krever, og nye operasjonskonsepter forutsetter. Det har derfor i den senere tid blitt satset på lettere kjøretøyer. Dette har medført en redusert beskyttelsesgrad

på kjøretøyene, noe som har hatt uheldige konsekvenser i stabiliseringsfasen i Irak. Mye innsats har derfor vært lagt i improvisert tilleggspanning for kjøretøyer som opererer der.



*Figur 2.3 USA er i ferd med å ta frem en helt ny familie av stridskjøretøyer (Future Combat Systems), med gradvis innføring fra 2008–2010*

Blant annet for å bøte på dette, utvikles i dag såkalte aktive beskyttelsessystemer (APS = Active Protection Systems, også kalt DAS = Defensive Aids Suites), som kan påmonteres pansrede kjøretøyer og som har potensial for å gi også lett pansrede kjøretøyer adekvat beskyttelse mot de fleste trusler, uten store vekttillegg. APS består av sensorer som detekterer og gjenkjenner innkommende trussel, en computer som beregner mottiltak, og en effektor som skal uskadeliggjøre (eller narre) trusselen. For å være virksomme også i bystrid, må både deteksjon og virkning kunne skje på kort hold. Det første systemet skal etter planen være operativt i løpet av 2005. Prisestimatet for et svært lovende tysk APS-system er € 200.000, og selv om slike estimater som regel er svært optimistiske, så synes det å indikere en overkommelig pris for å gi våre stridskjøretøyer, og dermed soldater, en betydelig bedre beskyttelse enn i dag. Se (17) og (18) for ytterligere beskrivelse av aktive beskyttelsessystemer.

En annen spennende, ny form for beskyttelse er elektromagnetisk (EM) beskyttelse hvor elektromagnetiske felter i panseret virker forstyrrende på prosjektilet. Britiske Defence Science and Technology Laboratory (DSTL) har allerede demonstrert at EM panser kan beskytte et 20 tonns kjøretøy mot RPG-7. Men det gjenstår fortsatt å se om EM panser er like effektivt mot andre trusler (19).

Det er oppnådd bemerkelsesverdige resultater, basert på kombinasjon av materialer, innen passiv beskyttelse. Dette vil gjøre det mulig å oppnå god beskyttelse mot alle håndvåpen for personell i lette hjulgående kjøretøyer. Tyngre kjøretøyer vil også kunne oppnå beskyttelse mot våpen av type RPG-7, motstå hulladninger, visse typer pilammunisjon og standard miner. Når det gjelder de tyngste truslene, har det tradisjonelt bare vært tunge panservogner som har hatt tilstrekkelig beskyttelse. Kravet til strategisk deployerbarhet har imidlertid medført et vektkrav som ikke er forenlig med tilstrekkelig panservekt. Her er det åpnet nye muligheter ved kombinasjon av aktiv og passiv beskyttelse. Det er grunn til å tro at man med dette kan oppnå samme beskyttelse innenfor en vektgrense på 25 tonn som for en tung stridsvogn.

Hybrid-elektrisk (herunder diesel-elektrisk) drift av kjøretøyer utvikles i stor grad for sivil sektor, men teknologien har klare militære anvendelser, ikke minst anvendt i stridskjøretøyer. Noen av fordelene fremfor tradisjonell forbrenningsmotor er frigjøring av volum og redusert vekt, enklere mekanikk, som gir større pålitelighet og enklere vedlikehold, større maksimal motorytelse, enklere logistikk, stillemodus (ren batteridrift over kortere tidsrom; dette gir også lavere termisk signatur) og bedre drivstofføkonomi. Flere land, bl.a. USA, Tyskland, England og Frankrike, har programmer for utvikling av hybrid-elektrisk drift av militære kjøretøyer. Hybrid-elektrisk drift vil i første omgang neppe revolusjonere krigføringen, men den kan likevel gi betydelige forbedringer av kjøretøyene. En annen ting er at slike kjøretøy vil ha ”ubegrenset” tilgang på strøm, noe som i fremtiden kan benyttes til å realisere f.eks. ETC-kanon (Electro-Thermal-Chemical Gun) og elektromagnetisk panser (som del av et APS-system). Kostnadene ved hybrid-elektriske kjøretøyer er usikre, men det er ikke gitt at hybrid-elektriske kjøretøyer blir vesentlig dyrere i produksjon enn tradisjonelle, og driftsmessig bør det være et betydelig økonomisk innsparingspotensial. Se (20) for ytterligere beskrivelse av hybrid-elektrisk drift.

Det har i flere år vært på gang en utvikling av hypersoniske panserbekjempelsesmissiler (PB-missiler) for avfiring fra kjøretøy. Dette har vært motivert ut fra behovet for raskt og effektivt å kunne engasjere pansrede mål utenfor rekkevidde av motstanderens direktskytende våpen. Dessuten vil det også kunne muliggjøre lette (deployerbare) plattformer med tilstrekkelig ildkraft og rekkevidde. På et vis kombinerer man stridsvognkanonens skuddtakt (ikke fullt ut) og korte engasjementstid med tradisjonelle PB-missilers rekkevidde, dvs. opp til 4–5 km. USA har utviklet et slikt hypersonisk PB-missil, som kalles LOSAT (Line-Of-Sight Anti-Tank). Dette er imidlertid et stort og tungt våpen, og det har vært et sterkt ønske om å redusere størrelse og vekt betraktelig. Flere slike programmer pågår i USA, og Norge (ved FFI og Nammo) har vært samarbeidspartner i et av disse programmene. LOSAT forventes å være operativ ganske snart, men det vil helt sikkert gå noen år, trolig minst til 2010 (kanskje 2015), før mer kompakt og anvendelig HVM (Hyper Velocity Missile) kommer på markedet og får noen større militær betydning. For Norge var nok dette en mer aktuell kapasitet med det gamle trusselbildet, hvor vi hadde en stor og tungt pansret (potensiell) motstander. Det vil like fullt være en kapasitet som bør vurderes, blant annet fordi et (rekylfritt) missil gir mulighet for å spare vekt i forhold til dagens stridsvogntårn som må ta opp de store rekylkraftene fra kanonen. Hele kjøretøyet kan dermed gjøres vesentlig lettere. Se (21) for ytterligere beskrivelse av HVM.

## **2.4 Artilleri og bombekaster**

Artilleriet går fra å være et områdedekkende våpen til å bli et presisjonsvåpen. Innen kort tid vil man kunne benytte artilleri i nærstøtterollen med langt større presisjon og lengre rekkevidde, og på den måten redusere avhengigheten av fly. Flere programmer innen presisjonslevert ild er på trappene. Dette gjelder både rørartilleri, raketartilleri og bombekaster (se figur 2.4). Excalibur (se figur 2.5) er et eksempel på rørartilleriammunisjon som utvikles i samarbeid mellom USA og Sverige, og forventes operativ i 2008. Andre system som også er operative snart, er Bonus og GMLRS (2004) (22).



Figur 2.4 Flere produsenter tilbyr nå laserstyrt ammunisjon for 120 mm bombekaster

Artilleriskytset blir, som stridskjøretøyene, lettere for å kunne flytransporteres over store avstander. HIMARS er et godt eksempel på dette. HIMARS er en hjulgående lett utgave av MLRS som ble testet operativt i Irak. Et annet nytt system er LW155 som er et tauet artilleriskyts. Det er et samarbeidsprosjekt mellom USMC og US Army. Det er et lett system (mindre enn 5 tonn) som skal være svært mobilt (2 stk. per C-130) og ha en rekkevidde på 30 km. Også Storbritannia og Italia er involvert i dette programmet. Dessuten vurderer Australia om landet skal bli med fra 2006. Skytset får presisjonskapasitet med bruk av Excalibur.



Figur 2.5 Excalibur er en ny styrt artilleriammunisjon som forventes operativ i 2008. Her benyttes GPS-navigasjon, med 10 meter forventet treffnøyaktighet og bratt innfallsvinkel. Første prøveskytning fant sted høsten 2004 (23)

For å bedre sikkerheten for operatørene utvikles det løsninger for å kunne skyte granater uten å stanse skytset. I første rekke er det skytsene med kortest rekkevidde, altså bombekasterne som er mest aktuelle. Men det er forventet at det også vil bli utviklet løsninger for artilleriskyts med lengre rekkevidde.

USA har valgt 155 mm for neste generasjons artilleriskyts. Det er bestemt at Non-Line-Of-Sight-Cannon (NLOS-C) skal være 155 mm (38 cal) (24). NLOS-C er en del av FCS. FCS er en familie av nettverkede kjøretøyer som kommer rundt 2008–2010, jamfør kapittel 2.3.

## 2.5 Luftvern

Utviklingen innen bakkebasert luftvern går fra tradisjonelt å bekjempe våpenplattformen (fly og helikopter) til i større grad å måtte bekjempe selve våpenet, typisk missiler (25). Dette skyldes utviklingen av våpen med lengre rekkevidde, slik at våpenbæreren kan leverer våpen utenfor luftvernets rekkevidde. Nye trusler som må bekjempes, er kryssermissiler og taktiske ballistiske missiler. Videre vil det også være aktuelt å bekjempe bomber, artillerigranater og raketter.

USA har i 2000 tatt fram en teknologidemonstrator på et laservåpen for å bekjempe raketter og granater; MTHEL (Mobile Tactical High Energy Laser; se figur 2.6). Denne har demonstrert flere vellykkede nedskytinger av artillerigranater og -raketter. For at systemet virkelig skal bli mobilt, må størrelsen reduseres med en faktor 5. Systemet er ikke forventet deployert før 2006–2008. Foruten USA, er Israel nevnt som bruker av systemet. Selv om man med laser ikke er like begrenset av tilgang på ammunisjon som for eksempel en kanon, så må også laseren virke noen sekunder på hvert mål. Dette bidrar til å begrense skuddtakten. Rekkevidden vil også være begrenset pga. demping og spredning av laserstrålen gjennom atmosfæren, men ved gode værforhold vil den antakelig være lengre enn rekkevidden til en kanon. Se for øvrig kapittel 8.



Figur 2.6 MTHEL er et laservåpen som skal bekjempe raketter og granater

Innen forsvar mot ballistiske missiler er det mange utviklingsprogrammer i USA. Det tas frem systemer for bekjempelse i boost-, midt- og terminalfasen. De fleste av disse systemene vil være så dyre at de ikke er aktuelle for Norge. De områdene hvor det kan være mulig for Norge å ha en egen kapasitet i fremtiden kan være ved bruk av Standard Missile 3 (SM-3; midtfase) på våre nye fregatter, samt et samspill mellom NASAMS og Patriot (terminalfase) hvor man kanskje kan integrere deler av Patriot med NASAMS. Se for øvrig kapittel 5. Når man må bytte ut

dagens norske LV-missil (AMRAAM), må vi også forvente at det vil være alternativer som har en viss kapasitet mot TBM (Theater Ballistic Missile).

Multistatisk radar (MSR) blir sett på som en mulig fremtidig sensor i luftvern. MSR består gjerne av en avansert mottager og flere enkle sendere. Senderne sender CW (Continuous Wave) med relativt lav effekt over et relativt bredt bånd og er dermed vanskelige å detektere. De er i tillegg lette og billige slik at de kan plasseres ut i stort antall. Dette gjør at systemet i liten grad degraderes dersom noen av senderne skulle "falle ut". Mottageren opererer helt passivt. Dette har den fordelen at de mest kostbare komponentene i luftvernsystemet vil være i stand til å operere passivt. MSR er en gammel ide, men utviklingen mot stadig billigere regnekraft, muligheter for GPS-synkronisering og billigere fasestyrte antenner gjør at teknologien nå virker moden. Samlokalisering av radarsender og mottaker/personell er i dag meget farlig, fordi enhver bruk av radar vil medføre risiko for å bli et mål for radarheimende missiler.

## 2.6 Ubemannete farkoster

Både ubemannete kjøretøyer (UGV) og ubemannete luftfarkoster (UAV) har hatt en stor utvikling de siste tiårene. Spesielt har små taktiske UAVer hatt mye å si for landstyrkene, men også UGV har i de seneste konfliktene (Afghanistan og Irak) blitt benyttet i noen grad (se figur 2.7). Begge disse farkosttypene finnes i mange ulike størrelser og fasonger, tilpasset ulike oppdrag. Landstyrkene har hatt stor nytte av små taktiske UAVer, og disse er omtalt i kapittel 4.



*Figur 2.7 US Air Force har utviklet en UAV med betegnelsen Desert Hawk som først ble tatt i bruk under operasjon "Enduring Freedom" i Afghanistan. Denne kan benyttes til overvåkning og rekognosering i nærområdet, og har maksimal flytid på ca. en time. Desert Hawk kan bestykes med termisk eller dagslyskamera og overføre video i sann tid*

Små UGVer og roboter har i over 30 år blitt benyttet av forsvaret og politiet f.eks. for å uskadeliggjøre bomber (se figur 2.8), men militære styrker har bare i liten grad benyttet slike systemer i operasjoner før i de senere årene. I Afghanistan har US Army begynt å benytte UGVer til å søke i bygninger og grotter etter fiender og sprengladninger. Også i Irak ble UGVer i starten benyttet til samme type formål. Men etter hvert har problemene med hjemmelagede



bomber blitt store, og UGVer har også blitt benyttet i søk etter slike (6). I Irak og Afghanistan har ubemannete kjøretøyer også blitt brukt til mer generell overvåkning og etterretning. Små bærbare kjøretøyer (bl.a. Dragon Runner) har blitt benyttet til å undersøke gater, hus og huler. Figur 2.9 viser Dragon Runner.



*Figur 2.8 Ubemannete kjøretøyer brukes allerede i dag av Forsvaret ifm. eksplosivrydding. Slike hjelpemidler kan forventes å få stadig større nytte ifm. antiterror- og stabiliseringsoperasjoner*

I dag er de fleste UGVer ganske små, kjører relativt sent og holder ut ganske kort tid. I nær fremtid vil hastigheten øke, og de vil holde ut lenger. Men på lenger sikt håper en å kunne ha halvautonome og autonome kjøretøyer som tenker og handler mer på egen hånd. Dette inkluderer såkalt "leader-follower" logistikkolonner. Det er en kolonne som er dannet av et kjøretøy i front som er kjørt av et menneske, og robotkjørte kjøretøyer som følger etter. I tillegg ser man for seg roboter som blir sluppet inn i kritiske områder av UAVer, som deretter benytter UAVen som relé mellom en menneskelig operatør og roboten. Men UGVer vil ikke bli en generell erstatning for bemannede kjøretøyer, heller et supplement som gjerne kan erstatte deler av arbeidsoppgavene til bemannede kjøretøy, samt bidra til at nye oppgaver kan utføres.



*Figur 2.9 Dragon Runner er et lett bærbart kjøretøy (ca. 4,5 kg) som er blitt benyttet i Irak og Afghanistan. Her kan benyttes ulike typer sensorer, f.eks. for visuell inspeksjon eller sniffing etter eksplosiver*

Pentagon har som uttalt mål at innen 2015 skal 1/3 av kjøretøyene i felt være robotstyrte biler som ikke trenger fjernkontroll (26). For å hjelpe seg med utviklingen av førerløse biler har Darpa en konkurranse der det er om å gjøre å få en bil til å kjøre seg selv fra Los Angeles til Las Vegas (48 mil), uten stopp eller menneskelig innblanding. Vinneren får en million dollar, og alle som vil kan delta. Målet med konkurransen er å samle ekspertisen til å utvikle ubemannete roboter som det amerikanske forsvaret kan bruke i felten. Løpet skal kjøres hvert år til og med 2007 – i 2004 var det ingen som kom i mål.

## 2.7 Oppsummering

Kravene om bedre personlig beskyttelse, større presisjon og lettere utstyr har gitt opphav til en rekke utviklingsprosjekter på landsektoren. Viktige militærteknologiske nyvinninger fram mot 2020 vil bl.a. være:

- Introduksjon av nye materialer og IKT-teknologi i soldatutrustningen
- Introduksjon av helt nye stridskjøretøyfamilier i en rekke land
- Presisjonsstyrt indirekte ild (artilleri og bombekaster)
- Omfattende bruk av ubemannete farkoster (UAV, UGV)
- Laserbasert luftvern mot missiler og granater

Strømforsyning er en vesentlig utfordring og forutsetning for realisering av disse systemene. Det forventes at brenselceller vil komme i omfattende bruk etter 2010.

## 3 SJØPLATTFORMER OG DERES DELSYSTEMER

### 3.1 Generelle trender

Sjømilitær teknologiutvikling i dag har et sterkt fokus på ild mot landmål, og dette er tydelig uttalt i både amerikanske, britiske og franske flåteplaner. Direkte konsekvenser av dette er bl.a. nybygging av hangarskip, skipsbaserte kamphelikoptre, videreutvikling av kryssermissiler, nye UVB-klasser som primært utvikles for bruk av kryssermissiler, og utvikling av en helt ny ”land-attack destroyer” DD(X) i USA som skal kunne skyte GPS-styrte granater.

Selv om US Navy fortsatt har et sterkt fokus på de ”klassiske” hangarskipsgruppene, synes satsingen på det hurtige Littoral Combat Ship å åpne for spennende nytenkning.

Minerydding er fortsatt en utfordring. Eksempelvis var rydding av vannveien inn til Umm Qasr et betydelig problem for koalisjon i Irak-krigen våren 2003. Det er en klar trend i retning av ubemannete farkoster i antimine operasjoner.

Stadig flere nasjoner anskaffer stillegående diesel-elektriske UVBer, hvilket synes å gi fornyet fokus på ASW fra stormaktenes side. En helt ny generasjon maritime patruljefly er under utvikling i USA, med UAVer som et viktig element for å avlaste bemannede patruljefly.

En ny agendasetter er Missile Defense, dvs. forsvar mot ballistiske raketter. En rekke av de amerikanske AEGIS-fartøyene oppgraderes nå for å gå inn i missilforsvarsrollen.

Trusler fra selvmordsbombere i gummibåter gir økt fokus på nærforsvaret av både militære og sivile fartøyer.

På lang sikt synes visjonen om helelektriske skip å ha betydelig støtte både i USA og Storbritannia.

## **3.2 Fartøyer**

### **3.2.1 Hangarskip**

Hangarskipene etablerte seg under andre verdenskrig som den viktigste sjømilitære plattformen, og står fortsatt helt sentralt innen vestlig sjømilitær tenkning. USA har i dag 12 store hangarskip, hvorav det eldste er fra 1961. Det siste fartøyet i Nimitz-klassen er under bygging og forventes levert i 2008.

Både USA, Storbritannia og Frankrike har konkrete programmer for bygging av nye klasser hangarskip. For den nye amerikanske klassen CVN-21 er målsettingen en 15 % større sortikapasitet med noe mindre mannskap. Britiske planer er å erstatte dagens tre fartøyer av Invincible-klassen med to nye fartøyer, hvor de endelige spesifikasjoner skal foreligge i år. Frankrike har nylig besluttet at deres neste hangarskip ikke skal være atomdrevet, og dette åpner for et mulig tettere samarbeid med britene i utviklingsfasen. Generelt kan det fastslås at hangarskip er en ”moden” teknologi, og at utviklingen her går sakte. Det fins også en rekke typer mindre hangarskip for bruk av helikoptre. Britene har f.eks. to forholdsvis nye amfibieangrepsskip, bl.a. for bruk av angrepshelikoptre.

Joint Strike Fighter står helt sentralt i de britiske og amerikanske hangarskipsplanene, liksom Rafale i Frankrike. For mer om JSF, se kapittel 4. Det gjenstår å se når vi vil få se ubemannede kampfly (UCAV) i bruk fra hangarskip. US Navy er en viktig deltaker i det amerikanske J-UCAS programmet (27).

Hangarskip er ikke noe aktuelt alternativ for Norge, men det er all grunn til å forvente at våre allierte fortsatt vil operere slike fartøyer i overskuelig fremtid. Med den kalde krigens slutt har på mange måter trusselen mot hangarskipene blitt redusert. Det er imidlertid reist kritikk mot det sterke fokuset på hangarskipsgrupper som US Navy har, særlig hvis utfordringen primært er kampen mot internasjonal terrorisme (28).

### 3.2.2 Kryssere, destroyere og fregatter

USA har for tiden ikke noe program for bygging av nye kryssere. Under det nye destroyer-programmet DD(X) er imidlertid siktemålet å ta frem teknologi som senere også vil kunne gi grunnlag for en ny krysserklasse CG(X). Et av hovedmålene ved DD(X) er at den skal være en "land-attack destroyer". Blant annet utvikles en helt ny langtrevkende kanon som skal kunne skyte GPS-styrte granater, og fartøyet skal ha vertikal utskytning av missiler mot land- eller luftmål. Det er også et mål at den store "skogen" av antenner som man vanligvis ser på marinefartøyer skal reduseres på DD(X) ved bruk av ny antennteknologi. DD(X) ses også på som et viktig steg i retning "electric ship". Bygging av første fartøy i DD(X)-klassen skal starte i 2005.

Storbritannia har en ny klasse destroyere (T45) under bygging (se figur 3.1). Første fartøy forventes levert i 2007. Denne klassen vil ikke flytte de teknologiske grenser like mye som DD(X), men vil være typisk for hva man kan forvente hos våre største allierte i 2014. Under tittelen "Future Surface Combatant" foretar britene konseptstudier for etterfølgeren til dagens destroyere og fregatter. Spørsmålet om elektrisk fremdrift står sentralt her.



*Figur 3.1 Storbritannia bygger nå nye destroyere (T45-klassen). Første fartøy skal leveres i 2007. Denne klassen vil være typisk for hva våre største allierte vil ha i perioden 2010–2020. Deretter kan helelektriske skip bli en realitet (bilde: Royal Navy)*

En rekke fregatter er under bygging rundt om i verden, primært med tanke på ASW, anti-overflate og i noen grad luftforsvar. Første skip i den norske Fridtjof Nansen-klassen skal leveres i 2005, og totalt vil fem fartøyer bli bygget (figur 3.2). Utvikling av nye kapasiteter for de fem Nansen-klasse fregattene vil trolig bli et sentralt tema i norsk forsvarsplanlegging i de neste 25 år. Et viktig element her er at fartøyene har våpenkontrollsystemet AEGIS.



*Figur 3.2 Fem Nansen-klasse fregatter skal leveres innen 2010. Spørsmålet om anskaffelse av ytterligere kapasiteter til disse fartøyene vil trolig stå sentralt i norsk forsvarsplanlegging etter 2010. Rent teknisk vil det f.eks. være mulig med AUVer for minejakt, kryssermissiler mot landmål eller en rolle i et ballistisk missilforsvar. Ubemannet helikopter og små ubemannete over- og undervannsfartøyer kan også gi fregattene vesentlig økt yteevne*

### 3.2.3 Hurtigbåter

Stortinget vedtok høsten 2003 at Forsvaret skal anskaffe seks hurtiggående fartøyer av Skjold-klassen. Norge er helt i teten internasjonalt på dette feltet. I USA er man i gang med det meget spennende utviklingsprogrammet Littoral Combat Ship (LCS). Dette er noe større hurtiggående fartøyer som skal kunne bære helikopter (se figur 3.3). LCS skal være modulære og kunne utstyres etter behov for tre ulike roller:

- ASW
- Antioverflate
- Minejakt

Tre ulike løsninger har konkurrert om å vinne LCS-kontrakten. Et av dem (ledet av Raytheon) var basert på teknologi fra Skjold-klassen, men dette konseptet kom ikke til finalerunden. Det forventes at vinneren kåres i 2005 og at US Navy i første omgang vil bygge ca. 60 fartøyer. Det er også antydnet at US Marine Corps er interessert i en logistikkversjon av LCS. Det er verd å merke seg at US Navy med Littoral Combat Ship etablerer helt nye kapasiteter på felter som i noen grad har vært norske spesialiteter.

Fra et norsk perspektiv vil spørsmålet om nye kapasiteter for Skjold-klassen stå sentralt i de neste par tiårene. Skjold-klassen vil f.eks. med sin store fart og utholdenhet kunne få en meget interessant rolle innen ASW. Med den store farten kan det for første gang bli mulig å benytte ”sprint and drift” taktikk i ASW.

Et interessant spørsmål på sikt er hvorvidt den norske kystvakten bør disponere noen hurtiggående fartøyer.



*Figur 3.3 US Navy planlegger bygging av 60 hurtiggående Littoral Comabt Ships. Lockheed-Martins kandidat er en av to finalister (bilde: Lockheed-Martin)*

### 3.2.4 Undervannsbåter

Undervannsbåtenes grunnleggende fordel, evnen til å forbli uopptaget, ligger fortsatt som et sentralt premiss i mange nasjoners flåteplaner. Strategiske undervannsbåter står også fortsatt sentralt i atommaktenes planer for strategisk avskrekking. Man ser imidlertid også en betydelig utvikling på UVB-sektoren:

- UVBer bygges om, eller nybygges, for å bære konvensjonelle kryssermissiler
- Stadig flere land anskaffer konvensjonelle UVBer
- UVBer tas i bruk til nye oppgaver ifm. kampen mot terrorisme
- UVBer får bedre kommunikasjonsutstyr og integreres tettere i raske nettverksbaserte operasjoner

Britenes nye Astute-klasse UVB (figur 3.4) er designet fra grunnen av for bruk av kryssermissiler (29). Bygging av første fartøy startet i 2001. Den nye amerikanske Virginia-klasse (atomdrevet) UVB forventes introdusert fra 2006, med økt fokus på kystoperasjoner. Typiske forbedringspunkter for disse nye klassene av undervannsbåter er:

- Bedre sensorutrustning i periskopet
- Integrering av ubemannete støttesystemer som kan sendes ut på tokt fra moderfartøyet (f.eks. Long Term Mine Reconnaissance System – LMRS).

Norske UVBer av Ula-lassen har nylig vært på vellykket oppdrag i Middelhavet under NATO-operasjonen "Active Endeavour". En modernisering av Ula-lassen for slike internasjonale oppdrag er vedtatt. Spørsmålet om nybygging av norske UVB er skjøvet ut i tid, men vil etter hvert melde seg med full tyngde i langtidsplanleggingen.



*Figur 3.4 Bygging av den første britiske Astute-klasse UVB startet i 2001. Denne klassen er designet for bruk av kryssermissiler mot landmål (bilde: Royal Navy)*

### 3.2.5 Mineryddere

Rydding av sjøminer viste seg å være en viktig forsinkende faktor også i Irak-krigen våren 2003 (5). Bruk av sjøminer i et asymmetrisk konfliktscenario er svært kostnadseffektivt. De aller fleste amerikanske militære fartøyer som er tapt eller skadet i krigshandlinger i nyere tid (14 av 19 krigsfartøyer siden andre verdenskrig, iflg. (30)), har gått på sjøminer. USAs satsing på Littoral Combat Ship viser et økt fokus på minemottiltak.

Norge har en av verdens mest moderne flåte av minejaktfartøyer, og dette er en etterspurt kapasitet i NATO. Norge er også første land som deployerer et minejaktfartøy med AUV-kapasitet (HUGIN) til NATOs stående marinestyrke. I MFU-03 er det imidlertid antydnet at mineryddervåpenet kan bli foreslått utfaset ved eventuelt lavere budsjetttrammer. Et sentralt tema vil i så fall være hvordan det kan etableres en viss minimumskapasitet ved bruk av andre fartøyer. En interessant teknologisk mulighet her er bruk av ubemannete farkoster fra fregatter, hurtigbåter eller UVBer for deteksjon av miner. Det vil imidlertid fremdeles kreve fartøyer med spesialutrustning for å undersøke om et mineliknende objekt er en mine og deretter ødelegge det. Hvis det nystartede fransk-norske forskningsprosjektet AMAV/VAMA blir en suksess, vil denne operasjonen i fremtiden kunne gjøres fra mange forskjellige lettmanøvrerbare fartøyer.

### 3.2.6 Logistikkskip, amfibieskip

Sjøtransport og støttefartøyer vil fortsatt stå sentralt i deployering av ekspedisjonsstyrker. Av pågående nybyggingsprogrammer i øyeblikket er det britiske "Bay Class Large Amphibious Landing Ship" det mest interessante. Fire slike 176 m lange skip er bestilt, med første levering i 2005. De vil kunne frakte dobbelt så mange kjøretøyer som dagens tilsvarende fartøyer i Royal Navy.

Spørsmålet om egne logistikkfartøyer for Sjøforsvaret bør vurderes nærmere, men dette er ikke primært et teknologisk spørsmål. Norske sivile skip er f.eks. blant de mest effektive i verden på transport av biler. Et spesialbygget fartøy for deployering og understøttelse av f.eks. tre Skjold-klasse fartøyer kunne derimot vært nyskapende.

### 3.2.7 Ubemannete fartøyer

Den mest dynamiske utviklingen på sjøsiden ser man innen ubemannete fartøyer. Fjernstyrte undervannsfarkoster (RPV/ROV) har lenge vært benyttet for ulike lete- og inspeksjonsoppdrag. Nylig har også mer autonome undervannsfarkoster (AUV) som norske HUGIN (figur 3.5) og amerikanske Remus, blitt tatt i bruk operativt, og evnen til presis undervannsnavigasjon og observasjon blir stadig bedre. Det eksperimenteres dessuten med små ubemannete overflatefartøyer (USV), hvorav den 7 m lange amerikanske Spartan Scout er den mest kjente.

En generell trend er utvilsomt at de store bemannede plattformenes kapasitet kan økes betydelig ved at ubemannete farkoster sendes ut fra moderfartøyet. I første omgang tenkes ubemannete farkoster primært brukt for overvåknings- og inspeksjonsoppgaver, men man vil trolig raskt se en utvikling i retning av våpenbruk fra ulike ubemannete farkoster. Også enkle ikke-dødelige våpen (f.eks. tåregass) vil om få år lett kunne leveres fra slike farkoster.



*Figur 3.5 Norske HUGIN er en av de første autonome undervannsfarkostene som tas i bruk operativt (her på KNM Karmøy). Ubemannete undervanns- og overflatefarkoster vil i de neste par tiårene være en av de viktigste nye teknologielementene på sjøsiden. De vil imidlertid primært støtte de tradisjonelle fartøyene, ikke utkonkurrere dem*

### 3.2.8 Skrogovervåkning

Det forventes at fiberoptiske skrogovervåkningssystemer vil ha flere konkrete anvendelser, bl.a. verifikasjon av skrogets mekaniske konstruksjon, etablering av seilingsbegrensninger, overgang til tilstandsbasert vedlikehold og opplinjering av referanseflater for bl.a. treghetsnavigasjon og pekeradar. En slik integrert instrumentering er nylig blitt installert og er under testing på KNM Otra. Informasjon fra et fullt utbygd skrogovervåkningssystem vil kunne bidra til å effektivisere kampsystemet, og integrert skrogovervåkning vil på sikt trolig komme på en rekke marinefartøyer.



### 3.3 Sjøbaserte våpensystemer og annen egenbeskyttelse

#### 3.3.1 Kryssermissiler

Tomahawk kryssermissiler stod helt sentralt i åpningsfasen både under Golfkrigen i 1991, Afghanistan 2001 og Irak 2003. I øyeblikket er det bare USA og Storbritannia som har dette våpenet som kan leveres både fra overflatefartøy og undervannsbåt (figur 3.6). Mer enn 1000 Tomahawk-missiler har blitt skutt mot mål i Afghanistan og Irak etter årtusenskiftet.

Tomahawks etterfølger, Tactical Tomahawk, er ferdig utviklet og vil bli fasett inn i US Navy og Royal Navy gjennom det kommende tiåret. De viktigste forbedringene her er en lavrate satellittlink for måloppdatering/abort og et kamera i snuten for å verifisere at målet treffes (31). Færre deler og enklere produksjon forventes dessuten å gi betydelig lavere pris. Neste versjon av Tactical Tomahawk er nå på tegnebrettet. På ønskelisten står bl.a.:

- Flere typer stridshoder
- Datalink med vesentlig større båndbredde
- Interferometrisk radaraltimeter som nøyaktig back-up til GPS-navigasjon



*Figur 3.6 Tomahawk kryssermissiler er et sentralt våpensystem mot landmål for amerikanske og britiske flåtestyrker. Etterfølgeren Tactical Tomahawk er nettopp satt i produksjon. En videreutvikling av Tactical Tomahawk planlegges (bilde: Royal Navy)*

Tomahawk-familiens høye pris og proprietære teknologi har åpnet for en mulig nyutvikling av vesentlig billigere kryssermissiler basert på hyllevarekomponenter. US Navy har nylig gitt en utviklingskontrakt på Affordable Weapon, som vil ha betydelig rekkevidde (1100 km) og presisjon, men lav fart (31).

En annen utviklingsretning er høyhastighetsmissiler, primært fordi langtrekkende kryssermissiler som Tomahawk bruker nokså lang tid til målet (typisk en halv time).

Rent teknisk kan Tactical Tomahawk være et aktuelt fremtidig våpensystem også for de nye norske fregattene eller eventuelt nye norske UVB. Den sjøbaserte versjonen av britisk/franske Storm Shadow / Scalp kan også være aktuell; Scalp Navale forventes introdusert på franske fregatter i 2011 og på franske UVB i 2013. En annen mulighet er at det utvikles en landmålsversjon av det norske sjømålsmissilet NSM.

### 3.3.2 Skipsbasert luftvern

De to mest betydningsfulle utviklingsprogrammene i dag er det amerikanske Standard Missile 3 (SM-3), som vil få en rolle i Missile Defense, og det britisk/fransk/italienske Principal Anti-Air Missile System (PAAMS). Begge er områdedekkende systemer hvor missilet kan motta oppdaterte målkoordinater fra skipets radar underveis i flukt via datalink. PAAMS benytter fragmenterende stridshode, mens SM-3 har et rent kinetisk stridshode (direkte treff). PAAMS vil komme på de nye britiske T45-destroyere fra 2007, mens de første SM-3 skal være utplassert på AEGIS-fartøyer allerede i 2005.

Laserbasert luftvern er fortsatt på konseptstadiet. Ut fra energimessige betraktninger er skip gode plattformer for laser- eller mikrobølgevåpen, mens værforhold og sjøsprøyt er faktorer som taler imot bruk av laser.

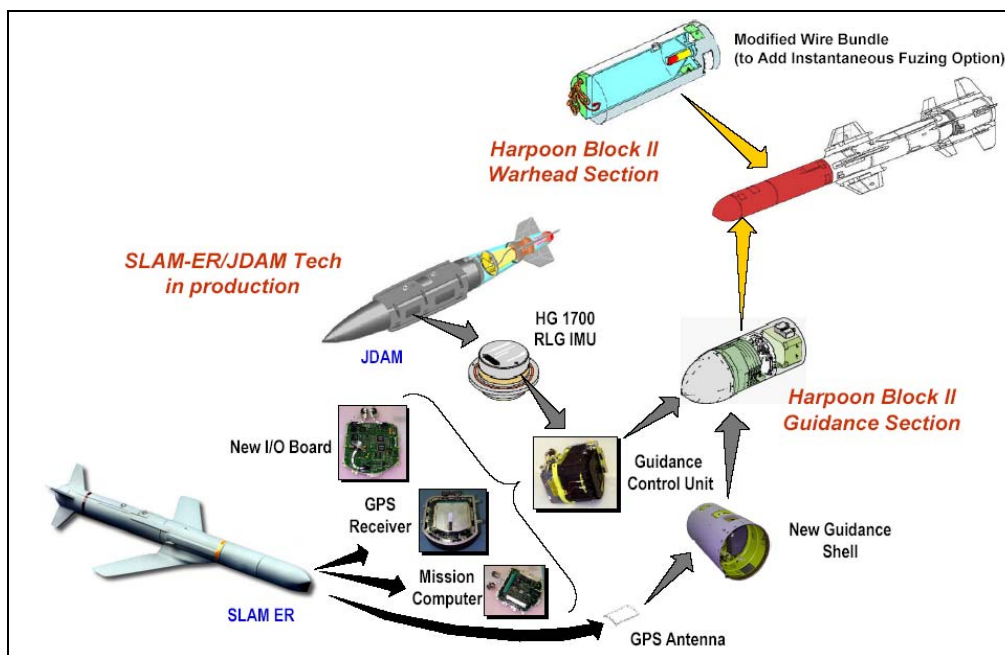
De nye Nansen-klasse fregattene utstyres kun med kortholdsluftvern. Senere oppgradering til områdedekkende luftvern og en eventuell rolle i et NATO-basert missilforsvar for Europa må på sikt vurderes.

### 3.3.3 Sjømålsmissiler

Sjømålsmissiler har fått mindre prioritet i mange land etter den kalde krigens slutt. Det norske NSM-programmet er en av de få virkelige nyutviklingene. Behovet for meget selektiv våpenbruk i tett trafikkerte farvann tvinger imidlertid fram en modernisering av flere andre nasjoners sjømålsmissiler.

Blant siste generasjon vestlige sjømålsmissiler regnes NSM, Harpoon Block II (i produksjon), Exocet Block 3 (utvikling begynt, ferdig i 2007) og RBS15 MK3 (utvikling begynt, ferdig i 2006). I tillegg finnes lettere helikopterbaserte sjømålsmissiler som Penguin MK2 mod 7 og MARTE MK2/S, men de er ikke modernisert i den senere tid. Frankrike har kansellert programmet for det supersoniske sjømålsmissilet ANF.

Behovene som driver utviklingen nå, er invasjon/angrep mot kyster med trusler tett opp til land. Dermed er det oppstått et behov for å angripe fartøysbaser, bunkringsanlegg, kystfort og kystradaranlegg i tett trafikk blant sivile enheter. Man ønsker dessuten å uskadeliggjøre fiendens militære fartøyer før man selv kommer innenfor rekkevidden til motpartens noe eldre sjømålsmissiler.



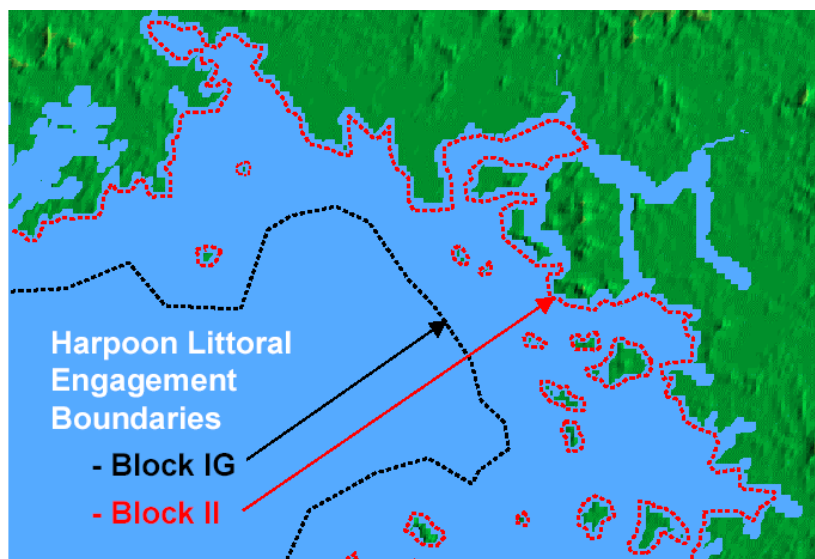
Figur 3.7 Sjømålsmissilet Harpoon Block II, landmålsmissilet SLAM-ER og den GPS-styrte bomben JDAM har noen felles subsystemer (Bilde: U S Navy)

De nyeste fartøysbaserte sjømålsmissiler som NSM, Exocet Block 3, RBS15 Mk3 og Harpoon Block II, har bemerkelsesverdig mange fellestrekk. Lang rekkevidde (120–180 km) ved bruk av gassturbinmotor, og presisjon i navigasjon og treff ved hjelp av ringlasergyro og GPS-mottaker er noen av fellestrekkene. Behovet for lang rekkevidde er ikke påtrengende for lette fly- og helikopterbaserte sjømålsmissiler, så de beholder derfor faststoffmotor.

