

FFI RAPPORT

LANGTREKKENDE PRESISJONSSTYRTE VÅPEN - Teknologiske betraktninger

HENNUM Alf Christian, JOHANSSON Greger , MALERUD Stein

FFI/RAPPORT-2004/00659

FFI-I/858/044

Godkjent
Kjeller 2. april 2004

Jan Erik Torp
Avdelingssjef

LANGTREKKENDE PRESISJONSSTYRTE VÅPEN
– Teknologiske betraktninger

HENNUM Alf Christian, JOHANSSON Greger,
MALERUD Stein

FFI/RAPPORT-2004/00659

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

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-2004/00659 1a) PROJECT REFERENCE FFI-I/858/044	2) SECURITY CLASSIFICATION UNCLASSIFIED 2a) DECLASSIFICATION/DOWNGRADING SCHEDULE -	3) NUMBER OF PAGES 52		
4) TITLE LANGTREKKENDE PRESISJONSSTYRTE VÅPEN - Teknologiske betraktninger LONG RANGE PRECISION WEAPONS - Technological aspects				
5) NAMES OF AUTHOR(S) IN FULL (surname first) HENNUM Alf Christian, JOHANSSON Greger, MALERUD Stein				
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>Long Range Precision Weapons</u> b) <u>Missiles</u> c) <u>Guided Bombs</u> d) <u>Weapon Technology</u> e) _____ </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> IN NORWEGIAN: a) <u>Presisjonsstyrte våpen</u> b) <u>Missiler</u> c) <u>Styrte Bomber</u> d) <u>Våpenteknologi</u> e) _____ </td> </tr> </table>			a) <u>Long Range Precision Weapons</u> b) <u>Missiles</u> c) <u>Guided Bombs</u> d) <u>Weapon Technology</u> e) _____	IN NORWEGIAN: a) <u>Presisjonsstyrte våpen</u> b) <u>Missiler</u> c) <u>Styrte Bomber</u> d) <u>Våpenteknologi</u> e) _____
a) <u>Long Range Precision Weapons</u> b) <u>Missiles</u> c) <u>Guided Bombs</u> d) <u>Weapon Technology</u> e) _____	IN NORWEGIAN: a) <u>Presisjonsstyrte våpen</u> b) <u>Missiler</u> c) <u>Styrte Bomber</u> d) <u>Våpenteknologi</u> e) _____			
THESAURUS REFERENCE: 8) ABSTRACT This report discusses the technological development of long range precision weapons. The weapon systems discussed will normally have a CEP less than 30 meters and a range of more than 100 km (including the platform). The report comprises an overview of sensors, platforms and general aspects of C ⁴ I systems. The weapon and its subsystems are evaluated more in depth. The latest development of seekers, airframe, warhead, navigation and propulsion are given. The precision makes it possible to use smaller warheads and thus smaller weapons. New technology based on COTS components may be used to make weapons cheaper. New supersonic missiles will appear to engage time critical targets. Countermeasures against long range precision weapons are discussed. Improvements are expected in camouflage, electronic countermeasures (jamming) and air defence.				
9) DATE 2. April 2004	AUTHORIZED BY This page only TORP Jan Erik	POSITION Director of Research		

ISBN 82-464-0825-9

UNCLASSIFIED

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE
 (when data entered)

INNHOOLD

	Side	
1	SAMMENDRAG	7
2	INNLEDNING	7
2.1	Forutsetninger og avgrensinger	8
3	MODELL AV ET LPV-SYSTEM	9
4	TEKNOLOGISKE TRENDER	11
4.1	Sensorer	12
4.1.1	Sensortyper	12
4.2	Våpenet	15
4.2.1	Aerostruktur	15
4.2.1.1	Utvikling av aerostruktur	16
4.2.2	Navigasjon	16
4.2.2.1	Fremtidig navigasjon	17
4.2.3	Missilsøkere	18
4.2.4	Stridshoder	19
4.2.5	Framdriftssystemer	21
4.3	Plattform	21
4.3.1	Luftplattformer	21
4.3.1.1	Utvikling i luften	22
4.3.2	Landplattformer	27
4.3.2.1	Utvikling på land	27
4.3.3	Sjøplattformer	28
4.4	C ⁴ I	29
4.4.1	Kommunikasjonsinfrastruktur	30
4.4.2	Tjenesteinfrastruktur	30
5	EKSISTERENDE LPV-SYSTEMER	31
5.1	Bomber	31
5.1.1	Laserstyrte bomber	31
5.1.2	INS/GPS bomber	31
5.1.3	Glidebomber	32
5.2	Missiler	33
5.2.1	Luft til bakke	33
5.2.2	Sjø til bakke	35
5.2.3	Bakke til bakke	35
6	LPV-SYSTEMER I UTVIKLING	36
6.1	Minimissiler	36
6.2	Kryssermissiler	38
6.3	Supersoniske og hypersoniske kryssermissiler	40

7	MOTTILTAK OG SÅRBARHET	41
7.1	Passive mottiltak	41
7.2	Aktive mottiltak	42
7.2.1	Elektroniske mottiltak	42
7.2.2	Lufforsvar mot LPV	43
	APPENDIKS	46
A.1	FORKORTELSER	46
B.1	VÅPENTYPER	48
	LITTERATUR	50

LANGTREKKENDE PREISJONSSTYRTE VÅPEN - Teknologiske betraktninger

1 SAMMENDRAG

Det finnes i dag et bredt spekter av presisjonsstyrte våpen som kan benyttes mot de fleste typer mål. Våpnene kan deles inn i to grupper, bomber og missiler. Bombene kjennetegnes ved at de i motsetning til missilene ikke har et fremdriftssystem. Trenden i dag er å oppgradere gamle frittfallsbomber ved å sette på "add-on"-kits som gir bedre presisjon og lengre rekkevidde. Økt presisjon fører til at man kan benytte mindre stridshoder for å oppnå samme effekt i målet, og samtidig redusere unødvendige skader på omgivelsene. Kryssermissilene får, som bombene, bedre presisjon og rekkevidde. I tillegg går utviklingen mot lavere signatur, lavere flyhøyde og bruk av datalink. Datalinker gjør det mulig å avbryte et oppdrag, gi nye målkoordinater og formidle BDI (Battle damage indication) informasjon. For enkelte mål vil koordinatnavigasjon gi tilstrekkelig presisjon. En ekstern sensor og en datalink til våpenet for koordinatoppdatering vil derfor kunne erstatte en målsøker.

LPV kan leveres fra både luft-, sjø- og landplattformer. Den mest vanlige plattformen er fly, hvor utviklingen går i retning av ubemannede flygende farkoster – UAV (Unmanned Aerial Vehicle).

Sensorene vil få lengre rekkevidde og forbedret oppløsning. Nye sensorer som kommer er f.eks. LADAR. Forbedrede bildedannende MMW, IR og EO sensorer, samt mindre og raskere SAR radarer vil gjøre det lettere å oppdage, klassifisere og følge mål på bakken. Innføring av kommersielle hyllevarekomponenter og MEMS-teknologi (Micro-Electro-Mechanical Systems) forventes å gjøre sensorer billigere i fremtiden.

2 INNLEDNING

Denne rapporten utgjør en del av grunnlagsdokumentasjonen fra prosjekt 858 – Langtrekkende presisjonsstyrte våpen (LPV). Formålet til prosjektet er å vurdere en mulig innføring og bruk av LPV i Forsvaret i et fellesoperativt perspektiv, innenfor realistiske økonomiske rammer og i en alliert kontekst.

Rapporten gir en oversikt over eksisterende teknologi og teknologiske trender i et 20-års perspektiv. Oversikten over hva som vil kunne være tilgjengelig av LPV-teknologi, vil være et viktig utgangspunkt og danner grunnlaget for å etablere fremtidige systemløsninger for LPV.

Erfaringene som ble høstet ved bruk av LPV i operasjon "Desert Storm" i 1991 førte til et stort fokus på presisjonsstyrte våpen levert fra forskjellige plattformer. Utover 90-tallet og frem til operasjon "Iraqi freedom" i 2003 har det vært en rivende utvikling av LPV-systemer for å øke presisjonen, kunne levere våpen på lengre rekkevidder og fra større høyder, minimalisere skaden på omgivelsene (collateral damage), samt evne til å kunne reagere hurtig. Denne utviklingen

påvirker hele LPV-systemet, som foruten våpenet (effektoren), består av sensor(er), plattform(er) og kommando og kontroll. Rapporten fokuserer i hovedsak på utviklingen av våpenet, men diskuterer også de andre delsystemene som kan ses på som støttesystemer for at våpenet skal treffe og gi den ønskede effekten i målet til riktig tid. Videre skal det kartlegges hvor det er mest sannsynlig å finne forbedringer i disse systemene. Det er også viktig å se på systemer som er under utvikling og hvilke av disse som mest sannsynlig blir satt i produksjon. Til slutt diskuteres utviklingen innen mottiltak mot LPV som kan forventes i årene fremover.

I kapittel 3 presenteres modellen som benyttes til å beskrive systemet. I kapittel 4 gis det en oversikt over teknologiske trender innenfor de fire delsystemene i denne modellen. Kapittel 5 tar for seg eksisterende våpen og beskriver noen av egenskapene til disse. Kapittel 6 beskriver våpen som er under utvikling og hvilke LPV-kapasiteter som forventes å være tilgjengelig frem mot 2020. Til slutt diskuteres noen mulige mottiltak mot LPV.

2.1 Forutsetninger og avgrensinger

Rapporten beskriver mulig teknologi som kan benyttes i et fremtidig LPV-system. Politiske og økonomiske begrensninger ved innføring og bruk av et slikt system diskuteres ikke. Likevel bør det i denne sammenheng nevnes at det finnes to internasjonale avtaler som kontrollerer spredningen av langtrekkende våpen. Missile Technology Control Regime (MTCR) kontrollerer spredning av missilteknologi og utstyr som gjør det mulig å levere kjernevåpen eller konvensjonelle våpen med stridshoder på mer enn 500 kg fra avstander som er større enn 300 km. Norge er partner i dette regimet og har dermed valgt å følge retningslinjene i MTCR-avtalen. Intermediate-range Nuclear Forces Treaty forbyr landbaserte missiler med rekkevidde mellom 500 km og 5500 km. Dette er en bilateral avtale mellom USA og Russland og Norge er derfor ikke bundet av dette.

I betegnelsen langtrekkende presisjonsstyrte våpen inngår begrepene ”langtrekkende” og ”presisjonsstyrt”. For å få en fornuftig avgrensing av rapporten må disse begrepene defineres.

Med *langtrekkende* menes at den samlede rekkevidden til våpen og plattform skal være over 100 km. I tillegg skal plattformen kunne levere sine luft-til-bakke våpen uten å utsette seg selv for stor risiko. Dette krever leveringsavstander – ”Stand off avstander” og/eller flyhøyder, som normalt bør ligge utenfor dekningsområdet til det bakkebaserte luftvernet. Med *presisjonsstyrt* menes at våpenet (bomben/missilet) styres mot målet ved hjelp av et navigasjonssystem etter at våpenet har forlatt plattformen.

Rapporten omfatter kun våpen som benyttes mot landmål. Sjømål forventes dekket av egne våpensystemer, som i Norge kan være sjømålsmissilet NSM og torpedoer levert fra ubåt eller overflatefartøy. Moderne sjømålsmissiler har mange fellestrekk med landmålsmissiler, og det vil derfor kunne være mulig å bygge om sjømålsmissiler slik at disse får landmålskapasitet. Kryssermissilene som nevnes i rapporten er enten bakke-til-bakke, sjø-til-bakke eller luft-til-bakke, hvis ikke annet er eksplisitt nevnt. Radarheimende missiler (ARM, Anti Radiation Missile) er ikke omtalt nærmere siden disse har et spesielt bruksområde. Våpensystemer som er bygget for å levere masseødeleggelsesvåpen er heller ikke vurdert.