Med unntak av NSM er søkerne til alle disse moderniserte sjømålsmissilene radarbaserte. Søkeren i Harpoon har fått en ny digital radar, mens Exocet beholder den gamle radaren. Radarsøkere har fortsatt et problem i en liten sone i overgangen fra sjø til land (se figur 3.8). Alle produsentene har ideer for mer avanserte søkere (lavere utsendt effekt, dual-mode søkere) uten at de har fått finansiert slike oppgraderinger. Derimot er det implementert en rekke mottiltak mot jamming og narremidler samt at alle sjømålsmissilene nå har re-attack.

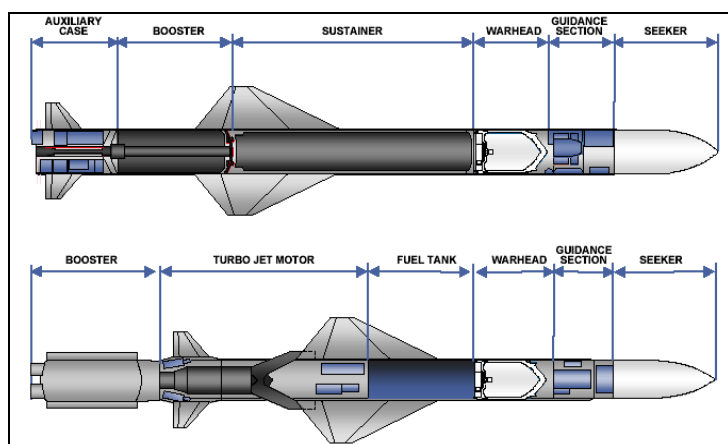
Mangelen på datalink i NSM, Exocet, RBS15 og Harpoon er hemmende fra operativ synsvinkel. Å ikke kunne avbryte eller velge nytt mål under et angrep som kan ta 5–10 min fra fyring til treff er problemfylt. Muligheten for datalink studeres av flere produsenter.

Flere missilprodusenter ser også et fremtidig ønske for installasjon i vertikale launchere, hvilket vil frigi plass på dekk.



Figur 3.8 Harpoon-søkeren er nylig videreutviklet for å kunne operere noe nærmere land (32). IR-søkere er imidlertid fortsatt overlegne i strandsonen

Sjømålsmissilene opplever sterk konkurranse fra andre våpen i noen av de nyere scenariene. Luftvernmissiler som Standard Missile, Sea Sparrow, RAM og Mistral, er også konstruert for å kunne skytes mot fartøy. Slike luftvernmissiler er hurtigere å avfyre enn sjømålsmissiler i selvforsvar. ”Kulesprøyterkanon” med medium kaliber kan også tenkes brukt mot småbåter og ulike enheter som foretar ”terroranslag”. Større fartøyskanoner har dessuten fått lengre rekkevidde og blitt mer presise, hvilket gjør dem egnet til bombardement av fartøy og landinstallasjoner. Sjømålsmissiler er dyre (1,5–2 millioner USD) og for tidkrevende til å anvendes mot hurtiggående småbåter med håndholdte rakettvåpen og lignende. USAs nyeste destroyerklasse, Arleigh Burke IIA, vil f.eks. ikke bli utstyrt med Harpoon eller andre rene sjømålsmissiler.



Figur 3.9 Nytt Exocet (nederst) sjømålsmissil utvikles innenfor rammene til eksisterende ”airframe” (øverst)

### 3.3.4 Annet

US Navys fokus innen torpedoutvikling har de siste årene vært på MK-54 Lightweight Hybrid Torpedo, som skal være et mer kost-effektivt våpen for bruk fra P-3C Orion. UK har utviklet en ny Stingray MK II med vesentlige forbedringer når det gjelder bruk i kystområder og på grunt vann. Stingray MK II kan benyttes fra alle plattformer som kan skyte MK I, og derved fra de norske P-3C Orion. Frankrike og Italia har utviklet MU-90 som konkurrent til Stingray MK II.

Nye tungvektstorpedoer utvikles også av flere land, både i Europa og USA.

Det har ellers vært mye fokus på den russiske rakett-drevne høyhastighetstorpedoen Shkval (106 m/s), som opprinnelig ble utviklet med taktisk atomstridshode, men som nå eksporteres med konvensjonelt stridshode.

Irak-krigen i 2003 viste at selv svært enkle sjøminer fortsatt er et stort problem for en ekspedisjonsstyrke. Avanserte sjøminer produseres av en rekke land og selges på det internasjonale marked. Man må derfor forvente at minetrusselen heller vil øke enn avta i tiden som kommer.

For EK-beskyttelse av marinefartøyer, se kapittel 9.

Også innen ikke-dødelige våpensystemer må det forventes en viss utvikling på maritim sektor:

- Garnsystemer til å kaste over småbåter eller for å stoppe propeller
- Tåregassgranater som leveres fra ubemannete farkoster
- Jammeutstyr for å blokkere sambandet til terrorister eller aksjonister på sjøen.

## 3.4 Maritim KKI og overvåkning

US Navys visjon på 1990-tallet om "Cooperative Engagement Capability" var en av forløperne for dagens Network Centric Warfare konsept. Mulighetene for kommunikasjon med og imellom marinefartøyer blir stadig bedre. Som eksempel kan nevnes at papirbasert Air Tasking Order (ATO) under Golfkrigen i 1991 ble fløyet ut til de amerikanske hangarskipene, mens ATO under Irak-krigen i 2003 ble levert elektronisk. På den annen side inviterer Network Centric Warfare til økt jammeaktivitet fra motparten. Kunnskap om sårbarheten av eget kommunikasjonssystem og hvordan jamming og forstyrrelser kan forhindres blir derfor meget viktig.

### 3.4.1 Maritim kommunikasjon

Både VHF og HF fortsetter å stå sentralt i maritim kommunikasjon. Et nytt element som kommer er Internett-protokoll (IP) over HF-samband. Generell nettverking av HF-komponenter er også et viktig tema (ikke bare punkt-til-punkt samband som tidligere).

Det synes å være en jevn forbedring av Satcom-mulighetene for fartøyer, uten noen store revolusjoner. Alle lands marinefartøyer er storforbrukere av INMARSAT-tjenester. US Navy

har lenge hatt sitt eget Satcom-system UHF Follow-on, og dette erstattes snart av Mobile User Objective System. Britiske, franske og italienske militære satellittsystemer er viktige for de respektive lands mariner, og disse tre landene skal sammen levere Satcom-tjenester til NATO de neste 15 år. Også Tyskland er i ferd med å anskaffe egne militære kommunikasjonsatellitter.

Selv om de ledende aktører fremholder IP-baserte kommunikasjonsløsninger som et langsiktig mål, så vil mer dedikerte taktiske datalinker spille en stor rolle i mange år framover. Norge anskaffer nå Link16 både til de nye fregattene og til Skjold-klassen for tett samvirke med egne eller allierte flystyrker.

Generelt har militære fartøyer fått stadig flere antenner, dedikert for ulike sensorer, kommunikasjons- og EK-systemer. Det synes å være en teknologisk utvikling på gang i USA og UK for å redusere antall dedikerte antenner vha. mer generisk antennteknologi. Dette reduserer også den elektromagnetiske signaturen til fartøyene og øker overlevelsessevnen mot radarstyrte missiler.

### 3.4.2 Undervannsovervåkning

Generelt vil man se nye og mer differensierte måter å skaffe informasjon på under vann. Driverne for dette er i første rekke terrordimensjonen som ekspedisjonsstyrker står overfor, men også beskyttelse av egne farvann ("Homeland Defence"). I tillegg vil det bli behov for raskt deployerbare noder for informasjonsinnsamling, kommunikasjon og navigasjon under vann.



*Figur 3.10 Fra et norsk perspektiv vil spørsmålet om nye kapasiteter for Skjold-klassen være aktuelt i de neste par tiårene. Skjold-klassen vil med sin store fart og utholdenhet f.eks. kunne få en interessant rolle innen ASW. Den vil også kunne bære små ubemannede farkoster for ulike formål*

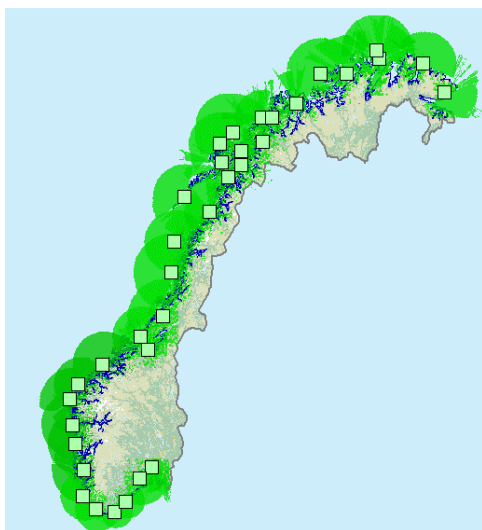
Kontinuerlig undervannsovervåkning var tidligere rettet mot større ubåter på de store hav, hvor spesielt SOSUS systemet var viktig. I kystnære områder manglet slike systemer. Flere land (bl.a. USA og Canada) utvikler nå systemer for kystnære områder som skal være raske å legge ut. De vil bli en del av et nettverksbasert forsvar og vil kunne erstatte kostbare sjøgående fartøyer for overvåkning av avgrensede deler av kysten, innløp til havner eller fjorder og

havområder. Hvis slike systemer utstyres med våpen, for eksempel torpedoer, vil de erstatte kontrollerte eller autonome sjøminer, alt ettersom om det er en operatør som skal vurdere om våpenet skal fyres eller ikke.

Syntetisk apertur sonar (SAS) er i ferd med å bli tatt i bruk operasjonelt. Norge er blant de fremste gjennom HUGIN-virksomheten. Akkurat som syntetisk apertur radar (SAR) har revolusjonert evnen til allværs observasjon fra flyvende plattformer, vil trolig syntetisk apertur sonar få stor betydning for effektivt å dokumentere minetrusselen i interesseområder for maritime operasjoner. SAS gir en multiplikatoreffekt både i effektivitet og kvalitet.

### 3.4.3 AIS og kystovervåkning

En vesentlig nytt element innen maritim overvåkning er vedtaket i FNs maritime organisasjon IMO om innføring av Universal Shipborne Automatic Identification System (AIS) på (nesten) alle større sivile fartøyer. Fartøyer med AIS vil jevnlig kringkaste sin identitet, posisjon, kurs og fart på en egen VHF-frekvens. Innføringen av AIS ble primært begrunnet med trafiksikkerhets-hensyn (kollisjonsunngåelse), men potensialet for overvåkning har fått stor oppmerksomhet, og innføringen er påskyndet etter terrorangrepene 11. september 2001. En rekke land (deriblant Norge) bygger nå ut AIS mottakerkjeder langs kysten for på en enkel måte å få oversikt over sivil skipstrafikk innenfor VHF-rekkevidde (se figur 3.11).



*Figur 3.11 Utbyggingen av AIS-kjeden langs kysten er et viktig element i hjemlig havovervåkning. Et viktig spørsmål i neste omgang vil være hvordan man kan oppnå bedre AIS-dekning i resten av våre havområder og i andre områder hvor norske marinestyrker skal operere (bilde: Kystverket)*

Militære fartøyer er ikke påbudt å føre AIS-sender, men det må forventes at alle militære fartøyer vil ønske å ta imot AIS-signaler. Dette vil gjøre etablering av Recognized Maritime Picture vesentlig enklere for militære enheter. AIS vil stå sentralt i all fremtidig havovervåkning, og man vil trolig se en rekke alternativer (satellitter, fly, UAVer, bøyer, ballonger) for å skaffe AIS-dekning utenfor rekkevidden til kystbaserte mottakere. Dette vil være aktuelle systemer også for Norge. En god norsk AIS-dekning i nord vil kunne bli et krav fra våre allierte.

Med bortfallet av en sjøinvasjonstrussel ser man i mange land at kravet til kystradarkjedens seighet mot fysisk angrep reduseres. Kystradarens primærøppgave i europeiske og amerikanske farvann blir da å detektere og følge de fartøyer som ikke følger kravene om kooperativ overvåkning (AIS). Radarsatellitter vil ha en tilsvarende funksjon lenger til havs.

### **3.5 Oppsummering**

De tradisjonelle fartøystypene, våpentypene, kommunikasjonsmidlene og sensorene vil fortsatt være der i 2020.

Nye sjømilitære komponenter på vestlig side i 2020 vil være:

- Utstrakt bruk av ubemannede farkoster fra tradisjonelle moderfartøy
- Store landbaserte UAVer i havovervåkningsrollen
- Middels store hurtiggående fartøyer i selvstendige roller
- Ballistisk missilforsvar fra fartøyer
- Langtrekkende sjøbaserte missiler med kommunikasjonslink
- Et omfattende nettverk for mottak og analyse av AIS-signaler
- Høyt teknologisk overvåkning av havneområder
- Deployerbare sensornettverk for overvåkning og antiterror

## **4 LUFTPLATTFORMER OG LUFTLEVERTE VÅPEN**

### **4.1 Generelle trender**

De vestlige land med USA i spissen har høstet mange luftmilitære erfaringer de senere årene, spesielt fra de to krigene mot Irak og konfliktene i Kosovo og Afghanistan. Som vanlig er det i USA at det meste av teknologiutviklingen skjer, men Europa henger også godt med på mange områder. Norge vil også i fremtiden måtte regne med å anskaffe sine luftplattformer fra utlandet.

En rekke nye bemannede fly- og helikoptertyper er nylig, eller blir snart, ferdigstilt for operativ bruk i de vestlige land. Disse plattformene vil prege den militære maskinparken i minst et par tiår fremover. I påvente av neste generasjon luftplattformer, og med usikkerhet rundt de kommende ubemannede systemers gjennomslagskraft, er det grunn til å tro at nyutvikling av bemannede luftfarkoster vil være et lite dynamisk felt de kommende årene.

I årene fremover vil man se at tradisjonelle bemannede fly og helikoptre vil få sterk konkurranse fra ubemannede farkoster. UAVer blir stadig mer kapable og autonome, og kan utføre oppdrag som bemannede plattformer ikke evner, og det til en lavere kostnad. I tillegg til tradisjonell overvåkning og etterretning, vil man se stadig større bruk av UAV som våpenbærer, og da spesielt gjennom utviklingen av førerløse kampfly (UCAV).



Stadig økende krav til fart og rekkevidde gjør at oppdrag som tradisjonelt har blitt løst av helikoptre vil bli utført av fly med VTOL-kapasitet (Vertical Take-Off and Landing). Et godt eksempel på dette er utviklingen av tiltrotorteknologi og fremveksten av andre innovative løsninger.

Evnen til å levere våpen på stor avstand, og helst utenfor rekkevidden til motstanderen, vil fremdeles stå sentralt. Stadig flere fly får kryssermissiler, og det er en klar trend at missiler og bomber blir stadig mindre, noe som tillater flere våpen i lasten. Mindre våpen muliggjør dessuten at hele våpenlasten kan bæres innvendig for å redusere plattformens radarsignatur.

## 4.2 Kampfly

Kampfly representerer det kanskje mest slagkraftige elementet i mange lands forsvar. Man har sett en omfattende nyutvikling på denne sektoren, hvor elementer som stealth og nettverking står i fokus (33). Fysikkens lover setter imidlertid klare begrensninger for ytelsesøkninger i fart, manøvrerbarhet og rekkevidde i forhold til forrige generasjon kampfly.

To av de mest omtalte kampflyprogrammene for tiden er de amerikanske F-35 Joint Strike Fighter (JSF) og F/A-22 Raptor. JSF er et vidtfavnende program for å erstatte flere av dagens multirolle- og angrepsfly. Industrien er aktivt involvert, og flere partnerland deltar i utviklingen. Flyet er skreddersydd for nettverksbaserte operasjoner og kommer i tre utgaver (F-35A, B og C). US Army, Navy, Marine Corps og UK Navy skal etter dagens planer ha til sammen ca. 2600 fly, og potensialet for salg ellers i verden anses som meget betydelig. Flyet planlegges operativt fra 2010.

F/A-22 Raptor er derimot et nasjonalt program, og ikke åpent for deltakelse fra andre nasjoner. Dette nye flyet skal sikre amerikanerne teknologisk overlegenhet i luften, også i forhold til allierte. Raptor blir et svært stealthy fly og skal fly supersonisk uten bruk av etterbrenner, noe som sikrer lavt drivstofforbruk og lav IR-signatur. Raptor planlegges operativt fra 2005, og de første flyene er allerede levert.

De nyeste kampflyprogrammene i Europa er samarbeidsprosjektet Eurofighter (EADS), franske Rafale (Dassault) og svenske JAS 39 Gripen (SAAB).



Figur 4.1 De nye amerikanske flyene Joint Strike Fighter (venstre) og Raptor (midten) har relativt like flyskrog i forhold til europeiske Eurofighter (høyre)

Norge har i dag 57 F-16 som er modne for utskiftning rundt 2015. En aktuell erstatter er det amerikanske JSF, og Norge er med som lavnivå partner i dette programmet. Andre europeiske fly som Eurofighter, Rafale og Gripen er også i søkelyset.

### 4.3 Andre fly

#### 4.3.1 Bombefly

Under Irak-krigen ble gamle bombefly som B-1 og B-52 brukt med stor suksess ved siden av de mer moderne og stealthy B-2 og F-117. Det foreligger ingen klare planer om nye amerikanske bombefly, men det er mulig at en større, bombebeholdende versjon av F/A-22 vil komme.

Det er vanskelig å se for seg at Norge skulle anskaffe en regulær bombeflykapasitet i overskuelig fremtid.



Figur 4.2 De eldre amerikanske bombeflyene B-1 (venstre) og B-52 (høyre) spiller fremdeles en viktig rolle i moderne krigføring (34)

#### 4.3.2 Overvåkningsfly

Den gamle arbeidshesten P-3 Orion for maritim overvåkning må snart fases ut. US Navy skal erstatte sine Orion med et nytt Multi-Mission Maritime Aircraft (MMA), et Boeing 737 jetfly. MMA skal leveres fra 2013, og hovedrollen vil være ASW. Flyet skal samvirke med BAMS UAV (Broad Area Maritime Surveillance), en stor UAV som skal utpekes i 2005 og leveres fra 2009. MMA skal kunne bære våpen, mens BAMS er ubevæpnet.

Norge trenger også å skifte ut sine Orionfly rundt 2020, og MMA vil være en aktuell erstatter. Deltakelse i MMA-programmet som partnerland er også en mulighet for Norge.

Innen landovervåkning utvikles nå flyet MC2A (Multi-Sensor Command and Control Aircraft), som skal etterfølge dagens JSTARS og AWACS. Det planlegges med fem operative fly i 2012. Flyet skal få en helt ny syntetisk apertur radar med MTI-modus mot bakkemål og kryssermissiler, og skal også kunne utøve kontroll av egne UAVer. En versjon av radaren for MC2A skal brukes i NATOs kommende bakkeovervåkningsfly AGS.

I tillegg utvikles EK-flyet ACS (Aerial Common Sensor) for US Army og Navy; flyet skal introduseres i 2009, og erstatte en serie andre flytyper som brukes til EK-formål.



Figur 4.3 MMA (venstre) og MC2A (høyre) er to nye amerikanske overvåkningsfly for hhv. sjø og land

#### 4.3.3 Transportfly og andre fly

USAF får i disse dager levert sitt siste C-17 Globemaster III (Boeing) transportfly for strategisk luftløft av tropper og materiell. USA satser ellers sterkt på tiltrotorteknologi for taktisk trosspenntransport. V-22 Osprey (Bell/Boeing) står sentralt her.

Europas manglende evne til strategisk lufttransport vil bli bøtt på med det kommende transportflyet A400M (Airbus). Syv europeiske land har bestilt til sammen 180 maskiner, og flyet skal leveres fra 2009.

De norske C-130 Hercules er svært nær enden av sin levetid, og må erstattes av et nyere transportfly. Aktuelle kandidater kan være nyere versjoner av C-130 eller andre mindre fly, eventuelt større fly som C-17 eller A400M.

Man ser et stadig økende fokus på egenbeskyttelse mot bakke-til-luft våpen. Se kapittel 8 om EK for mer om tiltak for egenbeskyttelse.

## 4.4 Helikoptre

### 4.4.1 Kamphelikoptre

Under Golfkrigen i 1991 gjorde det amerikanske kamphelikopteret AH-64 Apache (Boeing) stor suksess, noe som gjorde helikopteret ”hot” utover 90-tallet. Populariteten fikk imidlertid en knekk under krigen i Kosovo i 1999, der maskiner gikk tapt under trening, og det av forskjellige grunner ikke kom til anvendelse i stridshandlinger.

De siste konfliktene i Afghanistan og Irak har tydeligere understreket helikoptres sårbarhet overfor bærbart antiluftsskyts (MANPADS) og håndvåpen.

For tiden utvikles det ingen nye dedikerte kamphelikoptre, verken i USA eller andre steder. Et unntak fantes i det nylig (mars 2004) terminerte programmet RAH-66 Comanche (Boeing/Sikorsky), et bevæpnet og stealthy rekognoseringshelikopter for US Army. Comanche har sine røtter helt tilbake til 1981, og ble av mange ansett som et kaldkrigsprosjekt og lite relevant for dagens stridsmiljø. Men vel så viktig for beslutningen om å terminere Comanche var nok et behov for å frigjøre midler til beskyttelsestiltak for operative helikoptre og andre luftfartøy. Dette behovet ble veldig synlig i Irak, spesielt i stabiliseringsfasen etter krigens offisielle slutt.

Det er verdt å merke seg at mange store operatører av kamphelikoptre går for kraftig oppdatering av eksisterende materiell, heller enn nyanskaffelse. Et eksempel på dette er USMC oppgradering av AH-1 til AH-1Z versjon. US Army har også et pågående program for å oppgradere alle sine Apache fra A-versjonen til den mye mer kapable D-versjonen Longbow.



*Figur 4.4 Apache Longbow (venstre) er kanskje dagens mest potente angrepshelikopter. Det modne programmet Comanche (høyre) ble terminert våren 2004 for å frigjøre midler til bl.a. oppgradering av andre luftplattformer*

Europa har også en håndfull mer eller mindre moderne kamphelikoptre i sine rekker. Her kan nevnes det fransk-tyske Tiger (Eurocopter) og italienske A-129 Mangusta (Agusta). Russland sliter med finansieringen for sine Mi-28 Havoc (Mil) og Ka-50/52 Black Shark/Alligator (Kamov). Storbritannia og Nederland på sin side går for Apache. Alle disse helikoptrene er relativt nye innslag i de respektive lands forsvar, og vil nok være til stede i de nevnte lands styrker i mange år fremover.

Bemannete helikoptre vil merke en stadig sterkere konkurranse fra UAV i årene som kommer. Israel er allerede i ferd med å dreie fokus bort fra angrepshelikopter og over på væpnet UAV i det de ser for seg som en fremtidig vedvarende lavintensitetskonflikt i hjemmeområdene (35).

Norge har tidligere gjennom flere år blitt anmodet om å anskaffe stridshelikoptre gjennom NATOs styrkemålprosess. Forsvarsstudie 2000 (FS 2000) fastslår at Forsvaret ikke har råd til en

slik kapasitet på denne siden av 2010, og stridshelikoptre er heller ikke med i dagens styrkemål for Norge. En ny vurdering av behov og muligheter for denne kapasiteten bør derfor vente noen år, og da vurderes opp i mot ubemannete farkoster.

#### 4.4.2 Andre helikoptre

Helikoptre i dag brukes i mange forskjellige roller i tillegg til angrepsrollen, fra ren transport av tropper og materiell til eskorte, redningsoppdrag og rekognosering. Helikoptre brukes til lands og til sjøs, med eller uten våpen om bord.

Det finnes i dag et vell av ulike helikoptre til å fylle disse oppgavene. De fleste er gamle og velprøvde plattformer, men det finnes også noen som er ferdigutviklet de seneste årene. Mest kjent i Norge er nok kandidatene for fregatthelikopter på Nansen-klassen: NH-90 (NH Industries), S-92 Helibus (Sikorsky) og EH 101 Merlin (EH Industries).

Det er ikke bare produsentene av stridshelikoptre som sliter med manglende nyutvikling og tomme ordrebøker, dette gjelder for alle helikoptertyper. Tendensen er at operative behov søkes dekket gjennom modifisering av, eller alternativ bruk av, allerede eksisterende helikoptre. Fremtidens styrker vil fremdeles trenge VTOL-kapasitet på sine plattformer, men stadig økende krav til fart og rekkevidde gjør at man muligens vil se en fremvekst av fly med VTOL-kapasitet på bekostning av tradisjonelle helikoptre. I USA satses det sterkt på tiltrotorflyet V-22 Osprey (Bell/Boeing) for bruk av bl.a. spesialstyrker, men dette programmet har hatt mange problemer og er blitt vesentlig dyrere enn planlagt.



*Figur 4.5 Norge har valgt NH-90 (venstre) som organisk helikopter på sine fregatter. USA satser på tiltrotorflyet Osprey (høyre) for taktisk troppetransport*

## 4.5 Ubemannete luftfarkoster

### 4.5.1 UAV

Man har de siste par tiårene sett en rivende utvikling innen ubemannete luftfarkoster. Dagens UAVer kommer i alle størrelser og fasonger, fra de helt store med flere titalls meter vingespenn, til mikro-UAVer som får plass i lommen. UAVer kommer med eller uten rotor, med flere forskjellige fremdriftsløsninger, de kan bære våpen og en hel rekke ulike sensorlaster.

Primærrollen til UAVer har tradisjonelt vært overvåkning og til en viss grad kommunikasjon. Mini-UAVer brukes også til næroppklaring. UAVer flest er ikke tiltenkt rollen som våpenbærer, men noen typer har like fullt blitt modifisert for slik bruk. Mest kjent er Predator med Hellfire luft-til-bakke missiler, og i Irak-krigen var også Predator for første gang involvert i luftkamp med et jagerfly (UAVen tapte). Stadig flere våpentyper integreres nå på UAV, og ”Hunter-Killer UAV” er i ferd med å bli et nytt begrep; US Army er i ferd med å anskaffe en rekke slike (36).

Det finnes ikke så mange UAVer med rotor, og teknologiutviklingen her ligger generelt noen år etter fixed-wing UAVer. Mest kjent er kanskje Fire Scout for US Army/Navy, et helikopter som også inngår i FCS (jf. kapittel 2.3). DARPA har flere programmer for UAV med rotor eller hybridløsninger, her kan nevnes A-160 Hummingbird (Frontier) og det innovative X-50 Canard Rotor/Wing (Boeing).

Norge har besluttet å anskaffe UAVer, men noe valg av type er ikke gjort ennå. UAVene skal primært inngå i den norske ISTAR-bataljonen som er besluttet opprettet ifm. St.prp. nr. 42.

Det er verdt å merke seg at mange mindre UAVer har klare værbegrensninger (sidevind, ising).



*Figur 4.6 Dagens UAVer finnes i alle størrelser og fasonger. Øverst: Global Hawk og Predator er store og etter hvert velprøvde sensorplattformer; Predator leverer også våpen mot bakkemål. Nede venstre: 2 kg tunge Dragon Eye kan puttes i ryggsekken, og brukes til taktisk rekognosering for mindre forband. Nede høyre: DARPA utvikler flere mikro-UAVer; WASP MAV (Micro Air Vehicle) har utholdenhetsrekorden på nær 2 timer*

#### 4.5.2 UCAV

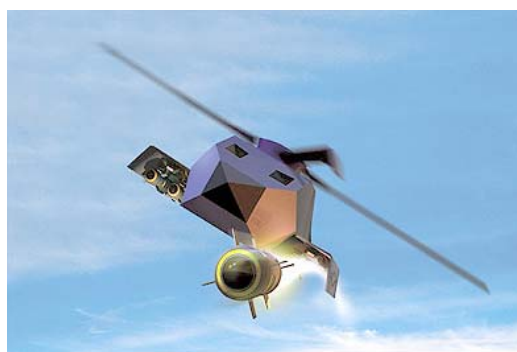
En UCAV (Unmanned Combat Aerial Vehicle) er en UAV som fra grunnen av er designet for å bære våpen. En UCAV kan derfor konseptuelt også ses på som et kampfly uten pilot. UCAV ventes å kunne revolusjonere kampflysektoren om få tiår. UCAV tenkes brukt til høyrisiko-oppgaver, spesielt bekjempelse av luftvern. Man tenker seg at UCAV i første omgang skal støtte og avlaste bemannede kampfly, og på sikt kanskje erstatte dem helt.

En UCAV forventes å ha vesentlig mindre slitasje enn kampfly pga. lite behov for trening. Dette gjør at plattformene vil vare lenger og ha lavere driftskostnader. Dagens eksisterende og planlagte UCAVer er alle stealthy og flyr subsonisk.

Det finnes en håndfull UCAV-programmer, mest kjent er nok det amerikanske Army/Navy/DARPA-programmet J-UCAS (Joint Unmanned Combat Aerial System). J-UCAS skal kunne bære samme våpenlast som JSF, men koste betydelig mindre. Også strålevåpen kan få en plass i dette systemet. J-UCAS blir et subsonisk system (mach 0,85). Prototyper flyr allerede, og første operative versjon (for bruk mot fiendtlig luftvern) leveres i 2007/2008.

Franske Dassault leder arbeidet med å bygge den europeiske UCAV-demonstratoren Neuron i de kommende årene. Neuron blir et heleuropeisk produkt, billigere enn kampfly, og skal brukes i farlige oppdrag. Svenske SAAB utvikler også en UCAV kalt SHARC, og kan med sin erfaring bli en potensielt viktig samarbeidspartner i Neuron-prosjektet. Første Neuron-flight forventes i 2008.

Det utvikles også UCAV-systemer med rotor. Mest fremtredende her er UCAR-programmet (Unmanned Combat Armed Rotorcraft) til US Army/DARPA. Northrop Grumman og Lockheed Martin konkurrerer med hvert sitt design, og vinneren, som kåres i 2009, skal inngå i US Armys Future Combat Systems. UCAR skal brukes i miljøer hvor det trengs ildstøtte fra helikopter, men hvor det er for farlig å operere for vanlige kamphelikoptre. Strid i bebygde områder (SIBO) kan vise seg å bli en viktig anvendelse av UCAR.



Figur 4.7 Artistisk gjengivelse av plattformene i DARPA-programmene J-UCAS (venstre) og UCAR (høyre). Stealth er en fellesnevner for slike systemer

### 4.5.3 Luftskip og ballonger

Forsvar mot ballistiske missiler og kryssermissiler står høyt på agendaen i USA. Dette skal gjøres ved bruk av eleverte radarsensorer nettet med egnede motmissilssystemer. Luftskip og ballonger er potensielt gode plattformer for slik overvåkning, da de er relativt billige og har svært lang utholdenhet sammenlignet med f.eks. fly (37). Systemet JLENS (Joint Land Attack Cruise Missile Defence Elevated Netted Sensor System) skal bestå av 70 m lange aerostater fortøyd til bakken, utstyrt med overvåkings- og ildledningsradar. JLENS skal først og fremst brukes for beskyttelse av styrker i utenlandsoperasjoner, og planlegges tatt i bruk i 2012.

Luftskip har dessuten en enorm løftekapasitet, men det er høyst usikkert i hvilken grad de vil bli tatt i bruk til militær transport.



*Figur 4.8 Et høytsvevende program: JLENS aerostat skal brukes til forsvar mot kryssermissiler ved baser utenlands*

## 4.6 Luftleverte våpen

### 4.6.1 Missiler

En ny generasjon luftleverte kryssermissiler utgjøres av JASSM (US) og Storm Shadow (UK). JASSM (Joint Air-to-Surface Standoff Missile) er stealthy, flyr subsonisk og har en sannsynlig rekkevidde på 400 km. Missilet skal gjøres tilgjengelig på de fleste amerikanske fly, og produksjonen startet i 2004. Det britiske Storm Shadow ble for første gang brukt i Irak i 2003.

Joint Common Missile (JCM) er et nytt luft-til-bakke våpen som skal erstatte missilene Hellfire og Maverick rundt 2009. Nye luft-til-luft missiler er også på trappene; se kapittel 5 for mer om missiler.



Nye luft-til-bakke og luft-til-luft våpen vil kunne styres av andre aktører enn selve leveringsplattformen. Dette vil være nok et steg i retning av å overflødiggjøre piloten og bidra til å påskynde overgangen til ubemannet luftrom.

#### 4.6.2 Bomber

Tiden for slipp av ustyrte bomber ser nå definitivt ut til å være omme. Tidligere ”dumme” bomber gjøres nå presise ved å installere såkalte JDAM-kits; JDAM (Joint Direct Attack Munition) er essensielt en løsning som lar bomber bruke GPS/INS-navigasjon for å treffe forhåndsprogrammerte koordinater. I tillegg har man nå muligheten til å montere på wing-kits som mer enn dobler dagens rekkevidde.

Den neste forbedringen på bombesektoren vil være bruk av GPS-styrte bomber mot bevegelige mål. Dette vil kreve oppdatering av målkoordinater underveis i flukt vha. datalink.

Treffsikkerheten med presisjonsstyrte våpen, både bomber og missiler, er nå blitt så god at man har gått over til å konsentrere seg om å gjøre våpnene mindre, slik at man kan bære flere våpen i samme last. Mindre og mer presise bomber minimerer også utilsiktet skade på omgivelsene. Small Diameter Bomb (SDB) er en 250 pund tung presisjonsbombe som skal ha samme effekt i relevante mål som dagens 2000 pund JDAM-bomber. SDB skal tilpasses de fleste amerikanske bombe- og kampfly, og leveres fra 2005.



*Figur 4.9 Slank, men kraftig: Small Diameter Bomb er 190 cm lang og bare 19 cm bred. Bomben bærer 20 kg sprengstoff og skal tilpasses de fleste amerikanske bombe- og kampfly*

#### 4.7 FoU-trender

De mest spennende fremtidsvyene for militærteknologi finnes i det amerikanske forskningsbyrået DARPA (38). I tillegg til å være sterkt involvert i eksisterende amerikanske UCAV-programmer, forsker DARPA på teknologi som vil gjøre det mulig for en luftfarkost dynamisk å endre form under flyging. Programmet ”Morphing Aircraft Structures“ henter sin inspirasjon fra fugleriket, og vil kunne tillate et enkelt luftfartøy å utføre flere og radikalt forskjellige typer oppdrag.

Et annet interessant DARPA/USAF-program er Falcon (Force Application and Launch from Continental US), som er en konsept- og teknologiutvikling for et romfly. Innen 2010 skal det

bygges en demonstrator som skal fly i mach 6 i 100 km høyde, og bære en 500 kg bombe. Et ekte romfly kan være ferdig innen 2025, fly opp mot mach 10 og bære fem tonn våpen. Dette flyet vil kunne forflytte seg 17 000 km på to timer og gi USA et instrument for meget rask global utøvelse av militærmakt. Det gjenstår imidlertid å se om et slikt operativt militært romfly vil bli realisert.

Et annet spennende forskningsfelt innen hypersonisk flyging er scramjet-teknologi. Scramjet-motorer er spådd å kunne oppnå hastigheter på hele mach 15, og har potensial til å revolusjonere våpenlevering i første omgang og luftfart generelt på sikt (39). NASAs eksperimentelle ubemannete farkost X-43A Hyper-X satte i november 2004 den foreløpige fartsrekorden på nær mach 10.



*Figur 4.10 NASAs 3,7 m lange scramjet-demonstrator X-43A fløy i november 2004 i nær mach 10. Scramjet-motorer er spådd å kunne revolusjonere luftfart i fremtiden*

## 4.8 Oppsummering

En ny generasjon kampfly er på vei inn i de vestlige lands arsenaler, og vil dominere den militære maskinparken i minst et par tiår fremover. Bemannede kampfly vil etter hvert bli avlastet og på sikt kanskje erstattet helt av ubemannete plattformer (UCAV og Hunter-Killer UAV). Dagens UCAV-prototyper demonstrerer stadig nye kapabiliteter, og om visjonene slår til, vil ubemannete systemer dominere på fremtidens slagmark.

Bemannete luftfarkoster generelt utfordres stadig sterkere av ubemannete systemer. Det finnes svært mange forskjellige UAV-systemer på markedet i dag, og mange nye er under utvikling. UAVer vil bli et meget viktig element i mange lands forsvar, og vil kunne påta seg stadig flere roller i årene fremover. Dagens modeller har imidlertid en del klare operative begrensninger.

Man ser svært lite nyutvikling på helikoptersektoren i dag, og tendensen er at operative behov søkes dekket gjennom oppdatering eller alternativ bruk av allerede eksisterende helikoptertyper. Spesielt kamphelikoptre vil merke en stadig økende konkurranse fra ubemannete bevåpnede farkoster.

Luftleverte våpen har fått vesentlig øket presisjon, og utviklingen fokuserer nå på å gjøre våpnene mindre og mer slagkraftige. Gamle og velprøvde bomber har ved enkle grep fått økt rekkevidde og presisjonsstyring, og vil snart også kunne brukes mot bevegelige mål.

## **5 MISSILER**

### **5.1 Generelle trender**

En ny generasjon kryssermissiler (Tactical Tomahawk, JASSM, Storm Shadow, TAURUS) er nå på vei inn hos våre største allierte, og disse våpnene vil trolig bli videreutviklet i flere tiår fremover. Et par alternative utviklingsbaner er vesentlig enklere og billigere kryssermissiler, og høyhastighetsmissiler.

Innen luft-til-bakke sektoren vil introduksjon av nye missiler i USA først skje fra ca. 2010. Spesifikasjonene for dette nye missilet er nylig offentliggjort.

Innen bakke-til-luft sektoren er Missile Defense en teknologidriver. Samtidig har krigene i Irak og Afghanistan vist hvor effektive selv meget enkle luftvernraketter fortsatt kan være mot helikoptre.

En annen trend er at sjømålsmissiler også får en landmålskapasitet. Dette gjelder både amerikanske, franske og svenske systemer, og vurderes også for norske NSM.

### **5.2 Kryssermissiler**

”Gamle” Tomahawk (sjøbasert) og konvensjonelle luftbaserte (CALCM) kryssermissiler har blitt brukt i stort omfang under de seneste konfliktene der USA har vært involvert. En ny generasjon kryssermissiler er på vei inn hos vestlige nasjoner (se tabell 5.1). Disse våpnene vil trolig bli videreutviklet i flere tiår fremover. For de våpnene som fortsatt ikke har datalink, er dette et naturlig neste steg. I tillegg kan det forventes flere typer stridshoder og videreutvikling av terminalfasestylingen. Det er velkjent at USA ønsker meget nøyaktige alternativer til GPS-navigasjon for en senere versjon av Tactical Tomahawk, og terrengnavigasjon basert på de stadig bedre globale digitale terrengmodellene kan derfor få en renessanse.

Missil	Land	Plattform	Operativ	Kommentar
Tactical Tomahawk	US Navy, Royal Navy	Skip, UVB	2005	Videreutvikling av Tomahawk Stridshode: 450 kg Rekkevidde: 2800 km Datalink Ikke stealth
SLAM-ER	US Navy	Fly, Skip	2000	Videreutvikling av Harpoon Stridshode: 220 kg Rekkevidde: 250 km Datalink Ikke stealth
Joint Air-to-Surface Standoff Missile (JASSM)	US Air Force	Fly	2006	Stridshode: 432 kg Rekkevidde: 400 km Stealth
Storm Shadow / SCALP EG / SCALP Navale	Storbritannia, Frankrike	Fly, Skip, UVB	2003	Brukt for første gang i Irak 2003 Stridshode: 450 kg Rekkevidde: 350 km Stealth Ikke datalink
TAURUS	Tyskland, Sverige	Fly	2005	Stridshode: 450 kg Rekkevidde: 350 km Stealth Ikke datalink

Tabell 5.1 En ny generasjon kryssermissiler er på vei inn i USA og Europa. En omfattende videreutvikling av disse missilene forventes de neste 10–15 år (31)



Figur 5.1 Britisk/franske Storm Shadow ble for første gang brukt (fra fly) under Irak-krigen våren 2003. Dette kryssermissilet har lav radarsignatur og et meget avansert stridshode. Rekkevidde for første versjon er ca. 350 km. Det vil også komme en maritim versjon etter 2010 med lengre rekkevidde

Det er i tillegg en ny trend i retning av vesentlig billigere kryssermissiler basert på hyllevarekomponenter, med lavere krav til fart, sprengkraft og radartverrsnitt. Affordable Weapon er et slikt system som nå testes av US Navy. Kun basert på hyllevarekomponenter og med begrenset

rekkevidde (1100 km) og størrelse på stridshodet (90 kg), forventes prisen på et slikt våpen å bli 30–40 ganger billigere enn dagens Tomahawk.

En annen interessant utviklingslinje er såkalte minimissiler. Disse er relativt billige, langtrekkende og primært tenkt brukt mot stridsvogner. Eksempler er amerikanske LOCAAS (skal kunne brukes fra kampfly, bombefly og rakettartilleri) og tyske Taifun. Begge vil være operative før 2010. LOCAAS er i tillegg militærteknologisk interessant fordi man her vil se en av de første operative anvendelser av laser-radar (ladar) som primær sensor i søkefasen. Også under det store Future Combat Systems (FCS) programmet til US Army planlegges det interessante nye missilsystemer for bruk i landstrid (se kapittel 2.3).

De aller fleste kryssermissiler som finnes i dag opererer under lydshastigheten. Dette er fordi det er mye enklere og billigere å lage subsoniske missiler. Subsoniske missiler er imidlertid ikke alltid raske nok til å bekjempe høyverdige tidskritiske mål. I USA ser man for seg scenarier der terrorister eller ”røverstater” forbereder et masseødeleggelsesvåpen som skal sendes mot USA eller allierte. Slike trusler kan bekjempes ved enten å skyte ned våpenet eller ødelegge plattformen før motparten får skutt. Det blir derfor sett på supersoniske (mach 1–5 ) og hypersoniske missiler (over mach 5) som har en vesentlig kortere flytid. USA har i dag ingen kjente supersoniske kryssermissiler, men har siden 1996 hatt forskningsprogrammer der teknologi for supersoniske og hypersoniske motorer og missiler er utviklet.

Frankrike har bygget kjernevåpenet ASMP som holder en hastighet på mach 3 i stor høyde og kan fly i mach 2 i lavere høyde. Russland har en rekke supersoniske kryssermissiler. Blant de mest kjente er Yakhont og Sunburn (Moskit) som begge er antiskipmissiler. Sunburn er også solgt til Kina. Russland har i samarbeid med India utviklet Brahmos som er et konvensjonelt antiskip kryssermissil med overlydskapasitet.

### **5.3 Luft-til-luft og luft-til-bakke missiler**

Hellfire og Maverick er eksempler på amerikanske missiler som i dag brukes av en rekke nasjoner fra kampfly eller helikoptre mot bakke- eller sjømål. Det viktigste utviklingsprogrammet på denne sektoren i dag er det amerikanske Joint Common Missile (JCM) som fra 2010 skal begynne å erstatte Hellfire og Maverick i de amerikanske styrkene. Lockheed-Martin er hovedkontraktør i design- og utviklingsfasen. JCM skal ha en søker med tre ulike modi:

- Laserstyring
- Passiv IR
- Millimeterbølgeradar

Rekkevidden vil bli 16 km fra helikopter og 28 km fra fly. Storbritannia har uttrykt interesse for å delta i JCM-programmet etter at de har fullført utviklingen av sitt Hellfire-derivat Brimstone. JCM vil kunne være et aktuelt våpensystem både for fremtidige norske kampfly og helikoptre.



*Figur 5.2 JCM (her under utprøving) skal erstatte Hellfire og Maverick på amerikanske fly og helikoptre fra ca. 2010. Piloten kan velge om missilet skal styres med laserpeking, eller om det skal bruke sin egen IR- eller radarsøker. Rekkevidden fra fly vil være ca. 28 km. Missilet vil være anvendbart mot stridskjøretøy, bygninger og mindre sjømål*

For luft-til-luftrollen baserer de fleste vestlige land seg på ulike varianter og nyutviklinger av kortholdsvåpenet AIM-9 Sidewinder og det vesentlig større radarheimende missilet AIM-120 AMRAAM for engasjement på lengre avstander. Norge tar som et av de første land i verden i bruk det europeiske Sidewinder-derivatet IRIS-T. En annen interessant missilfamilie som stadig videreutvikles er det israelske kortholdsmissilet Python.

Det europeiske METEOR-prosjektet er den mest interessante utfordreren til AMRAAM. Den radarheimende METEOR skal kunne engasjere mål på over 100 km avstand og fly i mach 4 med ramjet-motor. METEOR-kontrakten ble signert med 6 nasjoner i 2002, og missilet forventes ferdig utviklet i 2010. Det vil deretter trolig komme i bruk på kampflyene Typhoon, Rafale og Gripen.

På bakgrunn av dagens trusselscenarier synes ikke luft-til-luft missiler å være det feltet hvor den største utviklingen kan forventes. Det synes som om US Air Force legger mer vekt på stealth-egenskaper for flyene enn på stadig øket rekkevidde for missilene.

#### **5.4 Luftvernmissiler**

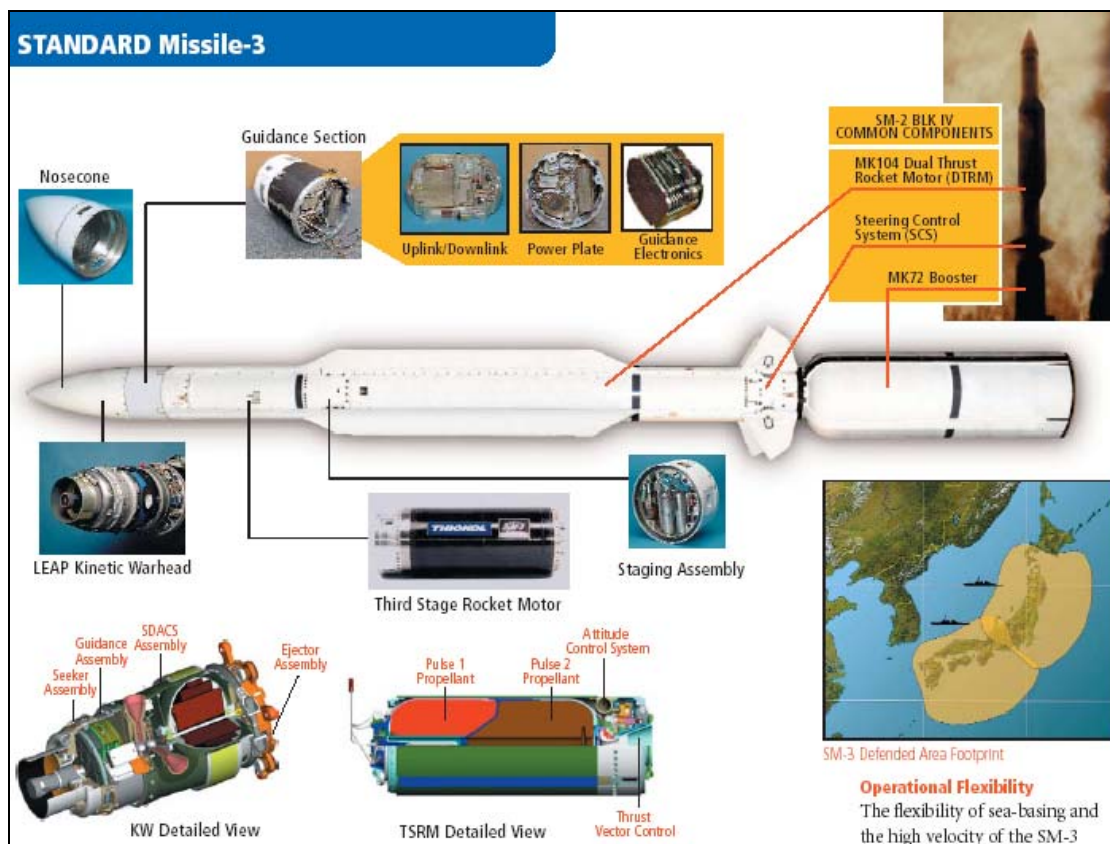
Norge har i dag NASAMS luftvern som benytter AMRAAM-missiler. Moderne luftvernssystemer har stor kapasitet mot ikke-vestlige kampfly og bombefly. Den viktigste teknologidriveren innen luftvern i dag, er derfor forsvar mot ballistiske missiler og kryssermissiler. Dette er to veldig forskjellige utfordringer; ballistiske missiler beveger seg langt raskere enn kampfly, mens kryssermissiler flyr langt lavere enn kampfly. Den viktigste nyvinningen synes å være at man går bort fra nærhetsbrannrør til fordel for direkte treff (hit-to-kill, direct impact). Dette muliggjøres av sensorutviklingen og stadig mer manøvrerbare missiler. Et økt fokus på mindre mål (missiler) gjenspeiler seg også i videreutviklingen av søkere og stridshoder for mer tradisjonelle luftvernmissiler. Stridshoder med flere og mindre

fragmenter gir økt sannsynlighet for treff, og søkere med både IR- og radarsensor blir mer aktuelt.

Basert på (de dårlige) erfaringene med bruk av Patriot mot Scud-raketter under Golfkrigen i 1991, har USA nylig introdusert Patriot PAC-3, som har et helt nytt missil i forhold til tidligere Patriot-versjoner. USA har i tillegg flere andre luftvernmissiltyper under utvikling:

- THAAD: Landbasert system som skal kunne engasjere mål opp til 150 km høyde, hvilket er betydelig høyere enn Patriot PAC-3
- Arrow: Landbasert system som utvikles i samarbeid mellom USA og Israel, med rekkevidde et sted mellom Patriot PAC-3 og THAAD
- Standard Missile 3 (SM-3): Sjøbasert system som skal kunne gjøre exo-atmosfærisk hit-to-kill mot ballistiske missiler
- Standard Missile 6 (SM-6, også kalt ERAM): En sammensmelting av Standard Missile og AMRAAMs søkerteknologi, primært med tanke på langtrekkende forsvar mot kampfly og kryssermissiler. Forventes operativ fra 2010

De nye norske fregattene har våpenkontrollsystemet Aegis og plass til ytterligere en missil-launcher modul, og er derfor rent teknisk gode kandidater for fremtidig innføring av SM-3 eller SM-6 for bidrag til forsvar mot ballistiske missiler eller kryssermissiler.



Figur 5.3 Standard Missile 3 (SM-3) vil få en sentral rolle i flere lands forsvar mot ballistiske raketter, deriblant USA og Japan. SM-3 kan på sikt være en interessant ny kapasitet også for de norske fregattene (bilde: [www.Raytheon.com](http://www.Raytheon.com))

Det viktigste luftvernmissilprogrammet i Europa er PAAMS/Aster, et system som skal benyttes på kommende britiske, franske og italienske destroyere og fregatter. Målet for Aster-30 missilet er å kunne avskjære mål i opptil 100 km avstand og 20 km høyde. Tilsvarende tall for den noe mindre Aster-15 er 30 km avstand og 10 km høyde.



*Figur 5.4 Patriot-3 missilet er primært basert på direkte treff, ikke nærhetsbrannrør. Missilet har en viktig rolle i terminalfasen i forsvaret mot ballistiske raketter. Det legges imidlertid inn mye innsats i USA for å utvikle systemer som kan stoppe ballistiske raketter allerede i oppskytningsfasen eller høyere opp enn Patriot-systemet*

En helt annen type luftvern er de små bærbare systemene (MANPADS), hvorav amerikanske Stinger er det mest kjente. Den viktigste trenden her er at slike systemer i stadig økende grad blir tilgjengelig for små nasjoner og ikke-statlige aktører. Nærforsvar mot helikoptre og lavtgående fly er ikke noe teknologidrivende felt i Vesten i dag. Det gjenstår å se om et vesentlig mer nettverksbasert forsvar vil kunne gjøre nytte av MANPADS mot kryssermissiler.

## 5.5 Ballistiske missiler

En rekke land i den tredje verden har anskaffet, eller forsøker å anskaffe, ballistiske missiler. Den mest interessante utviklingen på dette feltet er imidlertid amerikanske tanker om å konvertere noen av USAs interkontinentale atomraketter til konvensjonelle presisjonsvåpen for å kunne nå ethvert høyprioritert mål innen en times flytid, uansett sted på kloden, se også kapittel 5.2. Teknisk sett er dette mulig, og de strategiske konsekvensene ville vært betydelige. Men det er for tidlig å si om disse visjonene vil bli realisert i USA. I så fall vil de amerikanske interkontinentale missilene følge i samme spor som kryssermissilene som også opprinnelig ble laget for å bære kjernefysiske stridshoder. Rent teknisk må de interkontinentale missilenes presisjon i terminalfasen forbedres dersom de skal egne seg til presis levering av konvensjonelle stridshoder.

Anskaffelse av ballistiske missiler anses uaktuelt for Norge.



## 5.6 Sjømålsmissiler

Sjømålsmissiler har fått mindre prioritet etter den kalde krigens slutt. Det norske NSM-programmet er en av de få virkelige nyutviklingene. Behovet for meget selektiv våpenbruk i tett trafikkerte farvann synes imidlertid å tvinge fram en videreutvikling også av de to ”klassikerne” Harpoon (USA) og Exocet (Frankrike). For Harpoon planlegges f.eks. innføring av returlink med mulighet for operatørstyring og abort. Både Exocet MM40 Block3 og svenske RBS15 Mk3 kommer dessuten med mulighet for GPS-styring mot landmål før 2010. Det er ikke avklart hvorvidt NSM også vil få en landkapasitet. Se for øvrig kapittel 3.3 for mer om utviklingen innen sjømålsmissiler.

## 5.7 Oppsummering

Store land som USA, Storbritannia, Frankrike og Tyskland, tar i bruk nye kryssermissilssystemer før 2010. Disse systemene vil være viktige langtrekkende våpen i flere tiår fremover. Flere sjømålsmissiler får i tillegg en landmålskapasitet.

I kortholds luft-til-bakke-rollen vil det amerikanske Joint Common Missile trolig bli et svært viktig våpen fra ca. 2010. Missilet vil ha tre ulike søkersystemer.

Ballistisk missilforsvar synes å være den drivende faktoren for amerikansk utvikling innen luftvern, mens europeiske land gjennomfører to store programmer for hhv. luft-til-luft missiler (Meteor) og skipsbasert luftvern (PAAMS/Aster). Et viktig trendbrudd synes å være at luftvernmissiler nå går bort fra nærhetsbrannrør og heller primært baserer seg på direkte treff.

Det må forventes at USA vil ønske å utvikle en langtrekkende hypersonisk konvensjonell våpenkapasitet. Det gjenstår imidlertid å se om USA vil satse på konvertering av sine interkontinentale missiler eller om hypersoniske kryssermissiler vil bli foretrukket. Mulig bruk av romfly med våpenlast vurderes også.

## 6 ROMVIRKSOMHET

Allerede i 1945 lanserte britiske Arthur C. Clarke ideen om satellittkommunikasjon med sitt forslag om reléstasjoner i rommet. Oppskytingen av Sputnik i 1957 markerte starten på romalderen, og siden tidlig på 1960-tallet har satellitter vært brukt for kommunikasjon, navigasjon og observasjon.

Når satellitter først er skutt opp kan de bevege seg i årevis rundt jorda uten bruk av drivstoff. Satellitters omløpstid avhenger av banens radius. Kommunikasjonssatellitter går gjerne i geostasjonær bane (GEO) 36 000 km over ekvator med omløpstid 24 timer. Også satellitter for tidligvarsling av missiloppskytninger går i slike baner. Navigasjonssatellitter som amerikanske GPS og det kommende europeiske systemet Galileo går i mellomhøye baner med omløpstid ca. 12 timer. Overvåkningssatellitter som skal ta bilder med god detaljoppløsning går i lave jordbaner (LEO), typisk med banehøyde mellom 400 km og 1000 km med omløpstid ca. 100

minutter. I løpet av det siste tiåret har også flere kommersielle telekom-operatører introdusert satellitter i lav jordbane. Romfergen og romstasjonen går i enda lavere baner (mellom 200 km og 300 km), men her er luftmotstanden såpass stor at det behøves bruk av drivstoff med jevne mellomrom for ikke å miste for mye banehøyde.

Golfkrigen og krigene i Kosovo, Afghanistan og Irak viser et stadig økende behov for satellittjenester. GPS-mottaker er i dag en sentral komponent i nesten alt nytt militært utstyr. I det følgende vil status og viktige trender innen militær romvirksomhet bli presentert for hovedanvendelsene kommunikasjon, navigasjon og overvåking. Forhold knyttet til en ytterligere militarisering av rommet vil også bli belyst.

Det jobbes for tiden i EU med utvikling av en felles rompolitikk, bl.a. gjennom utarbeidelsen av "Headline Goals 2010" (40), et "White Paper" (41) og arbeidsgruppen ECAP Project Group "Space Assets" (42) hvor også Norge deltar.

## **6.1 Satellittkommunikasjon**

### **6.1.1 Status**

USA har i dag tre store familier av militære kommunikasjonssatellitter i bane:

- Milstar
- DSCS (Defense Satellite Communications System)
- UHF Follow-On (US Navy)

Milstar ble tatt i bruk i 1994 og består nå av fem operative satellitter i geostasjonær bane. Den første DSCS-III satellitten ble skutt opp i 1982, og de fire siste er sterkt forbedret med hensyn på kapasitet gjennom bedre forsterkere, mer sensitive mottakere og bedre antenneløsninger. Satellittene har seks SHF-transpondere og gir mulighet for både områdedekning og "spot beam" dekning. UHF Follow-On er primært utviklet for mobile brukere.

Det amerikanske forsvaret benytter også kommersielle Satcom-tjenester i stor grad (80 % av kommunikasjonen under operasjon Iraqi Freedom gikk via kommersielle satellitter, bl.a. Intelsat og Eutelsat). Sivile Inmarsat-terminaler har vært i utstrakt bruk på militær fartøyer siden Falklandskrigen, og i mars 2003 ble en Inmarsat reservesatellitt tatt i bruk for å bedre dekningen i forbindelse med Irak-krigen. Under krigen i Irak ble også lavbanesystemet Iridium benyttet som en av de mest pålitelige kommunikasjonsformene mellom styrkene. Det amerikanske forsvaret har også kontrakter med amerikanske Orbcomm for bl.a. å kunne spore egne kjøretøy vha. lavbanesatellitter (43).

Av de europeiske stormaktene er det i dag bare Tyskland som ikke har egne militære kommunikasjonssatellitter eller egne militære transpondere på sivile satellitter. Storbritannia har lengst erfaring, og opererer i dag fjerde generasjon av Skynet-familien.

Under operasjonene i Afghanistan leverte Telenor Satcom dataforbindelse (NORCCIS) til norske styrker. Norske KFOR-styrker på Balkan benytter VSAT-baserte mobile kommunikasjonsentre utviklet av Telenor i samarbeid med FLO/IKT. Disse gir norske tropper i utlandet sikker forbindelse til Forsvarets digitale nett.

### 6.1.2 Teknologiske trender og anskaffelsesplaner

Alle de tre amerikanske Satcom-systemene skal i løpet av få år fornyes:

- Advanced Extremely High Frequency (AEHF) skal etterfølge Milstar fra 2006
- Wideband Gapfiller (WGS) skal etterfølge DSCS fra 2005
- Mobile User Objective System (MUOS) skal etterfølge UHF Follow-On

Det amerikanske forsvarets behov for Satcom antas å øke utover den kapasitetsøkning som ligger inne i planverket for de militære satellittene (44). Dette betyr en stadig økende avhengighet av kommersiell Satcom til tross for at de militære satellittene blir stadig bedre.

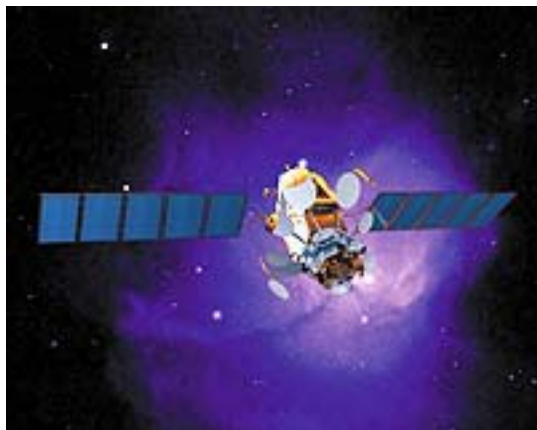
Britiske Skynet 5 bryter helt med utviklingen av tidligere systemer. Prosjektet baserer seg på PFI (Private Finance Initiative). Skynet 4 systemet ble solgt til Paradigm Services for £1, med forutsetningen at de skal drifte systemet inntil Skynet 5 overtar. Istedenfor å eie satellittene vil nå UK MoD være kunde av firmaet Paradigm. Avtalen mellom UK MoD og Paradigm gjelder for perioden 2003–2018. Paradigm vil være avhengig av å selge ledig kapasitet kommersielt utenfor UK MoD for å overleve økonomisk.

De to satellittene i Skynet 5 skal skytes opp til geostasjonær bane i 2006 og 2007, med operative tjenester fra hhv. mars 2007 og mars 2008. Det er også en opsjon på en tredje satellitt. Skynet 4 må være operativt minimum ut 2007, men det er opp til Paradigm om de vil fortsette driften etter dette. Selv om bakkestasjonene blir operert av Paradigm, vil de være fysisk sikret som om de var militære og de vil ligge på grunn eiet av UK MoD.

Også NATO går nye veier for å dekke alliansens fremtidige Satcom-behov: Etter at alliansen i mange år har eiet og operert egne satellitter, har man denne gang valgt å leie en tjeneste for de neste 15 år fra et konsortium av tre land: Frankrike (SYRACUSE), Italia (SICRAL) og Storbritannia (Skynet 4/5). Et felles NATO Mission Access Center skal opprettes for å koordinere bruken av de tre satellittsystemene.

Det er ellers verd å merke seg at Tyskland i 2004/2005 har en anbudsrunde for bygging av sine første militære kommunikasjonssatellitter.

Her hjemme bygger nå Forsvaret opp Forsvarets satellitterminal (FSAT) med en egen bakkestasjon. Denne vil kunne lese ned militære satellitter på X-bånd og sivile satellitter på Ku-bånd og C-bånd. For nasjonal kapasitet innen satellittkommunikasjon ønsker Forsvaret å kunne installere en eller flere transpondere på utenlandske satellitter. En mulig samarbeidspartner her kan f.eks. være Storbritannia (Skynet 5).



Figur 6.1 Med Skynet 5 tar det britiske forsvaret steget fra selv å eie sine militære kommunikasjonssatellitter til å bli en hovedkunde av et privat selskap som står for utvikling og operasjon av satellittene

### 6.1.3 Mulige trendbrudd

Dagens trend er at stadig mer av den militære satellittkommunikasjonen går via sivile satellitter. Dette gjøres først og fremst ved forholdsvis kortsiktige avtaler inngått med kommersielle selskaper, men er trukket enda lengre i Skynet 5. Et mulig brudd i denne trenden kan komme hvis det oppstår vanskeligheter med kommersielle selskaper med ustabil eierstruktur. Man kan også tenke seg problemer ved ulike, men samtidige, militære konflikter der flere av deltagerne er kunder av samme selskap. Noen av disse problemene kan reduseres ved løsninger som Skynet 5 der det britiske forsvaret i alle fall er *hovedkunde* av Paradigm.

Teknologisk sett representerer de langsiktige amerikanske militære planene for Transformational Satellite Communication (T-Sat) et dramatisk brudd. Dette systemet er tenkt å skulle erstatte de tre systemene AEHF, WGS og MUOS som nå er under bygging. Det planlegges bruk av optiske linker (laser) mellom satellitter i T-Sat-systemet og mellom høytflyvende fly/UAVer og satellittene. Dette vil kunne gi dramatisk økt båndbredde. Tabell 6.1 indikerer båndbreddeutviklingen. Det gjenstår å se om USA vil nå de ambisiøse tekniske målene for T-Sat i tide, eller om man vil få se ytterligere anskaffelser av f.eks. AEHF-satellitter.

	<b>Milstar-1 (1994)</b>	<b>Milstar-2 (2001)</b>	<b>AEHF (2008)</b>	<b>T-Sat (2012)</b>
Vanlig bilde	22 timer	2 minutter	24 sekunder	< 1 sekund
Global Hawk scene (102 Mbyte)	110 timer	12 minutter	2 minutter	<1 sekund
Space Based Radar scene (1 Gbyte)	880 timer	88 minutter	17 minutter	< 1 sekund

Tabell 6.1 Overføringstid for noen typiske bildeprodukter med ulike generasjoner av amerikanske kommunikasjonssatellitter. Merk den meget ambisiøse målsettingen for T-Sat. Fra (45)

## 6.2 Satellitnavigasjon

### 6.2.1 Status

Per i dag er GPS det eneste fullt operative satellitnavigasjonssystemet i verden. GPS er en konstellasjon av minimum 24 satellitter i bane, men på grunn av lengre levetid enn forventet på satellittene er det i dag 29 operative. Noen av disse vil snart fases ut, men nye skytes opp som erstatninger. Totalt er det skutt opp 50 GPS-satellitter, og fortsatt bygges andre generasjon GPS-satellitter (GPS-II). I tillegg til konstellasjonen av GPS-satellitter, benyttes geostasjonære satellitter bl.a. for utsendelser av korreksjoner for differensiell GPS.

NATO regner militær GPS som hovednavigasjonssystem i overskuelig framtid.

Den planlagte serien av GPS-IIR satellitter er noe utsatt, og satellittene blir oppgradert før oppskyting. Disse satellittene vil bl.a. ha radioforbindelser seg imellom, slik at kontrollsenteret kan kommunisere med ikke-synlige satellitter gjennom andre satellitter.

Det russiske systemet Glonass (Global Orbiting Navigation Satellite System) ble utviklet parallelt med GPS fra midten av 1970-tallet. Den første satellitten ble skutt opp i 1982, og systemet var komplett med 21 aktive og 3 reservesatellitter i 1995. I dag er systemet sterkt redusert med kun 8–10 operative satellitter.

Kina har gjennom de senere årene utviklet navigasjonssystemet Beidou. Tre satellitter i geosynkron bane er skutt opp i 2000 og 2003 for eksperimentering, og skal danne en regional tjeneste for veitrafikk, jernbanetransport og offshore operasjoner. Det første systemet skal ha fire satellitter; to operative og to i reserve. Kina er også svært interessert i deltakelse i det europeiske Galileo-systemet.

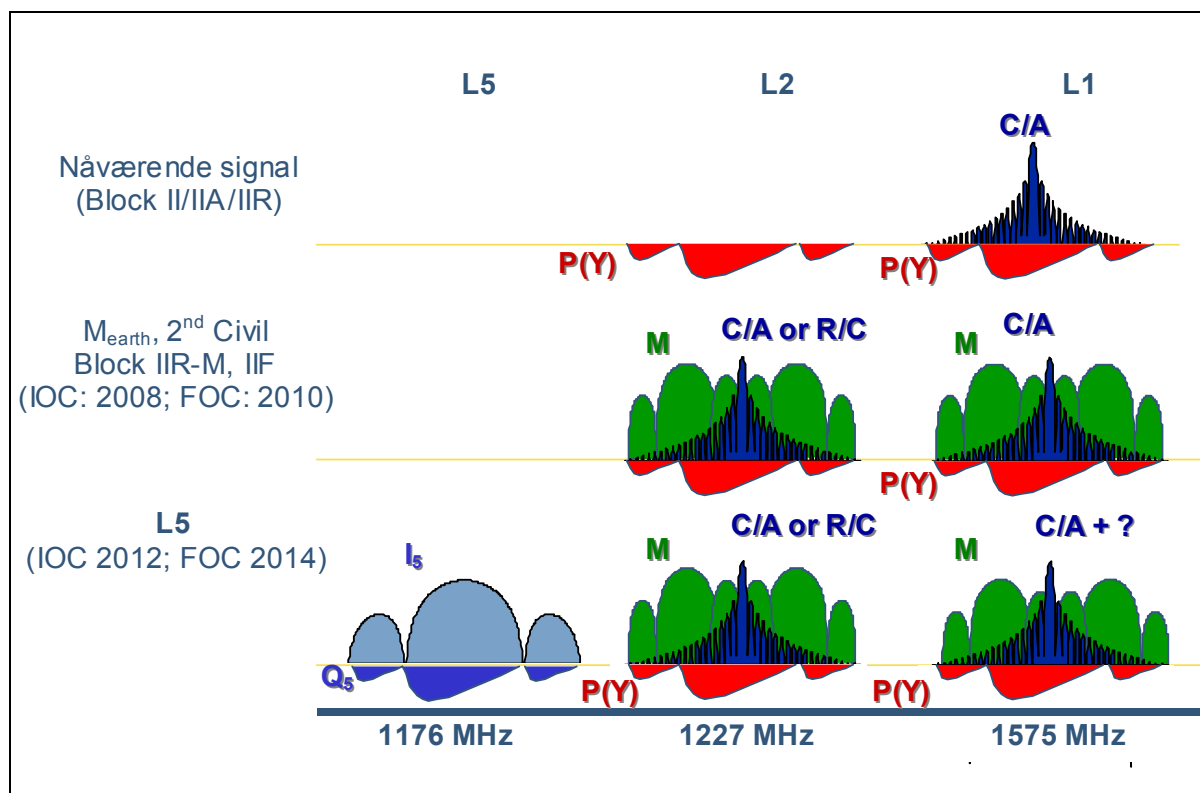
### 6.2.2 Teknologiske trender og anskaffelsesplaner

I Europa utvikles for tiden det sivile systemet Galileo i samarbeid mellom EU og European Space Agency (ESA). Galileo var planlagt å skulle være fullt operativt i 2008, men synes allerede å være fire år forsinket. Full konstellasjon vil bestå av 30 satellitter, hvorav 27 operative og 3 aktive reserver. Galileo vil ha en egen kryptert tjeneste PRS – Public Regulated Service. Denne vil gi kodebeskyttet tilgang til signalet for spesielle grupper av brukere f.eks. til statlig bruk. Det er ikke avklart om militære brukere vil være en slik gruppe, men systemet er i utgangspunktet utviklet for sivil bruk og nødnetter. Norge er med i Galileo-programmet.

GPS vil framover utvikles gradvis mot et GPS-III system. I dag sendes sivilt signal på L1-frekvensen (1525 MHz) og militært signal på L1 og L2 (1225 MHz). Sivile signal vil i framtiden også sendes på L2 og på ny frekvens L5 (1176 MHz). Foreløpig tidspunkt for innføring av L5 er satt til 2012–2014. I tillegg utvides med en ny M-kode for militært signal. Dette innføres for å bedre motstand mot jamming, se figur 6.2. M-koden er lagt inn i de oppgraderte GPS-II satellittene og forventes å være fullt operativ i 2013. En mulighet for å styre

signalstyrken fra satellittene – ”flex power” – blir også lagt inn i de oppgraderte GPS-II satellittene.

Bruk av M-kode (Military Code) vil kreve at mottaker har SAASM (Selective Availability Anti Spoofing Module). Dette er innført på nytt mottakerutstyr som leveres nå. SAASM er en grunnkomponent for økt sikkerhet. Systemet gir mulighet for lettere distribusjon av kryptonøkler. Det oppnås større autentisering av signalet, og gir også mulighet for nedlesning av ny kryptonøkkel via signalet.



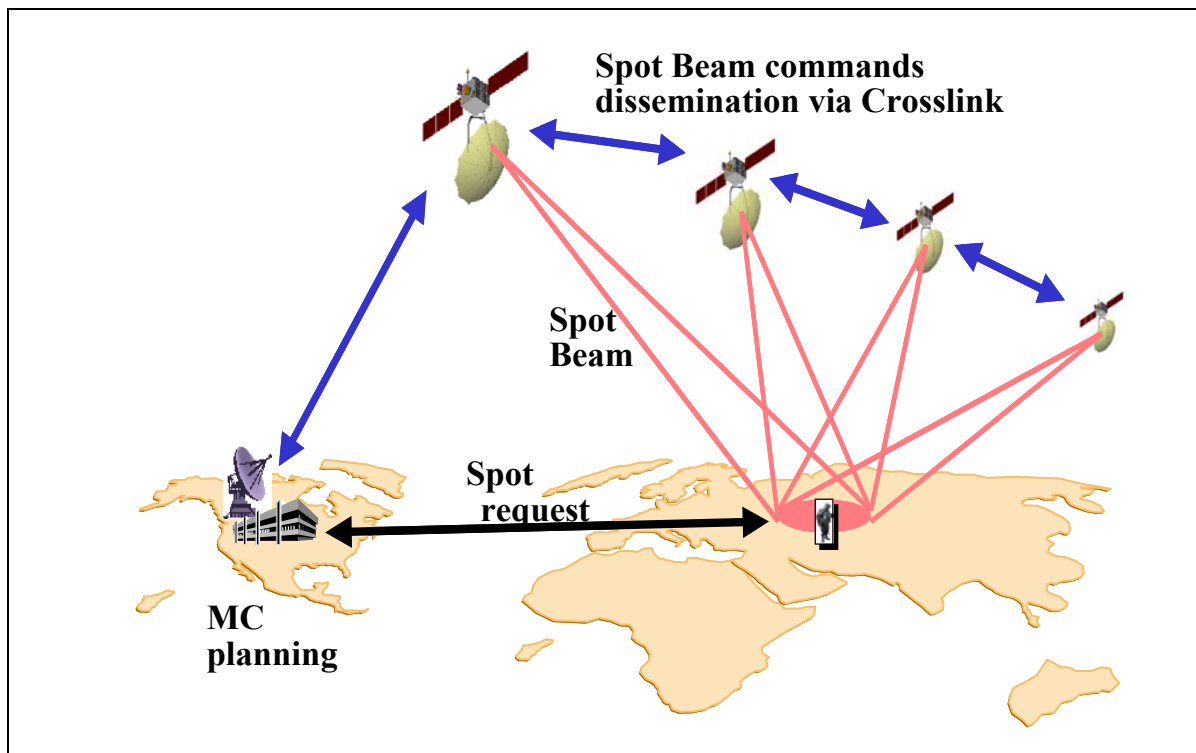
Figur 6.2 Innføring av nye GPS-frekvenser for sivile brukere og innføring av M-kode for militære brukere. M-kode gir bedre resistans mot jamming og forventes fullt operativt fra 2013

Den første GPS-III satellitten forventes skutt opp i 2012, med fullt operativt system i 2018. Disse satellittene vil ha mulighet for en kraftig ”spot beam”, der signalet over en valgt region kan forsterkes inntil 20 dB vha. en direktiv antenne (se figur 6.3). Med dette vil aktiv navigasjonskrigføring kunne bli en vesentlig mer aktuell taktikk for amerikanske og allierte styrker, da de militære GPS-signalene vil ligge langt over de sivile i intensitet.

### 6.2.3 Mulige trendbrudd

I dag er GPS det foretrukne systemet også blant europeiske militære styrker, og Galileo utvikles primært med sikte på sivile brukere og nødetater. Det gjenstår imidlertid å se i hvilken retning neste generasjon Galileo vil bli utviklet – vil EU på sikt introdusere nye militære funksjoner i

Galileo-systemet for at europeiske tropper på lang sikt skal bli mindre avhengig av amerikansk GPS? Det er ingen enighet om dette i Europa i dag (46).



Figur 6.3 GPS-III satellitt med "spot beam", der det militære signalet for et område forsterkes inntil 20 dB (dvs. signalet blir 100 ganger sterkere enn vanlig)

Det vil trolig komme kombinerte GPS/Galileo-mottakere som vil være mer nøyaktige i terreng hvor GPS alene har problemer, f.eks. i bygater med høye bygninger rundt. Det er viktig å veie fordelene ved bruk av slike mottakere opp mot risikoen for at Galileo kan bli jammet.

## 6.3 Satellittovervåkning

### 6.3.1 Status

USA er verdens klart ledende nasjon innen satellittovervåkning og har satellitter for en rekke typer overvåkning:

- Optiske bilder med høy oppløsning
- Termisk infrarøde bilder for observasjon om natten
- Radarbilder for observasjon gjennom skyer og om natten
- Peiling av radar og radiosystemer til lands og til vanns
- Avlytting av radiosamband
- Deteksjon av eksplosjoner og rakettoppskytninger

De fleste av disse overvåkningssatellittene går i lave jordbaner for å kunne ta detaljerte bilder. Varsling av rakettoppskytninger gjøres fra geostasjonær bane for å kunne ha kontinuerlig overvåkning.

En konsekvens av høy detaljoppløsning i satellittbilder er at området som bildet dekker er ganske lite. Dette skyldes begrensninger i detektorelektronikken, datalagringskapasitet om bord og båndbredde på nedlinken.

Frankrike har i noen år operert egne militære overvåkningssatellitter (Helios-1) i samarbeid med Italia og Spania. Neste generasjon Helios-satellitt, Helios-2, er ferdig bygget og ble skutt opp desember 2004 med enda bedre oppløsning. Denne satellitten vil også kunne ta bilder i det termiske IR-området (varmestråling).