Studien omhandler i all hovedsak LPV-systemer utviklet i vestlige land fordi disse antas å ligge

teknologisk lengst fremme. Innholdet i denne rapporten er ugradert og derfor utelukkende basert på åpne kilder. Opplysninger om våpensystemene er hentet fra www.FAS.org (1), www.GlobalSecurity.org (2) og www.janes.com (3) hvis ikke annet er oppgitt.

3 MODELL AV ET LPV-SYSTEM

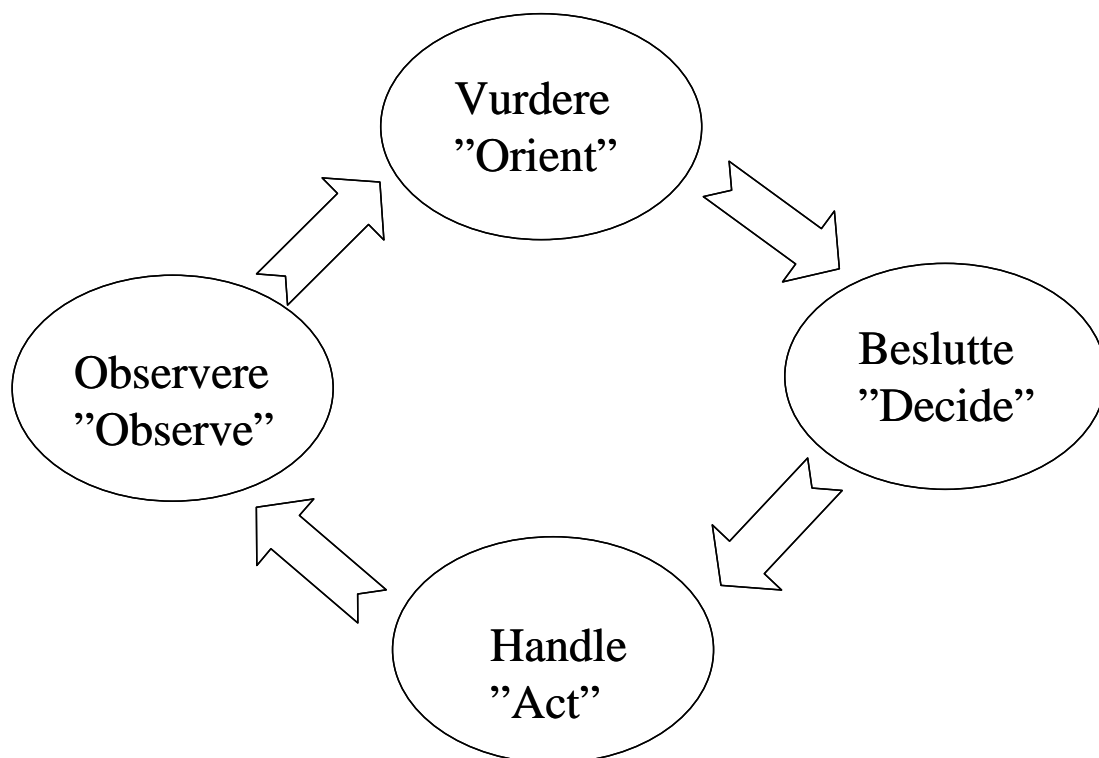
Et system kan defineres som en sammensetning av metoder, personell, materiell, organisasjon, prosedyrer, doktriner og bygg/anlegg organisert for å utføre bestemte funksjoner.

Hovedfunksjonen til et system for levering av langtrekkende presisjonsstyrt ild er å skape ønsket effekt i målet, dvs. ødelegge eller nøytralisere målet for et gitt tidsrom. Samtidig stilles det ofte krav om å redusere skadeomfanget i omgivelsene til målet. For at LPV-systemet skal kunne utføre hovedfunksjonen må det kunne:

- Oppdage, klassifisere, karakterisere og følge mål
- Prioritere mellom mål
- Gjennomføre planlegging av engasjementer
- Gjennomføre engasjementer
- Vurdere om engasjementene var vellykket
- Ved behov kunne reengasjere mål

Disse funksjonene hører naturlig hjemme i en ledelsesprosess (handlingsløyfen – OODA-loopen) som utføres i forbindelse med gjennomføringen av oppdrag,

Figur 3.1.



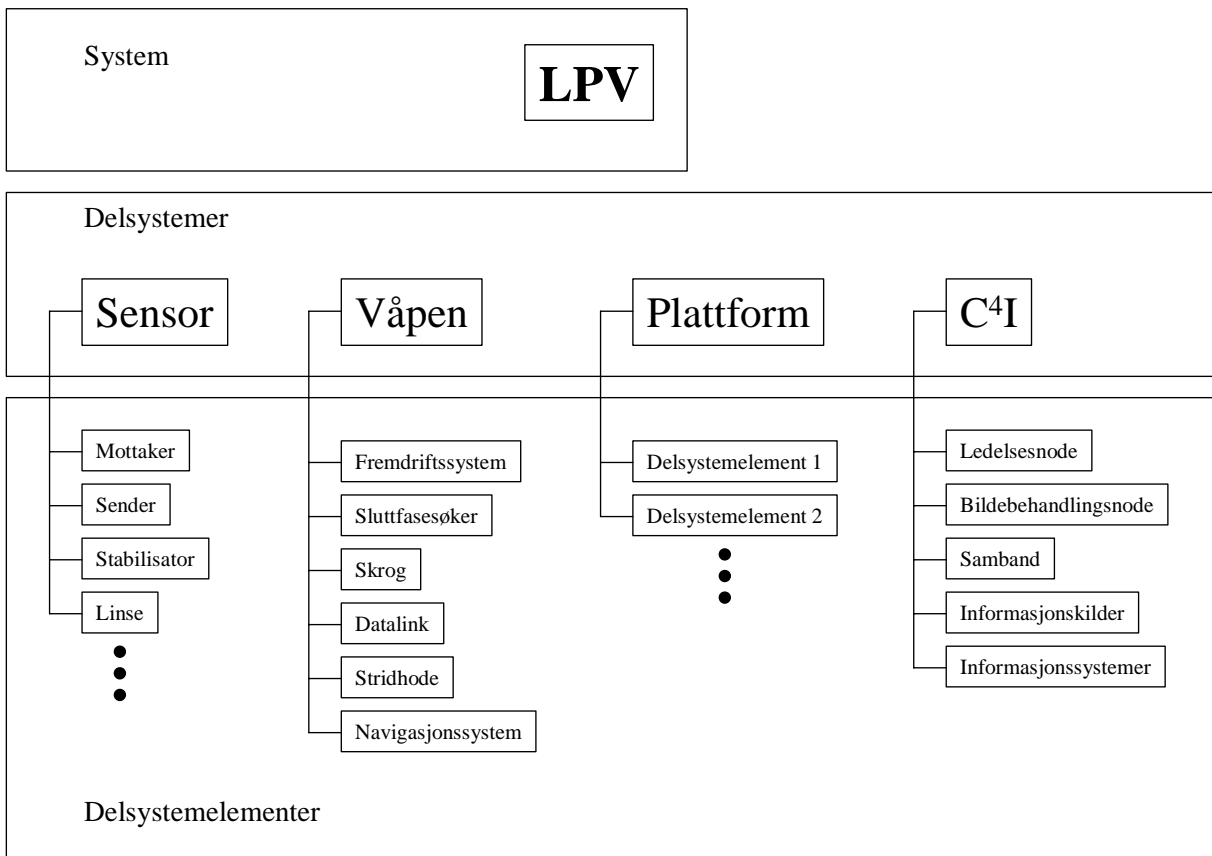
Figur 3.1 OODA-loopen inneholder funksjonene som inngår i ledelsesprosessen i forbindelse med gjennomføringen av et oppdrag.

For å kunne utføre alle disse funksjonene må systemet normalt støtte seg på tjenester/funksjoner som leveres av andre "systemer" i omgivelsene til LPV-systemet. Et eksempel på dette er tilgang på etterretningsinformasjon og informasjon fra eksterne sensorer.

For å kunne gjennomføre et engasjement med LPV kreves tilgang på tidsriktig informasjon om målet og dets omgivelser, egnede våpen, C⁴I og våpenplattformer. Det er derfor naturlig å dele LPV-systemet inn i fire delsystemer: Sensorer, våpen, våpenplattformer og C⁴I, se Figur 3.2. Delsystemet C⁴I består av igjen av elementene ledelsesnode, bildeoppbygningsnode, samband, informasjonsskilder og informasjonssystemer.

I henhold til teorien rundt et nettverksbasert forsvar (NBF) deles den militære organisasjonen opp i tre hovedkomponenter (4,5):

- Beslutningskomponenter har beslutning som sin hovedfunksjon. Her foregår planlegging, ressursstyring og rekonfigurering av organisasjonen.
- Sensorkomponentene har som hovedoppgave å skaffe til veie informasjon om situasjonen. Sensorer omfatter alle komponenter som bidrar til bevissthet om innsatsrommet.
- Effektorkomponenter er komponenter som gir en effekt med stridsverdi i innsatsrommet.



Figur 3.2 Figuren viser LPV-system med delsystemer og elementer.

Komponentene er knyttet sammen gjennom et *nettverk*, som består av informasjonssystemer, informasjonsbehandling og kommunikasjonsløsninger. Dette nettverket benevnes ofte informasjonsinfrastrukturen (infostrukturen). Det er infostrukturen som støtter ledelsesprosessene og distribusjonen av informasjon. Et LPV-system inneholder både våpen- (effektorer), sensor- og beslutningskomponenter og vil således inneha komponenter som kan inngå i et fremtidig nettverksbasert forsvar. Plattformene kan bære en eller flere av disse komponentene. Eksempelvis vil et kampfly kunne bære både sensor-, effektor- og beslutningskomponenter.

I teorien om NBF benyttes tre domener: Det fysiske domenet, informasjonsdomenet og det kognitive domenet (4,5). Domenene brukes bl.a. for å forstå hvordan informasjon påvirker evnen til å gjennomføre militære operasjoner. Det fysiske domenet omfatter den militære situasjonen og de militære styrkene. Informasjonsdomenet inneholder informasjon, prosesser som bearbeider informasjon og distribusjon av informasjon. Her finnes informasjon om det fysiske domenet, som ofte settes sammen i ulike situasjonsbilder. Situasjonsbildene forsøker å gjengi virkeligheten så godt som mulig. Kommunikasjon mellom mennesker foregår også i dette domenet. Det kognitive domenet eksisterer i sinnet til menneskene og omfatter persepsjon, bevissthet, tolkninger, tro, verdier og preferanser. Informasjonsdomenet skal tilrettelegge for at beslutningstaker skal oppnå god situasjonsbevissthet (6).

I rapporten benyttes modellen beskrevet ovenfor som mal for beskrivelsen av den teknologiske utviklingen innen LPV.

4 TEKNOLOGISKE TRENDER

Nye løsninger, produksjonsmetoder og innføring av masseproduserte kommersielle komponenter vil gjøre systemene billigere å produsere og bruke. Moderne teknologi vil også forbedre systemene. Spesielt forventes det i fremtiden en utvikling på følgende områder:

Sensor:

- Sensorene vil få bedre oppløsning.
- Sensorene vil få lengre rekkevidde.
- Sensorer vil bli lettere og billigere.
- Sensorene vil dekke et bredere spekter av bølgelengder – multispektrale sensorer.
- Nye og avanserte teknikker for bildebehandling tas i bruk.

Våpen:

- Navigasjonssystemene vil være satellittbaserte og bli billigere og mer nøyaktige.
- Våpnene vil få lengre rekkevidde og være mer presise.
- Våpnene vil kunne fly raskere. Det er ikke usannsynlig at kryssermissiler kan fly i hastigheter høyere enn Mach 4 i 2014.
- Materialer som tillater supersonisk fart og som samtidig er lette og sterke, for eksempel nye kompositter og legeringer vil bli tilgjengelig.
- Presisjon gir mulighet for å benytte mindre stridshoder og gir dermed mulighet for miniatyrisering av våpen.

- Brannrørene i stridshodene blir mer intelligente, dvs. at de kan innstilles slik at ønsket effekt oppnås i målet. Stridshodene vil inneholde eksplosiver som er mer stabile under frakt og lagring, men mer effektive i målet.
- Hvis målkoordinater ikke er kjent vil våpnene bruke slutfasesøkere. Disse vil ta i bruk ny sensorteknologi og kobles sammen med målgjenkjenningsalgoritmer, for automatisk å kunne engasjere mål.

Plattform:

- Lav signatur blir mer vanlig.
- Fjernstyring og automatisering vil bli mer vanlig.
- I mange konflikter vil ”Man-in-the-Loop” være påkrevet, og dermed blir robust datalink mellom våpen og plattform/ledelse viktigere.

Ledelse:

- Et nettbasert forsvar vil gradvis bli innført.
- Kommandostrukturen vil bli flatere og mer informasjon vil overføres på tvers i organisasjonen.
- Bedret situasjonsoversikt og raskere ledelsesprosesser vil bli oppnådd gjennom forbedret informasjonsbehandling og fordeling av informasjon.

4.1 Sensorer

Gode og pålitelige sensorer er en forutsetning for å kunne levere våpen. Sensorene brukes i hovedsak i observasjonsprosessen nevnt i kapittel 3. Dette vil si å finne mål, følge mål, gi styresignaler til våpenet og gjøre BDA (Battle Damage Assessment) i etterkant.

Sensorer deles inn i organiske sensorer, som sitter på våpenet, og eksterne sensorer. De eksterne sensorene kan være plassert på våpenplattformen, på overvåkningsfly, på en UAV (Unmanned Aerial Vehicle) eller på satellitter.

Videre kategoriseres sensorene i to hovedgrupper: Aktive eller passive. De aktive sender selv ut stråling og mottar og tolker signalet som reflekteres fra omgivelsene. Radaren er et eksempel på en aktiv sensor. Passive sensorer tar kun i mot stråling fra omgivelsene og tolker disse. Øyet er for eksempel en passiv sensor.

4.1.1 Sensortyper

Et optisk kamera baserer seg på å samle lys ved hjelp av et objektiv og detekterer innkomne fotoner. Konverteringen til et todimensjonalt fotoprodukt ble tidligere støttet av en kjemisk fotofremkallingsprosess i etterkant av filmeksponeringen (våtfilm). I dag er den kjemiske prosessen byttet ut med en digital elektronisk brikke (CCD¹, Charge-Coupled Device) som summerer og konverterer fotoner til ladning og lagrer bildet på digital form. Disse sensorene kalles elektrooptiske (EO), og gjør billedproduktet tilgjengelig for brukeren umiddelbart etter eksponering. Slike sensorer kan ta både stillbilder og video. Utviklingen av elektrooptiske

¹ Neste generasjon elektroniske EO-sensorer vil muligens bestå av CMOS-brikke (Complementary Metal Oxide Conductor) som erstatter CDD-brikken, men vil ha omtrent samme egenskaper som en CDD-brikke.

bredbåndssensorer går i retning av bedre oppløsning og forbedret følsomhet (signal/støyforhold), slik at billedprodukter fra disse sensorene er overlegene på signalkontrastoppløsning sammenlignet med våtfilm. Billedpunkttoppløsningen for et digitalt kamera er fortsatt underlegen ytelsen til våtfilm (10x), men på den annen side blir kontrasten i et digitalt bilde betydelig bedre enn i et våtfilmsbilde som følge av overlegen signalkontrastoppløsning (12-16 bit kontra 6-8 bit for skannet våtfilm). Det er dessuten mulig å overføre det digitale bildet mens sensoren er i luften (7). Utviklingen går også i retning av å utnytte andre typer egenskaper i samme bilde, for eksempel reflekser og bevegelse i bildet.

Elektrooptiske sensorer vil ved hjelp av en ny type teknologi kalt MEMS-teknologi (Micro-Electro-Mechanical Systems) kunne bli både mindre og bedre (8). MEMS er en forholdsvis ny teknologi, som integrerer mekaniske elementer, sensorer og elektronikk på en enkelt silikonbrikke. Dette kan gi svært små maskiner med elektroniske beslutningselementer i mikroskala. Fordi MEMS-maskiner produseres på samme måte som integrerte kretser som benyttes i all elektronikk kan de lages billig, men med stor kompleksitet og høy kapasitet. MEMS-maskiner har så langt vært benyttet i bioteknologi og informasjonsteknologi til en rekke forskjellige oppgaver. Den store besparelsen for sensorer fås ved å integrere optikk og elektronikk. Dermed kan man enkelt behandle større mengder data nær sensoren.

Avbildning med elektrooptiske sensorer (CCD) gir meget god oppløsning hvis observasjon skjer under skydekket og med fri sikt til målet. For å kunne observere i mørke, kreves i tillegg infrarøde sensorer (IR) som beskrives i avsnittet nedenfor. For å være i stand til å levere bilder med bedre kontrast (spesielt i disig vær og under skydekket) kan det være fornuftig å supplere med en frekvens nær det synlige området. I det optiske spektralområdet er det mulig å oppdage et menneske på ca. 10 km avstand, forutsatt klart vær og LOS. (9).

En annen type passiv sensor er infrarøde (IR) sensorer. Disse registrerer infrarød stråling (varmestråling) fra omgivelsene, og de bygger opp et bilde som viser varmeforskjeller mellom objekter. Sensorene benytter to ulike ”vinduer” i det elektromagnetiske spekteret der gassene i atmosfæren absorberer lite eller ingenting av strålingen. Dette gjelder bølgelengdeområdene 3–5 μm og 8–14 μm . En hvithudet og en mørkhudet person ser for eksempel identiske ut i et IR-bilde. Siden IR-sensoren registrerer varme og ikke synlig lys, virker den like godt om natten som om dagen. Derimot kan den ha begrensninger f.eks. etter soloppgang og solnedgang (IR-crossover).

IR-stråling kan til en viss grad penetrere røyk, vegetasjon og ofte også kamouflasjenett. IR-sensorer som detekterer langbølget varmestråling (8–14 μm) kan til en viss grad se gjennom dårlig vær. En slik IR-sensor vil kunne fungere i tåke, yr og moderat regnvær (10,11). Tidligere har det vært nødvendig å kjøle ned detektoren til ca. -193°C for at bildene skulle bli gode. I dag har utviklingen av nye materialer generelt og halvledere spesielt, gjort det mulig å fremstille ukjølte IR-detektorer. Dette fører til reduksjon av vekt, størrelse og kostnader som er forbundet med slike sensorer. Dette, og utviklingen innen MEMS-teknologi, vil gjøre IR-søkere billigere og bedre. Det er ikke umulig at IR og elektrooptiske sensorer integreres. Slike multispektrale bilder vil kunne lette arbeidet for billedtolkeren og gjøre det vanskeligere å kamuflere seg.

Ett av hovedproblemene med dagens sensorer er å holde sensoren i ro eller mekanisk stabilisere nyttelasten mens man observerer. Dette kalles pekernøyaktighet og denne er i dag (i beste fall)

på ca. 20 meter i en høyde på 10 km. Forbedret INS- og GPS- og bildebehandlingsteknologi vil kombineres for å stabilisere høyoppløselige sensorressurser. Dette vil antakelig kunne øke kvaliteten på målinnvisning fra dagens plattformer. Et godt eksempel på dette er Lockheed Martin's Pantera pod som er under levering til det norske Luftforsvaret.

Radaren er en aktiv sensor som sender ut elektromagnetisk stråling (i bølgelengder lengre enn 3 mm og i frekvensområdet 100 MHz til 100 GHz²) og registrerer det som eventuelt blir reflektert. Man kan dermed måle avstanden til objektet eller hvor fort objektet flytter seg i forhold til en selv, ved hjelp av dopplerskiftet. De elektromagnetiske bølgene som benyttes i radarer går lett gjennom atmosfæren, og har derfor bedre allværskapasitet enn for eksempel elektrooptiske og infrarøde sensorer. Millimeterbølge (Millimeter Wave, MMW) søker eller radar benytter bølgelengder som ligger mellom infrarød stråling og mikrobølger. Alle objekter utstråler en viss mengde millimeterbølger. Det finnes derfor to typer sensorer, en som passivt detekterer MMW og en som sender MMW selv for deretter å analysere refleksjonen fra omgivelsene. Fordelen med millimeterbølger er at de trenger gjennom regn, røyk, støv og tåke i større grad enn synlig lys og infrarød stråling. Siden bølgelengden er såpass kort kan man få forholdsvis god oppløsning på bildene.

"Syntetic Aperture Radar" (SAR) er en bildedannende radar som bygger et stillbilde av omgivelsene basert på å integrere mange observasjoner over tid. En SAR benytter en liten antenne montert på et fly eller en satellitt. SAR krever mye datakraft til å prosessere informasjonen og bygge et bilde (10,12). Den store fordelen med SAR er at den har allværskapasitet. I dag er en SAR forholdsvis stor og tung (30 kg). Det er med andre ord ikke en sensor som kan plasseres i snuten på et missil, men blir på den andre siden stadig mer vanlig på luftplattformer.

Amerikanske Joint Surveillance Target Attack Radar System (JSTARS) er et dedikert bakkeovervåkningsfly som har en radar med MTI (Moving Target Indicator) og SAR funksjonalitet. Dette flyet har rapportert å ha en rekkevidde på sine sensorer på rundt 250 km. Det skal være mulig med JSTARS-teknologien å klassifisere ulike typer kjøretøyer på denne avstanden.

LADAR (Laser detection and ranging) er en sensor som sender ut laserlys og registrerer egenskapene til det reflekterte lyset. Egenskaper som kan måles av mottageren er avstand, retning (asimut, elevasjon), reflektert intensitet, vibrasjoner til objektet, polarisasjoner til det reflekterte lyset og den reflekterte intensitetens bølgelengdeavhengighet. Ut i fra disse egenskapene kan man danne mange typer bilder av området. For eksempel kan det fra avstandsmålingene lages et tredimensjonalt kart over området. Det reflekterte lysets polaritet gir et todimensjonalt bilde (7). Det kan i dag genereres tredimensjonale sanntidsvideoer ved hjelp av LADAR teknologi. Det vil også bli utviklet lasere med bølgelengder i det infrarøde området som vil gi bedre allværskapasitet.