Land som Israel og Japan har nylig blitt betydelige aktører innen militær satellittovervåkning. Det russiske spionsatellittprogrammet er derimot vesentlig redusert siden Sovjet-tiden.

Også innen satellittovervåkning har kommersielle aktører begynt å gjøre seg sterkt gjeldende. De kan ikke konkurrere med de beste militære satellittene i oppløsning, men tilbyr produkter som like fullt er av betydelig militær interesse. Satellitter som i skrivende stund er aktive i markedet er vist i tabell 6.2.

Satellitt	Beste oppløsning	Nasjonalitet
Quickbird	60 cm	Amerikansk
Ikonos	1 m	Amerikansk
Orbview	1 m	Amerikansk
Eros	2 m	Israelsk
Spot-5	2,5 m	Fransk

Tabell 6.2 En rekke kommersielle satellitter tilbyr nå optiske bilder med god oppløsning på markedet



Figur 6.4 Quickbird er den eneste av dagens kommersielle overvåkningssatellitter som tilbyr bilder med oppløsning i underkant av 1 meter (reklamebilde fra DigitalGlobe Inc)



Sivile radarsatellitter har foreløpig ikke samme yteevne som de optiske når det gjelder detaljoppløsning. Kanadiske Radarsat-1 kan som beste satellitt i dag tilby bilder med 10 m oppløsning. Radarsatellittene benyttes imidlertid mer for havovervåkning, hvor oppløsningsevne ikke er like kritisk.

Det norske forsvaret har i dag avtaler med Canada om kjøp av SAR-bilder fra Radarsat-1, primært for havovervåkning. Denne avtalen vil bli videreført og utvidet, fra ca. 300 til ca. 1000 bilder årlig. Avtalen vil bli videreført med bilder fra Radarsat-2 når denne blir operativ (antatt oppskyting er 2006). Det benyttes også SAR-bilder fra den europeiske Envisat. En del optiske bilder fra kommersielle satellitter anskaffes etter behov.

### 6.3.2 Teknologiske trender og anskaffelsesplaner

USA er i gang med en storstilt fornyelse av sine overvåkningssatellitter. Under programmet Future Imagery Architecture er en rekke satellitter med henholdsvis optisk/IR og radarsensorer under bygging hos Boeing. Programmet er kraftig forsinket, men første oppskyting kan trolig ventes i 2006/2007.

Det er mange radarsatellittprosjekter på gang i Europa og Canada med planer for oppskyting i perioden 2005–2007. I det følgende nevnes noen av disse.

Kanadiske RADARSAT-2 er under utvikling og finansieres av Canadian Space Agency og firmaet MacDonald Dettwiler. Den skal etter nåværende planer skytes opp i 2006 og settes inn i samme bane som Radarsat-1. Forbedringene fra Radarsat-1 er i første rekke høyere oppløsning, flere polarisasjonsmodi, kortere programmeringstid og raskere prosessering. Det vil være en egen militær modus hvor man vil forsøke å demonstrere Moving Target Indication (MTI). Norge har allerede inngått avtaler om kjøp av SAR-bilder fra Radarsat-2 for havovervåkning.

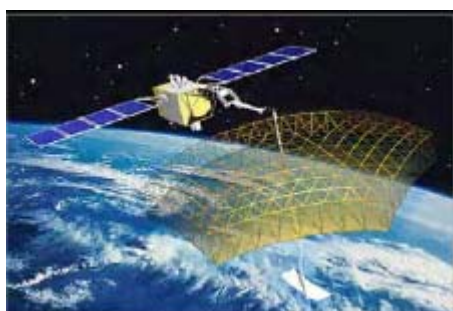
Italienske COSMO SkyMed er et "Dual use"-system for kombinert militær og sivil bruk. Systemet er en konstellasjon av fire satellitter i LEO (Low Earth Orbit), og skal skytes opp i perioden 2006 til 2013. Satellittene har en X-bånd SAR med ca. 1 meter oppløsning. Italienerne satser på mobile bakkestasjoner, for sikker nedlesning også ved f.eks. jordskjelv. COSMO SkyMed skal bl.a. benyttes for havovervåkning i Middelhavet. COSMO SkyMed inngår i en utvekslingsavtale med Frankrike, der Frankrike bidrar med optiske bilder.

Tyskland er Europas mest aktive nasjon innen utvikling av radarsatellitter. SAR Lupe er et ambisiøst program for militære radarsatellitter med meget høy oppløsning (< 1 m). SAR Lupe består av fem identiske satellitter i nær polar LEO fordelt på tre baneplan. Oppskyting vil foregå i perioden 2005–2007 med bruk av russiske bæreraketter. SAR Lupe er ikke laget med havovervåkning som formål fordi dette dekkes av andre satellitter og ville krevd en mer kostbar antenne. I tillegg bygges den sivile satellitten TerraSAR-X i Tyskland. TerraSAR-X er et offentlig-privat partnerskap mellom DLR (German Space Agency) og Astrium. Satellitten har

X-bånd SAR og vil bli skutt opp i 2005 med en vesentlig mer fleksibel radarantenne enn SAR-Lupe.

USA kjører for tiden et stort utviklingsprosjekt kalt Space Based Radar (SBR). Systemet skal være en konstellasjon av 9 satellitter og skal kunne levere SAR-bilder, MTI- og terrenginformasjon globalt. Prioriterte oppgaver vil være deteksjon og følgeing av kjøretøy og kryssermissiler. Kongressen vedtok imidlertid kraftige kutt i budsjettet for 2005, med ønske om at programmet foreløpig tas ut av innkjøpsplanene pga. for stor teknologisk usikkerhet. Det er derfor mulig at prosjektet blir terminert.

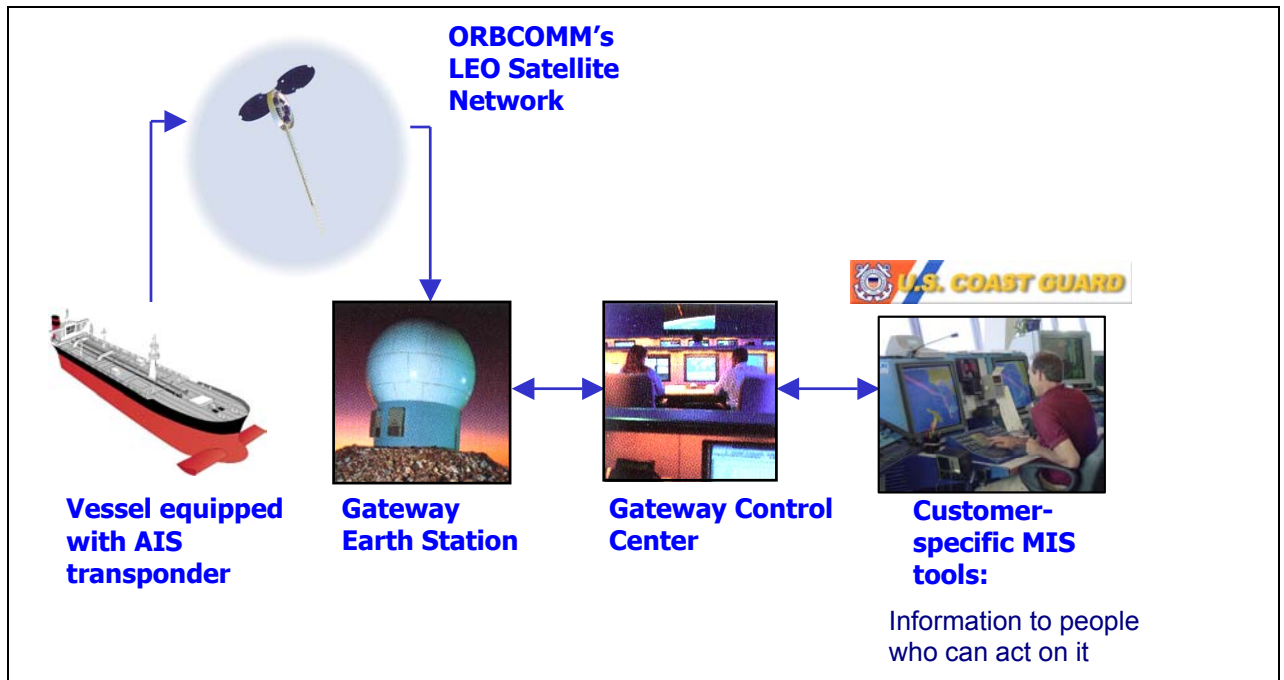
Condor-E er et russisk "dual-use" system med forventet første oppskyting i slutten av 2005. Systemet skal bestå av tre (eventuelt bare to) satellitter med ulike sensorer. Den første satellitten skal ha SAR og være både for militær og sivil bruk. Den neste satellitten skal ha optisk sensor og en eventuell tredje satellitt vil sannsynligvis ha SAR. Satellittene skal gå i lav polar bane (banehøyde 500 km). Både nedlink og SAR vil operere i S-båndet, men de vil benytte ulike antenner (44).



Figur 6.5 Condor-E, russisk overvåkningssatellitt som forventes skutt opp i 2005

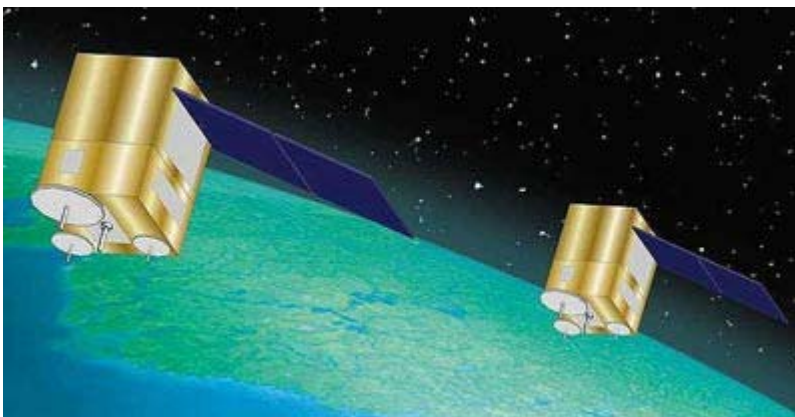
Lytting og peiling har tradisjonelt vært en meget hemmeligholdt del av romvirksomheten, men også her ser man vesentlig mer åpenhet om enkelte nye systemer, ikke minst knyttet til oppsporing av signaler fra det påbudte maritime rapporteringssystemet AIS (se kapittel 3 og 10). Orbcomm inngikk 3. juni 2004 en kontrakt med den amerikanske kystvakten (US Coast Guard) om utvikling og leveranse av et system for mottak av AIS over Orbcomm sitt satellittnettverk. Bakkestasjoner langs kysten for mottak av AIS vil ha et begrenset dekningsområde, og med den amerikanske kystvaktens ønske om dekning ut til 2000 nm fra kysten, er kun et satellittbasert system aktuelt. Etter planen skal den første Orbcomm-satellitten med AIS-mottaker skytes opp i lav polar bane i desember 2005, etterfulgt av seks satellitter i en oppskytning våren 2007. Prinsippet for bruk av AIS-mottaker på Orbcomm-satellittene er vist i figur 6.6.

Den norske studentsatellitten NCUBE vil være den første norskbygde satellitten i bane. NCUBE-1 skal skytes opp vinteren 2004/2005, og NCUBE-2 følger etter senere i 2005. De to satellittene vil være like, og de vil begge inneholde en AIS-mottaker.



Figur 6.6 Prinsippet for satellittbasert avlesing av AIS-signaler for US Coast Guard basert på Orbcomms eksisterende infrastruktur

Essaim er en fransk konstellasjon av fire satellitter i klynge ("Essaim" er det franske ordet for "sverm"). Tre av satellittene skal jobbe sammen, mens den fjerde er reserve. Satellittene ble skutt opp i desember 2004. Satellittene vil veie ca. 120 kg og ha en banehøyde på 680 km i nær polar bane. De vil ha 15 omløp per dag, og avstanden mellom satellittene vil være noen få titalls kilometer. Det franske forsvaret ønsker å benytte Essaim til militære lytte- og peileoppdrag (ELINT). Man benytter flere satellitter i klynge for å kunne gi god pekeretning på lave frekvenser. Nyttelasten bygges av Thales.



Figur 6.7 To av de fire ELINT-satellittene i den franske klyngen Essaim som ble skutt opp 18. desember 2004

På kommersiell sektor planlegger amerikanske DigitalGlobe å skyte opp satellitten WorldView i 2006 som en erstatning for Quickbird. Satellitten vil ha en optisk sensor med oppløsning på

50 cm eller bedre (de har søkt om lisens for 25 cm). Også selskapet bak Orbview har nylig inngått langsiktig avtale med amerikanske myndigheter som gjør at de kan gå i gang med utvikling av en ny satellitt med oppløsning ca. 50 cm. I Frankrike utvikles nå dual-use satellittene Pleiades som vil få oppløsning like i underkant av 1 meter. Israelsk-eide ImageSat har planer om oppskyting av de optiske satellittene Eros-B (2006) og Eros-C (2008) i tillegg til Eros-A som ble skutt opp i 2000.

Britiske TopSat er en demonstrasjonssatellitt som skal skytes opp i løpet av 2005. Sensoren skal kunne gi en oppløsning på 2,5 meter, og det britiske forsvaret ønsker her å demonstrere nedlesing til, og kontroll fra, taktiske enheter i felt.

En helt ny generasjon amerikanske tidligvarslingsatellitter kalt SBIRS (Space Based Infrared System) er under bygging. Programmet er flere år forsinket og har blitt vesentlig dyrere enn planlagt. Det vil likevel bli fullført fordi dagens tidligvarslingsatellitter er gamle, og fordi SBIRS vurderes som et meget kritisk element i planene for forsvar mot ballistiske missiler.

### 6.3.3 Mulige trendbrudd

Mens andre land søker å få opp satellitter med kapasitet på nivå med hva USA har hatt i et par tiår, representerer de amerikanske planene for Space Based Radar en helt ny visjon for taktisk bruk av informasjon fra rommet. Rombaserte systemer for Moving Target Indication (MTI) på bakken og deteksjon av kryssermissiler vil representere noe helt nytt.

Et tilsvarende gjennombrudd vil trolig bli forsøkt innen optisk overvåkning med høy oppløsning fra geostasjonær bane. Den geostasjonære banen er så langt ute (GEO har ca. 60 ganger større banehøyde enn LEO) at selv de beste av dagens satellitter ville levert nokså dårlig oppløsning derfra. Speil med et titalls meter diameter vil være nødvendig, noe som forutsetter segmenterte speil og helt ny fokuseringsteknologi. Dette er nå på den teknologiske agenda både i USA og i Europa.

Et annet mulig trendbrudd kan være at man slutter å bygge store radarsatellitter og heller bygger klynger av mindre satellitter som samvirker.

## 6.4 Bæreraketter, romovervåkning og romvåpen

### 6.4.1 Bæreraketter

De europeiske Ariane-5 rakettenes benyttes nå for oppskyting av store satellitter. En ny, liten europeisk bærerakett, Vega, vil i 2006/2007 bli tatt i bruk for satellitter med lav vekt. I tillegg er det gjort vedtak om å bygge ut det europeiske oppskytningscenteret i Fransk Guyana for også å skyte opp russiske Soyuz-raketter som egner seg for satellitter med middels vekt (44).



*Figur 6.8 Den russiske bæreraketten Soyuz vil om få år bli tatt i bruk for oppskyting av satellitter også fra den europeiske basen Kourou i Fransk Guyana*

USA er i ferd med å ta i bruk en ny generasjon bærerakter, EELV (Evolved Expandable Launch Vehicle). Dette er raketter som er designet fra bunnen av, og i motsetning til forgjengerne baserer de seg ikke på gamle interkontinentale ballistiske missiler.

#### 6.4.2 Nye militære romaktiviteter

Det amerikanske DARPA-programmet Orbit Express ser på muligheter for etterfylling av drivstoff, oppgradering av satellitter i bane og levetidsforlengelse. Det vurderes også om det er mulig med "on-orbit" manøvrering for å unngå angripende romfartøyer. Etter planen skal det skytes opp en prototyp av en service-satellitt og en dummy-satellitt for reparasjon i 2006.

Små satellitter kan være svært nyttige, men med dagens priser er disse relativt dyre å skyte opp (høy pris per kilo). Gjennom programmet RASCAL (Responsive Access, Small Cargo, Affordable Launch) ønsket DARPA å gjøre noe med dette. Foreløpige rapporter fra programmet tyder imidlertid på at noe gjennombrudd ikke er nært forestående.

Med et stadig økende antall satellitter i rommet, vil det også være et behov for overvåkning av romaktivitetene. DARPA-programmet SPAWN (Satellite Protection and Warning) vil bestå av mikrosatellitter i geostasjonær bane for overvåkning av romaktivitet nær USAs egne satellitter. En demonstrator av systemet skal etter planen skytes opp i 2006.

#### 6.4.3 Mulige trendbrudd

Det privatfinansierte romfartøyet SpaceShipOne lyktes høsten 2004 å gjøre to bemannede ferder til 100 km høyde i løpet av et par uker, og sikret seg dermed den såkalte "X-prisen". Det gjenstår å se om dette vil markere et gjennombrudd for private aktører, romturisme etc. I så fall vil en rekke alternative muligheter for oppskyting av mindre satellitter trolig dukke opp som et biprodukt.

Romsøppel er et stadig økende problem. Hittil har man unngått omfattende kollisjoner mellom satellitter i rommet, men dersom en stor kollisjon skulle skje i en mye benyttet bane, vil man

kunne få en omfattende kjedereaksjon hvor stadig flere satellitter kan bli truffet av vrakrester og ytterligere forsterke problemet. Dette er et moment som vil ha stor betydning ved eventuell utprøving eller operativ bruk av kinetiske våpen i rommet. Foreløpig er det ingen klare tegn til våpenbruk i rommet utover Missile Defense og bakkebaserte systemer for jamming av satellitter, men det amerikanske SPAWN-programmet viser at USA er oppmerksom på egne satellitters sårbarhet.

Overvåkning av trafikken i verdensrommet, og da spesielt ”romsøppel”, blir stadig viktigere. Norge er en viktig bidragsyter her med den store radaren Globus-2 i Vardø.

## 6.5 Oppsummering

Rombaserte systemer får en stadig viktigere militær rolle. Dette gjelder både rent militære satellitter og dual-use satellitter. Stadig flere nasjoner anskaffer egne satellitter for militære formål.

Det er stor aktivitet innen militær Satcom: USA bygger en rekke nye militære kommunikasjonssatellitter, men regner samtidig med økt bruk av kommersielle satellitter. Tyskland er i ferd med å anskaffe egne militære kommunikasjonssatellitter, mens Storbritannia velger å sette ut bygging og drift av militær Satcom til private aktører.

Utviklingen innen satellitnavigasjon vil det neste tiåret være preget av at Europa etablerer sitt eget system Galileo, mens USA introduserer tredje generasjon av GPS. Med GPS-III vil aktiv navigasjonskrigføring trolig bli et vesentlig mer aktuelt alternativ for USA og dets allierte.

Antall overvåkningssatellitter skutt opp av kommersielle aktører eller allierte stater vil øke kraftig i perioden frem mot 2010. Oppløsningsgrensen for kommersielt tilgjengelige satellittbilder synes å falle ned mot 50 cm innen 2010.

Innen 2010 vil Europa få en vesentlig sterkere egenkapasitet innen satellitnavigasjon og satellittovervåkning enn i dag. USA sikter til gjengjeld mot banebrytende teknologiske gjennombrudd med sine programmer innen Space Based Radar, Transformational Satcom og overvåkning fra geostasjonær bane.

Innføring av NbF og økt satsing på ISTAR i det norske forsvaret vil forutsette økt tilgang til Satcom, sikker navigasjon og satellittbilder.

Radarsatellitter vil fortsette å være et godt egnet verktøy for havovervåkning. Avlesing av AIS-signaler fra skip via satellitt vil komme som en viktig supplerende teknikk innen havovervåkning.

## 7 ARBC-VÅPEN OG ARBC-BESKYTTELSE

Forkortelsen ARBC (eller NRBC) betegner følgende elementer:

- A (N): Kjernefysiske våpen, vanligvis kalt kjernevåpen (N = Nuclear Weapons), basert på reaksjoner i atomkjernene (fisjon eller fusjon).
- R: Spredning av radioaktive materialer.
- B: Biologiske våpen.
- C: Kjemiske våpen.

### 7.1 Generelle trender

Utbredelsen og den militære bruken av kjernefysiske, biologiske og kjemiske våpen er i dag underlagt en rekke internasjonale avtaler. Innenfor det internasjonale statssystemet har det siden første verdenskrig – med visse unntak – vært meget god respekt for reglene vedrørende kjemiske våpen i strid, og kjernevåpen har ikke vært benyttet siden Hiroshima og Nagasaki i 1945.

Nye asymmetriske trusselscenarier har imidlertid det siste tiåret satt fokus på faren for bruk av ARBC-våpen mot vestlige tropper og sivilister. Dette har gitt fornyet fokus på ikke-spredningsarbeidet og på teknologi for beskyttelse på individ-, kjøretøy- og bygningsnivå. Det er også frykten for avstandslevering av masseødeleggelsesvåpen som i stor grad ligger bak det amerikanske Missile Defense-programmet. Vi skal i dette kapittelet primært se på deteksjon av, og beskyttelse mot biologiske og kjemiske våpen, men vil også si noe om utviklingen innen kjernevåpen og radiologiske våpen.

Generelt finnes det mye sensorteknologi for lokal (in-situ) deteksjon og i noen grad identifisering av slike stridsmidler. En viktig teknologisk trend synes å være oppkobling av slike sensorsystemer i nettverk (med sikte på full integrasjon i KKI-systemer). Et annet satsingsfelt internasjonalt synes å være avstandsdeteksjon (f.eks. med bruk av laser) for å kunne overvåke større områder uten å måtte utplassere in-situ sensorer overalt.

Det er en allmenn oppfatning at verden nå gjennomgår en ”bio-revolusjon”, kjennetegnet bl.a. ved at:

- Menneskets arvestoff er kartlagt
- Hjernens oppbygging og funksjoner forstås bedre
- Cellulære mekanismer studeres i detalj
- DNA-sekvensering av det menneskelige genom (the Human Genome Project)
- DNA-sekvensering av mikrobielle genomer

En konsekvens av dette forventes å være viktige synergieffekter mellom biologi, informasjonsteknologi og mikro-/nanoteknologi. De militære implikasjonene av denne type økt innsikt er vanskelig å overskue fullt ut i dag.

Påvisning av biologiske våpen er i dag meget tidkrevende, da bakterier må dyrkes slik at de positivt kan identifiseres. Nye teknikker basert på genteknologi er under utvikling, og kombinert med mikroteknologi vil dette trolig kunne gi små brikker som vesentlig raskere og med bedre sensitivitet kan påvise mikroorganismer som brukes som biologiske stridsmidler.

Forskningsaktiviter innen nanoteknologi kan på sikt få vesentlige konsekvenser for produksjon av vernedrakter. En fremtidig vernedrakt kan tenkes å inneholde en brikke med reaktive nanopartikler som både detekterer og destruerer biologiske agens.

En konsekvens av kartleggingen av det menneskelige arvestoffet er at det i fremtiden vil kunne konstrueres biologiske agens som bare angriper visse befolkningsgrupper.

## 7.2 Kjernevåpen

Kjernevåpen har den største ødeleggelsesevnen av alle våpen. De karakteriseres av at energifrigjøringen kommer fra reaksjoner i atomkjernene: spaltninger (fisjoner) av kjerner, og eventuelt også sammensmeltninger (fusjoner) av kjerner.

Det internasjonale samfunnet har kun ett middel for å regulere spredning av kjernevåpen, og det er Ikke-spredningsavtalen<sup>1</sup> som trådte i kraft i 1970. De fem statene som da allerede hadde kjernevåpen (USA, Russland, Storbritannia, Frankrike og Kina), er ifølge denne avtalen definert som ”anerkjente kjernevåpenstater” og har lov til å være i besittelse av slike våpen. De fem anerkjente kjernevåpenstatene er imidlertid forpliktet til å eliminere kjernevåpnene en gang i fremtiden. For tiden er det ingen tegn til at dette kommer til å skje, og strategiske kjernevåpen vil bestå i overskuelig framtid, men man antar at Ikke-spredningsavtalen har bidratt til å stoppe ytterligere 15–20 stater fra å utvikle egne kjernevåpen.

Etter 1970 har likevel minst fire stater utviklet egne kjernevåpen: India, Israel, Pakistan og Sør-Afrika. India og Pakistan har gjennomført underjordiske tester av kjernevåpen og ønsker å bli internasjonalt anerkjent som kjernevåpenstater. Sør-Afrika utviklet flere ferdige kjernevåpen i det skjulte, men besluttet så å legge ned programmet og offentliggjorde en del informasjon om det. Israelske kjernevåpen antas å være et faktum, men landet har aldri innrømmet det selv. India, Israel og Pakistan er blant de få stater som ikke er parter i Ikke-spredningsavtalen.

Den senere tid har flere problemstillinger hva angår spredning av kjernevåpenteknologi kommet frem i lyset. I 2003 erklærte Nord-Korea sin fratredelse fra Ikke-spredningsavtalen. Videre har en av de mest sentrale personene innen det pakistanske kjernevåpenprogrammet innrømmet å ha vært engasjert i et nettverk og solgt sensitiv, pakistansk teknologi til både Iran, Nord-Korea og Libya. Før Libya vedtok å nedlegge sine programmer for masseødeleggelsesvåpen, mottok staten tegninger for hvordan man bygger kjernefysiske stridshoder. Man kan dessuten ikke utelukke videre spredning av den aktuelle teknologien.

---

<sup>1</sup> Fullt navn er *Traktat om ikke-spredning av kjernefysiske våpen* av 1. juli 1968. Den omtales ofte som ”NPT” etter det engelske kortnavnet ”Non-Proliferation Treaty” (47).



Det eksisterer som sådan intet formelt forbud mot å benytte kjernevåpen i krig. USAs nye strategiske konsept fra 2002 utelukker ikke at kjernevåpen kan brukes også i forkjøpsangrep mot aktører eller røverstater som antas å ha kjernefysiske, biologiske eller kjemiske våpen.

De senere årene har mulighetene for utvikling av nye, ”mer anvendelige” kjernevåpen med mindre sprengkraft dukket opp i debatten ganske ofte. Små ladninger vil kunne fungere i felten som taktiske kjernevåpen. Den lave sprengkraften fås ved å bryte av de kjernefysiske reaksjonene tidlige. Det er også snakk om å sette slike små kjerneladninger på et penetrerende leveringsmiddel med tanke på å utradere underjordisk mål (*bunker busters*). Kjernevåpen med særdeles lav sprengkraft vil rent militært sett muligens kunne fylle tomrommet mellom dagens kjernevåpen og konvensjonelle våpen. Her ligger det imidlertid en klar risiko for at terskelen for å ta i bruk kjernevåpen kan bli senket betydelig. Derfor antar vi at det vil ligge betydelige politiske motforestillinger og beskrankninger knyttet til utvikling av denne type teknologi.

Mens kjernevåpenstatene studerer den mest avanserte teknologien, vil terrorister som eventuelt har en kjernefysisk agenda, holde seg til det aller enkleste. Dette tilsier fokus på å sikre fissilt materiale og ferdige kjernevåpen, eksportkontroll, etterretningsutveksling og andre relevante tiltak.



*Figur 7.1 Den amerikanske prøvesprengningen "Ivy Mike" som ble utført 31. oktober 1951, var den første fusjonsbaserte kjerneladningen. Ivy Mike hadde en sprengkraft som var mange hundre ganger større enn bombene som ble sluppet over Japan i 1945*

### **7.3 Radiologiske våpen**

Spredning av radioaktive materialer tjener ingen militære formål, men nevnes ofte som et aktuelt virkemiddel for terrorister. Slike metoder vil neppe føre til situasjoner hvor folk blir akutt strålesyke, men de kan skape akutt frykt og skader over tid. Spredning av radioaktive materialer omtales derfor gjerne som et ”massedestruksjonsvåpen” og ikke et

masseødeleggelsesvåpen. Et annet ord for slik spredning av radioaktive materialer er ”radiologiske våpen.”

Flere fundamentalt ulike metoder for å spre radioaktive materialer kan tenkes. Den mest alvorlige vil være et **angrep på et kjernefysisk anlegg** som for eksempel et kjernekraftverk, et gjenvinningsanlegg for brukt kjernebrensel eller et lagringsanlegg for slikt brensel. Poenget kan være å ødelegge anlegget og spre radioaktivitet ved eksempelvis å styrte et fly på anlegget eller sprengte det. Hensikten kan også være å ta over kontrollen med anlegget med tanke på utpresning. Et tredje motiv for å angripe et kjernefysisk anlegg kan være for å få tak i radioaktive materialer som kan spres eller trues med å spres.

En annen metode for å spre radioaktive materialer er å lage en såkalt ”**skitten bombe**” (Radiological Dispersion Device – RDD). En skitten bombe vil si at man sprer radioaktivt materiale over et område ved hjelp av konvensjonelt sprengstoff (en vanlig bombe). Dette er **ikke** et kjernefysisk våpen fordi kjernereaksjoner (fisjon og fusjon) ikke forekommer. Konsekvensene er derfor ikke så dramatiske som ved en kjernefysisk eksplosjon. Skitne bomber vil likevel ha stor terroreffekt med død (fra det konvensjonelle sprengstoffet), stor frykt, kaos, vanskelig opprydningsarbeid og store økonomiske kostnader. Ingen terrorister har frem til nå benyttet dette alternativet, men mange frykter at det kan bli brukt i framtida. Radioaktivt materiale kan også spres på andre måter enn ved konvensjonelle eksplosjoner.

Fram til nå har samfunnet først og fremst fokusert på å beskytte personer mot radioaktivitet. I framtida vil vi anta at fokuset på også å ”beskytte radioaktiviteten mot personer” blir større. Fremover blir det viktig at institusjoner som er i besittelse av radioaktive materialer eller spaltbare materialer (kjernevåpenmaterialer), passer godt på dem for å hindre tyveri. Man skal heller ikke se bort fra at detektorer som kan varsle om unormalt høy radioaktiv stråling vil bli innført på steder som kan tenkes å være mål for terrorhandlinger.

## 7.4 Kjemiske våpen

### 7.4.1 Deteksjon – sensorer

Produksjon av, og beskyttelsestiltak mot, kjemiske våpen har en lang historie i mange land, og store lagre av slike våpen finnes fortsatt mange steder i verden. Det eksisterer en lang rekke trusselstoffer, og på bakgrunn av utviklingen innenfor både den organisk-kjemiske og bioteknologiske industrien er antall trusselstoffer økende. Utvikling av mål molekyler som er spesielt rettet mot påvirkninger i nervesystemet er av spesiell betydning. Kombinert med bedret forståelse av hjernens oppbygging og funksjon, kartlegging av cellulære prosesser og menneskets arvestoff bidrar dette til at spekteret av mulige trusselstoffer er relativt høyt. Nervegasser, hudgasser og toksinvåpen utgjør derfor viktige hovedkategorier av kjemiske stridsmidler og utgjør samlet antakelig den vesentlige trussel fra kjemiske våpen.

Det finnes i dag en rekke stasjonære C-detektorer på markedet, basert på ulike prinsipper (ionemobilitet-spektroskopi, overflateakustiske bølger, ...). Utviklingen går definitivt i retning av automatiske og nettverksbaserte systemer for fjerndeteksjon/punktdeteksjon som kombinerer flere typer sensorer. Disse systemene er egnet for styrkesikring både under fredsoperasjoner og under operasjoner i krig. En mulig langsiktig utviklingstrend er at C-detektorer miniaturiseres og utstyres med radiosendere for å kunne utplasseres/strøs ut i store mengder over et område (38),(48).



*Figur 7.2 CATSS (Chemical, Atomic and Toxic compounds Surveillance System) er et nyutviklet automatisk, nettverksbasert overvåkningssystem for radioaktiv stråling, kjemiske stridsmidler og giftige industrikjemikalier*

Avstandsdeteksjon av kjemiske stridsmidler er et annet lovende felt, i hvert fall for deteksjon av stridsmidler i luften (48). Kjemiske stridsmidler i dampform har absorpsjonsbånd i IR-området, og både passive og aktive (laser) IR-teknikker har potensial til deteksjon. Et par passive IR-deteksjonssystemer er allerede på markedet. En interessant tanke på sikt er at funksjoner for avstandsdeteksjon av kjemiske stridsmidler kan bygges inn i soldatenes ordinære nattkikkerter eller siktemidler.



*Figur 7.3 Passiv Standoff IR detektor av typen RAPID, rekkevidde 5 km*

Kjemiske stridsmidler i væskeform eller dampform kan påføre ubeskyttede mennesker betydelig skade og mulig død selv i små konsentrasjoner. Væske som kommer på materiell, bygninger eller terreng vil kunne smitte over på mennesker eller avgi farlig damp. Væske som kommer på hud må fjernes umiddelbart. Helt siden de kjemiske stridsmidlene ble brukt første gang har man utviklet og benyttet ulike typer rensmidler for å fjerne og eventuelt bryte ned stridsmidlene. Mange stridsmidler er imidlertid vanskelige å rense blant annet fordi de er tilsatt spesielle stoffer som gjør rens vanskelig. Rensmidlene som benyttes i dag er ofte ”sterke” og kan skade mennesker, sensitivt utstyr og miljø. I mange land arbeides det derfor intenst for å utvikle bedre hurtigvirkende systemer som er mindre skadelige. En satsing fremover bør også være å utvikle rensutstyr som er tilpasset mindre, mobile enheter. Dette vil gjøre enhetene mer selvhjulpne ved eventuell kontaminering og dermed raskt gjenopprette operativ status.

Giftige industrikjemikalier er en annen trussel som har blitt aktualisert gjennom internasjonale oppdrag (bl.a. i Kosovo). Mange slike kjemikalier er lagret i betydelige mengder i urolige områder, samtidig som merking av beholdere og vedlikehold av lagrene er mangelfull. Dette innebærer både en risiko for eksponering ved uhell, og at irregulære stridende eller terrorister vil benytte seg av slike stridsmidler. Det er derfor ønskelig å integrere påvisningskapasitet for en del industrikjemikalier i morgendagens C-detektorer. Detektorleverandørene er i noen grad i ferd med å gjøre dette, men mye arbeid gjenstår.

#### 7.4.2 Åndedrettsvern

Den viktigste beskyttelsen mot kjemiske stridsmidler er vernemasken. Denne beskytter både åndedrettssystemet og øynene. Utviklingen fremover vil gå i retning av mer fleksible systemer som gir større komfort ved bruk og bedre beskyttelse mot både stridsmidler og giftige industrikjemikalier. Et viktig element er forskning og utvikling innenfor filterteknologi for å øke kapasiteten og redusere pustemotstanden. Flere steder arbeider man med overtrykkssystemer. En aktuell løsning er også systemer der hjelm og åndedrettsvern er integrert. Disse vil også gi beskyttelse mot biologiske våpen.



Figur 7.4 Feltesting av åndedrettsvern

### 7.4.3 Vernebekledning

Det er tre trender vedrørende morgendagens vernedrakter. Den ene trenden går på å integrere vernekonseptet inn i soldatens øvrige soldatbekledning, der for eksempel en vanlig uniform i membrantekstil benyttes som det første beskyttende lag. En oppnår to ting på denne måten. Det ene er at soldaten benytter en uniform ytterst som vedkommende allerede kjenner godt med lommer og lukkesystemer (glidelåser). Det andre er at vernedraktsystemet blir lettere. Det er slik FFI har arbeidet innen soldatmoderniseringsprosjektet NORMANS der en vanlig ytterbekledning i membrantekstil med avstøtende egenskaper er tilpasset et indre fôr med aktivt karbon med adsorberende egenskaper. Den vanlige uniformsjakken har dessuten en hette som er tilpasset gassmasken. En ekstrem form av strategien å basere seg på den vanlige uniformen, kommer fra Institute for Soldier Nanotechnologies (ISN) som ble opprettet ved det amerikanske prestisjeuniversitetet MIT i 2002. De antyder at soldaten i fremtiden vil kunne ta en ”beskyttelsesdusj” i full uniform før han går inn i et område med B/C-fare. Det er imidlertid vanskelig å vurdere når slik revolusjonerende teknologi fra ISN vil komme til praktisk nytte.

Den andre trenden som delvis henger sammen med den første er, er å konstruere en vernedrakt som gir et lavere varmestress. Dette kan gjøres ved bruk av nye lettere og smartere tekstiler. For å redusere varmestresset er det viktig at svetten slipper igjennom tekstilene slik at soldaten blir avkjølt. Tekstiler som slipper igjennom vanndamp vil ofte også slippe igjennom kjemiske stridsmidler, dette er gjerne løst ved å ha et lag innenfor som kan absorbere stridsmidlene. Det forskes imidlertid på såkalte selektive membraner som vil slippe igjennom vanndamp, men ikke kjemiske stridsmidler. Disse selektive membranene kan lamineres inn i et tekstil, og da er det ikke lenger behov for et adsorberende lag. Dette vil redusere både vekten og varmestresset. Det finnes allerede slike tekstiler, men de er ennå ikke tilstrekkelig uttestet. Det bør imidlertid være et stort potensial for forbedringer av slike membraner basert på nanoteknologi, slik at de beskytter meget godt mot kjemiske stridsmidler samtidig som evnen til å slippe igjennom vanndamp opprettholdes.

Den tredje trenden baserer seg på en mer differensiert bruk av vernedrakten og er knyttet opp til den utviklingen som både skjer på sensorsiden med henblikk på sikker deteksjon av stridsmidler og på kommunikasjons-/informasjonssiden der effektiv opplysning om trusselen raskt vil kunne nå soldaten via vedkommendes eget kommunikasjonssystem. Dette gir mulighet for at verne- drakten for eksempel kan ha åpne lufteåpninger ved et lavt beredskapsnivå. Dersom soldaten får beskjed via sin sensor eller kommunikasjonssystem om stridsgass i omgivelsene, vil han eller hun raskt kunne ta på gassmaske og lukke alle lufteåpninger. Noe lenger fram i tid kan en tenke seg at kombinasjonen av informasjonsteknologi og smarte tekstiler gir helt nye muligheter til beskyttelse som i større grad er rettet mot det aktuelle stridsmidlet. For eksempel kan det tenkes at informasjonssystemet er direkte koplet til avanserte tekstiler som kan forandre sin beskyttelsesevne via for eksempel strøm og på den måten svare optimalt på den aktuelle trusselen.



*Figur 7.5 NORMANS' integrerte beskyttelse i to lag. Vanlig ytterbekledning med membrantekstil og et fôr med adsorberende aktivt kull*

#### 7.4.4 utfordringer innenfor medisinsk beskyttelse mot kjemiske stridsmidler

Hovedutfordringene for forbedring av medisinsk beskyttelse mot kjemiske stridsmidler er å utvikle mer effektiv beskyttelse i form av medisinsk profylakse og behandling av eksponerte personer. Dette omfatter både militært personell og sivile, etter eksponering for nervegasser, hudgasser og toksinvåpen.