Hvis luftvertrusselen er høy, vil det være problematisk å benytte større bemannede plattformer som sensorbærere i datainnsamlingen. To mulige måter å unngå dette på er å benytte satellitter eller penetrerende UAVer som plattformer. Satellittene vil generelt ha et bedre dekningsområde

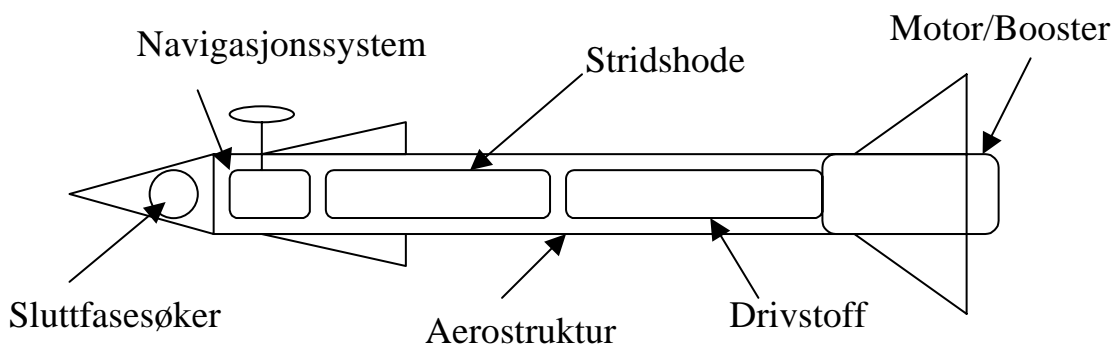
² Dette omfatter mange typer radarer for eksempel UHF- og VHF-radarer.

enn en lavtflygende UAVer. Samtidig vil den gode oppløsningen til UAVene gi detaljer i bildet som satellittene ikke kan generere. Det er derfor ønskelig å ha tilgang til både flygende sensorplattformer og satellitter.

Det har blitt hevdet at med utbyggingen av en infostruktur for NBF, vil missiler med egnede sensorer kunne flys inn i et område og lete etter mål. Eksempelvis vil ikke missilet angripe første og beste mål som oppdages, men overføre bilder og måldata til en beslutningskomponent. Missilet som primært er en effektorkomponent, vil på denne måten også virke som en sensorkomponent.

4.2 Våpenet

Figur 4.1 viser en modell av et missil som består av følgende delsystemer: Aerostruktur, framdriftssystem, navigasjon, slutfasesøker og stridshode.



Figur 4.1 Figuren viser en modell av et missil med delsystemer. Styrte bomber vil i prinsippet kunne bygges på samme måte, men da uten fremdriftssystem og drivstofftank.

4.2.1 Aerostruktur

Aerostrukturen til et missil er formet etter aerodynamiske prinsipper og tilpasset våpenets bruksområde. En ballistisk bombe har ikke samme form som et missil eller en glidebombe.

Mange moderne missiler blir produsert slik at missilet får lav signatur (stealth). Hvor høyt produsenter prioriterer dette avhenger av en rekke faktorer. Et vanlig signaturreducerende tiltak er å gjøre snuten spiss for å redusere frontale refleksjoner. Kroppen kan også bygges slik at stråler kun reflekteres i enkelte distinkte retninger (som flyet F-117). Diskontinuiteter som kanter, skjøter, skruer og lignende kan fungere som antenner på høye radarfrekvenser og gi betydelig radarrefleksjon. Refleksjonene kan dempes med radarabsorberende materialer (13), og i tillegg kan maling benyttes for å redusere IR- eller radarsignaturen på visse steder. IR-signaturen kan reduseres ytterligere ved å blande motoravgassene med kald luft før utslipp.

For at missilet ikke skal oppdages av ESM-detektorer (Electronic Support Measures) reduseres bruken av aktive sendere til et minimum. Normalt benytter missilet bare passive sensorer. Et eksempel er sjømålsmissilet NSM som kun får én aktiv sensor, nemlig laserhøydemåler.

Alt dette kan gi missilet en lav signatur. Eksakte tall på radartverrsnitt for det enkelte missil er ofte høyt gradert og varierer svært mye med aspektvinkel, men et typisk missil kan ha et

radartverrsnitt på 6 dBsm for radarer som benytter VHF-frekvenser og -20 dBsm for GHz-radarer. (Dette kan sammenliknes med et kampfly der signaturen ligger noe under 10 dBsm for begge typer radarer). Det er med andre ord store forskjeller i radartverrsnitt avhengig av hva slags frekvenser radarene benytter. Et slikt missil vil med mikrobølgeradarer kunne oppdages på avstander fra 12 til 60 km (14).

4.2.1.1 Utvikling av aerostruktur

Innføringen av nye materialer vil påvirke kryssermissilenes ytelser. Etersom prisen er viktig, vil mange av disse materialene være i bruk kommersielt før de anvendes i missiler. Unntaket her er materialer for bruk i svært hurtigflygende missiler. Morgendagens materialer vil derfor ha forbedrede egenskaper med hensyn på varmebestandighet, varmeisolasjon, styrke, vekt, formbarhet og kostnad. Komposittmaterialer gjør bruk av keramer, polymerer og forsterkende fibre i kombinasjon for å oppnå ønskede egenskaper. De nye materialene vil gjøre at skroget til missilet er lett nok og varmebestandig nok til å kunne fly i hypersoniske hastigheter. At missilet blir lettere påvirker også rekkevidden eller eventuelt mulighet for å kunne bære et tyngre stridshode. For å beskytte elektronikk inne i missilet, er det utviklet nye materialer som isolerer bedre.

I dag oppnås lavere radarsignatur både ved utforming og ved å dekke skroget med radarabsorberende maling. I nær fremtid vil også fibermaterialer kunne gi denne reduksjonen i radartverrsnittet, ved at fibrene ligger slik at radarstråling enten blir absorbert eller reflektert vekk fra mottakeren.

I fremtiden vil det også bli utviklet nye typer finner som har bedre kontrolleffektivitet i forhold til dagens systemer. Dette kan være gunstig slutfasen fordi missilet kan forandre retning på et senere tidspunkt eller øke ytelsen mot svært manøvrerbare mål. Eventuelt kan det benyttes en slutfasesøker som har kortere rekkevidde, og dermed gjør totalkostnaden mindre (se 4.2.3).

For å kutte utgifter ytterligere vil skroget i størst mulig grad støpes i større enheter. Dette reduserer antall deler og forenkler vedlikeholdsarbeidet. Et eksempel er TacTom (se 5.2.2) der antall deler i forhold til forrige Tomahawk-versjon er redusert med 35 %. Dette fører til færre fester, skruer og lignende, noe som igjen gir færre testtimer og mindre vedlikehold. Man forventer derfor en kostnadsreduksjon på 50% (15).

I fremtiden vil kort reaksjonstid bli viktig. Flytiden til missilet vil kunne utgjøre hoveddelen av engasjementtiden. Derfor blir det satset på supersoniske og hypersoniske missiler. Når farten til missilet økes vil luftmotstanden øke, noe som fører til kraftig oppvarming. Dette vil sette store krav til varmebestandighet i skroget. I supersoniske hastigheter fra Mach 1-3 vil komposittmaterialer kunne stå i mot temperaturøkningen. Fra Mach 3-5 må stål eller titanlegeringer benyttes. Over Mach 5,7 (1100 °C) vil en form for ytre isolasjon og/eller aktive kjølesystemer være nødvendig (15).

4.2.2 Navigasjon

I fluktfasen er det helt nødvendig med en form for styring av våpenet. Korttrekkende missiler

kunne tidligere bare benytte treghetsnavigasjon (INS³). For å beregne banen til et missil er det kun nødvendig å vite utgangsposisjonen og deretter måle akselerasjon i forflytning og rotasjon samt tid for å beregne posisjon. Treghetsnavigasjonssystemet benytter gyroskop til å måle akselerasjonen. Tidligere var INS dyrt, men kommersiell utnyttelse av denne teknologien i fly- og bilindustri har presset prisen på slike systemer ned. Hovedproblemet med denne måten å navigere på er at unøyaktighetene i gyroskopene gjør posisjonsberegningene usikre etter kort tid.

Det er derfor helt nødvendig å ha et tilleggssystem som oppdaterer og justerer posisjonen. Til dette blir ofte det amerikanske satellittposisjoneringssystemet "Global Positioning System" (GPS) brukt (16). Det finnes et tilsvarende russisk system GLONASS, og et nytt europeisk system "Galileo" forventes operativt i 2008. GPS består av 24 satellitter i polar bane. Deres posisjon sjekkes hele tiden mot et nettverk av basestasjoner på bakken. For å beregne nøyaktig posisjon på bakken er det nødvendig å koble seg til 4 eller flere satellitter og få data overført fra disse. Presisjonen til dette systemet er i dag ca. 3 til 6 meter, men dette kan forbedres til mellom 1 og 2 m ved hjelp av "Differensiell GPS" (DGPS). Problemet med DGPS er at det er nødvendig å få en referanseposisjon overført gjennom datalink for å bestemme posisjonen (17,18). GPS ble benyttet operativt for første gang som navigasjonssystem i våpen i 1996.

En annen måte å justere posisjon på er såkalt terrengnavigasjon (TERCOM, Terrain Contour Matching). Dette systemet benytter digitale satellittbilder med høy oppløsning til å generere matriser med høydeforskjeller i landskapet. Når missilet flyr over landskapet måler en radar eller laser høydemåler høydeforandringer i terrenget som den sammenlikner med dataene i kartdatabasen og prøver på denne måten å finne ut sin posisjon. TERCOM-målinger trenger ikke gjøres kontinuerlig, men gjøres ofte bare i områder der landskapet er kupert eller har tydelige "landemerker". Mellom disse punktene benyttes treghetsnavigasjon. Siden TERCOM utnytter høydeforskjeller i landskapet i sin navigasjon fungerer dette systemet dårlig i flate landskap. Som oftest er det ikke tekniske problemer med TERCOM som hindrer bruk, men mangel på nødvendige kartdata. Økt tilgjengelighet av kommersielle satellittbilder og kart (DTED Lvl I og II, Digital Terrain Elevation Data) og lettere tilgang på datakraft kan løse dette problemet. For en mer utfyllende beskrivelse av navigasjon for kryssermissiler se (15,18,19).

4.2.2.1 Fremtidig navigasjon

Det arbeides kontinuerlig med å oppgradere GPS-nøyaktigheten. Det har blitt estimert at i 2010 vil nøyaktigheten til en INS/GPS-bombe ligge på rundt 3 meter CEP⁴. Den neste generasjonen GPS-bomber vil ha DGPS og bedre beskyttelse mot jamming. Software vil gjøre det mulig å kunne estimere posisjonen selv om man har kontakt med færre enn fire satellitter. Samtidig vil bedre høydekart gjøre det lettere å finne høyden til målet. Dette er nødvendig for å utnytte rekkevidden og for å beregne optimal angrepsretning.

INS vil sannsynligvis også bli markant bedre i løpet av det neste tiåret. Utviklingen av MEMS-teknologi vil gjøre det mulig å produsere mindre og billigere INS-systemer. Det er sannsynlig at det er det kommersielle markedet som vil styre utviklingen her. Det er også mulig at kravet til nøyaktighet i INS-systemer vil bli lavere siden GPS likevel vil gi oppdaterte opplysninger om hastighet og posisjon underveis.

³ Inertial Navigation System

⁴ CEP står for "Circular Error Probability", er radiusen fra siktepunktet som 50 % av våpnene treffer innenfor.

Et problem med INS/GPS-systemet er den forholdsvis lange oppstarttiden til systemet. Det kan ta flere minutter fra INS/GPS-systemet slås på til det er operativt. GPS må først finne satellittsignalet og deretter dekode det. Med dagens regnekraft kan dette ta minutter. Samtidig skal INS finne nord og vater for å justere seg selv. Dette kan også ta noen minutter. I en situasjon der reaksjonstiden er kritisk, vil INS/GPS systemet kunne være begrensende. I dag løses dette ved at INS/GPS-systemet slås på før flyet letter eller at INS/GPS-systemet til missilet blir justert ved hjelp av flyets INS/GPS-system.