Det er fortsatt få effektive medikamentelle motmidler mot de fleste kjemiske stridsmidler, selv om det finnes motmidler mot flere av nervegassene, hvis tiltakene tas i bruk umiddelbart etter eksponering. utfordringen er å komme frem til tiltak som kan settes inn noe tid etter akuttfasen etter eksponering for nervegasser, for å begrense utviklingen av permanente skader i nervesystemet hos mennesker. Dette er relevant både ved militær bruk og ved bruk av stridsmidler i terrormammenheng mot sivile. I denne forskningen er det nødvendig å ha basal nevrobiologisk forståelse av de basale mekanismer i hjernen for å kunne forstå utviklingen og ta i bruk ny kunnskap om hjernens prosesser i arbeidet med å utvikle nye effektive behandlingsprinsipper.

Selv om det gjennom de siste 50–100 år er gjennomført mye forskning for å forstå virkningsmekanismer ved skader etter eksponering for hudgasser som for eksempel sennepsgass, er det fortsatt ikke utviklet effektive motmidler mot sennepsgass. Mange prosesser for skadeutvikling er kartlagt, men denne kunnskapen har ikke resultert i utvikling av motmidler. Forståelse av cellulære prosesser og mekanismer vil være nødvendige pilarer for at slike mottiltak skal utvikles til praktisk anvendbare motmidler både i Forsvaret og ved terrorbruk mot sivile.

Toksinvåpen er en stor og bredspekteret gruppe av trusselstoffer. Målorganet er i de fleste tilfeller nervesystemet, men også mange av kroppens andre celler blir skadet. Det er derfor ikke mulig å utvikle kun én motmiddelstrategi. Det er nødvendig å ha kunnskap om de enkelte trusselstoffers virkningsmekanismer for å kunne utvikle tiltak som er effektive mot nåværende og fremtidige potensielle nye toksiner. Slike toksiner kan syntetiseres og antakelig målrettes mot bestemte målseter både i nervesystemet spesielt eller mot andre celler i kroppen generelt.

## 7.5 Biologiske våpen

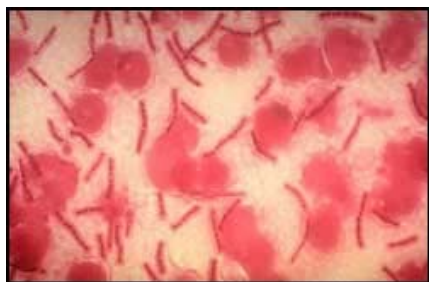
Miltbrannepisodene i USA høsten 2001 og det økte fokuset i USA på Homeland Defense har ført til etablering av The Office of Homeland Security og en kraftig opptrapping av FoU-programmer innen forsvar mot biologiske våpen. I Norge førte falske pulverbrev bl.a. i Notodden oktober 2001 til store og unødvendige økonomiske konsekvenser. Norge har også fått økt fokus på beredskapsplanlegging mot bruk av biologiske stridsmidler. En slik beredskapsplanlegging må da inkludere påvisning og beskyttelse mot slike mikroorganismer. Det endrede trussel- og risikobildet har ført til en endret betydning av samfunnssikkerhet og en nødvendig omlegging av forsvarskonseptet mot et tettere militært-sivilt samarbeid (13). Utvikling av deployerbare utstyrsenheter for påvisning av biologiske agens er en del av de planlagte fremtidige investeringer.

Per i dag finnes det intet enkelt instrument som både kan detektere og identifisere biologiske stridsmidler in-situ. Omfattende forsknings- og utviklingsarbeid er nødvendig og pågår globalt for å realisere et slikt system. Når det gjelder avstandsdeteksjon ("stand-off") for tidligvarsling av innkommende aerosolskyer inneholdende biologiske stridsmidler synes LIDAR (laser-radar) å være den mest lovende teknikken. LIDAR detekterer fluorescerende biomolekyler og vil dermed ikke kunne identifisere hvilken mikroorganisme som er i skyen. Foreløpig synes LIDAR å virke effektivt om natten og på en overskyet dag. Optimaliseringer er nødvendig for at LIDAR skal kunne fungere i sollys og på avstander større enn 5 km. Noe punktdeteksjonsutstyr er utviklet, men igjen egner slike instrumenter seg kun til deteksjon av biologiske partikler.



Figur 7.6 *Smiths Detection, UK, har utviklet punktdetektoren NB Cerberus for deteksjon av kjemiske og biologiske stridsmidler. Den inneholder instrumenter for måling av partikkelstørrelse og -form, samt en biodetektor*

Det er essensielt å kunne identifisere den benyttede biologiske agensen, og i dag brukes mikrobiologiske metoder hvor bakterier dyrkes opp i ulike og selektive vekstmedier. Dette er ofte tidkrevende og kan kun benyttes på dyrkbare bakterier. Dog, dette er en nyttig metode mht. bestemmelse av antibiotika resistens av bakterier. Immunoteknikker som baserer seg på spesifikke antistoff-antigen-reaksjoner, benyttes også til identifisering, men sensitiviteten kan variere og resultere i falske svar. Firmaet Tetracore i USA har utviklet teststrips som baserer seg på immunologiske reaksjoner for deteksjon av biologiske stridsmidler. Fremtidig identifiseringsutstyr vil høyst sannsynlig inkludere genetiske teknikker hvor spesifikke regioner av arvestoffet til mikroorganismen brukes som identifiseringsmarkører. Dette er basert på at vi kjenner DNA-sekvensen til den mikroorganismen som skal identifiseres. The Institute for Genomic Research i USA har igangsatt et prosjekt for å sekvensere bakteriegenomene til biologiske agens som forårsaker bl.a. miltbrann, pest og botulisme (se figur 7.7). Totalt per i dag er 177 bakterielle genomer sekvensert og tilgjengelig i databasen hos The National Center for Biotechnology Information i USA, mens sekvensering av ytterligere 257 bakterielle genomer er underveis.



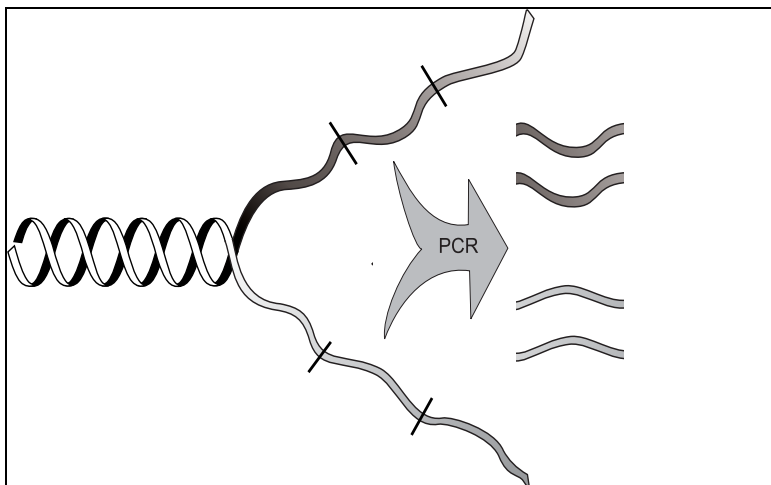
Figur 7.7 Miltbrannbakterier i blodutstryk fra ape med lungemiltbrann

Polymerase Chain Reaction (PCR, se figur 7.9) er et essensielt molekylærbiologisk verktøy for identifisering av biologiske agens og er nødvendig til genotyper av bakteriestammer. Et lite PCR-instrument (vekt ca. 4 kg) for påvisning av noen biologiske stridsmidler er utviklet av Idaho Technologies til feltbruk (se figur 7.8). Det arbeides intenst med utvikling av microarray-brikker hvor DNAet til den biologiske agensen er trykket på en glassoverflate i brikken. DNA fra den ukjente prøve isoleres og hybridiseres mot DNA på glassoverflaten, og positive signaler oppnås ved hjelp av fluorescerende reaksjoner. Microarray teknikken er en sensitiv metode, men krever god prøveopparbeidelse.



Figur 7.8 RAZOR er et håndholdt PCR instrument utviklet av Idaho Technologies





*Figur 7.9 Polymerase Chain Reaction (PCR) er et essensielt molekylærbiologisk verktøy mht. påvisning av biologiske agens*

Instrumenter for høsting av mikroorganismer (bakterier, sopp, virus) i luft er utviklet og kommersielt tilgjengelig (se figur 7.10). Både Norge (FFI) og andre land har pågående studier av kartlegging av mikroflora i luft, og utvikling av gode molekylærbiologiske teknikker for identifisering av mikroorganismer i luft. Det er utviklet genetiske metoder for identifisering av de mest vanlig forekommende drikkevann- og matpatogener. Det er allikevel et mangel på gode protokoller for identifisering av biologiske stridsmidler i slike prøver.

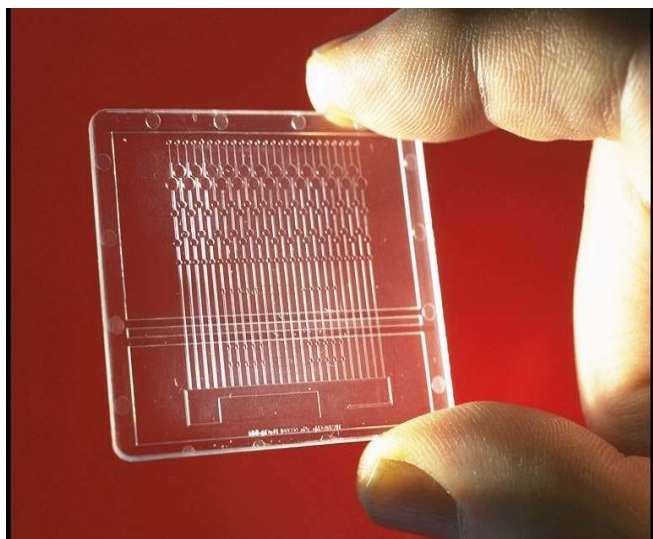


*Figur 7.10 FFI benytter SpinCon lufthøster utviklet av Sceptor Industries, USA, til oppsamling av sopp, bakterier og virus i luft, for videre identifisering vha. mikrobiologiske og molekylærbiologiske teknikker*

For alle molekylærbiologiske teknikker er det viktig med god prøveopparbeidelse og det kreves tid, ressurser og ofte optimalisering av slike teknikker for ulike prøvematriser (miljø eller kliniske prøver). Et integrert system med avstandsdeteksjon, prøvetaking, prøveopparbeidelse og genetisk identifikasjon finnes per i dag ikke tilgjengelig, men det arbeides intenst med hver av disse modulene både nasjonalt og internasjonalt.

Et eventuelt helautomatisert utstyr vil imidlertid mest sannsynlig ikke være på markedet før om en del år. Den mest lovende løsningen synes å være bruk av mikro- eller nanoteknologi sammen

med genetiske identifiseringsteknikker for å implementere detektorer. Operative systemer for deteksjon og identifikasjon av biologiske stridsmidler innen en halvtime regnes som et ambisiøst, men mulig mål på lang sikt (se figur 7.11).



*Figur 7.11 Kombinasjonen av genteknologi og mikro-/nanoteknologi vil innen 2020 kunne gi meget kompakte systemer som raskt kan påvise ulike typer biologiske stridsmidler*

## 7.6 Oppsummering

De siste årene har fagområdet ARBC blitt gitt vesentlig høyere prioritet, og behovet for kompetanse og kapasiteter har økt vesentlig. Dette er særlig knyttet til bruken av militære styrker i reelle operasjoner og økt fokus på asymmetrisk krigføring, herunder nye terrortrusler mot vestlige befolkningsentra.

Det er en allmenn oppfatning at verden nå gjennomgår en "bio-revolusjon", kjennetegnet bl.a. ved at:

- Menneskets arvestoff er kartlagt
- Hjernens oppbygging og funksjoner forstås bedre
- Cellulære mekanismer studeres i detalj
- DNA-sekvensering av det menneskelige genom (the Human Genome Project)
- DNA-sekvensering av mikrobielle genomer

En konsekvens av dette forventes å være viktige synergieffekter mellom biologi, informasjonsteknologi og mikro-/nanoteknologi.

På beskyttelsessiden har vi identifisert fire viktige teknologiske trender som må forventes å prege utviklingen frem mot 2020:

- Nettverking av "klassiske" in-situ ARBC-detektorer for raskere integrasjon av informasjonen i militære KKI-systemer
- Nye sensorer for avstandsdeteksjon av biologiske og kjemiske stridsmidler

- Nye in-situ sensorer basert på kombinasjonen av mikroteknologi og genteknologi for vesentlig raskere påvisning av biologiske stridsmidler
- Nanoteknologiens inntreden på vernedraktsektoren.

## 8 STRÅLEVÅPEN, RF-, EO- OG NAVIGASJONSSENSORER

### 8.1 Generelle utviklingstrekk

Perioden fra 2010 til 2020 vil trolig være det tiåret hvor strålevåpen for alvor gjør sin entré på slagmarken. De to mest aktuelle delene av det elektromagnetiske spektrum for strålevåpen er hhv. laserlys og mikrobølgeområdet fra 1 mm til 3 m bølgelengde.

Laser har vært brukt militært i et par tiår for bl.a. avstandsmåling og måldesigning, og tas i disse dager i bruk som mottiltak mot missiler med IR-søkere. Denne utviklingen fra observasjonsformål til strålevåpen vil trolig akselerere fram mot 2020. Ulike demonstrasjonsprosjekt (spesielt i USA) med bruk av høyeffektlasere innen luftvern, missilforsvar og eksplosivrydding har nå nådd et nivå som tyder på realisering av operative systemer før 2020.

Mikrobølgevåpen (High Power Microwave – HPM) forventes å nå operativ status enda raskere enn laservåpen, etter mange års FoU-arbeid i USA. HPM-våpen vil bli tatt i bruk primært for å slå ut sensor- og KKI-systemer i regulær strid, men vil også være nyttige for andre formål som å tvinge mistenkelige kjøretøyer eller personer til å stoppe ved kontrollposter.

Utviklingen innen sensorer og signalbehandling følger i stor grad den generelle utviklingen innen mikroelektronikk (Moore's lov): Mens man i 1990 hadde mikroprosessorer med ca. en million transistorer, hadde mikroprosessorer anno 2000 ca. 40 ganger så mange transistorer, og det forventes at prosessorer med ca. 1 milliard transistorer vil være en realitet rundt 2007. Dette betyr at stadig flere funksjoner kan flyttes fra hardware til software, og at stadig mer av signalbehandlingen skjer digitalt. På systemnivå kan gevinsten tas ut i form av stadig billigere eller mer kapable systemer. Dette gjelder både radar-, elektrooptiske, akustiske og navigasjonssensorer.

### 8.2 Laservåpen

Enkle laservåpen er allerede på markedet for å blende/blinde operatører eller missilsøkere (se kapittel 9). Når det gjelder mer høyenergilaservåpen (se figur 8.1), har US Army sammen med Israel gjennomført en rekke tester med sin Mobile Tactical High Energy Laser (MTHEL). Artillerigranater, Katyusha-raketter og større ballistiske raketter har alle blitt skutt ned av denne laseren under tester (49). Mindre systemer er også på trappene; en kjøretøymontert laser som bruker 1 liter drivstoff per ”skudd”, skal f.eks. demonstreres i 2007. Denne type forsvar mot f.eks. bombekastergranater og kortholdsmissiler er det behov for bl.a. i stabiliseringsoperasjoner som i Irak. Det må derfor forventes forsøk på en operasjonalisering. En annen enkel

laseranvendelse som allerede er demonstrert, er bruk av laser fra kjøretøy for ødeleggelse av eksplosiver på bakken.



*Figur 8.1 US Armys Tactical High Energy Laser (THEL) har under tester i 2003–2004 ”skutt ned” en rekke missiler og artillerigranater i flukt. Første generasjon laserluftvern vil trolig kunne utplasseres før 2014. Slike systemer ville vært meget nyttige i den situasjonen som USA opplevde i Irak vinteren 2003/2004, hvor irregulære motstandere med små bombekastere og kortholdsmissiler angrep amerikanske forlegninger*

Airborne Laser er et annet ambisiøst amerikansk program innen strålevåpen. Målet her er å kunne skyte ned ballistiske missiler vha. en stor laser montert på en Boeing 747. Etter en del tekniske forsinkelser ble en første demonstrasjon av selve laseren nylig gjennomført på bakken. Programmet er imidlertid blitt mer enn dobbelt så dyrt som planlagt, og risikerer å bli kansellert.

US Navy har også programmer innen laservåpen (50). En 25 kW Free-Electron Laser (FEL) ble demonstrert sommeren 2004, og man sikter mot utvikling av en 100 kW laser som vil være kraftig nok til våpenbruk. Disse programmene kan sees i sammenheng med at fremtidige fartøystyper som destroyeren DD(X), jamfør kapittel 3.2, vil ha integrerte kraftforsyningssystemer. Slike systemer vil kunne gi den energi som trengs for å drive ganske tunge strålevåpen.

Selv om laservåpen er på vei inn og ganske sikkert vil kunne fylle viktige nisjer, så er det grunn til å understreke at rekkevidden til slike våpen er veldig avhengig av været. Det er derfor rimelig å anta at laservåpen vil komme som et supplement til, og ikke som en erstatning for, eksplosiver og kinetiske våpen (52).

### **8.3 HPM-våpen**

Kraftige doser stråling i mikrobølgeområdet vil kunne ødelegge elektronikk som ikke er godt skjermet. Det har lenge vært kjent at en svært kraftig elektromagnetisk puls (EMP) genereres

ved kjernevåpeneksplosjoner, og det har vært omfattende forskning på mindre dramatiske måter å generere EMP på.

Et alternativ til en enkelt, kortvarig elektromagnetisk puls er kraftig belysning fra en retningsvirkende mikrobølgeantenne. Slike systemer vil være gjenbrukbare så lenge man har energi tilgjengelig.

Det er derfor to hovedtyper HPM-våpen som etter hvert må forventes å bli utviklet og tatt i bruk:

- EMP-stridshoder i missiler, bomber og granater
- Gjenbrukbare retningsvirkende HPM-våpen ("directed energy")

USA har lenge hatt omfattende FoU-aktivitet innen HPM-området (53), (54). Det er noe uklart i hvilken grad slike våpen ble testet i Kosovo, Afghanistan eller Irak (55). Operativ bruk av HPM-våpen i kryssermissiler skal iflg. enkelte åpne kilder bare være 2–4 år unna (56). Også åpne offisielle britiske analyser innen militærteknologi synes å understøtte det syn at operative mikrobølgevåpen ikke er langt unna (57).

HPM-våpen inngikk i de opprinnelige amerikanske planene for ubemannete kampfly (UCAV – nå: J-UCAS) (53). Dette aspektet er senere tonet noe ned i offisiell beskrivelse av J-UCAS-programmet, men iflg. åpne kilder (56) arbeider USA med utvikling både av miniatyriserte HPM-stridshoder som skal bæres av små kryssermissiler som slippes ut fra J-UCAS, og med et gjenbrukbart retningsvirkende HPM-våpen for bruk direkte fra J-UCAS (se figur 8.2).



*Figur 8.2* Ubemannete kampfly som nå utvikles i USA, skal både kunne levere engangs-HPM-våpen (vha. bomber/missiler) og ha et gjenbrukbart HPM-våpensystem om bord. Slike våpensystemer må forventes å være i operativ bruk innen 2014. Det er i første rekke motpartens sensor- og KKI-systemer som vil være målet

HPM-våpen kan ses på som et nytt steg på en avansert teknologisk rustningsspiral, hvor fokuset nå er flyttet til motpartens sensorer og KKI-systemer. På den annen side er disse våpnenes evne til å ødelegge elektronikk og stoppe kjøretøyer uten samtidig å drepe mennesker meget attraktiv f.eks. i stabiliseringsoperasjoner. Både US Navy og US Air Force vurderer utplassering av det ikke-dødelige millimeterbølgevåpenet ”Active Denial System” (ADS), bl.a. for bruk på fartøyer som ligger i havn og på Hercules-liknende fly som skal støtte spesialoperasjoner (50), (51). En kjøretøybasert versjon av ADS forventes deployert til Irak allerede i 2005.

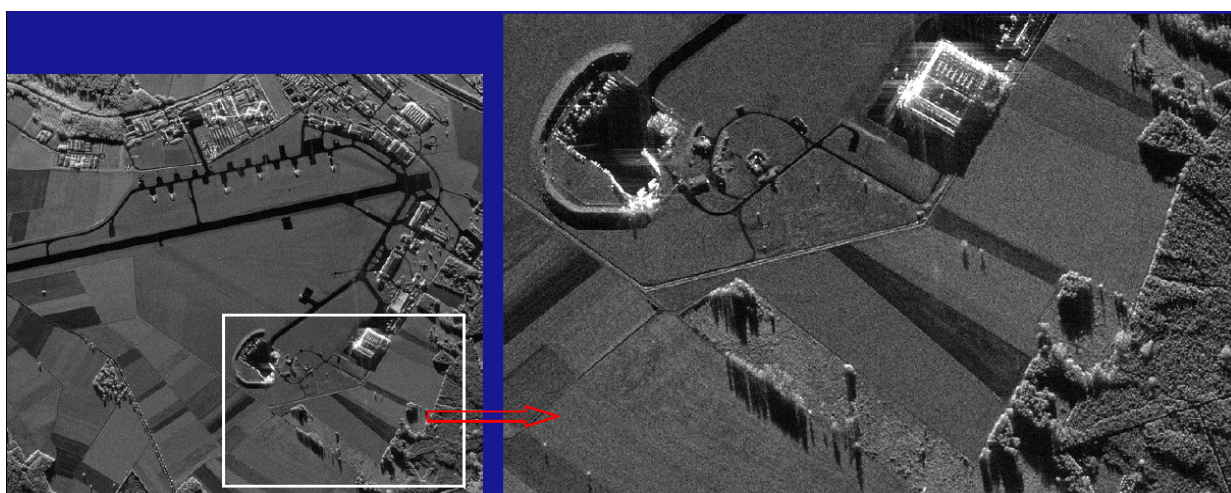
Det synes rimelig å tro at introduksjon av HPM-våpen på slagmarken ytterligere vil fremskynde overgangen til ubemannete våpenplattformer, jf. de medisinske rapportene knyttet til utilsiktede virkninger av RF-stråling på det norske marinefartøyet KNM Kvikk.

#### 8.4 RF-sensorer

Krigene i Afghanistan og Irak har markert det endelige gjennombruddet for taktisk bruk av syntetisk apertur radar (SAR) som kan ta detaljerte bilder på avstand, uavhengig av skydekke og lysforhold. De mest avanserte SAR-systemene har også mulighet til å vise objekter i bevegelse (Moving Target Indication – MTI) og gi informasjon om objektene 3-dimensjonale struktur (Invers SAR – ISAR) (58). Utviklingen videre på dette feltet synes å gå i to retninger:

- Meget avanserte SAR-systemer for bruk på store plattformer
- Enkle, kompakte SAR-systemer for bruk på mindre UAVer

NATOs kommende system Alliance Ground Surveillance (AGS) er et eksempel på den første typen. Her er det store plattformer (Airbus og Global Hawk) med god tilgang til plass og strømforsyning. Det er imidlertid rapportert om komplette SAR-systemer på bare 15 kg fra Sandia National Labs i USA. Dette er 25 % av vekten til den SAR-typen som sitter på Predator UAV i dag.



Figur 8.3 Flybasert syntetisk apertur radar (SAR) kan ta bilder med detaljoppløsning godt under 1 m uavhengig av dagslys og værforhold. Mer avanserte SAR-systemer kan også vise hvilke kjøretøyer som er i bevegelse (Moving Target Indication – MTI)

Fra norsk side vil det være viktig å kunne nyttiggjøre seg data som kommer fra NATOs AGS (se figur 8.4). SAR (se figur 8.5) kan være en høyst relevant kapasitet for en norsk UAV.



*Figur 8.4* NATOs AGS-system vil bestå både av bemannede fly og Global Hawk UAV (bildet) med meget avansert SAR for detaljert avbildning og MTI. Det blir viktig for norske styrker å kunne utnytte både bilder og MTI-data fra AGS-systemet



*Figur 8.5* Det forventes at SAR vil bli tatt i bruk på stadig mindre UAVer i fremtiden. Her et bilde av US Armys Shadow UAV (vingespenn 3,7 m) som foreløpig bare benytter elektrooptiske sensorer

Innen luftvernsensorer er det mange interessante aktiviteter rundt multistatisk radar, hvor man kan ha mange ( gjerne billige) sendere, samt avanserte passive mottakere. Dette er en opplagt måte både å møte en stealth-trussel på, og trusselen fra radarheimende missiler, jmfør kapittel 5.3.

Også innen rent passive RF-sensorer foregår det en betydelig teknologisk utvikling. EuroHawk er f.eks. et samarbeidsprosjekt hvor en tysk sensorpakke for signaletterretning skal flys på en Global Hawk UAV (59). Se for øvrig kapittel 9 om informasjonsoperasjoner og EK.

## 8.5 EO-sensorer

Den generelle utviklingen mot mer kapable og kompakte elektrooptiske sensorpakker vil fortsette. Dette gjelder f.eks. utstyr for målbelysning, nattsyn osv. Innen sensorer for termisk IR (varmestråling) har det tradisjonelt vært ønskelig med kjøling for å oppnå god nok følsomhet, hvilket har økt kompleksiteten og kostnadene. Gode, lavkost, ukjølte IR-detektorer er nå på full fart inn i en rekke systemer.

Mens et konvensjonelt fargekamera deler lyset inn i tre brede spektralbånd (f.eks. rødt – grønt – blått), kan hyperspektrale kameraer registrere mer detaljert informasjon om lysets spektrum for hvert punkt i bildet. Innen hyperspektral avbildning synes man nå å stå foran et gjennombrudd innen produksjon av hyperspektrale sensorer og tolking av hyperspektrale data. Det er all grunn til å tro at slik sensorer etter hvert vil kunne monteres på UAVer og gi vesentlig bedre evne til å detektere menneskelagde objekter under kamuflasje.

Laseravstandsmåler har vært i bruk lenge i militær sammenheng. En ny sensortype som potensielt kan få stor militær betydning, er laser-radar (ladar). Ladar kan gjøre en rekke typer målinger av bl.a.:

- Retning (asimuth og elevasjon)
- Avstand
- Reflektert intensitet
- Hastighet
- Vibrasjonsspektra
- Reflektert polarisasjon

Til sammen vil dette kunne gi meget nøyaktig avbildning av et større område (f.eks. et byområde), eller svært detaljert informasjon om et gitt mål. Det første store våpensystemet hvor ladar er tenkt brukt som primærsensor, er det amerikanske minikryssermissilet LOCAAS (se kapittel 5.2).

Laseravlesning av vibrasjonsspektra fra f.eks. vindusruter kan bli brukt til avlytting av samtaler på lang avstand (se figur 8.6).



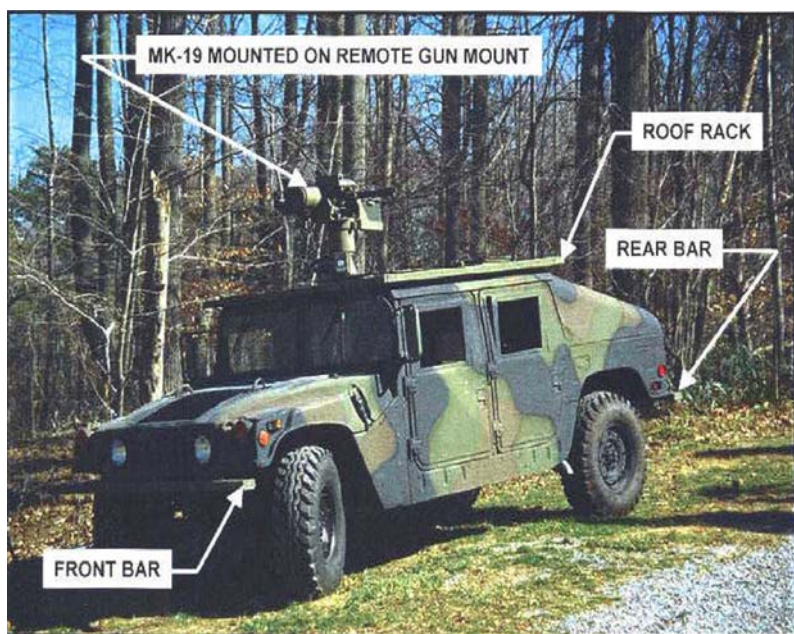


Figur 8.6 Moderne mållokaliseringsystemer (her: SIMRAD LP-1) gir øyeblikkelig målets koordinater, ved at instrumentet kombinerer GPS-mottaker, digitalt kompass, helningsmåler og laseravstandsmåler. Andre laserinstrumenter vil f.eks. kunne brukes til avlytting av samtaler inni bygninger

## 8.6 Akustiske sensorer

Mens RF-sensorer har sin største styrke på avstand og under åpen himmel, vil akustiske sensor-systemer kunne få en stadig viktigere rolle for observasjoner i områder med tett vegetasjon og i byer. Den generelle ytelsesøkningen for mikroelektronikk muliggjør stadig mer avanserte akustiske sensorer. Tre hovedtyper akustiske sensorer for bruk på land må her nevnes:

- Sensorer for sanntidsdeteksjon og lokalisering av snikskyttere (se figur 8.7)
- Marksensorer for å varsle om uønsket trafikk (personer, kjøretøy, helikoptre)
- Svært direkte mikrofonsystemer for avstandsavlytting av tale



Figur 8.7 Snikskyttere kan lokaliseres vha. akustiske sensorer så snart det første skuddet er avfyrt. US Marines eksperimenterer med et kjøretøybasert skyts som automatisk retter seg inn mot snikskyteren

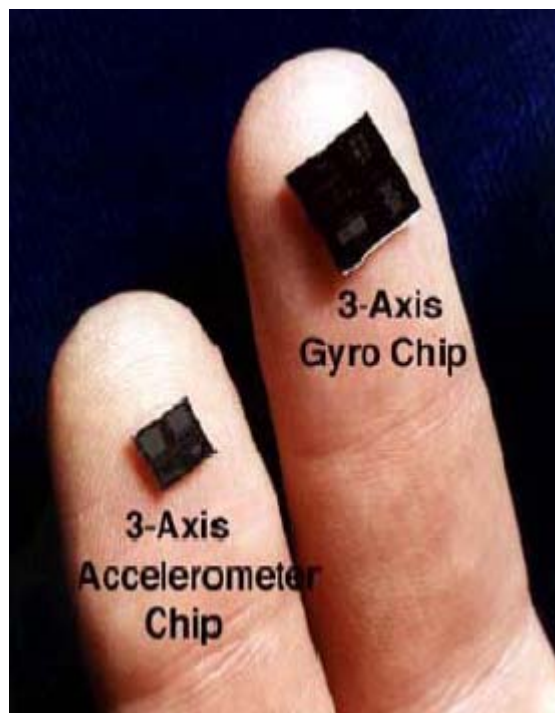
## 8.7 Navigasjonssensorer

Moderne krigføring krever stadig bedre presisjon i rom og tid. Dette forutsetter stadig bedre navigasjonsnøyaktighet med felles referansetid og -koordinatsystem. Den generelle utviklingen innen mikroelektronikken gjør at navigasjonssystemene blir stadig mindre, lettere og billigere for en gitt nøyaktighet, og at stadig bedre ytelse blir mulig til en gitt kostnad. Til sammen vil utviklingen innen navigasjonssensorer gjøre det mulig å utstyre en rekke nye plattformer med integrert navigasjonskapasitet.

Innen satellittnavigasjon vil kombinerte GPS- og Galileo-mottakere gi vesentlig bedre posisjonering i bl.a. storbyer og i svært kupert terreng. Dette fordi et dobbelt så stort antall tilgjengelige satellitter vil sikre kontakt med et tilstrekkelig antall satellitter for god posisjonering, noe som kan være et problem for GPS alene. Det gjenstår imidlertid å se hvordan slike kombinerte mottakere vil håndtere navigasjonskrigføring (se kapittel 6.2).

Innen treghtsnavigasjon blir stadig mindre systemer tilgjengelige, og med mikromekaniske teknikker synes det nå mulig å lage akselerometere og gyroer med størrelse i underkant av  $1 \text{ cm}^3$  (se figur 8.8). Dette kan gi en formidabel økning i bruken av slike systemer.

Fra et robusthetsperspektiv bør derfor satellittnavigasjon kompletteres av treghtsnavigasjon. Dette er allerede gjennomført i de fleste presisjonsbomber (f.eks. JDAM) og kryssermissiler. Man vil på sikt se kombinerte løsninger også for kjøretøyer og den enkelte soldat.



Figur 8.8 Store teknologiske fremskritt innen mikromekanikk er i ferd med å muliggjøre meget kompakte komponenter for treghtsnavigasjonssystemer

## 8.8 Oppsummering

Strålevåpen er på vei inn i operativ militær bruk. Med den sentrale plass som sensorer og KKI-systemer har i nettverksbasert krigføring, er det opplagt at høyeffekts mikrobølgevåpen (HPM) vil få en viktig rolle i fremtidig strid. HPM-våpen vil også ha et betydelig nyttepotensial under stabiliseringsoperasjoner. USA er klart ledende på feltet, og forventes innen 2014 å introdusere HPM-stridshoder på flere typer missiler og bomber, og gjenbrukbare HPM-våpen på ubemannete kampfly.

Også laser vil ha et nyttepotensial i stabiliseringsoperasjoner. Det er bl.a. allerede demonstrert bruk av laser fra kjøretøy for ødeleggelse av eksplosiver på bakken. USA vil trolig også starte en forsiktig innføring av laservåpen for visse luftvernoppgaver før 2014.

Nye interessante elektrooptiske sensorer som forventes i operativ bruk før 2014, er hyper-spektrale sensorer og avbildende laser-radar. Termiske IR-sensorsystemer basert på ukjølte IR-detektorer vil øke kraftig i utbredelse.

Den generelle utviklingen innen mikroelektronikk og mikromekanikk vil resultere i vesentlig mer kompakte sensorsystemer. Det må forventes at selv ganske små UAVer vil kunne bære syntetisk apertur radar før 2014.

Alle militære systemer (ned til den enkelte soldat) vil innen 2014 kunne utstyres med robuste navigasjonssystemer basert på en kombinasjon av GPS/Galileo og treghetsnavigasjon.

## 9 INFORMASJONSOPERASJONER INKL. ELEKTRONISK KRIGFØRING

### 9.1 Generelle utviklingstrekk

Informasjonsoverlegenhet har vært et sentralt tema i det siste tiårets militærteoretiske betraktninger om Revolution in Military Affairs (RMA) og nettverksbasert forsvar (NbF). Korrekt og rettidig informasjon utgjør en stadig mer kritisk faktor for militære operasjoner.

Beslutningstagerne og de teknologiske informasjonsstrukturene som beslutningstagerne og deres organisasjon er avhengig av, forventes samtidig å bli stadig mer sårbare overfor ulike former for angrep. Dette gjelder så vel angrep direkte mot beslutningstakernes vilje i det kognitive domenet<sup>2</sup>, som angrep mot kommandoapparatet gjennom informasjonsdomenet og det fysiske domenet. Kompleksitet og dynamikk rundt militære operasjoner gjør at behovet for samordnende INFO OPS i alle domener og rom får økt betydning. Utviklingen går mot at et større mangfold av virkemidler enn tidligere kan anvendes i slike operasjoner. Informasjonsoperasjoner (INFO OPS) står for integrering og koordinering av disse virkemidlene, både i en

<sup>2</sup> Det *kognitive domenet* eksisterer i sinnet (i hodet) til menneskene. Det er her persepsjon, bevissthet, forståelse, tro og verdier har tilhold og hvor beslutninger fattes. Dette er det abstrakte domenet der blant annet lederskap, moral, holdninger, avdelingsånd (samhold), treningsnivå, erfaring, situasjonsbevissthet og meninger finnes (60).

defensiv og offensiv kontekst. Dette gjelder også i håndteringen av situasjoner i fred og krise, og er særlig relevant i asymmetriske konflikter. Betydningen av INFO OPS i allianseoperasjoner vil også øke med økende behov for å løse konflikter med andre virkemidler enn fysisk styrke.

De mest fremtredende relaterte virkemidler innen informasjonsoperasjoner er i følge MFU-03 (61):

- Psykologiske operasjoner (PSYOPS)
- Elektronisk krigføring (EK)
- Computer Network Operations (CNO)
- Operasjonssikkerhet (OPSEC)
- Villedning
- Fysisk ødeleggelse
- Andre stridsoperasjoner

Andre viktige faktorer er tilstedeværelse, stridsevne og profilering. Også navigasjonskrigføring må vurderes å ha et betydelig potensial som virkemiddel innen INFO OPS.

Det er vanskelig i dag å si hvilke disipliner som i fremtiden vil være de viktigste. Disiplinene har ulik anvendelse i utfordringsspennet fra fred til krig. Det er imidlertid en viktig trend at disse disiplinene i fremtiden i mye større grad enn tidligere vil gjennomføres i kombinasjon med andre typer virkemidler. For eksempel vil kommunikasjons-EK kunne bli gjennomført nært integrert med disiplinene CNO og villedning. I forkant av Irak-krigen ble det f.eks. konkret demonstrert bruk av EK, PSYOPS og ”fysisk ødeleggelse” mot irakisk luftvern i ”no-fly” sonen over Irak. Denne utviklingen henger sammen med at tidligere mer eller mindre uavhengige sensorer og kommunikasjonssystemer i fremtiden vil ha mye nærmere tilknytning gjennom en felles informasjonsinfrastruktur.



Figur 9.1 Flygeblad benyttet i INFO OPS-kampanje mot Irak for å unngå at irakiske militære fiberkabler ble reparert (bilde: US Central Command)

En annen viktig trend er at sivil informasjonsinfrastruktur vil få stadig større anvendelse i militære operasjoner. Dette fører til at det sivile domenet blir mer utsatt og derfor må ses i tettere sammenheng med det militære domenet.

Det ligger en betydelig utfordring i ledelse av INFO OPS. Særlig på operasjonelt nivå synes det å være sterkt behov for analyse- og metodemessig støtte. Utvikling av konsept og doktriner for militære informasjonsoperasjoner, med analyse av ulike offensive og defensive virkemidlers bidrag, inngår også som en sentral problemstilling.

Rent teknologisk gjør den raske kommersielt drevne utviklingen på mikroelektronikksektoren at EK-utstyr kan gjøres vesentlig lettere, billigere og/eller mer kapabelt. En viktig trend innen EK er den stadig økende bruk av støttejamming ifm. offensive luftoperasjoner. En annen ny trend synes også å være at man benytter signaler fra sivile sendere (f.eks. fjernsynssendere) for deteksjon av fly vha. lett og mobilt passivt utstyr.

Moderne militærmakt baserer seg i stadig økende grad på satellittnavigasjon, og navigasjons-krigføring vokser derfor fram som et nytt viktig felt.

PSYOPS er et viktig felt innen informasjonsoperasjoner, men ingen primær driver når det gjelder militærteknologi, muligens med forbehold for automatiske oversettelsessystemer (62). Både PSYOPS og villedning er i stor grad direkte rettet mot det kognitive domenet og har relativt lav teknologiintensitet. Imidlertid vil ulike typer IKT-basert infrastruktur være en viktig forutsetning for å gjennomføre slike operasjoner. EK og CNO vil derimot ha en høy teknologi-profil. Vi vil i resten av dette kapitlet rette mest fokus på dagens militærteknologiske utviklings-trekk innen følgende utvalgte typer informasjonsoperasjoner:

- Elektronisk krigføring (EK)
- Navigasjonskrigføring
- Computer Network Operations (CNO)

## **9.2 Elektronisk krigføring**

Elektronisk krigføring har en over hundre år lang historie, og kan ses på som en spesielt viktig undergruppe innen informasjonsoperasjoner. Både aktive og passive teknikker benyttes innen EK. Oppgavene kan enten være informasjonsinnhenting om ulike aktørers bruk av det elektromagnetiske spekteret, eller mer aktive tiltak som f.eks. forstyrrelse av motpartens sensorer eller kommunikasjon ("jamming").

Tidligere har EK i det alt vesentligste vært knyttet til beskyttelse av plattformer, men nyere konflikter viser at EK er en viktig støtte til operasjoner, også for å redusere sivile tap og skader på sivil infrastruktur. I forbindelse med asymmetriske konflikter synes denne utviklingen å forsterkes.

### 9.2.1 Landbasert EK

Evne til innhenting av informasjon om motpartens posisjon, bevegelse, identitet, radio-kommunikasjon og radarer vil forbli viktig innen landstrid. Elektromagnetisk utstråling kan detekteres, og emisjonskildene kan lokaliseres f.eks. ved krysspeiling. Teknikker for å detektere, avlytte og lokalisere motpartens emittere kalles for elektroniske støttetiltak (EST) eller Electronic Support Measures (ESM). Den norske ISTAR-bataljonen som er vedtatt etablert gjennom St.prp. nr. 42 (2003–2004), skal kunne utføre slike oppdrag ute i felt (13). Den teknologiske utvikling på dette området rir i stor grad på den generelle underliggende utviklingen innen mikroelektronikk. Dette muliggjør en overgang fra analog til digital elektronikk, og mulighet for å håndtere stadig større signalmengder (65). Størrelsen på mottakerantenner kan imidlertid ikke reduseres i samme grad (se figur 9.2).

I kampen mot terrorisme og irregulære stridende enheter har det også oppstått behov for å kunne bruke elektronisk krigføring mot sivilt utstyr som benyttes til internkommunikasjon eller fjernstyring av eksplosiver.



*Figur 9.2 Eksempel på digital ESM-mottaker for passiv deteksjon, identifikasjon og posisjonering av radio-/radarsignaler (Lockheed Martin). Elektronikkdelen av slike systemer blir stadig mer kompakt, mens antennestørrelsen ikke kan reduseres i samme takt*

Passiv koherent lokalisering (PCL) er en form for bistatisk radar som benytter seg av signaler fra kringkastingssendere. PCL er på full fart inn i forsvaret i mange land, ikke minst for enheter som ellers ikke ville ha mulighet til å anskaffe/bruke tradisjonell radar (spesialstyrker, mindre fartøy osv.). Sensorene er små (mindre enn 1/10 for samme dekket område) og billige

sammenlignet med radarer. De har bedre egenskaper mot stealth, de opererer passivt og røper derfor ikke egen tilstedeværelse, noe som kan redusere egen sårbarhet. Moderne teknologi gjør det nå mulig å signalprosessere denne type signaler innenfor akseptable vilkår som strømforbruk, størrelse og kostnad – og videre utvikling av signalbehandlingsteknologien vil trolig gjøre denne sensortypen mer attraktiv. PCL-sensorene blir små, og kan levere data på et format som er kjent av de fleste sivile og militære KKI system som kan behandle radarinformasjon (66). De vil derfor enkelt kunne tas i bruk. Dette vil, etter noens mening, bli den største revolusjon innen bruk av radar siden stealth ble innført.

Luftforsvaret planlegger bruk av ESM-sensorer og passiv koherent lokalisering som en del av luftovervåkningen for å gi bedre deteksjon og ny informasjon (identifikasjon) om luftmål. Også i NATO blir dette vurdert som en del av luftovervåkningen.

Det kan også nevnes at små håndholdte enheter som kan gi personell beskjed om at de er overvåket av f.eks. personellradar, er under utvikling.

### 9.2.2 Maritim EK

ESM på radarfrekvenser vil fortsatt være essensielt som langtrekkende sensor fra fartøyer. En god ESM-mottaker vil generelt kunne oppdage en fiendtlig radar lenge før radaren kan foreta deteksjon. Med det stadig sterkere fokus på operasjoner i kystområder, hvor antall emittere er langt høyere og antall nøytrale eller uidentifiserte fartøyer langt større, har maritim ESM blitt vesentlig mer komplisert siden den kalde krigens dager. Grovt sett kan man si at teknologitviklingen gjennom det siste tiåret har kompensert for de vesentlig mer komplekse scenariene.

Både de nye norske fregattene og motortorpedobåtene (MTB) får meget moderne ESM-utrustning (EDO ES-3701) (67).

US Navy kansellerte våren 2002 det store programmet Advanced Integrated Electronic Warfare System pga. store overskridelser og forsinkelser. US Navy har i stedet igangsatt et mer inkrementelt oppgraderingsprogram for sitt eksisterende Raytheon AN/SLQ-32 (V) system for elektronisk krigføring. En serie evolusjonære blokkoppgraderinger skal holde SLQ-32 effektivt fram til 2025 (67).

### 9.2.3 Luftbasert EK

I dag er det en selvfølge at de viktigste militære plattformene (i hovedsak fly og fartøyer) skal ha EK for selvbeskyttelse. Trusselen fra terrorister med håndholdte bakke-til-luft-missiler har også ført til at flere land og flyselskaper vurderer anskaffelse av motmidler på sine sivile fly. I de senere internasjonale operasjonene, f.eks. i Kosovo og Afghanistan, har dette vært et ufravikelig krav for å delta hvis plattformene kunne tenkes å møte en missiltrussel. Det har i hovedsak vært helikoptre, transportfly og kampfly som har vært i oppdrag hvor en slik trussel har vært betydelig. Selvbeskyttelse for disse innebærer i dag i prinsippet å avlede missiler vha. EK i siste fase av et engasjement (jamming av trackeradar, chaff, flares). EK for selvbeskyttelse har liten eller ingen kapasitet mot luftkontroll og overvåkingsradar (68).

Den nyeste typen motmiddel mot avanserte IR-heimende missiler er direkte IR-motmidler (DIRCM, se figur 9.3). Her rettes en laserstråle mot missilets IR-søker for å blende/blinde søkeren. De første DIRCM-systemene var store og ikke egnet for bruk på mindre fly. DIRCM-systemer er på vei inn på en rekke militære flytyper og helikoptre, og vurderes også for sivil luftfart (69). Det må forventes at DIRCM-utstyr vil være et krav ved alle fremtidige nye norske militære flyanskaffelser.



Figur 9.3 Egenbeskyttelse mot varmesøkende missiler vil bli et krav på stadig flere fly, UAVer og helikoptre. Den klassiske løsningen er flares, men nå tas laserstråler (DIRCM) i bruk for å forvirre/ødelegge missilets søker. Her et eksempel på passive missilvarslingssensorer integrert med DIRCM og flare (ALQ-212 ATIRCM/CMWS)

Jammere som benyttes for å beskytte andre plattformer enn seg selv, kalles gjerne en support-jammer (SJ). I dag er det kun USA som opererer et slikt system, EA-6B Prowler. USA har ca. 120 slike fly med kapasitet til å detektere, posisjonere og jamme overvåkningsradar og relaterte kommunikasjonssystemer. EA-6B har vært en viktig komponent for å skaffe luftkontroll i de senere konfliktene.

Tidligere har SJ-systemer vært svært dyre å utvikle og anskaffe. De har vært store, tunge og kraftkrevende, og dermed har de stilt strenge krav til plattformen de skulle opereres fra. Den teknologiske utviklingen innen bredbånds mikrobølgeteknikk og ikke minst hurtig digital elektronikk har forandret dette (70). Særlig hurtig digital elektronikk gjør helt nye SJ-konsepter mulig. Dagens SJ-system(er) baserer seg på å sende ut støysignaler med svært høy effekt. Nylig er det imidlertid blitt mulig å digitalisere og lagre radarsignaler, for så å modifisere dem og sende dem tilbake til radaren som forvirrende jammesignaler. Dette krever betydelig lavere



effekt og tillater bruk av andre og mye mer fleksible komponenter i resten av systemet. Både kraftbehov, størrelse og vekt vil altså gå ned. Etter hvert som regnekraften øker åpnes også nye muligheter for hvilke modifikasjoner som kan gjøres på det lagrede radarsignalet. SJ-systemer vil kunne være i stand til å introdusere falsk ”troverdige” informasjon i radarbaserte overvåkningssystemer, samtidig som radaren blindes for det som faktisk foregår. Når det gjelder kommunikasjon, så vil denne type jamming særlig gi økt kapasitet mot digitale kommunikasjonssystemer, som f.eks. digitale datalinker.

SJ-systemer kan i fremtiden tenkes plassert på alle typer flygende plattformer. I dag jobbes det med systemer for montering i standard pod-er som kan bæres av kampfly, for UAV-montering, for montering i mindre transportfly (business-jet) og for intern montering i kampfly (EA-6B erstattes av en EK-variant av kampflyet F-18) og i større transportfly. Den mest spennende SJ-plattformen er kanskje UAV fordi det gir mulighet for å operere jammesystemet nærmere radaren enn de plattformene som skal beskyttes. Mot enkelte radartyper kan det øke effektiviteten av jammingen betraktelig.

Norge har 3 stk. Dassault DA-20 EK-fly som trolig vil nå slutten av sin operative levetid rundt 2015 (se figur 9.4).



*Figur 9.4 Norges lille park av Dassault DA-20 EK-fly forventes å nå slutten av sin operative levetid rundt 2015. Et sentralt spørsmål vil være hvordan luftbåren EK skal utøves etter 2015. Jamming kan f.eks. tenkes gjort fra en noe mindre UAV*

Moderne luftbåren ESM gjør det mulig å lokalisere radaremisjonene svært hurtig fra lang avstand. Denne kapasiteten er vesentlig forbedret siden Golfkrigen i 1991, og systemer som geografisk lokalisering med en nøyaktighet som er nær nøyaktigheten i GPS blir utviklet. Målsettingen er raskt å kunne levere GPS-styrte våpen mot radarer eller andre emittere.

Innenfor identifikasjon blir også luftbåren ESM viktigere, og nye moderne teknikker som kan se forskjell på radarer av samme type, er under utvikling. Med slike sensorer oppnår man en

kapasitet innenfor identifikasjon av plattformer og styrker som så langt ikke har vært mulig på lang avstand.

### 9.3 Navigasjonskrigføring

I dag er det de vestlige militære styrker som selv er mest avhengig av GPS-navigasjon. Dette gir et naturlig fokus på mulige trusler mot GPS-systemet. GPS ble for første gang forsøkt jammet i strid av Irak i åpningsfasen av krigen i 2003 (5), men uten noen særlig suksess.

GPS-jammere produsert i tidligere østblokkland er forholdsvis lett tilgjengelig, og må forventes å kunne falle i hendene på bl.a. terrorister. Dette er en trussel mot sivil infrastruktur og mobile systemer basert på GPS. Det synes derfor viktig både for sivile og militære myndigheter å ha en evne til rask og nøyaktig deteksjon og lokalisering av GPS/Galileo-jammere.

Med introduksjonen av GPS III satellitter fra 2012 vil situasjonen i militær sammenheng bli noe annerledes. Aktiv navigasjonskrigføring vil da trolig bli en relevant opsjon på amerikansk side, noe som vil gjøre at ingen andre systemer enn militær GPS M-kode kan brukes i stridsteateret. GPS M-kode vil være sikret ved meget sterke direkte signaler fra GPS III-satellittene, og vil trolig bli sikret ytterligere ved bruk av GPS-sendere på UAVer ("GPS-pseudolitter") i høyt prioriterte områder (62).

### 9.4 Computer Network Operations (CNO)

I takt med teknologiutviklingen vil informasjonsinfrastrukturer (infostrukturer) i økende grad være en sårbar ressurs for militære styrker. Kombinasjonen av økt sårbarhet og stadig større avhengighet gjør angrep mot slike infostrukturer til en økende trussel for begge sider i en militær konflikt.

Angrep mot annen parts infostrukturer blir derfor et stadig viktigere virkemiddel ved anvendelse av militærmakt. Mens en angriper tidligere var henvist til å anvende i hovedsak fysiske virkemidler mot informasjonsdomenet, vil spekteret av mulige virkemidler i fremtiden være bredere og mer sammensatt. Det nyeste og også det mest komplekse militære virkemidlet er **langtrekkende** anslag mot motstanderens informasjon og informasjonssystemer gjennom kommunikasjonsnettverk. Slike angrep kan foregå uten fysisk tilstedeværelse ved målet for angrepet. Dette er mulig fordi informasjon som tidligere befant seg i mindre avgrensede nettverk, knyttes sammen i store nettverk og systemer med høy funksjonalitet og kompleksitet.

Ved ulike typer teknologiske virkemidler vil militære styrker gjennom offensive "Computer Network Operations" (CNO) kunne angripe og utnytte en annen parts informasjon. Dette dreier seg om virkemidler der man utnytter systemenes innebygde kompleksitet, oppbygning og bruk til å forsere tilgangssperrer og eksempelvis manipulere informasjon. Målet er å øke effektiviteten i egne operasjoner, hvor CNO er et virkemiddel som kan anvendes i hele utfordringsspekteret. Samtidig vil en gjennom defensiv CNO sørge for beskyttelse av egne infrastrukturer mot annen parts etterretning og CNO.

Alle datasystemer inneholder feil som potensielt kan utnyttes av en angriper. Dette kan være alt fra enkle programmeringsfeil i enkeltkomponenter til større designsvakheter som omfatter systemer i store nettverk. Ett eksempel kan være svikt i implementering av en kryptoløsning i et nettverk, som kan føre til at nettverkets integritet og konfidensialitet blir kompromittert. Slike feil eller mangler vil kunne påvirke systemenes funksjon så vel som sårbarhet overfor en angriper. Sårbarhet kan vanligvis enten utnyttes til å gjennomføre online angrep mot enkelt-funksjoner (noder) eller mer indirekte angrep gjennom ondsinnet programkode som trojanere, virus etc. Ett angrep vil ofte være en kombinasjon av flere ulike angrepsmetoder som vil være av både passiv og aktiv natur og med ulik tidsfasing. Her kreves teknologier som knekking av passord- og kryptonøkler, skreddersydde programmer for å penetrere og kompromittere datamaskiner, samt teknologier og metoder for å finne og utnytte systemer som er konfigurert og brukt på feilaktig måte. Sentralt i dette er å utvikle metoder for å identifisere sårbarheter i programmer og systemer.

For å kunne utnytte slike sårbarheter er imidlertid en angriper helt avhengig av tilgang til målsystemet. Tilstrekkelig tilgang er en kombinasjon av fysisk tilgang der man fysisk kobler seg til nettet, og deretter logisk (funksjonell) tilgang til maskinene man har fysisk tilknytning til. En **lite tilstrekkelig** fysisk tilgang krever forsering av flere logiske tilgangssperrer som brannmurer og aksesskontrollen i operativsystemer. Forsering av de logiske tilgangsperrere krever også at angrepet ikke blir detektert av blant annet antivirusprogrammer, Intrusion Detection Systems (IDS-er) eller verktøy/personer som analyserer loggene til komponentene og applikasjonene i systemet.

Mot virksomheter i sivil sektor vil ofte Internett tilby en enkel form for fysisk tilknytning. Likevel vil dette ofte kunne ses på som en lite tilstrekkelig tilgang fordi man deretter må forsere seg gjennom logiske tilgangssperrer for å komme inn i de aktuelle prosesssystemene man egentlig vil kunne være interessert i å angripe. For militære KKI-systemer vil man i mindre grad ha noe "Internett" som sådan å knytte seg opp gjennom. Man må nærme målet. Det er et vesentlig behov for å utvikle spesielle teknikker for å oppnå slik aksess, men ulike teknologiske løsninger må likevel knyttes svært tett sammen med militært håndverk og den menneskelige faktor.

## 9.5 Oppsummering

Informasjonsoperasjoner er et felt i rask utvikling. Denne utviklingen vil få økende betydning i fremtidens konflikter, ikke minst fordi slike operasjoner står sentralt i hele konfliktspekteret, fra utfordringer i freds- og stabiliseringsoperasjoner, til konvensjonell og asymmetrisk krigføring.

Mulighetene for langtrekkende anslag gjennom nettverk mot en motstanders vitale sivile informasjonsinfrastruktur eller militære KKI-systemer synes å være raskt økende. Cyberspace har etablert seg som en egen dimensjon av krigføring.

EK for selvbeskyttelse får stadig større viktighet for militære plattformer, og synes også å være på vei inn innen deler av sivil luftfart. Det må antas at bruk av laser for direkte IR-motmidler (DIRCM) vil etablere seg som en standard beskyttelsesteknikk.

Det økte fokuset på militære operasjoner i bl.a. kystfarvann og byer innebærer militære operasjoner i signalmiljøer som er vesentlig mer kompliserte enn under den kalde krigen. Dette kompenseres av den underliggende teknologiutviklingen innen mikroelektronikk som muliggjør vesentlig mer kapable EK-systemer.

Vesentlig raskere digital elektronikk er i ferd med å muliggjøre helt nye teknikker innen radarjamming. Passiv koherent lokalisering (PCL) av fly, helikoptre og missiler ved bruk av signaler fra sivile kringkastingsendere åpner helt nye muligheter for bruk av lett og passivt utstyr innen luftovervåkning.

Med den pågående introduksjonen av GPS M-kode og deretter innfasing av GPS III satellitter fra 2012 vil navigasjonskrigføring bli et stadig mer aktuelt virkemiddel for vestlige militære styrker.

## **10 KKI-SYSTEMER**

### **10.1 Generelle trender**

Det har i noen år vært påpekt at verden gjennomgår en revolusjon innen informasjons- og kommunikasjonsteknologi (IKT), jmfør kapittel 9.5, og dette gjenspeiler seg både innen næringslivet (Revolution in Business Affairs – RBA) og på forsvarssektoren (Revolution in Military Affairs – RMA). Nesten alle vestlige land har vedtatt å videreutvikle sine militære styrker i en nettverksbasert retning. Ulike nasjonale konsepter som Network Centric Warfare (NCW), Network Enabled Capabilities (NEC) og Nettverksbasert forsvar (NbF), kan variere litt avhengig av ressurser og nasjonal kultur, men gjenspeiler alle en erkjennelse av at den teknologiske utvikling er i ferd med å bryte ned en del gamle skiller mellom forsvarsgrener og kommandonivåer. Også ikke-statlige aktører som f.eks. narkotikakarteller og islamske terrorister, har vist stor evne til å ta i bruk moderne (sivil) IKT for å oppnå økt yteevne og global rekkevidde.

Generelle muliggjørende teknologiske utviklingstrekk er økt kommunikasjonsbåndbredde og prosesseringskapasitet, og billigere/mindre/lettere brukerutstyr (63). Det er også verd å merke seg at utviklingen går langt raskere for en del IKT-moduler enn for selve de militære plattformene. Et godt eksempel er den observerte firedobling i amerikansk luftmakts yteevne fra Golfkrigen i 1991 til Irak-krigen i 2003 (5). Denne forbedringen tilskrives primært bedre navigasjons-, styrings-, våpen- og kommunikasjonssystemer, ikke anskaffelse av nye fly.

Vi skal her diskutere militærteknologiske trender innen KKI-feltet på tre nivåer:

- Kommunikasjonsnivået
- Tjenestenivået
- Virksomhetsnivået

## 10.2 Kommunikasjon

USA er det landet som har formulert den klareste og mest ambisiøse visjonen på dette feltet, med sitt Global Information Grid (GIG), se også kapittel 10.3. Dette er en visjon om at alle ”enheter” i det amerikanske forsvaret, inkludert kjøretøy, individuelle soldater og missiler eller bomber på vei mot målet, skal ”være på nett” og i prinsippet kunne levere og motta informasjon i sann tid til/fra andre aktører. Internettets adresseringsteknologi (IP) fremholdes som den ønskete standard også på de militære nett (64). USA er fortsatt meget langt fra en realisering av en slik visjon, men operasjonene Enduring Freedom i Afghanistan og Iraqi Freedom i Irak representerer store steg i denne retningen i forhold til Golfkrigen i 1991. Taktisk Satcom og Blue Force Tracker har f.eks. blitt utropt til ”vinnere” i disse nyere konfliktene.

Konkrete amerikanske materiellprosjekter på veien videre mot å realisere GIG-visjonen, er bl.a.:

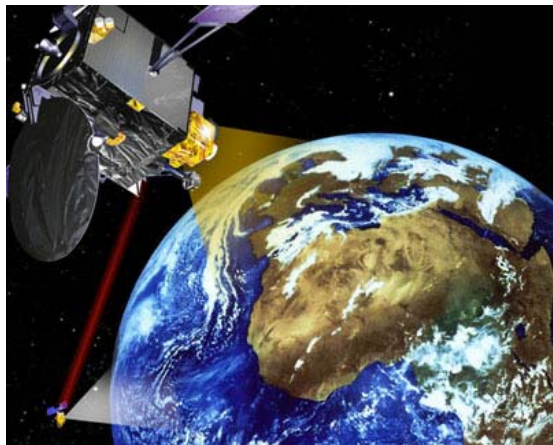
Gigabit Bandwidth Expansion: En omfattende etablering av fiberoptisk kommunikasjonskapasitet mellom amerikanske baser over hele verden. Allerede i løpet av 2005 vil 100 amerikanske baser være koblet opp med gigabit/s båndbredde, primært ved utnyttelse av ledig kapasitet i fibere som ble lagt kommersielt under telekom-boomen på slutten av 90-tallet.

Transformational Satcom (T-Sat): Mens dagens amerikanske militære Satcom-systemer i løpet av få år erstattes av evolusjonære løsninger, har arbeidet startet med å utvikle Satcom-systemer med vesentlig økt kapasitet for etablering noe etter 2010. Sentrale nye teknologiske elementer her er laserlink mellom satellittene, og (muligens) laserlink mellom satellitter og fly eller UAVer som opererer over skydekket. Optisk kommunikasjon mellom satellitter og bakkestasjoner på skyfrie fjelltopper studeres også.

Joint Tactical Radio System (JTRS): Målet her er utvikling av generiske (software-) radioer som vil være bakoverkompatible med diverse taktiske linksystemer, og samtidig muliggjøre mer sømløs kommunikasjon mellom helt ulike typer plattformer og våpengrener. I første omgang skal JTRS leveres for kjøretøyer, helikoptre og Air Force Tactical Air Control Party. Det planlegges full produksjon av JTRS allerede fra 2007.

I Storbritannia ble kontrakten for anskaffelse av det nye radiosystemet Bowman signert i 2001. Innen 2010 vil det britiske forsvaret trolig ha installert Bowman på ca. 20.000 kjøretøyer, 160 skip og mer enn 300 fly. Bowman er IP-basert, og vil være britenes primære taktiske kommunikasjonssystem gjennom perioden 2010–2020.

Også NATO er i ferd med å etablere sin fremtidige Satcom-struktur, om enn med vesentlig mindre ambisjonsnivå enn det amerikanske forsvaret. Mens NATO tidligere har eiet sine egne satellitter, er det nylig vedtatt å inngå en leieavtale om bruk av ledig kapasitet i perioden 2005–2020 på britiske, italienske og franske militære/dual-use kommunikasjonssatellitter (se figur 10.1).



*Figur 10.1 NATO vil ikke lenger eie egne kommunikasjonssatellitter, men har inngått avtale om bruk av franske, britiske og italienske satellitter. Også det amerikanske forsvaret bruker i økende grad kommersielle Satcom-tjenester*

Her hjemme er Forsvaret i gang med innfasingen av de nye taktiske radioene MRR i Hæren. Det er en interessant observasjon at det antall MRR-radioer som opprinnelig ble bestilt for en vesentlig større Hær, nå leveres til en vesentlig mindre Hær og gir denne mulighet til å operere mer nettverksbasert enn forutsett da MRR-kontrakten ble inngått. Forsvaret anskaffer også Link16 til våre F-16 kampfly og en del andre plattformer som skal samvirke med kampflyene.



*Figur 10.2 Laserstråler har større informasjonskapasitet enn radiobølger. I første omgang vil laserkommunikasjon bli tatt i bruk mellom amerikanske satellitter, men det er sannsynlig at vi også vil få se lasersamband mellom satellitter og store, høytflyvende UAVer eller overvåkningsfly innen 2020. Lasersamband til taktiske enheter på bakken er neppe aktuelt pga. problemer ved skydekke*

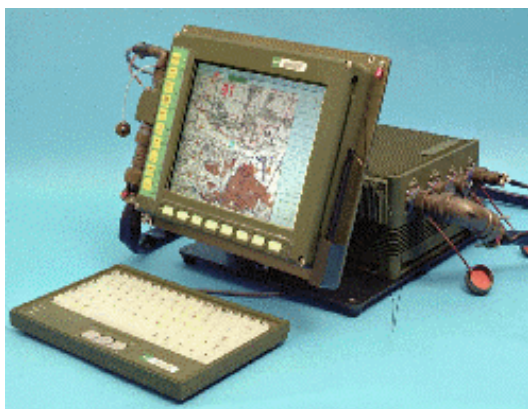
Den raske introduksjonen av UAVer i ulike militære funksjoner påvirker også mulighetene for taktisk og områdedekkende samband. Det antas at UAVer vil få en viktig rolle som sambandsreleer (se figur 10.3). Bruk av tankfly som sambandsrele er også et sannsynlig utviklingstrekk (71).



*Figur 10.3 Taktisk Satcom er i dag en nødvendighet for moderne spesialstyrker. I fremtiden vil kommunikasjon med spesialstyrker også kunne foregå via radioreleer i store høytflyvende UAVer eller små UAVer som soldatene bærer med seg i ryggsekk*

### 10.3 Tjenester

IKT-utviklingen har muliggjort en rekke nye informasjonstjenester. Mest fokus har det vært på amerikanske Blue Force Tracker, som ble installert på en rekke kjøretøyer (amerikanske og britiske) i Irak i 2003. Sammen med GPS og Satcom muliggjorde dette et felles bilde av hvor egne enheter (og noen fiendtlige) befant seg (se figur 10.4). Denne utviklingen på landsiden vil utvilsomt fortsette (i første omgang med helikoptre), og på sikt forventes det at luft-, land- og sjøbildet i noen grad vil smelte sammen. Et vesentlig element her er imidlertid å hindre fiendtlig bruk av slike systemer når egne kjøretøyer forlates eller blir erobret.



*Figur 10.4 Blue Force Tracker fikk sitt store gjennombrudd i Irak-krigen 2003. Systemet kombinerer GPS, Satcom, digitale kart og meldingstjeneste. Både US Marine Corps og britiske landstyrker måtte i all hast installere dette systemet for å kunne samvirke med US Army i Irak. Dette er bare begynnelsen på en rivende utvikling innen KKI- og Combat ID-systemer*

Det er en rivende utvikling innen Combat ID-systemer. En rekke teknologiske løsninger er nå under utprøving i USA (72). Kombinasjonen av GPS, radar, Satcom og radiosamband vil gjøre det mulig for kampfly, kamphelikoptre og artilleribatterier å sjekke om det er egne styrker innen et angitt målområde. Stadig tettere integrasjon av ulike nasjoners styrker i f.eks. NATO Response Force vil sette ytterligere fokus på dette.

I kjølvannet av 11. september har også kravet til innføring av kooperative overvåkningssystemer fått gjennomslag på flere felter innen sivil sektor. Et godt eksempel er AIS-systemet for skipstrafikk. Dette systemet ble opprinnelig vedtatt av FNs maritime organisasjon IMO for å unngå skipskollisjoner, men er i ferd med å bli et meget viktig element innen maritim overvåkning (se figur 10.5). En rekke land bygger ut AIS-kjeder langs sine kyster, og satellittbasert AIS-overvåkning med global kapasitet er neppe langt unna (se kapittel 6.3).



*Figur 10.5 AIS-systemet representerer et helt nytt regime på sjøen for kooperativ overvåkning. Samkjøring av AIS-data med data fra militære (ikke-kooperative) sensorer vil stå sentralt innen maritim overvåkning i fremtiden*

En rekke KKI-systemer er i ferd med å transformeres fra en ”lukket” verden til mer Internett-liknende funksjonalitet. Eksempler er Web-baserte grensesnitt, overgang fra push- til pull-orientert tenkning, og bruk av nye funksjoner som agenter, abonnements tjenester og chat.

Fjernstyring av observasjons- og våpenplattformer er et annet felt i rask utvikling. De tidligste UAVene ble styrt med line-of-sight radiosamband fra bakkestasjoner lokalt. Større UAVer fikk så Satcom-forbindelse, men ble fortsatt styrt av ”piloter” som satt i krigsteateret. I Irak i 2003–2004 fikk man se de første tilfellene av store UAVer (Global Hawk og Predator) som ble styrt direkte fra baser i USA.

Et annet viktig utviklingstrekk synes å være at våpensensorer i stadig større grad også tas i bruk som overvåkningssensorer. Dette gjelder hele spekteret fra avanserte siktemidler på håndvåpen



til siktepodar på kampfly. Nøkkelen her er at det blir mulig, via et felles nettverk, å formidle disse observasjonene til andre som har behov for dem.

Et godt eksempel på deling av sensorinformasjon i nær sann tid er det amerikanske konseptet Network Centric Collaborative Targeting (NCCT) som nå prøves ut (73). Her fusjoneres informasjon fra en rekke ELINT/SIGINT-plattformer, for bl.a. å muliggjøre deteksjon og lokalisering av fiendtlig antiluftskyts i løpet av sekunder. Dette er en nettverksinspirert løsning av problemet som NATO-styrker hadde med serbisk luftverntaktikk i Kosovo i 1999.

GPS satellittnavigasjon står i dag helt sentralt i en rekke våpen- og KKI-systemer. USA er meget bevisst på hvilken sårbarhet dette kan innebære for egne styrker. I tillegg til utviklingen av GPS III (se kapittel 6.2), synes det som USA også satser på å garantere sterke GPS-signaler i konfliktområder ved å bære GPS-sendere på UAVer (såkalte "pseudolitter", (62), se figur 10.6).



*Figur 10.6 I tillegg til overvåkning vil den store UAVen Global Hawk i fremtiden trolig også få viktige roller som sambandsrele og GPS-pseudolitt over områder hvor amerikanske tropper er på oppdrag*

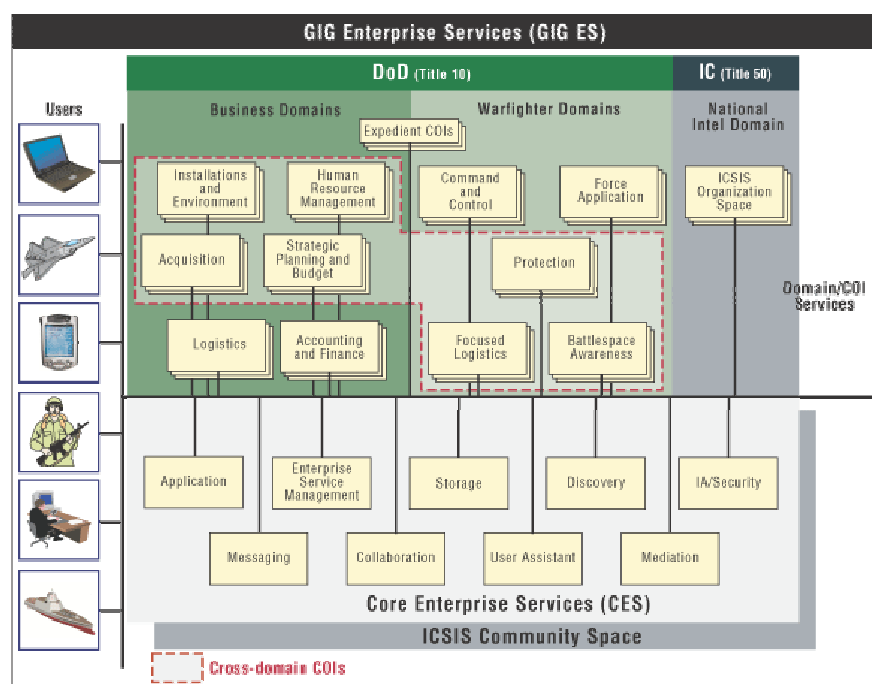
Som en del av GIG-satsingen, se også kapittel 10.2, har USA en ambisjon om å ta frem et sett av informasjonstjenester (GIG Enterprise Services) som understøtter Network Centric Warfare. Informasjonstjenestene skal muliggjøre økt deling av informasjon og økt samarbeid mellom militære enheter, fordi dette antas å gi økt stridseffekt i tråd med NCW-konseptet. GIG Enterprise Services skal støtte ulike domener som stridende enheter, forvaltning og etterretning.

Utviklingen av løsninger for GIG Enterprise Services skjer i et utviklingsprogram kalt Net-Centric Enterprise Services (NCES). Utgangspunktet er at dagens "lukkede" KKI-systemer må forbedres ("åpnes") for å få en mer fleksibel deling av informasjon. En viktig forbedring er at systemgrensesnittene defineres i form av tjenester som det enkelte system yter, og som andre systemer kan benytte seg av. En dynamisk helhetsløsning for dette beskrives som en tjenesteorientert arkitektur (Service Oriented Architecture – SOA): Hver tjenesteleverandør publiserer sine tjenester i et oppslagsregister, og de som ønsker å samhandle med vedkommende finner frem ved hjelp av å slå opp i registeret. En velkjent analogi er telefonkatalogens "gule sider".

I første trinn satser NCES-programmet på utvikling av Core Enterprise Services. Dette er tjenester som er generiske, de er nyttige for enhver bruker. I utviklingen som pågår har man tatt utgangspunkt i sivil informasjonsteknologi, bl.a. Web Services som har en tjenesteorientert arkitektur. Utviklingen av standarder for Web Services drives frem av det såkalte World Wide Web Consortium (W3C). NCES-programmet arbeider med å lage påbygninger/utvide eksisterende standarder for å dekke militære behov.

Kjernetjenestene i NCES er inndelt i følgende områder (se figur 10.7):

- Sikkerhetstjenester (Information Assurance/Security)
- Meldingstjenester (Messaging)
- Oppslagstjenester (Discovery)
- Administrasjonstjenester (Enterprise Management)
- Lagringstjenester (Storage)
- Oversettelsestjenester (Mediation)
- Samarbeid (Collaboration: chat, online meetings and work group software)
- Brukerstøtte (User Assistance)



Figur 10.7 USA forsøker å gjøre et omfattende sett av tjenester tilgjengelig på tvers av gamle grenvise skillelinjer i sitt Global Information Grid (GIG) (bilde: US DoD)

## 10.4 Virksomhet

Teknologi kan være en muliggjørende faktor for transformasjon, men det vesentligste spørsmålet er i hvilken grad de ulike lands forsvar faktisk gjør organisatoriske, doktrinmessige og praktiske endringer som utnytter teknologiens potensial. Den samme IKT-teknologien som kan muliggjøre desentralisering og distribuert ansvar, kan like gjerne benyttes til ytterligere sentralisering av beslutningsmyndighet. Og når informasjonsflyten er stor, kan beslutnings-

takernes kognitive begrensinger bli den reelle flaskehalsen. En annen fare ligger selvsagt i at man gjør seg så avhengig av et høyteknologisk enkeltsystem (f.eks. GPS) at man i virkeligheten blir meget sårbar.

Sikkert er det at utnyttelse av IKT i stadig økende grad vil muliggjøre tettere samvirke mellom ulike forsvarsgrener, våpengrener og plattformer i hver enkelt nasjon (se figur 10.8). I prinsippet vil det samme gjelde på tvers av nasjonsgrenser innenfor allianser og koalisjoner, men her er det en del andre beslutningsmekanismer og hensyn som vil kunne virke inn på graden av nettvirking. Det er nylig rapportert fra USA at man har demonstrert at et kampfly har levert et kryssermissil og deretter overlatt målvalget til operatører i et annet fly med bedre situasjonsbilde. Dette er et godt eksempel på at godt innarbeidete forestillinger om hvordan luft-til-bakkeangrep gjennomføres står for fall; en utvikling som vil bli ytterligere akselerert ved introduksjonen av ubemannete kampfly (UCAV).



*Figur 10.8 Morgendagens KKI-systemer må kunne understøtte både svært sentraliserte operasjoner og desentralisert beslutningstaking. Amerikanske spesialtropper på hesteryggen i Afghanistan kunne f.eks. påkalle presisjonsild fra fly som var gått på vingene uten forhåndsangitte målposisjoner*

Det synes klart at USA vil kjøre sitt eget løp for raskest mulig å dra full nytte av IKT-utviklingen i transformasjonen av sitt eget forsvar. Dette kan i stadig økende grad stille andre nasjoner i valget mellom å fokusere på et ”helhetlig” nasjonalt nettverk som også kan omfatte sivile myndigheter, og et modularisert forsvar mest mulig skreddersydd for å ”plugges inn” i USAs Global Information Grid. Utstyrsanskaffelser for bruk av norske kampfly og spesialstryker i Afghanistan under operasjon Enduring Freedom kan være gode eksempler her. Denne motsetningen mellom det nasjonale og det internasjonale vil imidlertid ikke alltid være like tydelig, og den norske anskaffelsen av Link16 er et godt eksempel på hvordan man både oppnår bedre samvirke nasjonalt mellom (noen) ulike norske militære plattformer og med allierte

luftstyrker. Noe av den samme problematikken dukker opp ifm. etableringen av NATO Response Force. Norske hæravdelinger som skal integreres tett i det tysk-nederlandske korps, vil oppleve et betydelig press for å anskaffe identisk IKT/KKI-utstyr som sine større, utenlandske samarbeidspartnere (74).

Spesielt på basis av erfaringene fra stabiliseringsfasen i Irak har det nylig blitt formulert omfattende kritikk mot tankegangen bak RMA, NCW og en ensidig transformasjon mot lette mobile styrker. Visjonen om at man kan vinne en krig kun på basis av overlegen informasjon, uten samtidig å ha tykkere panser enn motstanderen, står svakere i dag enn for 2 år siden. Spesielt Kagan har satt søkelyset på de farer det innebærer å betrakte krig primært som en ”eksekvering og oppdatering av en target-liste” (75), (76).