4.2.3 Missilsøkere

Hvis koordinatene til målet ikke er gode nok til at våpenet vil oppnå ønsket effekt kan det være behov for slutfasesøker. En søker ”ser” et nødvendig utsnitt av målområdet, lokaliserer målobjektet og ,om mulig, heimer inn på optimalt treffpunkt. En slutfasesøker kan deles opp i to deler: En del som tolker og beslutter, og en del som ”ser”. Delen som tolker og beslutter kan være et menneske, ”Man-in-the-Loop”. Det kan også benyttes en automatisk målgjenkjenning algoritme (ATR, Autonomous Target Recognition Algorithm). Det er vanskelig å lage gode ATR-algoritmer. De baserer seg på mønstergjenkjenning og en slik prosess krever et godt referansebibliotek og rask program- og maskinvare. I tillegg må systemene testes og verifiseres i realistiske scenarier. Sistnevnte kan være problematisk. Dette er et av områdene som kommer til å utvikle seg mye de neste tiårene. Allikevel er ATR-algoritmer mye brukt i moderne missilsøkere. Videre vil INS/GPS systemet kunne forenkle slutfasen ved å fortelle søkeren og ATR systemet hvor missilet er og hvilken vinkel missilet har i forhold til målet. Dette kan gjøre bildebehandlingen og beslutningsprosessen raskere og enklere.

Fordelen med ”Man-in-the-Loop” er at man i større grad kan ta hensyn til uforutsette omstendigheter. Dette kan redusere uønsket skade på tredje person (kollateral ødeleggelse), eller gjøre det mulig å bytte mål hvis et annet mer høyverdig mål skulle dukke opp. Et langtrekkende våpen med ”Man-in-the-Loop” setter krav til samband mellom beslutningstaker og missil. Dessuten binder en ”Man-in-the-loop”-ordning opp kvalifisert personell, for eksempel en pilot, som i stedet kunne konsentrert seg om overlevelse eller neste mål.

Det mest brukte styresystemet frem til i dag har vært laserstyring. Dette systemet baserer seg på at en designator belyser målet med en laserpeker. Foran på hver laserstyrte bombe sitter det en sensor og en datamaskin. Sensoren detekterer laserlyset som blir reflektert fra målet, og datamaskinen styrer bomben mot dette. For at ikke bomben skal kunne lures vekk fra målet er laserlyset kodet, og søkeren vil kun gå mot lyset som har riktig kode. Dette kan også utnyttes til å angripe flere mål samtidig i samme område. Siden lasere baserer seg på lys har ikke laserstyrte bomber allværskapasitet. Det kan også være et problem at laserpekeren må belyse målet i en periode før sammenstøt, og er derfor utsatt for deteksjon og dermed mottiltak. De nyeste Paveway III har ikke behov for belysning hele tiden men koster 3-4 ganger mer enn Paveway II. Missiler som benytter laserstyring er amerikanske Hellfire, Maverick AGM-65E og franske AS 30.

En infrarød søker (IR-søker) baserer seg på en IR-sensorer som beskrevet i avsnitt 4.1.1. De første IR-søkerne detekterte bare det varmeste punktet i søkerens synsfelt, og styrte våpenet mot dette punktet. ”Imaging Infrared” (IIR)-søker eller en bildedannende infrarødsøker gjør nesten

det samme, men i stedet for ukritisk å gå mot et punkt, dannes et bilde av området rundt målet. For langtrekkende missiler sendes dette bilde enten til en "Man-in-the-loop" eller man benytter en intern ATR-algoritme som tar beslutningen om hva som er målet og hvor dette skal treffes.

LADAR er en aktiv sensor som sender ut pulser av laserlys og måler avstanden fra sensoren til bakken. Ved hjelp av denne informasjonen kan det bygges en tredimensjonal modell av området som belyses. Denne typen sensor kan naturlig nok ikke se gjennom skyer, men fungerer like godt om natten som om dagen.

Både aktive og passive MMW-søkere forventes å bli mer vanlige i det neste tiåret. Disse vil sammen med ukjølte IIR-søkere utgjøre et alternativ til LADAR- og EO-søkere. Brimstone-missilet og minimissilet Taifun benytter MMW-søkere.

Dagens søkere har begrenset allværskapasitet. Det er sannsynlig at en SAR-søker eller MMW-søker vil dekke dette. SAR-teknologien er i dag ikke tilstrekkelig moden for å kunne benyttes i missiler, bl. a. fordi radarene er store og tunge. MEMS-teknologi, forbedrede datamaskiner og behovet for kommersiell SAR vil kunne drive fram små og nøyaktige SAR, som kan anvendes til slutfasestyling og til å støtte navigasjon. Det er hevdet at våpen med langtrekkende SAR-radarer med allværskapasitet vil kunne følge et mobilt mål helt fra avfyring. I slutfasen, under skydekke, vil en MMW-søker eller IIR-søker med bedre oppløsning overta for å styre våpenet mot optimalt treffpunkt.

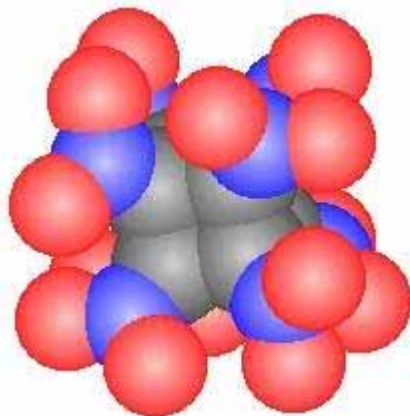
4.2.4 Stridshoder

Våpenets stridshode må tilpasses effekten som ønskes oppnådd i målet. Det som er vanlig i dag er å ha et modulært våpen der stridshodet kan byttes ut før avfyring. Dette forutsetter selvsagt at man vet hvilke mål som skal engasjeres før flyet/missilet sendes av gårde. Det er vanlig å dele stridshodene inn i tre ulike typer: Unitære (unitary) stridshoder er vanligst og disse detonerer ved sammenstøt eller settes av av et nærhetsbrannrør. Penetrerende stridshoder trenger inn gjennom mur, overdekning etc før de detonerer, for å ta ut bunkere eller liknende. Den tredje typen stridshode er en dispenser som inneholder delammunisjon. Før dispenseren treffer målet vil delammunisjonen spres ut. Problemet med denne typen våpen har vært at en andel av delammunisjonen ikke detonerer, og at disse representerer en fare for personell og kjøretøy – sivile som militære – i lang tid fremover. Utviklingen går mot delammunisjon som har individuelle selvutløsere, og hvis disse er effektive, vil de redusere dette problemet. Amerikanske myndigheter vurderer å implementere en selvutløser i delammunisjonen til GMLRS-raketter (Guided Multiple Launch Rocket System), og prøveproduksjon har blitt initiert (20).

Man kan også tilpasse stridshodet ved å benytte et "intelligent" brannrør som programmeres slik at stridshodet eksploderer mest mulig optimalt. Hvis et områdemål skal tas ut, vil stridshodet eksplodere noen meter over bakken. Ønskes et unitært stridshode, eksploderer stridshodet kort tid etter sammenstøtet, og hvis det er et mål som er gravet ned eller beskyttet, programmeres stridshodet til å virke som en penetrerende bombe. De mest moderne stridshodene, som for eksempel BROACH (Bomb Royal Ordnance Augmenting Charge) eller MEPHISTO, benytter et todelt stridshode, der den første ladningen penetrerer armeringen ved å sende en stråle av metall forover og den neste ladningen detonerer etter en passende forsinkelse. Mot lettere mål kan

begge stridshodene detonere samtidig. Produsenten hevder at BROACH penetrerer dobbelt så tykke vegger som en ordinær penetrerende enkeltbombe med samme tyngde. Missilet vil derfor kunne penetrere 2-4 m armert betong avhengig av hastighet og vinkel.

Sprengstoffet i våpnene utvikles langs to retninger. Den første søker å utvikle sprengstoff med mer energi per volumenhet enn det som finnes i dag. Den andre retningen konsentrerer seg om å lage eksplosiver som er mindre sensitive overfor brann, støt og lignende. Dette vil gjøre det enklere og sikrere å lagre og flytte våpnene, samt å lage våpen som omsettes på en mest mulig kontrollert måte hvis de skulle gå av ved et uhell. Disse to utviklingstrendene er delvis motstridende. Det første moderne sprengstoffet var TNT (trinitrotoluen). Senere ble HMX (syklotetrametylentetraamin) 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. Dette sprengstoffet hevdes å være både mer reaktivt og mer stabilt enn HMX. Det er riktignok fremdeles produksjonstekniske problemer som må løses før oktonitrokuban blir tilgjengelig for våpenproduksjon (22). Per dags dato er det fokusert på stabilitet. Det kan derfor ta litt tid før nye sprengstoff med vesentlig økning av sprengkraften kommer i bruk.



Figur 4.2 Oktonitrokuban-molekylet er kanskje det neste stabile høyeksplosive sprengstoffet som blir tatt i bruk.

Et mer eksotisk stridshode er en E-bombe. Dette stridshodet sender ut en kraftig elektromagnetisk puls (EMP, Electro Magnetic Puls) i mikrobølgeområdet⁵ (HPM, High Powered Microwave). Slike stridshoder ødelegger elektronisk utstyr ved å generere en kortvarig, intens energipuls som induserer en spenning på flere tusen volt. Slike våpen ødelegger halvledere og dermed de fleste elektroniske apparater. Det er mulig å forsvare seg mot slike HPM og EMP-våpen ved å bruke Faradaybur for å skjerme elektronikk, men ledninger og andre åpninger vil kunne danne svake punkter og hull i Faradayburet. Dette buret øker også vekten og kostnaden til det elektroniske utstyret. Derfor er bare strategisk viktige områder sikret mot HPM-våpen. Eksempelvis har en 1000 kg tung HPM-bombe et nedslagsfelt med en radius på 200 meter. Det hevdes at slike våpen ikke er dødelige for mennesker (forutsatt at man ikke får den i hodet), og de klassifiseres som "ikke-dødelige"-våpen. USA benyttet i siste Irakkrieg en HPM-bombe mot en irakisk TV-stasjon, og hevder å ha satt denne ut av spill (52). Den virkelige effekten av dette angrepet er ikke kjent.

⁵ Frekvensområde 4 – 20 GHz

4.2.5 Framdriftssystemer

Det aller enkleste er å la bomben glidefly mot målet. Men hvis rekkevidder på over 60 km er ønskelig er det nødvendig å sette på et fremdriftssystem av et eller annet slag. Disse fremdriftssystemene deles inn i to hovedtyper; rakettmotorer og jetmotorer. Raketter kan fly svært fort, men siden disse må bære med seg oksidasjonsmiddel, blir drivstoffet for tungt for å kunne oppnå lange rekkevidder. Jetmotorer benytter oksygenet i luften som oksidasjonsmiddel, og kan derfor fly lengre, men disse kan foreløpig ikke oppnå samme hastighet som rakettmotorer.

Rakettmotorer benytter enten flytende eller fast drivstoff. Det flytende drivstoffet krever kompliserte tekniske løsninger og sikkerheten er dårlig. Eldre russiske og kinesiske raketter benytter flytende rakettdrivstoff. Fast rakettbrennstoff brukes i større grad i dag. Kryssermissiler kan ha en rekkevidde på opptil 40-50 km ved bruk av fast rakettbrennstoff (for eksempel AGM-130A/B). Det er derimot mer vanlig å bruke en rakettmotor som booster, slik at missilet får den nødvendige farten til å lette fra sjøbaserte eller landbaserte plattformer. Etter utskytning overtar jetmotoren.

De vanligste jetmotorene som benyttes i dag er turbojetmotorer. Disse kan være svært enkle og veie ned til 0,5 kg. De største kan oppnå hastigheter på opptil Mach 2. Stort sett brukes jetmotorer i hastigheter opptil Mach 0,8-0,9. I de nyere missilene brukes en turbofanmotor, som er mer komplisert, men også mer effektiv enn en turbojet i subsoniske hastigheter.

Hvis supersonisk fart er påkrevd over lengre avstander bør man ta i bruk en ramjet. En ramjetmotor kan akselerere et missil opp til Mach 5 og holde denne farten over lengre tid. Et problem med ramjetmotorer er at de først begynner å virke over Mach 1 og blir først mer effektive enn andre jetmotorer rundt Mach 2. Hvis man ønsker å oppnå hastigheter utover dette må man ta i bruk mer avanserte motorer. For eksempel er det foreslått dual forbrenningskammer ramjet som har en beregnet maksimal hastighet på Mach 6,5 (50). Det neste steget vil være å bruke en scramjet ("supersonic combustion ramjet"). En scramjetmotor har en teoretisk topphastighet på Mach 25. Et problem som følger med slike hastigheter er oppvarmingen av motor og nesepartiet på skroget, dessuten begynner den først å virke ved hastigheter på Mach 4. Det er dessuten vanskelig å styre missilet i en slik hastighet. Scramjets og doble forbrenningsramjetmotorer er ennå ikke i operativ bruk. Selv om Ramjetteknologi har vært i bruk siden 50-tallet er den lite brukt i Vesten på grunn av høye kostnader. Russiske missiler har et større innslag av ramjetmotorer. Det forventes at denne teknologien videreutvikles fremover (15).

4.3 Plattform

Det er mange mulige plattformer som kan benyttes til å levere LPV, og det er ikke hensiktsmessig å gå i detaljer om disse her. Fordeler og ulemper med et lite utvalg aktuelle plattformer vil likevel bli beskrevet.

4.3.1 Luftplattformer

Kampflyet er det minste flyet som benyttes til å levere LPV. Fordelen med dette flyet er dets evne til selvforsvar. På den annen side er det lite og kan kun bære en begrenset luft-til-bakke

våpenlast sammen med luft-til-luft våpen. I tillegg er rekkevidden begrenset slik at kampfly krever tankstøtte hvis de skal fly over lengre avstander. For eksempel vil en F-16 ha en aksjonsradius på ca. 700 km, men vil være avhengig av våpenlast, drivstofftanker og lignende.

Bombefly er et større fly som er dedikert til luft-til-bakke rollen. Det er få land som besitter denne typen kapasiteter. Kun USA og Russland har fly som kan bære 10 tonn med bomber eller mer. Derimot har flere land mindre angrepsfly for eksempel Tornado, Fencer. Disse kan ta en middelsstor last med luft-til-bakke-våpen, men har begrenset luft-til-luft selvforsvarsevne.

Nye krav til fly med multirollekapasitet og større fokus på økonomi samt våpen med lengre rekkevidde driver frem nye løsninger. Det er derfor blitt gjort studier om å bruke militære transportfly til å levere kryssermissiler som vist i Figur 4.3 (21). Tilsvarende studier er gjort for overvåkningsfly som AWACS (Airborne Warning and Control System) og JSTARS (Joint Surveillance and Target Attack Radar System).



Figur 4.3 FOAS (Future Offensive Air Systems) demonstrerer hvordan lasteflyet kan brukes som plattform for levering av langtrekkende ild uten modifikasjoner av lasteflyet. Bildet er tatt fra FOAS' nettsider.

Aktuelle norske luftplattformer er F-16, og en eventuell erstatning for disse. Hvis Norge bestemmer seg for å anskaffe UAVer som kan bevæpnes, vil disse også kunne være plattform for LPV (Se under). Det vil også være mulig å utstyre P-3 Orion eller C-130 Hercules (eller en eventuell erstatter) med LPV.

4.3.1.1 Utvikling i luften

For å redusere sjansen for tap av egne styrker i områder der luftverntusselen er høy er det ønskelig å operere ubemannet. UAVer har lenge vært benyttet som observasjonsplattform. For eksempel Predator A ble benyttet i operasjonene i Kosovo i 1999. Denne UAVen har en rekkevidde på 1000 km og kan holde seg i luften i over 20 timer. Predator opererer i middels høyde (maks høyde på 25000 ft) og i en hastighet på ca. 120-130 km/t. I krigen i Afghanistan ble to Global Hawk satt inn mot Taliban-styret. Global Hawk kan holde seg på vingene i nesten to døgn, og fly inn fra baser som ligger fjernt fra operasjonsområdet. Den har et vingespenn på 38

m og er stor nok til å bære tyngre sensorpakker. Global Hawk har en toppfart på 635 km/t og kan fly opptil 65000 ft. I Afghanistan ble UAV for første gang brukt som våpenplattform ved at Predator A ble utstyrt med to stk Hellfire antitankmissiler (25,26). CIA benyttet også Predator med Hellfire i et angrep mot antatte Al-Qaida-ledere i 2002 i Jemen. Dette er en form for væpnet rekognosering der man får muligheten til å engasjere tidskritiske mål straks man finner dem. I asymmetriske lavintensitetskriser der f.eks. gerilja prøver å unngå å bli funnet, er denne typen stridsmidler hensiktsmessige. USAF (US Air Force) har derfor bestilt en ombygget Predator (Predator B i Figur 4.4) der motoren har blitt skiftet ut med en turboprop motor (27). Dette gjør at UAVen kan fly over dobbelt så høyt og kan bære en intern våpenlast på 363 kg samt en ekstern våpenlast på ytterligere 1360 kg. Dette tilsvarer enten åtte Small Diameter bomb eller ti LOCAAS (se kapittel 6.1). Det er også mulig å utstyre Predator med Stinger luft-til-luft raketter. Dette ble forsøkt i Irak og en Predator forsøkte å forsvare seg mot et irakisk MiG jagerfly. En mulig SEAD-rolle til Predator (Suppression of Enemy Air Defence) blir undersøkt i prosjektet LITTLE WEASEL (28). Her blir UAVen forsøkt utstyrt med HARM (High-speed ARM) missiler.



Figur 4.4 Planene om å bevæpne Predator B vil gjøre denne til den først ubemannede kamprobot.

Det neste steget synes å være utvikling av ubemannede kampfly (UCAV, Unmanned Combat Aerial Vehicle). Ved å kreve kampflyliknende egenskaper på UCAV vil man trenge den samme teknologien som finnes i kampfly og dermed vil naturligvis kostnadene gå kraftig opp⁶. Beparelsene vil i det vesentlige være utdanning og trening av pilot. Hvis man begrenser UCAVens oppgaver til væpnet rekognosering, SEAD-oppdrag, elektronisk krigføring og ”strike-missions”, vil byggekostnadene for en UCAV kunne ligge på rundt 35 % av dagens

⁶ Det vil antakelig med dagens teknologibase ikke være mulig å bygge en UCAV som kan overta alle kampflyets roller. Årsaken til dette ligger ikke i begrensninger i avionikk, men i kommando og kontroll elementet. Hvis UCAVen skal være helautomatisk luftkamprobot vil man behøve en meget dyktig ”AI (Artificial Intelligence) pilot”. Dette synes i dag svært vanskelig å oppnå, i alle fall i sann tid. Hvis man i stedet velger å fjernstyre UCAVen vil kravene til overføring av data overbelaste dagens nettverksystemer.

kampfly og vedlikeholds- og driftskostnadene på ca. 25 % av et bemannet kampfly (29). Besparelsene i vedlikehold og drift ligger i hovedsak i at treningen av mannskap kan gjøres ved hjelp av simuleringer, og det vil ikke være nødvendig med trening av piloter på samme måte som for kampfly. I tillegg til fordelene ved lavere kostnader kan også UCAVen manøvrere raskere ("trekke flere g") uten pilot ombord. Det blir dermed lettere for en UCAV å manøvrere seg ut av en trussel fra luft-til-luft eller bakke-til-luft missiler.

USAF satser tungt på denne kapasiteten og håper å ha en operativ UCAV-skvadron i 2008-2010. To X-45A fly (Figur 4.5) er bygget, og ytterligere 14 testfly skal produseres i løpet av 2005-2010. Disse flyene vil mest sannsynlig bli organisert i grupper på fire og fire. Målsetningen er dels autonome fly for å spare kommunikasjonsbåndbredde, dels klarering av engasjementet før angrep av bakkemål. Det er usikkert om samme filosofi vil være hensiktsmessig i en luftkamp. UCAVene er tenkt brukt mot høyverdige, godt beskyttede luftvernssystemer som gjerne ligger langt inne på fiendens territorium, eller til elektronisk krigføring. I motsetning til Predator vil X-45 ha lavt radartvernsnitt. X-45 vil ha en vesentlig høyere hastighet, ca. Mach 0,85, enn dagens UAVer. I Figur 4.5 viser en demonstrator av denne UCAVen bygget for USAF.

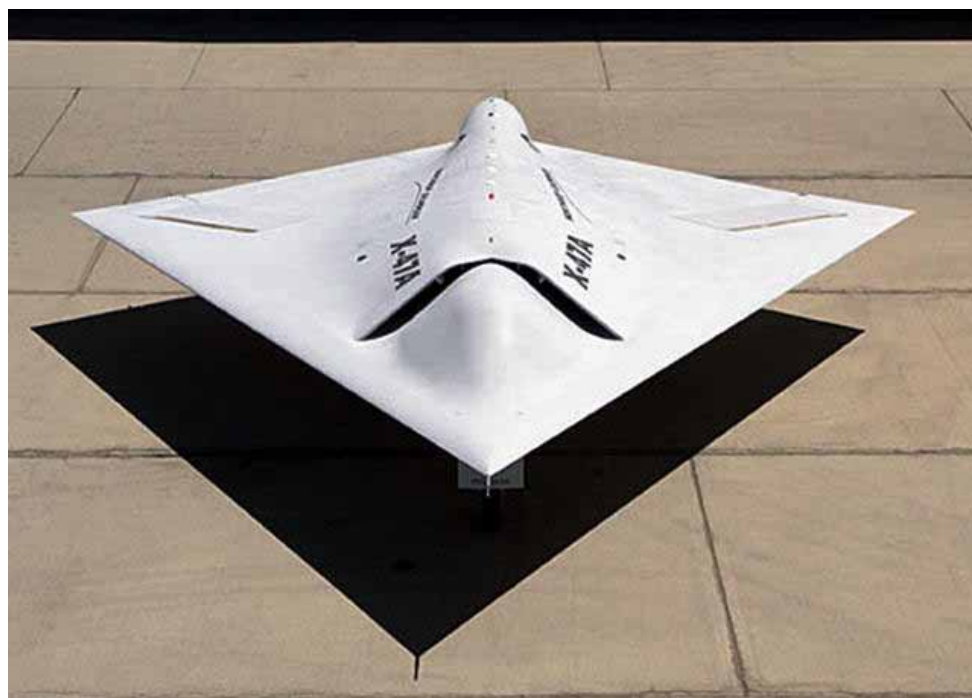


Figur 4.5 USAFs UCAV X-45A i luften.

X-47 UCAV (Figur 4.6) er et USN (US Navy) program som likner mye på X-45, men USN vil i større grad enn USAF bruke sin UCAV til væpnet rekognosering. I tillegg stiller USN krav til at UCAVen skal kunne benyttes fra hangarskip. Dette setter større krav til stabilitet i luften ved lave hastigheter, og større krav til skroget som utsettes for store påkjenninger ved landing. I tillegg ønsker USN å benytte disse flyene daglig, i motsetning til USAF som bare vil bruke sine når det er behov for dem. Dette betyr økte vedlikeholdskostnader og enda strengere krav til pålitelighet. Det er ikke sannsynlig at USNs UCAV vil være på vingene før 2015.