## 10.5 Oppsummering

Verden gjennomgår en revolusjon innen informasjon- og kommunikasjonsteknologi, og nesten alle vestlige land har vedtatt å videreutvikle sine militære styrker i en nettverksbasert retning. Teknologi kan være en muliggjørende faktor for transformasjon, men det vesentligste spørsmålet er i hvilken grad de ulike lands forsvar faktisk gjør organisatoriske, doktrinmessige og praktiske endringer som utnytter teknologiens potensial. Generelle muliggjørende teknologiske utviklingstrekk er økt kommunikasjonsbåndbredde og prosesseringskapasitet, og billigere/mindre/lettere brukerutstyr.

Både NATO og våre største allierte har publisert konkrete planer for videre utbygging av sin militære Satcom-kapasitet i perioden 2010–2020. Den største teknologiske nyvinningen vil være USAs introduksjon av optiske linker mellom satellitter og mellom satellitter og fly/UAV mot slutten av perioden.

Både USA og Storbritannia innfører helt nye nasjonale taktiske radiosystemer (JTRS og Bowman) felles for alle sine forsvarsgrener før 2010. Disse systemene forventes å muliggjøre vesentlig tettere samspill mellom land-, sjø- og luftstridskrefter i perioden 2010–2020. Begge systemene ønsker å bygge på Internettets adresseringsteknologi (IP). Generelt henter mange land nå mye inspirasjon fra Internett i videreutviklingen av sine KKI-systemer.

Kombinasjonen av GPS, Satcom, radio og transponderteknologi vil gi en dramatisk forbedring i KKI- og Combat ID-systemer fram mot 2020. KKI-utrustningen og spørsmålet om interoperabilitet vil i stadig økende grad være styrende for hvem som kan delta i flernasjonale, skarpe operasjoner.

Det synes foreløpig ikke å være noen faktor som vil hindre USA i å realisere sin visjon om en Global Information Grid hvor amerikanske plattformer, våpen, soldater og beslutningstakere spiller stadig tettere sammen under militære operasjoner.

## 11 LOGISTIKK (TAV)

### 11.1 GENERELLE UTVIKLINGSTREKK

IKT-teknologien som er beskrevet i kapittel 10, har i de senere årene fått bred anvendelse innen feltet logistikk, spesielt innen den sivile logistikk. Den har bidratt til bedre og mer effektiv innsamling og lagring av store mengder informasjon. Dette gjør det bl.a. mulig å styre bestillinger og varestrømmer mer effektivt. Utviklingen av forvaltningssystemer som kan understøtte beslutningsprosessen med statusrapportering og prognoser, er også teknologibidrag av stor betydning for logistikk.

Sivil sektor ligger generelt foran forsvarssektoren i bruken av denne teknologien innen logistikk. Den økte tilliten og avhengigheten mellom aktørene innen sivil logistikk og forståelsen av at dette gir et bedre økonomisk resultat har vært medvirkende til at dataene nå distribueres i nettverk mellom kunde, leverandør og transportør. Eksempler på dette er:

- Grossister og leverandører får online oppdatering på hvilke varer som selges i butikkene og vet dermed hva de må etterforsyne av varer.
- Produsenter sender oppgjør for deler etter antall ferdigproduserte varer, uten at leverandør sender faktura.
- Postens tilbud om å følge (på Internett) hvor pakkepost til enhver tid befinner seg.

Det knyttes store forventninger til gevinsten av å utnytte ny IKT-teknologi innen logistikk i forsvarssammenheng. Dette forventes å gi stor effektivitetsøkning og samtidig redusert footprint til logistikkavdelingene bl.a. gjennom en endret vedlikeholdsfilosofi.

En viktig del av teknologien som anvendes på logistikkområdet, går under navnet Total Asset Visibility (TAV). I slike systemer kobles informasjonsbærere, sensorer og forvaltningssystem sammen i et logistikknettverk. TAV er omhandlet i kapittel 11.3.

### 11.2 NOEN TRENDER INNEN MILITÆR LOGISTIKK

Dette kapittelet beskriver noen av de trendene som man i dag ser innen kombinasjonen av teknologi og militær logistikk.

#### 11.2.1 Fra anskaffelse av materiell til anskaffelse av tilgjengelighet

Mens det i forbindelse med anskaffelse av militære plattformer frem til nå har vært fokusert på ytelse i strid, fokuseres det nå mer og mer på tilgjengelighet. Man ønsker nå å kjøpe tilgjengelighet (availability) av den kapasitet som plattformen representerer snarere enn plattformen selv (77), (78). Det betyr i sin ytterste konsekvens at man inngår kontrakt med produsenten om både utvikling/produksjon og vedlikehold i systemets levetid. Dette gjenspeiler den internasjonale trenden der en større del av vedlikeholdet settes bort til sivile kontraktører, med tilgjengelighet som et naturlig mål på kvaliteten av vedlikeholdet. Man synes også å tro at ved å "kjøpe" tilgjengelighet, kan feilhyppigheten reduseres. Ved å gjøre vedlikeholdet til en del

av anskaffelsen, håper man åpenbart at industrien av egeninteresse vil legge mer vekt på pålitelighet av militære plattformer i hele utviklings- og produksjonsprosessen. Dette er tanker som både USA og UK synes å ville forfølge i årene fremover (77).

### 11.2.2 Økt avhengighet av sivile leverandører

Det er en klar trend i retning av stadig større bruk av sivile kontraktører innen militær logistikk. Viktige årsaker til dette er:

- Økt fokus på kjøp av tilgjengelighet vil kreve tettere samarbeid med sivile leverandører.
- Trenden med mer bortsetting av arbeid eller offentlig-privat partnerskap (OPP) forsterker avhengigheten av de sivile leverandører ifm. militære operasjoner.
- Innen flere teknologiområder er sivile aktører drivende innen den teknologiske utviklingen. Militære aktører vil ikke nødvendigvis ha tilstrekkelig spisskompetanse innen disse områdene.

Det vil i fremtiden bli behov for å integrere sivil kompetanse tettere i de militære operasjoner. Dette vil bety nye utfordringer også for det norske Forsvaret, illustrert av problemstillingene:

- Hvordan skal de sivile integreres i den militære organisasjonen på en slik måte at den operative sjef direkte kan disponere de sivile ressursene?
- Hvordan sikrer man seg mot at sivilt personell ”drar hjem” hvis risikoen blir stor?

Det har allerede vært rapportert tilfeller fra Irak hvor personellet til en kontraktør trakk seg, fordi de åpenbart vurderte situasjonen som for farlig (77). Det er viktig at Forsvaret er tidlig ute med gode løsninger på disse problemene, løsninger som er både juridisk, økonomisk og praktisk gjennomførbare.

Det er antagelig også et stort potensial for å redusere denne type utfordringer gjennom bruk av teknologi, bl.a. ved:

- Vedlikeholds- og reparasjonskonsepter basert på komponentutskiftning.
- ”Servicetelefoner”, dvs. kompetansen gjøres tilgjengelig ved bruk av kommunikasjon (radio, telefon eller nettverk) tilbake til sivilt teknisk personell på vakt ved bedriften.

### 11.2.3 Transportmetoder

Det er ikke registrert noen store endringer innen transportmetoder som skulle få vesentlige konsekvenser for fremtidens militære operasjoner. Sjøtransport forventes fortsatt å ta hovedtyngden av den strategiske transporten, også i fremtiden. Utviklingen av raskere logistikkfartøyer bygget på katamaranprinsippet (79) er eksempel på en mulig utvikling innen sjøtransport. Figur 11.1 viser Joint Venture (HSV-X1) med en løftekapasitet på ca. 800 tonn og en hastighet på 40 knop (80).



*Figur 11.1 US Army søker å oppnå raskere sjøtransport ved bruk av katamaraner som Joint Venture (HSV-X1)*

En eventuell videreutvikling av luftskip kan også være interessant i militær sammenheng. Med en løfteevne på 100–300 tonn vil luftskip gi muligheter for vertikale forflytninger av avdelinger og enheter med få løft. Ulempen i militær sammenheng er sårbarheten på grunn av at luftskipene er store og har en relativ lav hastighet. Luftskip er imidlertid et gammelt konsept som ikke har tatt av kommersielt. En videreutvikling av konseptet kan bli drevet frem av sivil sektor som følge av vesentlige endringer i transportmarkedet, f.eks. en radikal endring i oljeprisen over lang tid.

En videreutvikling av fly med vertical take off kapasitet som V-22 Osprey er ikke usannsynlig, men dette konseptet er et kompromiss mellom fly og helikopter og vil neppe konkurrere med transportfly eller helikopter i løftekapasitet isolert sett (se kapittel 4).

En trend for å øke deployerbarheten av tunge militære avdelinger er å gjøre de tunge stridskjøretøyene, i første rekke stridsvognene, lettere. En annen trend bl.a. basert på erfaringer fra Irak, er at lette kjøretøyer trenger økt pansring, noe som gjør de tyngre (se kapittel 2.3), (6). Disse trendene synes å konvergere mot et behov for mellomstore transportfly, jf. utviklingen av Airbus A400-M i Europa. Men fortsatt vil som nevnt innledningsvis, sjøtransport ta hovedtyngden av den strategiske transporten – i det minste i operasjoner av noe størrelse.

Et spennende konsept som USMC arbeider med er et konsept som de kaller ”Sea Basing”. USMC mener at etableringen av store brohoder i strandsonen i dag er lite effektivt og unødig risikofylt. Man vil i stedet gå rett fra fartøyer til operasjonsområdet. Dette vil sikre et høyt tempo, redusere risikoen for støtteapparatet – som slipper å være i risikofylte områder på land – og dessuten unngår man diplomatisk plunder med bruk av baser i utlandet (9).

#### 11.2.4 Komponentutbytting

Det er en klar trend innen vedlikehold i retning av økt komponentutbytting. Det er flere forhold som styrker denne trenden:

- Kravet og fokus på høy tilgjengelighet krever raske reparasjoner.

- Ønsket om å redusere footprint og kost/effektivitetshensyn tilsier færrest mulig spesialister på vedlikehold og reparasjoner i de operative enhetene.

Komponentutbytting vil stille nye krav til forsyningskjeden både når det gjelder styring og gjennomføring. Det vil bli ekstra viktig å holde forsyningslinjene åpne for effektiv distribusjon av reservekomponenter siden det ikke er kompetanse eller utstyr til å reparere komponentene fremme ved avdelingene. I tillegg vil komponentene leveres lengre frem. Den store utfordringen i å levere riktig komponent, til riktig avdeling/plattform i rett tid, er det nesten unødvendig å påpeke. Muligheten til å kombinere informasjon fra systemer som TAV (se kapittel 11.3) og Blue Force Tracking (se kapittel 10.3) vil være vesentlig for å lykkes. Under den siste Irak-krigen hadde f.eks. US Marine Corps problemer med å få fremsendt reservedeler fordi logistikkavdelingene ikke fant frem til sin adressat i tide. Grunnen var at tempoet var så høyt at avdelingene hadde skiftet posisjon fra bestilling til leveranse. For å løse dette ble reservedeler hentet fra andre kjøretøy, og ”kannibalisering” ble den største årsaken til tap av kjøretøy.

### 11.2.5 Multinasjonal logistikk

Det er interesse og økt fokus på multinasjonalt samarbeid, også når det gjelder logistikk. NATO er en pådriver for et større samarbeid. Konkrete prosjekter i denne sammenheng er utarbeidelsen av felles logistikksystemer, og uttesting av TAV-teknologi (81).

Driveren for multinasjonal logistikk vil i stor grad være de små landene som ser mulighet for økonomiske besparelser. Store land som USA og Storbritannia, vil ha mindre å hente gjennom storskalafordeler og kan derfor opprettholde en målsetting om å være selvforsynt.

Større bruk av multinasjonal logistikk vil gi økte krav om standardisering av materiell. For Norge kan dette bety at vi i større grad blir nødt til å tilpasse oss våre samarbeidspartners valg av teknologiske løsninger.

### 11.2.6 Ammunisjon

Økt presisjon og endret rolle for artilleriet vil ha store konsekvenser for footprint (se kapittel 2.4). Tradisjonelt har ammunisjon, og artilleriammunisjon i særdeleshet, vært dimensjonerende for forsyningskjeden. En reduksjon i ammunisjonsmengde med en faktor 10 relativt til dagens plantall (en reduksjon som ikke synes å være urealistisk) vil følgelig ha stor innvirkning på behovet for transportressurser. Det er i (82) dokumentert betydelige forskjeller i ammunisjonsforbruk i forhold til de gamle stabstabellene (83), (84). Det vil være særdeles viktig for Forsvaret å etablere og forankre nye ammunisjonsrater med tanke på de behovsanslag som skal danne grunnlaget for dimensjonering av fremtidens logistikkorganisasjon og Combat Service Support-avdelinger.

### 11.2.7 Energi

Den økte bruken av teknologi krever også økt energiforbruk både i form av drivstoff til aggregater, brenselceller og batterier. Under den siste Golfkrigen var amerikanerne i ferd med å gå tom for batterier (se kapittel 2.2). På kort sikt vil etterforsyning av batterier bl.a. til soldat-



utrustningen være en stor utfordring. På lengre sikt kan avhengigheten av batteriforsyninger bli mindre bl.a. gjennom utviklingen av mer energieffektive systemer, og systemer som gjør at soldatene kan lade opp sine batterier i kjøretøyet de er oppsatt på. Utviklingen av energieffektive systemer vil kreve tid, og oppladning på kjøretøy vil av økonomiske årsaker sannsynligvis først komme i nyutviklede kjøretøy eller i forbindelse med omfattende oppdatering av kjøretøyene.

### 11.2.8 Asymmetrisk trusselbilde

Det har alltid vært sett på som en god taktikk eller strategi å ramme motpartens logistikkforsyning. Kombinasjonen av den teknologiske utviklingen og asymmetriske trusler gir imidlertid nye utfordringer, spesielt for logistikken som tradisjonelt har vært ”beskyttet” i de bakre områdene. Denne økte trusselen også utenfor operasjonsområdet vil sannsynligvis bli forsøkt motvirket med teknologi, f.eks. ved tilleggspansring av transportressurser eller andre defensive tiltak.

Med en slik trend vil det bli langt vanskeligere å kjøpe transporttjenester i et sivil marked. Dette kan også gjelde transporttjenester som det i dag kan være aktuelt å kjøpe i operasjonsområdet. Transportressurser må følgelig i større grad spesialbestilles med militære spesifikasjoner, noe som erfaringsmessig vil være meget kostnadsdrivende. Det vil også kunne bidra til – isolert sett – å øke avdelingens footprint.

## 11.3 Total Asset Visibility (TAV)

Den teknologiske utviklingen innen sensorer, informasjonsbærere, datakraft og kommunikasjon er utnyttet i systemer som holder kontrollen på, og styrer, vareflyten. Dette er ofte kalt Total Asset Visibility (TAV).

Det er utallige eksempler på militære operasjoner hvor man har sett at forsyningene ikke kommer frem, enten fordi de har blitt sendt feil eller fordi de har blitt ”borte” ved at man har mistet kontroll over hvor forsyningene befant seg. Dette så en tydelig i den første Golfkrigen 1991 (85). Her har det imidlertid skjedd en stor utvikling frem til den andre Golfkrigen hvor man hadde god kontroll på materiellflyten fra USA frem til havn i teateret. Der hvor man har benyttet TAV-teknologien videre inn i teateret har både UK og US hatt gode erfaringer (78).

Det norske Forsvaret har som målsetting å bevege seg mot et nettverksbasert forsvar (NbF), noe som også vil påvirke hvordan logistikken blir utført. TAV er logistikk i et nettverk.

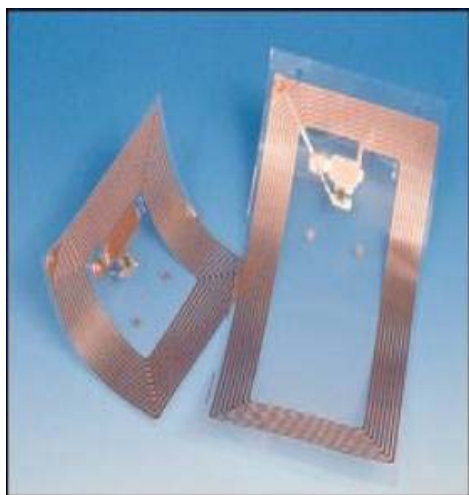
### 11.3.1 Hardware

TAV-teknologien benytter ulike måter å merke materiellet på for å ha full oversikt over status på og lokalisering av materiellet. Informasjonsbærere som benyttes for dette formål, er:

- **Strekkoder** – unikt nummer som er kodet vha. sorte og hvite streker. Svært begrenset informasjon.
- **Magnetstriper** – jf. bankkort og flybilletter.
- **Passive ID-brikker** – Radio Frequency Identifier (RFID). Dette er brikker som ikke har

batterier. De utnytter i stedet energien i radiobølgen som sendes ut fra leseren til å sende signaler i retur. De passive enhetene har en kortere rekkevidde enn aktive transpondere. Figur 11.2 viser en RFID-brikke.

- **Aktive ID-brikker** – dette er dyrere brikker med batteri som gir en lengre rekkevidde, opp til 100 meter.
- **ID-brikker i kombinasjon med GPS og mobiltelefon/satellittkommunikasjon** – de mest avanserte systemene kombinerer GPS-teknologi med kommunikasjon med lang rekkevidde (GSM eller satellitt). Dette gir mulighet for å følge enheten globalt.

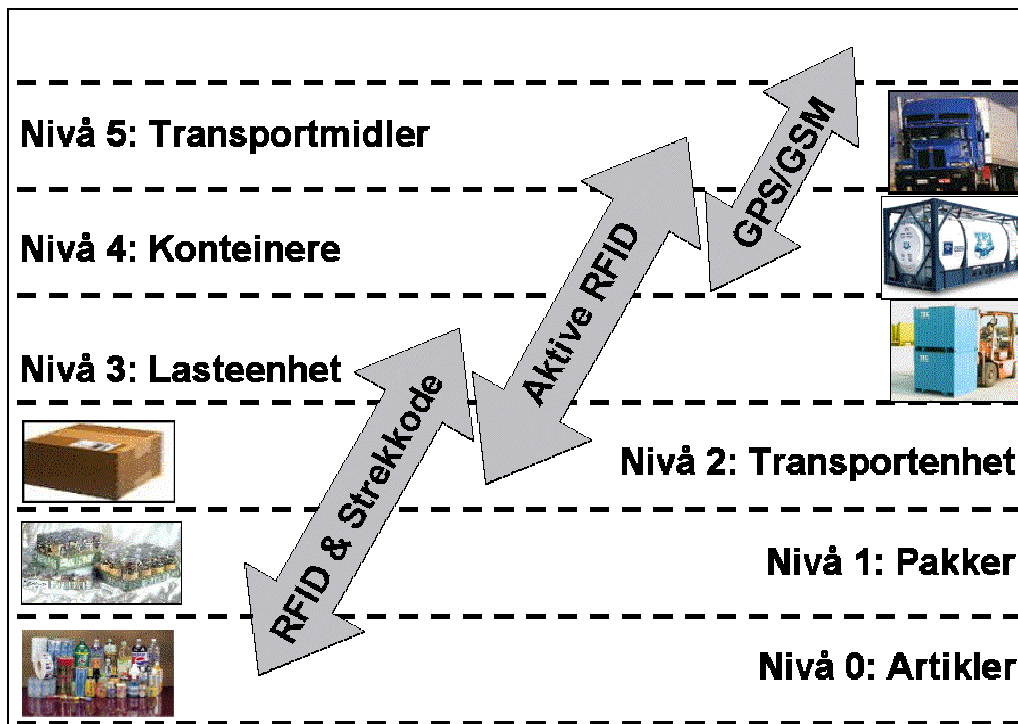


Figur 11.2 Passive RFID-brikker er en av flere mulige teknologier for merking av gods. Disse trenger ikke egen strømforsyning

Ved bruk av strekkoding er det vanskelig å få til automatisk avlesning hvis ikke størrelse og form på forsendelsene er standardisert. Strekkoding krever derfor ofte manuell avlesning, se figur 11.3. Ved bruk av aktive ID-brikker fås informasjonen ved at brikkene sender ut radiosignaler som blir fanget opp av mottakere, se figur 11.3. Figur 11.4 illustrerer hvilke teknologier som kan benyttes på de forskjellige nivåene.



Figur 11.3 Avlesning av strekkoding (til venstre) og avlesningsenhet for RFID-brikker (til høyre) i "Operation Iraqi Freedom"



Figur 11.4 Flere ulike teknologier benyttes for merking av objekter for å oppnå Total Asset Visibility

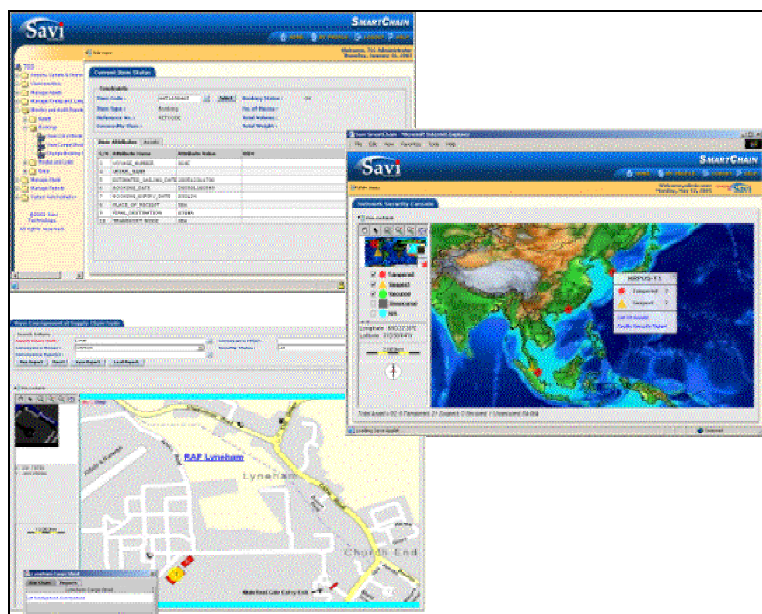
### 11.3.2 Software

I logistikknettverket genereres det store mengder av data som må prosesseres. I tillegg er en del av beslutningene som skal tas egnet for automatisering, for eksempel bestillinger som kan foretas automatisk når lagernivået reduseres under en kritisk grense. Det er derfor ikke utenkelig at den største gevinsten ved NbF kan oppnås innen logistikk og støtte.

En viktig del av TAV er programvaren. Viktige elementer i en slik programpakke vil være:

- Statusrapportering
- Prognose
- Optimering
- Beslutningsstøtte

Figur 11.5 viser eksempel på programvare utviklet av SAVI Technology. SAVI er valgt som leverandør for et NATO-prosjekt for uttesting av denne teknologien (81). Prosjektet skal teste ut systemet i forbindelse med leveranser til ISAF-styrken i Afghanistan.



Figur 11.5 Eksempel på TAV-software fra SAVI Technology

### 11.3.3 Teknologien fremover

Allerede nå går utviklingen mot å koble informasjon fra tilstandssensorer inn i nettverket. Dette gjelder både tilstanden til det materiellet som skal vedlikeholdes, og reservedelene. For reservedeler, og forsyninger generelt, er det mulig å overvåke lagringsmiljøet (temperatur, luftfuktighet (78), rystelser, innbrudd etc.) og dermed også overvåke status på varen underveis.

TAV-teknologien forventes å få spesielt stor betydning innen vedlikehold. En klar trend er bedre vedlikeholdsprognoser basert på kontinuerlig overvåkning av den enkelte plattform (77). Skrogovervåkning av de nye fregattene er et eksempel på at denne type teknologi nå tas i bruk. En ser for seg en form for ”Just In Time”-vedlikeholdssystem, der vedlikeholdet for den enkelte plattform blir utført på et optimalt tidspunkt sett i forhold til slitasje, reparasjonskapasitet etc.

Dette vil føre til at det periodiske preventive vedlikeholdet vil reduseres til fordel for belastningsbasert preventivt vedlikehold, slik at delene skiftes når de er utslitt. På denne måten søker man å redusere det samlede behov for vedlikehold. Høy grad av tilgjengelighet skal oppnås ved en kombinasjon av overvåkning og gode prognoser, rask respons og kort reparasjonstid.

Innføringen av TAV-teknologien vil nødvendigvis ta tid og kreve betydelige ressurser. Dette skyldes bl.a. at sensorteknologien må designes for, og bygges inn i, de enkelte plattformene og systemene.

### 11.3.4 Utfordringer ved TAV i en militær setting

For å kunne utnytte TAV-teknologien effektivt vil det være behov for å koble militære og sivile systemer sammen. Dette kan være problematisk pga. de tekniske utfordringene ved å koble ulike systemer opp mot hverandre. En løsning på disse tekniske problemene er å kreve at alle må ha

det samme systemet. Men en slik løsning kan igjen skape nye problemstillinger; hvor mye informasjon ønsker eksempelvis de militære å dele med de sivile som i større og større grad er internasjonale leverandører?

Det vil være et stort behov for å koble informasjonen i TAV med informasjon i Blue Force Tracker (se kapittel 10.3). Dette er ikke nødvendigvis trivielt. For det første representerer dette en teknisk utfordring. Det vil kunne gå flere år før en enes om standarder som tillater slik informasjonsutveksling. For det andre vil totalbildet som oppstår være høyt gradert (spesielt kombinasjonen av avdelingens status og posisjon). Det er derfor viktig at gradering og sikkerhetsnivå avklares tidlig i utviklingen av spesifikke systemer. Hvis det er viktig med et høyt sikkerhetsnivå, vil dette redusere effekten av TAV betydelig.

Ved å innføre TAV vil man uansett måtte regne med å bruke atskillige ressurser på sikkerhet bl.a. fordi informasjonssystemene vil bli et nytt strategisk mål for fienden. En innføring av TAV vil gjøre en militær operasjon svært sårbar hvis systemet svikter eller settes ut av funksjon for eksempel ved hacking.

Hver ny ting som innføres i en militær struktur medfører et logistikkproblem. TAV-systemer krever blant annet et tilstrekkelig antall elektroniske merkelapper, sensorer og datamaskiner. Dette utstyret må også vedlikeholdes og forsynes.

Innføring av TAV vil medføre behov for opplæring i bruk av ny teknologi. Dette omfatter alt fra trening på prosedyrer og enkle håndgrep, til det å endre det overordnede tankesettet med hensyn til utførelse av logistikk i operasjoner. Ikke minst det siste krever modning og tar tid.

Ved innføring av TAV vil det også være behov for investering i materiell og teknologi. Et konsept med on-line prognoser og hurtig reaksjon krever for eksempel stor informasjonsutveksling og dermed stor båndbredde. I Irak utgjorde logistikkrelatert informasjon ca. 60 % av samlet sambandstrafikk, som for øvrig var 10 ganger det som var planlagt (77). Dette er et eksempel på en kostnad som det må tas høyde ved innføring av TAV.

#### **11.4 OPPSUMMERING**

Det har innen sivil sektor vært store teknologiske endringer innen logistikk. Over tid kan disse endringene føre til store kosteffektivitetsforbedringer. Det er også store forventninger til at IKT-teknologien skal gi gevinster innen militær logistikk. Visjonen om Total Asset Visibility (TAV) er et godt eksempel. Den største hindringen for en slik utvikling er spørsmålet om sikkerhet hvis forskjellige nettverk kobles tett sammen. Det er viktig at denne problemstillingen avklares tidlig før TAV-teknologien tas i bruk.

Bruken av IKT-teknologi har hittil vært mindre omfattende innen militær logistikk enn for kampanheter. Økt satsing på teknologi innen logistikkfunksjonene vil være kostnadsdrivende. Dette kan føre til at moderne logistikkenheter vil få en større kostnadsvekst i fremtiden enn de tradisjonelt har hatt.

En annen utviklingstrend går i retning av flernasjonalt samarbeid og multinasjonal logistikk. Dette vil kreve standardiseringer. Som liten nasjon kan ikke Norge forvente å få gjennomslag for alle sine krav, men må i større grad tilpasse seg våre alliertes valg av tekniske løsninger.

De klassiske transportmidlene skip, fly/helikoptre og lastebiler vil fortsette å stå sentralt i militær logistikk, hvor skip fortsatt vil ta hovedtyngden av den strategiske transporten. De vesentligste teknologiske nyvinningene innen transportmidler vil trolig være hurtiggående katamaraner for sjøtransport og nyutvikling av mellomstore transportfly i Europa.

Andre trender på logistikkområdet peker mot en større avhengighet av sivile leverandører, sterkere vekt på å anskaffe tilgjengelighet snarere enn å anskaffe materiell, større vekt på komponentutbytting og endrede operasjonsmønstre pga. mer bruk av presisjonsammunisjon og økt energibehov i avdelingene.

## **12 NOEN ANDRE MILITÆRTEKNOLOGISKE TEMAER**

### **12.1 Ikke-dødelige våpen**

Militære styrker synes å få stadig flere oppdrag i grenselandet mellom krigsoperasjoner og politiarbeid. Dette har ført til økende interesse for ikke-dødelige (eller ”mindre dødelige”) våpen, f.eks. for å stoppe biler ved kontrollposter, passivisere folkemengder som hindrer hjelpesendinger, eller stagge aggressive personer i en folkemengde. Temaet er i noen grad berørt i enkelte av denne rapportens andre kapitler (bl.a. kapittel 3 og kapittel 8), men fortjener noen ytterligere kommentarer.

En rekke slike ikke-dødelige våpen er allerede velprøvd hyllevare:

- Taser (elektrisk sjokk)
- Gummikuler
- Tåregass, pepperspray
- Høytalersystemer med meget sterk rettet lyd
- Netting, spikermatter, ...

Av teknologiske aktiviteter på feltet som trolig vil resultere i ulike operative produkter i løpet av det neste tiåret, kan spesielt nevnes følgende:

- Strålevåpen (millimeterbølge, laser)
- Flere typer ikke-dødelige stridshoder for granater
- Nye kjemiske våpen for bedøvelse/reduert yteevne
- Klebrige stoffer for å hindre bevegelse

Temaet er ytterligere behandlet i bl.a. (86), (87), (88).

## 12.2 Syntetiske simuleringstiljøer

Militær simuleringsteknologi er i rivende utvikling og blir anvendt innenfor stadig nye områder av militær virksomhet. Eksempler er eksperimentering, forskning, prosjektering og anskaffelse, utdanning og øving, planlegging og øving i forkant av operasjoner, beslutningstøtte i operative systemer, og etteranalyse av operasjoner.

Syntetiske miljø er datamaskinsimuleringer, bemannede simulatorer og/eller instrumenterte militære styrker og kommandosystemer, som opererer i en felles databasert representasjon av et stridsfelt. Et slikt blandet miljø har flere fordeler. Teknologien drar nytte av den raske utviklingen innen informasjons- og kommunikasjonsteknologi som kan omsettes i økt realisme og/eller reduserte kostnader. Nettverksteknologi har også resultert i nye muligheter ved å knytte geografisk spredte simuleringer sammen. Dette forventes å få økt betydning når neste generasjons Internett-teknologi tas i bruk for militær simulering.

Flere land har, eller er i ferd med å etablere, syntetiske eksperimenteringsmiljøer. F.eks. DCEE (Distributed Continuous Experimentation Environment) i USA og NITEworks (Network Integration Test and Experimentation Works) i UK som de to mest kjente. Også NATO deltar allerede i multinasjonale eksperimenter gjennomført i syntetiske miljøer. NATOs Joint Warfare Center i Stavanger vil antakeligvis få en sentral rolle for NATOs eksperimenterings-miljø.

## 12.3 Automatisk oversettelse

Militære styrker må ha evne til å meddele seg til, og føre en dialog med, lokalbefolkningen under utenlandsoperasjoner. Fra et etterretningsperspektiv er dessuten mange nye språkgrupper kommet i fokus etter den kalde krigens slutt. Til sammen har dette ført til økt etterspørsel etter automatiske oversettelsessystemer. Det amerikanske militære forskningsbyrået DARPA har omfattende programmer på dette feltet (38). Prototypen "Phraselator" ble benyttet av amerikanske styrker i Afghanistan og Irak for å gi enkle beskjeder (via høyttaler) til lokalbefolkningen på deres eget språk. Phraselator kan oversette enkle setninger fra engelsk til 30 forskjellige språk (89).

DARPAs språkprosjekter har som mål å få fram en toveis oversetter (38). Det må forventes at slikt utstyr i noen grad blir tilgjengelig før 2014, men det er stor forskjell på det å håndtere oversettelse fra skrift til tale i forhold til oversettelse fra muntlig tale preget av dialekter og sinnsstemning. Det er for øvrig betydelig fokus på språkteknologi også fra sivil hold.

## 12.4 Gjennomlysningssystemer

Trusselen fra selvmordsbombere og bilbomber har resultert i betydelig økt interesse for teknologi som kan gjennomlyse klær, koffertar og kjøretøyer for å finne eksplosiver. Dette er et av de teknologifeltene hvor man tydeligst ser hvordan Homeland Security og stabiliseringsoperasjoner etterspør samme type teknologi. Slike gjennomlysningssystemer er velkjente fra flyplasser og tollstasjoner, og representerer således ikke noe fundamentalt nytt. Etter 11. september kanaliseres det imidlertid vesentlig mer penger og FoU-innsats inn mot denne

sektoren. Dette vil i et ti års perspektiv utvilsomt resultere både i mer mobile systemer og systemer som kombinerer flere teknikker/bølgelengder for bedre karakterisering og gjennomtrengningsevne (90). F.eks. vil røntgentomografi ha fokus på materialets tetthet i jakten på eksplosiver, mens røntgendiffraksjon gir informasjon om krystallstrukturen. Dette kan kombineres med ”sniffe-systemer” som gjenkjenner kjemiske spor etter eksplosiver.

En forutsetning for slike systemer er at aktuelle personer/objekter kanaliseres gjennom ”sluser” hvor disse apparatene står. I første omgang er det en utfordring å etablere disse slusene på trygg avstand fra eget personell. Teknologi for gjennomlysning av biler på betydelig avstand fra sensoren synes å være mange år unna.

## 12.5 Elektrisk rail-gun

Dagens prosjektiler og stridshoder settes i bevegelse på velkjente måter (drivladning, rakettmotor, dropp fra stor høyde). En alternativ teknologi som det lenge har vært forsket på er elektriske rail-guns. I motsetning til et gevær eller en kanon vil en rail-gun kunne akselerere prosjektilet jevnt så lenge det er inni ”kanonløpet”. Med tilstrekkelig strømforsyning og infrastruktur vil slike rail-guns potensielt kunne levere våpen over meget stor avstand. En forutsetning vil trolig være at den aktuelle plattformen har et integrert elektrisk system. Det synes derfor rimelig å tro at rail-gun-våpen først vil bli utviklet for skip. Det er imidlertid vår vurdering at mikrobølgevåpen og laservåpen vil komme i operativ bruk lenge før elektriske rail-guns. Dette fordi de primære funksjoner til en rail-gun (levering av stridshoder på lang avstand) allerede dekkes av kryssermissiler og skipsartilleri, og at det i øyeblikket foregår en betydelig nyutvikling nettopp på disse to våpentypene.

## 12.6 Nye typer eksplosiver og stridshoder

Det er fortsatt en betydelig utvikling innen nye typer eksplosiver og stridshoder. Innen sprengstoff drives utviklingen i to retninger (31):

- Mer energi per volumenhet enn i dag
- Mindre sensitivitet overfor brann, støt osv.

Disse to utviklingsretningene er delvis motstridende. Det første moderne sprengstoffet var TNT. Senere ble HMX utviklet, og det er dette som i hovedsak benyttes i dag. I dag forskes det på TATB (triaminotrinitrobenzen) som er mer stabilt, men ikke så reaktivt som HMX. I fremtiden vil muligens oktonitrokuban benyttes da dette skal være både mer reaktivt og mer stabilt enn HMX, men det er fremdeles produksjonstekniske problemer som må løses. Det kan derfor ta noe tid før nye sprengstoff med vesentlig økning av sprengkraften kommer i bruk.

Innen stridshoder for større våpen skilles det vanligvis mellom tre typer:

- Unitære stridshoder som detonerer ved sammenstøt eller settes av av et nærhetsbrannrør
- Penetrerende stridshoder som trenger gjennom betong før de detonerer
- Dispenserstridshoder som inneholder delammunisjon som spres



Det pågår fortsatt betydelig teknologiutvikling innen alle tre kategorier. Et problem med dispenserammunisjon har vært andelen av delammunisjon som ikke detonerer, med den fare dette senere representerer for egne styrker og sivile. Dette, sammen med den generelt økte presisjonsevnen for missiler, bomber og granater, synes å gi økt interesse for unitære stridshoder. Med den nye generasjonen kryssermissiler har det kommet betydelige nyvinninger innen penetrerende stridshoder. BROACH-stridshodet på Storm Shadow benytter et todelt stridshode, der den første ladningen gir penetrasjon i armeringen ved å sende en stråle av metall framover, hvoretter den neste ladningen detonerer etter en passende forsinkelse. Tilsvarende prinsipper har i noe tid vært i bruk på antitankvåpen.

Av andre viktige trender innen stridshoder, kan nevnes airburst-ammunisjon som har stor effekt i åpent lende, og termobariske stridshoder som med sin varme- og trykkvirkning er særdeles effektive inne i bygninger. Termobarisk stridshode ble for første gang benyttet på Hellfire-missiler i Irak våren 2003 (5), og det forventes ytterligere fokus på slike stridshoder ifm. bystrid.

## **12.7 Biometrics og Inforensics**

Biometrics (beskrivelse og gjenkjennelse av individuelle kjennetegn ved mennesker) er et velkjent felt i politisammenheng. Dette er et felt som har fått kraftig økt oppmerksomhet etter 11. september. Det forventes at militære styrker i stadig økende grad vil få behov for biometriske verktøy i sine oppdrag, særlig i forbindelse med leirvakt hold og sivil-militær samhandling.

Inforensics omfatter metoder for å hente informasjon ut fra datautstyr som er ødelagt, kryptert eller på annen måte forsøkt gjort utilgjengelig for andre. Dette er et sentralt verktøy i kampen mot internasjonal terrorisme.

## **12.8 Håndvåpen**

Det har i noen år pågått en overgang i NATO til lettere håndvåpen med mindre kaliber og større utgangshastighet. Den norske Hæren er blant de siste som gjennomfører denne overgangen til mindre kaliber. Av nyutvikling på håndvåpensektoren må ellers spesielt nevnes den stadig tettere integrasjon mellom våpenet, dets siktemidler og soldatens øvrige IKT-utrustning. Det er også lansert håndvåpen for meget spesielle funksjoner, f.eks. å skyte rundt hushjørner (se figur 12.1).