USAF og USN har fram til nå utviklet henholdsvis X-45 og X-47 hver for seg. Disse flyene er tiltenkt ulike roller, og USAF og USN har derfor satt ulike krav til systemene sine. Allikevel har Department of Defence (DoD) fra 1. oktober 2003 slått sammen prosjektene som utvikler X-45 og X-47 til et felles prosjekt med navn Joint Unmanned Combat Air System (J-UCAS) (30). Dette nye prosjektet skal ta hensyn til kravene fra både USAF og USN. Det vil sannsynligvis bli utviklet ulike versjoner av UCAVen slik det er gjort med Joint Strike Fighter (JSF). Prisen på en J-UCAS er anslått til å være rundt 43 millioner US\$ pr stykk. Det er da antatt at det investeres i

250 J-UCASer. JSF vil komme til å koste det samme hvis det antas at USN og USAF til sammen kjøper 3000 stk (31).



Figur 4.6 USN UCAV X-47

USA ligger helt klart lengst fremme når det gjelder utviklingen av UCAVer, men også andre nasjoner har prosjekter som ser lovende ut. Sverige har sammen med SAAB Aerospace satt i gang utvikling av en UAV/UCAV som kan gi det svenske forsvaret UCAV-kapasitet rundt 2020. I dette prosjektet, som kalles SHARC (Swedish Highly Advanced Research Configuration), har de bygget en minidemonstrator til forskning (se Figur 4.7). SHARC skal basere sin overlevelse på lav signatur. Demonstratoren skal også vise evne til å kunne operere ubemannet i ulike strike-missions med våpenslipp. Den svenske UAV/UCAVen tenkes brukt i svenskens fremtidige nettbaserte forsvar, NetDefence. Det er i skrivende stund fremdeles usikkert om Sverige ønsker å fortsette finansieringen av prosjektet (32). Den neste demonstratoren som utvikles heter FILUR (Flying, Innovative, Low-Observable Unmanned Research vehicle). Den skal gi Sverige bedre stealth-teknologi og utvikle konsept for å benytte UCAV i luft-til-bakke rollen.



Figur 4.7 Den svenske UCAVen SHARC vises her i flott gul farge. Lav signatur er ett av områdene svenskene prioriterer.

Frankrike, gjennom firmaet Dassault, prøver også å ta igjen noe av USAs forsprang. De har besluttet å finansiere demonstratoren *Petit Duc* (Figur 4.8) og planlegger ytterligere to demonstratorer kalt *Moyen Duc* og *Grand Duc*. *Petit Duc* skal legge grunnlaget for utviklingen av *Grand Duc* som er planlagt å være operasjonell i 2015. Som de andre UCAVene skal denne ha lav signatur og primært benyttes i luft-til-bakke rollen og til SEAD-oppdrag. Dassault prøver også å utvikle et konsept der kampflyet *Rafale* skal kunne benyttes som moderplattform til *Grand Duc* som skal kunne styres derfra. Dette kan gi *Grand Duc* et enklere K2 system enn andre tilsvarende UCAV-systemer.



Figur 4.8 Fransk UCAV- initiativ Petit Duc flyr ennå ikke, men vil muligens være ferdigstilt i 2015

Det tyske firmaet EADS prøver også å henge med i den gryende UCAV industrien i Europa og finansierer sitt eget UCAV-prosjekt. EADS håper å ha en flygende demonstrator på vingene i 2006. I tillegg har italiensk forsvarsindustri opplyst at de bygger en egen UCAV-demonstrator. Det er også kjent at britiske BAE Systems samarbeider med USA i utviklingen av en britisk UCAV (34).

Det gjenstår å se om det europeiske samarbeidet om en felles UCAV ETAP (European Technology Acquisition Program), vil klare å samle de ulike UCAV-programmene i en felles europeisk demonstrator.

Israel har også et eget program for utvikling av UCAV. Israel håper å ha en prototyp ferdig i 2006 med luft-til-bakke kapasitet. Denne UCAVen skal baseres på UAVen Heron.

En supersonisk UCAV fra Lockheed Martin har blitt foreslått for amerikanske myndigheter. Denne typen UCAV skal ta hånd om strike-missions i områder der luftverntrusselfølelsen er særlig høy. Det er ikke tatt avgjørelse om det skal bygges en demonstrator for denne UCAVen.

4.3.2 Landplattformer

Levering av kryssermissiler fra land er ikke vanlig i vesten. Derimot finnes det i operasjonell tjeneste landbaserte plattformer for ballistiske missiler. For eksempel ATACMS (se kapittel 5.2.3) benytter en bakkebasert plattform kalt MLRS (Multiple launch rocket system). Denne er tung og kostbar og skal delvis byttes ut med "High Mobility Artillery Rocket System" (HIMARS) som er mer mobil og lettere enn MLRS-launcheren (Figur 4.9).



Figur 4.9 Utskytning av ATACMS fra lette mobile HIMARS launchere demonstreres. Det er produsert flere varianter av ATACMS (inkludert en med unitært stridshode).

4.3.2.1 Utvikling på land

Det nyeste konseptet når det gjelder landplattformer er minimissiler i et "Missiles-in-a-Box"-system. Utskytningssystemet til *Netfires* vil bestå av kasser som vist i Figur 4.10, der hver boks inneholder 15 minimissiler av typen LAM (Loitering Attack Missile) eller PAM (Precision Attack Missile)⁷. Disse boksene vil være ca. 1,5 meter høye og lette nok til å kunne fraktes rundt på lastebiler. *Netfires* vil kunne bli utplassert i terrenget og vil lett kunne kamufleres. Avfyringsboksene er bundet sammen av et nettverk og vil ha felles K2-system.

⁷ se avsnitt 6.1.



Figur 4.10 Netfires boks. Hver boks inneholder 15 missiler og en "kontroll- og sambandsboks". Hver enhet skal kunne tas ut av boksen og være lett nok til å kunne bæres av to mann.

4.3.3 Sjøplattformer

Sjøplattformer benyttes ofte som leveringsplattform for ulike typer kryssermissiler. Ubåter kan avfyre kryssermissiler gjennom torpedorør eller gjennom dedikerte vertikale missillaunchere. Større overflatefartøy kan også benyttes. For Norges del er det kun tre sjøplattformer som er aktuelle som plattform for langtrekkende ild. Dette er ULA-klassen ubåter, de nye Skjold-klasse MTBene og de nye Fritjof Nansen-klasse fregattene. Ulempen med disse sjøplattformene er at de kan bære forholdsvis få missiler. Etterforsyning vil derfor kunne bli en utfordring.

Sammenlignet med USAs, Russlands og Storbritannias atomubåter er norske ubåter små og kan i dag ta 14 torpedoer. Åtte torpedoer ligger klare i torpedorørene, mens seks er i reserve. Hvis båtene skal operere som plattform for kryssermissiler vil noen av torpedoene måtte byttes ut med missiler. En ubåtkaptein vil neppe akseptere å gi fra seg alle torpedoene, fordi dette er ubåtenes eneste selvforsvarsvåpen mot ubåter og overflatefartøyer. Derfor er det lite sannsynlig at en ULA-klasse ubåt vil kunne ta mer enn 6-8 missiler. Det er svært usikkert hva kostnadene vil være for å bygge om og installere langtrekkende missiler på ULA-klassen, men det vil sannsynligvis være dyrt å bygge om torpedorørene og installere ildledning slik at ubåtene får kryssermissilkapasitet. I tillegg er det få typer vestlige kryssermissiler som er utviklet for å avfyres fra ubåt. Dette er sjømålsmissilene Exocet og Harpoon, foruten landmålsmissilene Tomahawk og SCALP Navale⁸. Sistnevnte vil sannsynligvis også ha en viss kapasitet mot sjømål.

De nye norske fregattene kan ta noen flere missiler. Det er planlagt å ha 8 NSM (Se avsnitt 5.2.2) sentralt på dekket. I tillegg er det plass til 6 NSM-våpen i ammunisjonsrommet til helikopteret. En fordel med NSM er at det er et forholdsvis kompakt system, slik at det bør være mulig med ytterligere 8 NSM missiler plassert på dekk, enten foran broen og/eller bak på overbygget.

⁸ SCALP Navale er en modifisert Storm Shadow

Et annet alternativ er å installere ekstra Mk41 uteskytningsrør ved siden av luftvernet til åtte landmålsmissiler. Kostnader for integrasjon av disse på fregattene er ikke kjent, men vil antakelig være høye.

Skjold klasse MTBer vil også få NSM, og kan ta åtte missiler. Det vil neppe være plass til flere missiler på en slik båt (Figur 4.11). Som for fregattene, vil det neppe være aktuelt å bytte ut alle sjømålsmissilene med dedikerte landmålsmissiler.



Figur 4.11 Skjold-klasse MTB kan ta opptil åtte NSM-missiler.

4.4 C⁴I

Bruken av LPV stiller store krav til C⁴I-delsystemet. Tilgang på tidsriktig informasjon om mål og tilstanden til målet, både før og etter engasjement er viktig for å kunne oppnå ønsket effekt i målet til riktig tid.

C⁴I-delsystemet består av følgende elementer: Ledelsesnoder, bildebehandlingsnoder, samband, informasjonssystemer og informasjonsskilder. I NBF-sammenheng⁹ utgjør dette beslutningskomponenten og infostrukturen. Hensikten med dette kapittelet er å trekke frem de viktigste teknologiske forutsetningene innenfor delsystemet C⁴I som bør være på plass for at man skal kunne utnytte LPV som en fellesoperativ ressurs. I en NBF kontekst vil fokus først og fremst være på informasjonsoverføring (samband), informasjonsbehandlingssystemer og beslutningsstøttesystemer. Sambandet utgjør en del av kommunikasjonsinfrastrukturen i NBF hvor det fysiske nettverket kan bestå av flere ulike nettverk koblet sammen i et ”militært Internett”. Kommunikasjonsinfrastrukturen vil sammen med tjenesteinfrastrukturen utgjøre infostrukturen. Tjenesteinfrastrukturen omfatter elementer som gjør informasjonstjenester tilgjengelig for brukerne, som for eksempel søkermotorer og databaser.

⁹ Les Forsvarssjefens Militærfaglige Utredning (MFU): ”Konsept for nettverksbasert anvendelse av militærmakt” og ”Kommandokonsept i Nettverksbasert Forsvar”. Dessuten gir O.E. Hedenstad i FFI/RAPPORT-2002/03973 en innsikt i behovene til en informasjonsinfrastruktur for NBF.

4.4.1 Kommunikasjonsinfrastruktur

Kommunikasjonsinfrastrukturen i et NBF vil bli mer omfattende og kompleks enn i en plattformorientert forsvarsstruktur. Det vil neppe være økonomisk spillerom for store nyinvesteringer i sambandsmateriell i årene fremover. Overgangen til et NBF fordrer derfor at man evner å integrere eldre sambandsnett med nye moderne nett slik at infostrukturen blir helhetlig.

Evnen til å kunne operere i et NBF og utnytte moderne krigføringsprinsipper forutsetter et større fokus på mobile kommunikasjonsnettverk. Man deler ofte inn nettverksnodene og brukerterminalene i tre grupper:

- Faste installasjoner
- Flyttbart utstyr
- Mobilt utstyr

Det mobile utstyret skiller seg fra flyttbart utstyr ved at det mobile utstyret kan opereres mens det er i bevegelse. Det forventes at mobilitet blir stadig viktigere i tiden fremover. Dette vil gjelde for alle typer nett, men spesielt for taktiske nett. Eksisterende nett som må integreres i denne strukturen er langdistansenett som for eksempel satellittkommunikasjon, HF-nett og Forsvarets digitale nett - FDN. Områdenett gir kommunikasjonsløsninger for et begrenset geografisk område. I dag har vi systemer av typen TADKOM og MRR i hæren, UHF og VHF-radioer i sjøforsvaret og luftforsvaret. Kommandoplasser og lignende vil ha lokalnett av typen LAN (Local Area Network) og et trådløst WLAN (Wireless LAN) (6).