Figur 12.1 *Corner Shot er utviklet for å kunne skyte presist rundt hushjørner (bilde: Corner Shot)*

### 13 OPPSUMMERING OG KONKLUSJONER

Formålet med FFI-prosjekt ”Teknologi og forsvar etter 2014” er bl.a. å etablere et nytt helhetssyn på den militærteknologiske utvikling, og gi råd om teknologitemaer som bør utredes i mer detalj i den tidlige fase av neste langtidsplanprosess i Forsvaret. Det understrekes imidlertid at denne rapporten ikke gir konkrete anbefalinger om norske materiellanskaffelser. Rapporten tar derimot sikte på å legge et solid fundament for forståelse av militærteknologiske trender av vesentlig betydning for langtidsplanleggingen i Forsvaret. Rapporten er ikke uttømmende, men beskriver de viktigste trendene og eksemplene slik de fremstår i dag.

Vi har i denne rapporten gjennomgått viktige, vestlige, militærteknologiske utviklingstrekk slik de fortoner seg høsten 2004. Rapportens oppdeling i 11 tekniske kapitler har muliggjort separat behandling av de viktigste **plattformmessige** aspektene innen hhv. land-, sjø-, luft- og rom-dimensjonen. I tillegg er det gått noe mer i dybden på mer **plattformuavhengige** teknologier som missiler, ARBC-vern, KKI, informasjonsoperasjoner/EK, strålevåpen og sensorer. Avslutningsvis skal vi i dette kapitlet forsøke å samle trådene for å gi noen overordnede synspunkter.

Generelt kan man si at dagens moderne militærmateriell i betydelig grad gjenspeiler ønsket om at militærmakt fortsatt skal være et anvendelig verktøy. Dette omfatter scenarier hvor rammebetingelsene er vesentlig annerledes enn under den kalde krigen:

- Vesentlig mindre aksept for tap av egne soldaters liv
- Vesentlig mindre aksept for skader på sivile (”collateral damage”)

Den naturlige teknologiske responsen på dette har vært utvikling av langtrekkende presisjonsvåpen og sensorsystemer med bedre detaljoppløsning og dekningssevne i rom og tid;

og en forsiktig introduksjon av ubemannete plattformer. Det er all grunn til å tro at denne trenden vil fortsette.

Stabiliseringsfasen i Irak har imidlertid vist hvordan denne visjonen om militære operasjoner uten egne tap kommer til kort i situasjoner hvor nærvær av militært personell over tid er nødvendig. Terrorangrepene 11. september 2001 har likeledes satt fokus på en trussel som heller ikke uten videre løses med langtrekkende presisjonsvåpen. Det er enda svært tidlig å skulle se nye militærteknologiske trender i kjølvannet av 11. september og Irak, men enkelte nye materiellbehov synes tydelige og vil trolig bli adressert gjennom nye utviklings- og anskaffelsesprogrammer.

Mer spesifikt skal vi her summere opp noen av rapportens viktigste funn i 13 (urangerte) hovedpunkter. For øvrig vil et utall av faktorer virke inn på den relative betydningen av den militærteknologiske utviklingen. Derfor er det primære siktemål med denne rapporten å beskrive helheten av den teknologiske utvikling snarere enn utvalgte trender.

### **13.1 Presisjonsvåpen mot landmål**

Dette er den mest tydelige utviklingstrenden i de militære konfliktene hvor USA har vært involvert fra Golfkrigen i 1991 til Irak i 2003. Andelen av slike våpen har blitt tidoblet i løpet av en tolvårsperiode, og presisjonsvåpen er nå blitt et de facto krav for luft-til-bakke-rollen. Eksisterende flytyper blir vesentlig mer kapable gjennom oppgradering av våpen, sensorer og kommunikasjonsutstyr. Antall mål som kan angripes fra hvert enkelt fly, øker dramatisk. Også for marinefartøyer satses det på evne til presisjonsild mot landmål. Se bl.a. kapittel 3, 4 og 5.

### **13.2 Artillerirevolusjonen**

Artillerisektoren starter nå på en utvikling tilsvarende den som luftmakten nylig har gjennomgått. Presisjonsstyrt ammunisjon for rørartilleri, rakettartilleri og bombekaster er i dag en teknisk realitet, og forventes å bli tatt i operativ bruk i mange lands hærstyrker gjennom det neste tiåret. Akkurat som på flysektoren vil nå gamle plattformer (skyts) få dramatisk økt kapasitet. I noen sammenhenger vil trolig artilleriet kost/nytte-messig bli luftmakten overlegen, og redusere etterspørselen etter luftstøtte. Se kapittel 2.

### **13.3 Sensorer mot landmål**

Den mangeårige eksponentielle utviklingen innen mikroelektronikk har nå ført til at kompakte høyoppløselige sensorer for bruk mot landmål er tilgjengelig i et vesentlig større omfang enn før. Syntetisk apertur radar (SAR) er i ferd med å bli en standard sensor på luft- og romplattformer for observasjon uavhengig av skydekke og lysforhold. Måldesignatorer som kombinerer laser avstandsmåler, GPS, kompass, helningsmåler osv. er i ferd med å bli ”hylleware”, og kan bæres av fotsoldater, fly eller ubemannete farkoster. Sammen med dette ser man en rask utvikling innen Combat ID-systemer. Slike systemer er en nødvendighet for å

kunne utnytte presisjonsvåpnenes potensial i scenarier med en meget dynamisk, ulineær front. Se bl.a. kapittel 2, 6, 8 og 10.

### **13.4 Fjernstyring av våpen**

Det har lenge vært en klar utviklingstrend i retning av langtrekkende våpen (kryssermissiler, sjømålsmissiler, glidebomber). Første generasjon av slike systemer har vært av typen ”fire and forget”, hvilket var velegnet i den kalde krigens scenarier. Det er nå et sterkt økende krav om datalink til slike våpen for å ha ”man in the loop” og for å registrere om våpenet treffer. Den pågående utviklingen av ”hunter-killer UAVer”, GPS-styrte bomber mot bevegelige mål og nye luft-til-luft missiler illustrerer en utvikling hvor våpenplattformen ikke lenger har kontrollen over våpenet, men mer kan betraktes som en befrakter. (Slutt)styringen av våpenet flyttes bakover (til andre fly eller kommandosentraler) for å redusere eksponeringen av personell og materiell i fremste linje. Se kapittel 5.

### **13.5 Lettere, men godt pansrete stridskjøretøyer**

Kravet om lufttransportabelt materiell har vært klart uttalt i noen år. En grunntese har vært at informasjonsoverlegenhet kan kompensere for tykkelsen på panseret. Denne tesen har blitt vesentlig svekket gjennom 2003–2004. Det pågår mye interessant teknologiutvikling innen nye materialer og aktive selvbeskyttelsessystemer som kan ha potensial til å løse situasjonen, men på kortere sikt peker to trender seg ut:

- Tilleggspansring for eksisterende kjøretøyer
- Kjøretøyer med betydelig pansring men lettere skyts

Fjernstyrte våpenstasjoner er for øvrig et viktig element både på dette området og for flere andre plattformtyper. Se kapittel 2.

### **13.6 Små ubemannete plattformer som støtter større bemannede plattformer**

Det er en rivende utvikling innen små ubemannete plattformer både under sjøen (AUV), på sjøen (USV), på bakken (UGV) og i luften (UAV). Felles for disse små systemene er at de ikke er i direkte konkurranse med store bemannede plattformer, men heller øker disses yteevne. Alt tyder på at dagens klassiske militære fartøystyper (f.eks. hangarskip, fregatter, MTBer, undervannsbåter og logistikkskip) fortsatt vil bli produsert, men at de i stadig økende grad vil bli bærere av mindre, ubemannete systemer. Hæravdelinger vil på tilsvarende vis bringe med seg små UAVer og UGVer som de selv har full kontroll over. Også på luftsiden kan man se gryende tegn til en slik utvikling, om enn ikke like tydelig. Se kapittel 2, 3 og 4.

### **13.7 Samvirke mellom bemannede fly og store UAVer**

UAV/UCAV fremstilles i blant som en direkte konkurrent til bemannede fly. Det er vår oppfatning at dette egentlig ikke gjenspeiler situasjonen i USA. Tvert imot planlegger man der i overskuelig fremtid med tett samvirke mellom bemannede og ubemannete luftplattformer. På tre

forskjellige sektorer innen luftmakten ser man nå helt konkret hvordan USA går til omfattende anskaffelser både av helt nye fly og store ubemannete systemer:

- Luft-til-bakke-rollen
- Maritim patruljering og ASW
- Kystvakt

Det ”harde” valget mellom bemannede og ubemannete systemer vil trolig først måtte tas av mindre nasjoner som ikke har økonomi til å anskaffe begge deler. Men det er rimelig å anta at fleksible ”multimission-UCAVer” ligger langt frem i tid. Se kapittel 4.

### **13.8 Strålevåpen**

Strålevåpen er allerede en realitet i den forstand at det finnes systemer for jamming vha. mikrobølger eller laser. Men i løpet av få år vil vesentlig mer offensive strålevåpen være en realitet på slagmarken. Disse vil kombinere høy energitetthet med meget høy presisjon. Det er i første rekke tre slike våpentyper som synes å være på vei inn i praktisk bruk i det amerikanske forsvaret:

- Høyeffekt mikrobølgevåpen for å ødelegge motpartens elektronikk; slike våpen vil bli levert med høy presisjon med f.eks. kryssermissiler eller bomber.
- Laservåpen for eksplosivrydding og kortholdsluftvern rundt militære leire; primært mot bombekastergranater og kortholdsmissiler.
- Svært direkte gjenbrukbare millimeterbølgevåpen for ikke-dødelige formål i kontroll av store folkemengder og ved vaktposter.

Folkeretten er på ingen måte entydig når det gjelder bruk av slike våpen. Se kapittel 8.

### **13.9 De små ting**

Den generelle utviklingen innen mikroelektronikk og sensor- og kommunikasjonsteknologi muliggjør nå produksjon av en rekke små systemer som gir vesentlig økt yteevne til den enkelte soldat eller hans lag. Eksempler på dette er UGVer eller UAVVer til å ha i ryggsekken, handsfree taktisk samband, lett jamme- og peileutstyr, nattsyn, BC-sensorer, kompakte måldesignatorer som leverer GPS-koordinater, overvåkningssensorer som lett kan kamufleres, etterlates og fjernstyres osv. Det vil være av største viktighet i forsvarsplanleggingen at man unngår situasjoner hvor overskridelser på store plattformanskaffelser fjerner muligheten til anskaffelse av slike fysisk små, men reelt sett store styrkemultiplikatorer. Det er også verd å merke seg at på dette feltet kan små nasjoner (eller ikke-statlige aktører) godt tenkes å være teknologiledende. Se bl.a. kapittel 2, 7, 8 og 12.

### **13.10 Total Asset Visibility – TAV**

Privat sektor ligger i dag langt foran forsvarssektoren innen on-line avlesing av lagerbeholdninger og sporing av gods. Det satses betydelig på å tette dette gapet i flere lands forsvar. De teknologiske løsningene er allerede der på komponentnivå (radiomerking, GPS-sporing,

strekkodeavlesing og Satcom) men sikkerhetsaspektet ved å koble logistikksystemer sammen med taktisk viktig informasjon om egne styrkers posisjon og status kan fortsatt vise seg å bli en bremsende faktor. Se kapittel 11.

### **13.11 Missilforsvar**

Missile Defense er i dag det største enkeltstående programmet på forsvarssektoren i USA, og vil bli gradvis etablert med stadig økende yteevne for beskyttelse av det amerikanske fastland. Det er mulig, men fortsatt ikke sikkert, at den neste fellesanskaffelsen i NATO vil bli relatert til forsvar mot ballistiske missiler. Samtidig er det økt fokus også på forsvar mot kryssermissiler. En helt sentral komponent her er eleverte radarsensorer, en teknisk utfordring USA nå forsøker å løse både fra satellitt- og flysiden, samt fra mer statiske plattformer som luftskip eller ballonger. Se kapittel 5.

### **13.12 Stabilisering og Homeland Defense som teknologidrivere**

Det mest markante trendbruddet innen forsvarssektoren i løpet av det siste tiåret er kombinasjonen av terrorangrepene på World Trade Center og Pentagon i 2001 og stabiliseringsoperasjonen i Irak 2003–2004. I begge tilfeller ble USA stilt overfor utfordringer hvor langt-reakkende presisjonsild ikke er noe adekvat svar. De nye utfordringene innenlands og utenlands synes derimot å kreve teknologi innrettet mot sikring, massiv overvåkning og sporing av enkelt-individer, og kulturelt basert etterretning. Det er all grunn til å tro at ny teknologi vil være et vesentlig element i USAs respons på disse nye utfordringene, men det er for tidlig å vise til konkrete resultater og hvor stor del av forsvarssektoren som etter hvert vil rettes inn mot disse nye oppgavene. Se bl.a. kapittel 2, 3, 4, 6, 7, 10, 11 og 12

### **13.13 Avsluttende kommentarer**

Vi har i denne rapporten presentert på ugradert nivå en rekke militærteknologiske utviklings-trekk slik de fortoner seg høsten 2004. USA er ledende på svært mange felter innen militærteknologien, men på nesten alle områdene som her er omtalt er det en betydelig vilje til satsing også blant enkelte europeiske land. Innen så ulike felter som hangarskip, kampfly, militære transportfly, kryssermissiler, luftvern, Satcom, overvåknings satellitter, UAVer, AUVer, måldesignatorer, minerydding og ARBC-sensorer er det betydelig aktivitet i forskjellige europeiske land. Og det synes som Europa i stor grad har omfavnet USAs visjoner anno år 2000 for hvordan morgendagens militære styrker bør utstyres, i hvert fall i prinsippet.

Flere av de observerte trendene griper naturlig nok direkte inn i norsk forsvarsplanlegging og forsvarsdebatt. Vi skal ikke her gå i detalj, men kun fremheve noen få momenter som den teknologiske utviklingen stiller oss overfor:

- Artilleri vil i løpet av få år gå fra å være områdedekkende våpen til å bli presisjonsvåpen. I hvilken grad skal den norske Hæren ta del i denne utviklingen?

- Den norske kampflyparken trenger å fornyes fra 2015 samtidig som det pågår en rivende utvikling innen ubemannete luftplattformer. Kan Luftforsvaret trygt satse på nok en generasjon bemannede kampfly?
- Sjøforsvaret anskaffer i disse dager nye fregatter og MTBer. I hvilken grad skal disse videreutvikles i helt andre retninger enn de opprinnelig ble anskaffet for?
- Hvordan sikre nødvendige økonomiske midler til anskaffelse av de ”små ting” som vil være en forutsetning neste gang våre land-, sjø- eller luftstridskrefter skal ut på oppdrag?
- Strålevåpen er en realitet. Vil slike våpen forbli et eksklusivt redskap for noen få stormakter, eller raskt bli en trussel som norske styrker kan risikere å møte ute eller hjemme?
- I kjølvannet av terrorangrepene 11. september utvikles det nå nytt og vesentlig mer avansert materiell med stort potensial i både militær lavintensitetskonflikter/stabiliseringsoperasjoner og på samfunnssikkerhetssektoren. Hvordan skal operative kapasiteter organiseres og i hvilken grad skal midler til innkjøp av utstyr på denne sektoren hentes fra forsvarsbudsjettet?

Dette er problemstillinger som vi forventer vil stå sentralt i Forsvarets neste langtidsplanprosess. I første omgang vil FFIs Tek14-prosjekt gå videre i 2005–2006 med utdypende analyser av utvalgte temaer og skissering av noen alternative fremtidige norske styrkestrukturer.

**APPENDIKS****A FORKORTELSER****A**

ABC	Atomic, Biological, Chemical
ACS	Aerial Command Sensor
ADS	Active Denial System
AEGIS	Airborne Early Warning / Ground Environment Integration Segment
AEHF	Advanced Extremely High Frequency
AGS	Alliance Ground Surveillance
AIM	Air Intercept Missile
AIS	Automatic Identification System
AMAV	Anti Mine Autonomous Vehicle
AMRAAM	Advanced Medium Range Air-to-Air Missile
APS	Active Protection Systems
ARBC	Atomic, Radiological, Biological, Chemical
ASMP	Air-Sol Moyenne Portee
ASW	Anti Submarine Warfare
AUV	Autonomous Underwater Vehicle
AWACS	Airborne (Advanced) Warning And Control System

**B**

B/C	Biological/Chemical
BAMS	Broad Area Maritime Surveillance
BROACH	Bomb Royal Ordnance Augmenting Charge

**C**

CALCM	Conventional Air-Launched Cruise Missile
CATSS	Chemical, Atomic and Toxic compounds Surveillance System
CG	Krysser
CNO	Computer Network Operations
COSMO	Constellation of small Satellites for Mediterranean basin Observation
CVN	Carrier Vessel Nuclear
CVN-21	CVN for the 21 <sup>st</sup> century
CW	Continuous Wave

**D**

DA	Dassault
DARPA	The Defence Advanced Research Projects Agency
DAS	Defensive Aids Suites
DB	Decibel
DCEE	Distributed Continuous Experimentation Environment
DD	Destroyer



DIRCM	Direktive IR-motmidler
DLR	Deutsche Luft und Raumfahrt Zentrum
DNA	Deoxyribo Nucleic Acid (arvestoffet)
DoD	Department of Defense
DSCS	Defence Satellite Communications System
DSTL	Defence Science and Technology Laboratory

**E**

EADS	European Air and Defence Systems
EELV	Evolved Expandable Launch Vehicle
EK	Elektronisk krigføring
ELINT	Electronic Intelligence
EM	Elektromagnetisk
EMP	Elektromagnetisk puls
EO	Electro-Optical
ES	Enterprise Services
ESA	European Space Agency
ESM	Electronic Support Measures
ESSM	Evolved Sea Sparrow Missile
EST	Elektroniske støttetiltak
ETC	Electro Thermal Chemical
EU	Den europeiske union

**F**

FALCON	Force Application and Launch from Continental US
FCS	Future Combat Systems
FEL	Free-Electron Laser
FFI	Forsvarets forskningsinstitutt
FLO	Forsvarets logistikkorganisasjon
FN	Forente nasjoner
FoU	Forskning og utvikling
FS 2000	Forsvarsstudie 2000
FSAT	Forsvarets satellitterminal

**G**

G	Giga
GEO	Geostasjonær bane
GIG	Global Information Grid
GLONASS	Global Orbiting Navigation Satellite System
GMLRS	Guided MLRS
GPS	Global Positioning System
GSM	Global System for Mobile-Communications

**H**

HF	High Frequency (3–30 MHz)
HIMARS	High Mobility Artillery Rocket System
HMX	High Melting Explosive

HPM	High Power Microwave
HVM	Hyper Velocity Missile
Hz	Hertz
<b>I</b>	
ID	Identification
IKT	Informasjons- og kommunikasjonsteknologi
IMO	International Maritime Organisation
INFO OPS	Informasjonsoperasjoner
INMARSAT	International Maritime Satellite System
INS	Inertial Navigation System (Treghetsnavigasjon)
IP	Internett-protokoll
IR	Infrared
IRIS-T	Infrared Imagery Sidewinder – Tail controlled
ISAF	International Security Assistance Force (Afghanistan)
ISAR	Invers SAR
ISN	Institute for Soldier Nanotechnologies
ISTAR	Intelligence, Surveillance, Target Acquisition and Reconnaissance
<b>J</b>	
JAS	Jakt Attack Spaning
JASSM	Joint Air-to-Surface Standoff Missile
JCM	Joint Common Missile
JDAM	Joint Direct Attack Munition
JLENS	Joint Land Attack Cruise Missile Defence Elevated Netted Sensor System
JSF	Joint Strike Fighter
JSTARS	Joint Surveillance and Target Attack Radar System
JTRS	Joint Tactical Radio System
J-UCAS	Joint Unmanned Combat Aerial System
<b>K</b>	
KFOR	Kosovo Force
KKI	Kommando, Kontroll, Informasjon
KNM	Den Kongelige norske marine
<b>L</b>	
LCS	Littoral Combat Ship
LEO	Low Earth Orbit
LIDAR	Light Detecting And Ranging
LMRS	Long Term Mine Reconnaissance Systems
LOCAAS	Low Cost Autonomous Attack System
LOSAT	Line-Of-Sight Anti-Tank
LV	Luftvern
<b>M</b>	
M	Mega
MANPADS	Man Portable Air Defence System

MAV	Micro Air Vehicle
MC	Mission Control
MC2A	Multi-Sensor Command and Control Aircraft
M-Code	Military Code
MFU-03	Forsvarssjefens militærfaglige utredning 2003
Milstar	Military Strategic and Tactical Relay System
MilTek	Militærteknologi
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MLRS	Multiple Launch Rocket System
MMA	Multi-Mission Maritime Aircraft
MoD	Ministry of Defence
MRR	Multirolle radio
MSR	Multistatisk radar
MTB	Motortorpedobåt
MTHL	Mobile Tactical High Energy Laser
MTI	Moving Target Indication
MUOS	Mobile User Objective System
<b>N</b>	
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NASAMS	Norwegian Advanced Surface-to-Air Missile System
NATO	Den nord-atlantiske allianse (North Atlantic Treaty Organisation)
NbF	Nettverksbasert forsvar
NCCT	Network Centric Collaborative Targeting
NCES	Net-Centric Enterprise Services
NCUBE	Norwegian Cube Satellite
NCW	Network Centric Warfare
NEC	Network Enabled Capabilities
NITE	Network Integrated Test and Experimentation Works
NLOS-C	Non-Line-Of-Sight-Cannon
NORCCIS	The Norwegian Command and Control Information System
NORMANS	The Norwegian Modular Arctic Network Soldier
NPT	Non-Proliferation Treaty
NRBC	Nuclear, Radiological, Biological, Chemical
NSM	Nytt sjømålsmissil (Naval Strike Missile)
<b>O</b>	
O <sub>2</sub>	Okxygen
OPP	Offentlig-privat partnerskap
OPSEC	Operasjonssikkerhet
<b>P</b>	
PAC-3	Patriot Advanced Capability Level-3
PB	Panserbekjempelse
PCL	Passive Coherent Location
PCR	Polymerase Chain Reaction
PFI	Private Finance Initiative

PRS	Public Regulated Service
PSYOPS	Psykologiske operasjoner
PAAMS	Principal Anti-Air Missile System

**R**

RADAR	Radio Detection and Ranging
RADARSAT	Radar Satellite (Canada)
RAM	Rolling Airframe Missile
RASCAL	Responsive Access, Small Cargo, Affordable Launch
RBA	Revolution in Business Affairs
RDD	Radiological Dispersion Device
RF	Radio Frequency
RFID	Radio Frequency Identifier
RMA	Revolution in Military Affairs
ROV	Remotely Operated Vehicle
RPG	Rocket Propelled Grenade
RPV	Remotely Piloted Vehicle

**S**

SAR	Syntetisk apertur radar
SAS	Syntetisk apertur sonar
SATCOM	Satellite Communications
SAVI	Soviet American Venture Initiative
SBIRS	Space Based Infrared System
SBR	Space Based Radar
SDB	Small Diameter Bomb
SEAD	Suppression of Enemy Air Defence
SHARC	Swedish Highly Advanced Research Configuration
SHF	Super High Frequency (3–30 GHz)
SIBO	Strid i bebyggd område
SICRAL	Militær italiensk satellitt
SIGINT	Signals Intelligence
SJ	Supportjammer
SKYNET	Britisk militært Satcom-system
SLAM-ER	Standoff Land Attack Missile – Extended Range
SM	Standard missile
SOA	Service Oriented Architecture
SOSUS	Sound Surveillance System (US)
SPAWN	Satellite Protection and Warning
St.prp.	Stortingsproposisjon
SYRACUSE	Fransk militær satellitt
SAASM	Selective Availability Spoofing Module

**T**

TATB	Triaminotrinitrobenzen
TAURUS	Tysk kryssermissil
TAV	Total Asset Visibility

TBM	Theatre Ballistic Missile
Tek14	Teknologi og forsvar etter 2014
THEL	Tactical High Energy Laser
THAAD	Theatre High-Altitude Area Defence
TNT	Trinitrotoluene
Top20	Topp 20 teknologier (Tek14)
T-Sat	Transformational Satellite Communication

**U**

UAV	Unmanned Aerial Vehicle
UCAR	Unmanned Combat Armed Rotorcraft
UCAV	Unmanned Combat Air Vehicle
UGV	Unmanned Ground Vehicle
UHF	Ultra High Frequency (300 MHz-3 GHz)
USAF	US Air Force
USD	US dollar
USMC	US Marine Corps
USV	Unmanned Surface Vehicle
UVB	Undervannsbåt

**V**

VHF	Very High Frequency (30–300 MHz)
VSAT	Very Small Aperture Terminal
VTOL	Vertical Take-Off and Landing

**W**

W3C	World Wide Web Consortium
WGS	Wideband Gapfiller Satellite

## B BIDRAGSYTERE

En rekke FFIere har bidratt med verdifulle kommentarer eller tekstinnspill til denne rapporten. I (91) vil noen av disse bidragene bli presentert. Rapportens hovedforfattere tar imidlertid det fulle ansvar for de konklusjoner som her trekkes.

Vi vil spesielt takke følgende personer for deres bidrag:

Vegard Arnesen	Stig Lødøen
Sigbjørn Aune	Stian Løvold
Bent Erik Bakken	Stein Malerud
Stian I. Betten	Svein Martini
Halvor Bjordal	Torleiv Maseng
Janet Blatny	Jahn Andreas Mæland
Jan Ivar Botnan	Bjørn T. Narheim
Karsten Bråthen	Terje Nilsen
Geir Enemo	Kjell Olav Nystuen
Torkild Eriksen	Arthur D. van Rheenen
Hans Christian Gran	Torbjørn Skauli
Hilde Hafnor	Espen Skjelland
Ole Erik Hedenstad	John-Mikal Størdal
Steinar Høibråten	Ivar Tansem
Gudrun K. Høye	Heidi Toft
Bjørn A. Johnsen	Tore Vamraak
Ørnulf Kandola	Ronny Windvik
Tor Knudsen	Hans Øhra
Stein Kristoffersen	Einar Østevold
Kirsten Kvernsveen	Ola Aabakken
Rune Lausund	Pål Aas

## Litteratur

- (1) Solstrand R H (2000): Teknologi, forsvar og forsvarsstrukturer, FFI/RAPPORT-2000/03429.
- (2) Nyhamar T (2003): Amerikansk militærteknologi og forholdet til Europa, FFI/RAPPORT-2003/02410.
- (3) Forsvaret (2003): Forsvarssjefens militærfaglige utredning 2003, 8. desember.
- (4) Schelderup T E et al (2004): Program Forsvarsanalyse 2003 (PFA 03) – Sluttrapport, FFI/RAPPORT-2003/02848, Begrenset.
- (5) Eggereide B et al (2003): Tek14: Operasjon ”Iraqi Freedom” – Militærteknologiske betraktninger om kampene i Irak våren 2003, FFI/RAPPORT-2003/00105.
- (6) Eggereide B, Hansen A S, Wahl T (2004): Militærteknologiske betraktninger om stabiliseringsfasen i Irak, FFI/RAPPORT-2004/02495.
- (7) Kråkenes T, Wahl T (2003): Tek14: Teknologispill fra FFI til MFU-03 – Oppsummering og erfaringer, FFI/RAPPORT-2003/01523, Begrenset.
- (8) Vamraak T (2004): Tek14: Den norske materiellarven i 2014 – Status og nye NATO-føringer, FFI/RAPPORT-2004/00057.
- (9) Wahl T et al (2004): Tek14: Besøk i USA i april 2004 om amerikansk militær teknologiutvikling, FFI/RAPPORT-2004/01959, Unntatt offentlighet.
- (10) Bakken B E (2004): A resource based system dynamics model of an advanced weapons value chain. FFI/RAPPORT under utgivelse.
- (11) Eggereide B (2004): TEK14: Stridskjøretøy for framtida – Oversikt over utvalde utlandske program, FFI/RAPPORT-2004/02604.
- (12) Kråkenes T, Eggereide B, Wahl T (2004): Tek14: Sentrale militærteknologiske temaer for neste langtidsplanprosess i Forsvaret (Top20), FFI/RAPPORT-2004/03955, Begrenset.
- (13) Det Kongelige Forsvarsdepartement (2004): St.prp. nr. 42 (2003–2004) – Den videre moderniseringen av Forsvaret i perioden 2005–2008, Oslo, 12. mars.
- (14) NATO RTO (1999): Land Operations 2020, <http://www.rta.nato.int/Pubs/RDP.asp?RDP=RTO-TR-008>.
- (15) Coffey T et. al. (2003): Hydrogen as a fuel for DOD, *Defense Horizons*, 36, November.
- (16) Justis N (2004): Soldier power overview, Presentasjon, Washington DC, 29. april.
- (17) Skjold A (2004): Studie av aktive beskyttelsessystemer, FFI/RAPPORT-2004/03287, Begrenset.
- (18) Skjold A (2004): IBD's aktive beskyttelsessystem, FFI/RAPPORT-2004/03288, Konfidensielt.

- (19) Ogorkiewich R M (2004): Armor and future urban warfare, *Armor*, March-April.
- (20) Østevold E (2003): Deltakelse på AVT Spring 2003 Symposium – Novel Vehicle Concepts and Emerging Vehicle Technologies, FFI/REISERAPPORT-2003/02648.
- (21) Skjold A, Østevold E (2004): Hypervelocity-missiler – Operative problemstillinger, FFI/RAPPORT-2004/02930, Begrenset.
- (22) Chuter A (2004): UK to boost range for guided MLRS, *Defense News*, 13. september, s. 3.
- (23) Tucson A Z (2004): GPS Gives Howitzers A New Lease On Life, *Space Daily*, 12. november.
- (24) Kucera J (2004): US Army selects artillery calibre, *Jane's Defence Weekly*, 21. juli.
- (25) Malerud S (2002): Bakkebasert luftvern – Teknologidelstudie for MFU 03, FFI/RAPPORT-2002/04196, Begrenset.
- (26) Meland A (2004): Kjører uten sjåfør, *Magasinet i Dagbladet*, 10. mars.
- (27) Wall R (2002): Pentagon Bets on Joint UCAV, *Aviation Week & Space Technology*, 16. desember.
- (28) Marx P H (2004): Barbarians at the Gate, *Proceedings Naval Institute*, mai, s. 32–36.
- (29) UK MoD (2003): Delivering Security in a Changing World, *Defence White Paper*, desember.
- (30) Evans P (2004): Maritime Mine Countermeasures – A UK Perspective, *DSTL*.
- (31) Hennem A C, Johansson G, Malerud S (2004): Langtrekkende presisjonsstyrte våpen – Teknologiske betraktninger, FFI/RAPPORT-2004/00659.
- (32) SMI konferanse (2004): Anti-Ship Missiles, *Presentasjon*, The Hatton, London, 29.-30. oktober.
- (33) Fulghum D A (2004): Disappearing Act, *Aviation Week & Space Technology*, 25. oktober, s. 76–78.
- (34) Fulghum D A (2004): Something Old, Something New, *Aviation Week & Space Technology*, 25. oktober, s. 98–99.
- (35) Ben-David A (2004): Inner conflict, *Jane's Defence Weekly*, 1. september, s. 25–28.
- (36) World News Roundup (2004): The US Army released the request, *Aviation Week & Space Technology*, 6. september, s. 18.
- (37) Fulghum D A (2004): Spy Blimp, *Aviation Week & Space Technology*, 8. november, s. 62.
- (38) Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) (2003): DARPA's Strategic Plan, <http://www.darpa.mil/body/strategic.html>, februar.
- (39) Sirak M (2004): US Air Force moves ahead in scramjet flight quest, *Jane's Defence Weekly*, 20. oktober, s. 50.



- (40) EU (2004): *Headline Goals 2010*, 6309/6/04 rev6, Brussels 4 May 2004–09–06.
- (41) EU (2003): *White Paper – Space: a new European frontier for an expanding Union – An action plan for implementing the European Space policy*, COM(2003) 673, Brussel, 11. november.
- (42) ECAP Project Group on Space Assets (2004): *Space Systems Needs to Support ESDP*, ECAP, 12. juli.
- (43) Pålhaugen L (2003): *Bruk av sivil satellittkommunikasjon i nettverksbasert forsvar – Innledende betraktninger*, FFI/RAPPORT-2003/00332.
- (44) Meland B J (2004): *Deltakelse på konferansen "Military Satellites"*, London 14.-16. juli 2004, FFI/REISERAPPORT-2004/02565.
- (45) deSelding P (2004): *Trans-Atlantic Military Space Cooperation Faces Hurdles*, *Space News*, 18. oktober.
- (46) Taverna M A, Barrie D (2004): *Satnav Clash*, *Aviation Week & Space Technology*, 18. november, s. 76.
- (47) Toft H K (2003): *Kjernevåpenrelaterte folkerettslige avtaler*, FFI/RAPPORT-2003/00996.
- (48) Gran H C et al (2002): *Overvåknings- og sikringssystemer for MFU03*, FFI/RAPPORT-2002/04122.
- (49) RandomNotes (2004): *Laser Shoots Down Mortar Rounds*, *Defense News*, 6. september, s. 18.
- (50) Koch A (2004): *Navy directed-energy programme moves on*, *Jane's Defence Weekly*, 1. september, s. 12.
- (51) Sirak M (2004): *US Air Force, Navy eye non-lethal weapon*, *Jane's Defence Weekly*, 27. oktober, s. 8.
- (52) Bjordal H (2004): *SMI-konferanse "Directed Energy Weapons"*, FFI/REISERAPPORT-2004/02549.
- (53) Walling E M (2000): *High Power Microwaves: Strategic and Operational Implications for Warfare*, *Occasional Paper No 11*, *Center for Strategy and Technology*, Air University, Maxwell Air Force Base, Alabama, <http://www.globalsecurity.org/military/library/report/2000/occppr11.htm>.
- (54) Fulghum D A (2004): *New Energy Direction*, *Aviation Week & Space Technology*, 8. november, s. 24–25.
- (55) Fuller T (2003): *Microwave weapons: The dangers of first use*, *International Herald Tribune*, 17. mars.
- (56) Fulghum D A, Barrie D (2004): *Thug Zapper*, *Aviation Week & Space Technology*, juli, s. 34.
- (57) JDCC (2003): *Strategic Trends*, <http://www.mod.uk/jdd/trends.htm>, kapittel 4 og 8.

- (58) Bingham P T (2004): Ground Radar Surveillance and Targeting, *JFQ*, **35**, s. 88–94.
- (59) EADS (2004): <http://www.eads.net>.
- (60) MFU03 (2003): Konsept for nettverksbasert anvendelse av militærmakt – Grunnkurs, *Forsvarets Overkomando*.
- (61) MFU03 (2003): Militære informasjonsoperasjoner (MIL INFO OPS), *Forsvarets Overkomando*.
- (62) DARPA (2004): DARPA Symposium 2004, <http://www.darpa.mil/DARPATech2004/proceedings.html>, 9.-11. mars.
- (63) Enemo G (2001): Fremtidig teknologi som har konsekvenser for slagmarksdigitalisering, FFI/NOTAT-2001/05005, Begrenset.
- (64) Koch A (2004): US Army seeks better network, *Jane's Defence Weekly*, 10. november, s. 8.
- (65) Fulghum D A (2004): Catch a Wave, *Aviation Week & Space Technology*, 8. november, s. 61.
- (66) Lockheed Martin Mission Systems (1999): Silent Sentry Passive Surveillance, *Reklamebrosjyre*, 7. juni.
- (67) Pengelley R, Scott R (2004): Radar ESM faces up to the littoral challenge, *Jane's Navy International*, september, s. 24–32.
- (68) Høydal T O et al (2002): Teknologiinnspill til PFA-03 og MFU-03 – Elektronisk krigføring, FFI/RAPPORT-2002/04721, Begrenset.
- (69) Hughes D (2004): Airline Defense, *Aviation Week & Space Technology*, 25. oktober, s. 75.
- (70) Wall R, Fulghum D A (2004): Pack Mentality, *Aviation Week & Space Technology*, 25. oktober, s. 94–96.
- (71) Wall R (2004): Airborne LAN, *Aviation Week & Space Technology*, 8. november, s. 62.
- (72) Wall R (2004): Lifting the fog, *Aviation Week & Space Technology*, 21. juni, s. 34.
- (73) Fulghum D A (2004): Pup Listens, Points, *Aviation Week & Space Technology*, August 23/30, s. 36–37.
- (74) Aabakken O (2004): Interoperabilitet – Kostnadsdriver og styrkemultiplikator, FFI/RAPPORT-2002/02320.
- (75) Kagan F W (2003): The art of war, *The New Criterion*, november.
- (76) Kagan F W (2003): A Dangerous Transformation, *Opinion Journal from the Wall Street Journal Editorial Page*, [www.wsj.com](http://www.wsj.com).

- (77) Langsæter T (2004): Inntrykk fra 6th Annual Focused Logistics Conference i London 5–6 februar 2004, FFI/REISERAPPORT-2004/02291, Unntatt offentlighet.
- (78) Pedersen L E (2004): Defence Logistics 2004 – NATO-konferanse i Brussel, 27–29 januar 2004, FFI/REISERAPPORT-2004/01191, Unntatt offentlighet.
- (79) Valmot O R (2004): Frakteskip i 40 knop, *Teknisk Ukeblad*, 20. august, s. 5.
- (80) Harding S (2003): Sail army FASTER, *Soldiers*, <http://www.army.mil/soldier7feb2003.hsv.pdf>, februar.
- (81) NATO-prosjekt: In-Transit Visibility (ITV) – ACO Demonstration and consignment tracking for ISAF operations.
- (82) Schjelderup T E et al (2002): Behovsberegninger av utvalgte forsyninger for et nasjonalt scenario, FFI/RAPPORT-2002/02442, Begrenset.
- (83) MS 4–15, Stabstabeller, november 1991, Begrenset.
- (84) Treninspektoratet (1998): Lesehefte: Logistikernes verktøymappe, november, Begrenset.
- (85) Pagonis W, Cruikshank J L (1992): Moving mountains: Lessons in leadership and logistics from the Gulf War, Harvard Business School Press, Boston.
- (86) Rahimi R (2004): Andre lands programmer innen ikke-dødelige våpen, FFI/RAPPORT-2004/00339, Unntatt offentlighet.
- (87) Davison N, Lewer N (2004): Bradford Non-Lethal Weapons Research Project (BNLWRP), *Research Report No 5*, University of Bradford.
- (88) Allison G T, et al (2004): Nonlethal Weapons and Capabilities, *Report of an Independent Task Force Sponsored by the Council of Foreign Relations*, USA.
- (89) Gilmore G (2003): DARPA – Developed Device Brings Language Divides, [www.defenselink.mil/news/Apr2003/](http://www.defenselink.mil/news/Apr2003/).
- (90) Hughes D (2004): Finding Explosives, *Aviation Week & Space Technology*, 23. august, s. 68–70.
- (91) Kråkenes T, Wahl T (2004): Tek14: Underlagsmateriale for MilTek-rapporten og Top20, FFI/NOTAT-2004/02970, Begrenset.