4.4.2 Tjenesteinfrastruktur

Tjenesteinfrastrukturen kobler sammen brukere av informasjon og tjenesteproduserende elementer. Informasjonsbehandlingsnodene har en svært sentral rolle i NBF. Her samles og bearbeides informasjon fra ulike sensorer og informasjonskilder og sammenstilles til situasjonsbilder tilpasset ulike nivåer og behov i organisasjonen. En målsetting som ønskes oppnådd gjennom å samle, bearbeide og formidle informasjon ovenfra, fra siden og nedenfra i organisasjonen er en felles situasjonsbevissthet og mulighet til raskere å tilpasse seg forandringer i stridstilstanden. For å kunne gjennomføre et engasjement med LPV er det behov for god kunnskap om målet som skal engasjeres. Er målet tidskritisk, dvs. mobilt eller at man av en annen grunn har et begrenset "window of opportunity", stilles også strenge tidskrav til informasjonen. Engasjement av tidskritiske mål fordrer et tett samspill mellom sensorer, effektorer og beslutningskomponenter. Etter at målet er engasjert har man behov for informasjon for å kunne vurdere om engasjementet var vellykket (BDA). BDA-informasjonen bør tilflyte beslutningstakere og piloter så fort som mulig, slik at målet hurtig kan reengasjeres hvis det er behov for dette.

Beslutningstøtte kan også være en del av infostrukturen. Typiske elementer som inngår i beslutningstøtte kan være applikasjoner som formidler sjefens intensjoner, simuleringer av striden, koordinering av planer på ulike nivåer og replanlegging ettersom stridssituasjonen forandres.

Infostrukturen vil kunne gjøre det lettere å få tilgang til store mengder data. Dette kan gjøre det enklere for beslutningstakere å få oversikt, men det kan også føre til at for mye tid går med til unødig informasjonsinnsamling og tolkning av data. Det er derfor nødvendig å sette opp

(automatiske) filtre som velger ut relevant informasjon, samt benytte en kombinasjon av ”push og pull”. I dag er push-prinsippet mest anvendt ved at informasjonen dyttes frem til mottaker. En større vektlegging av pull-prinsippet fordrer at beslutningstaker selv etterspør ønsket informasjon. Dette, sammen med en steng prioritering av informasjonen, vil kunne bidra til å redusere de nærmest urealiserbare kravene til båndbredde som følger med NBF. utfordringene er med andre ord store når det gjelder å utvikle prosesser som velger riktig informasjon til riktig tid uten at det går på bekostning av situasjonsbevisstheten til de taktiske enhetene.

5 EKSISTERENDE LPV-SYSTEMER

Dette kapittelet viser hva som finnes av LPV-systemer i dag. Det er naturlig å ta utgangspunkt i våpenet fordi det er dette som skaper effekter i målet. De andre delsystemene kan betraktes som støttefunksjoner. Våpenet deles inn i to hovedgrupper: bomber og missiler. Missiler kan leveres fra luft, sjø eller land.

5.1 Bomber

5.1.1 Laserstyrte bomber

Laserstyrte bomber (Pavey) ble brukt for første gang under Vietnamkrigen. Våpenet består av en enkel søker som gjenkjenner laserlys som reflekteres fra målet, og en styringsmekanisme som styrer bomben mot målet. Et slikt laserheimende våpen har en rekkevidde som er avhengig av slipp høyde. Hvis bomben kan slippes fra stor høyde kan den oppnå rekkevidder fra 10 til 20 km avhengig av bombetype. En typisk laserstyrt bombe har en CEP på ca. 3 meter. Produsenten av det franske systemet ”Bomb Guidée Laser” hevder å ha oppnådd en CEP på 1 m. En forutsetning for å kunne levere laserstyrte bomber er at man har en målbelysningsenhet (designator) som peker på målet med en laser. Det betyr at noen eller noe må ”se” målet. En annen forutsetning for å kunne benytte laserstyrte bomber er at søkeren i bomben må detektere laserstrålen. Tåke, skyer, røyk, støv og lignende vil derfor redusere presisjonen til disse våpnene betraktelig.

5.1.2 INS/GPS bomber

Den neste store gruppen med presisjonsstyrte bomber er styrt ved hjelp av INS/GPS. Disse bombene har omtrent samme rekkevidde som laserstyrte bomber, men har tradisjonelt hatt dårligere presisjon. Kravet til presisjon til INS/GPS som ble satt av DoD (Department of Defence) i 1996 var en CEP på 13 m. med GPS og 30 m. CEP med kun INS. I dag har tester og erfaring vist at INS/GPS-bomber har en presisjon på 6-8 m. CEP med GPS og 14 m. med kun INS(50). INS/GPS-bomber påvirkes ikke av værforhold som tåke og snø, og det er i utgangspunktet nok å vite målets koordinater, og derfor er det ikke nødvendig å se målet før en avfyrrer våpenet.

Flere systemer er produsert for å gi gamle ”dumme bomber” bedre presisjon. Et eksempel er ”Joint Direct Attack Munition” (JDAM) som er et INS/GPS-styrt tilleggskit som kan settes på gamle frittfallsbomber.

Krav om lavere signatur til jagerfly og forbedret presisjon har ført til en utvikling av

”Small Diameter Bomb”, (SDB). Målet var å utvikle en bombe som kunne ha virkning mot mål som tidligere bare kunne ødelegges av bomber på over 450 kg (1000 lb). SDB er en moderne bombe som er ekstra tynn (derav navnet) for å få plass internt i nye kampfly. En presisjon på 3 meter CEP og mulighet til å penetrere 1,8 meter betong ble ønsket av USAF. SDB har et forbedret INS/GPS-system i forhold til JDAM og en teoretisk presisjon på 3 meter. Innledende tester har riktignok oppnådd 1,5 meter CEP. For å få god effekt mot flere typer mål har man satt inn et smart brannrør som kan innstilles fra cockpiten. SDB har en rekkevidde på ca. 15 km, men det er mulig å sette på vinger (et wingkit) som vist i Figur 5.1, og dette øker rekkevidden til ca. 65 km.

GPS kan også bli brukt til å oppgradere eldre systemer. To eksempler på dette er EGBU-12/24 og EGBU-15. Disse systemene var henholdsvis basert på laser og EO-søker. Ved å legge til GPS på disse systemene får klarværsvåpnene også en viss allværskapasitet.



Figur 5.1 Small Diameter Bomb vises her med et wingkit (DiamondBack) som øker rekkevidden til ca. 65 km. SDB er en liten men effektiv bombe som skal kunne passe internt i de nye JSF jagerflyene.

5.1.3 Glidebomber

For å øke rekkevidden til bombene kan man sette på vinger. Eksempler på dette er ”Longshot” og ”Diamondback”. ”Diamondback” må kombineres med en styringsmekanisme som for eksempel JDAM. Man får da en INS/GPS-styrt glidebombe med lang rekkevidde. Longshot er mer avansert og har sitt eget INS/GPS-system og en datalink for måloppdatering. Wingkitene vil gi lengre rekkevidde for små, lette bomber enn større bomber. Typisk rekkevidde for slike glidebomber er på rundt 65 km når de leveres fra 10 km høyde.

For å kunne ta ut bevegelige pansrede mål er det utviklet smart delammunisjon med en IR-sensor (Sensor Fused Weapons), som selv kan detektere og engasjere kjøretøy. Disse er plassert i en dispenser med et styrekit som kalles WCMD (Wind Corrected Munitions Dispenser) for å få ønsket presisjon. WCMD benytter INS navigasjon, og på sikt vil det implementeres et INS/GPS-navigasjonssystem. Dispenseren tar 10 BLU-108/B delammunisjoner som igjen inneholder fire antitankvåpen. Hvis noen av disse ikke skulle treffe målet, vil de selvdestruere ved bruk av tre uavhengige systemer. Produsenten hevder at selvdestrueringsystemet er over 99% effektivt.

AGM-154 Joint Standoff Weapon (JSOW) er USNs mest moderne glidebombe. Den har en rekkevidde på opptil 65 km og har blitt brukt både i Kosovo og i Irak. JSOW bruker INS/GPS til å navigere seg inn mot målet og veier omtrent 450 kg (1000 lb). Tre ulike typer har blitt utviklet.

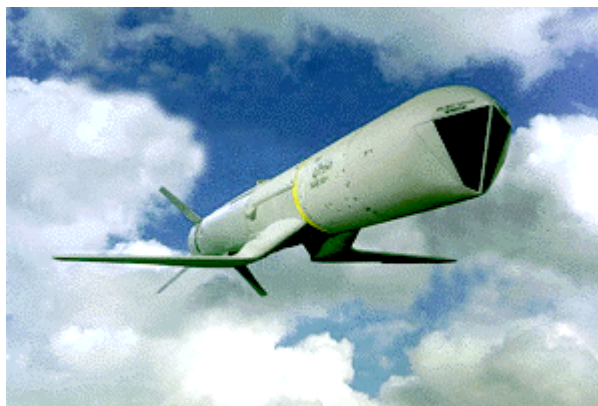
Type A (JSOW AGM-154A) er en bombe med delammunisjon uten selvødelegger og er tilpasset mål som personell, radarer, lett pansrede kjøretøy og artilleri. Type B er et anti-stridsvognaven, med samme delammunisjon som i WCMD (se over). Denne ble for dyr for USAF som heller ville satse på et INS/GPS-styrt wingkit for WCMD med datalink. Type C har et avansert unitært stridshode og benytter i slutfasen en IIR-søker i kombinasjon med en toveis datalink til å forbedre treffsikkerheten. En CEP på 3 meter er forventet. Stridshodet vil være av typen BROACH (se 4.2.4) og veier omtrent 225 kg (500 lb). Produksjonen av JSOW-C startet i 2003, og de første leveransene skal være klare i 2004. Det var også planlagt en motordrevet JSOW, som ville kunne øke rekkevidden til 200 km.

5.2 Missiler

5.2.1 Luft til bakke

Under Vietnam-krigen ble luft-til-bakke-missilet AGM-65 (Maverick) testet. Det finnes flere ulike typer Maverick, men de er alle basert på at flygeren styrer missilet mot målet ved hjelp av en sensor i snuten på missilet og en tv-skjerm i cockpiten (bortsett fra laserstyrte AGM-65C). I de tidlige versjonene ble et tv-kamera benyttet. Senere fikk våpnene integrert IR-sensorer og lasersøkende sensorer. Dette skal gi missilet en CEP på rundt 1 m. Maverick er designet for bruk mot pansrede mål og har ikke særlig lang rekkevidde. Avfyres missilet fra stor høyde kan det fly 23 km. Under siste Irakkrieg, "Operation Iraqi freedom", ble eksempelvis 918 Mavericks benyttet (35).

SLAM-ER (Standoff Land Attack Missile-Expanded Response) eller AGM-84K er USNs mellomdistansevåpen mot bakkemål (se Figur 5.2). Missilet har en rekkevidde på over 270 km og er basert på sjømålsmissilet Harpoon. Radarsøkeren som opprinnelig satt i Harpoonmissilet har blitt byttet ut med et INS/GPS navigasjonssystem, og i slutfasen benyttes en IIR-søker. En datalink gjør det mulig å overføre bilder fra missilet, og manuell styring er mulig. I tillegg har USN kostet på seg et ATR-system for å øke treffsikkerheten hvis datalinken skulle feile. Stridshodet veier ca. 227 kg (ca 500 lb) og er penetrerende. Produsenten hevder at med det nye ATR-systet kan SLAM-ER selv oppdage og engasjere bevegelige mål (36).



Figur 5.2 SLAM-ER kan automatisk detektere bevegelige mål å engasjere disse.

Det første europeiske kryssermissilet som er konkurransedyktig i forhold til de amerikanske systemene er Storm Shadow (UK) også kalt SCALP-ER (Frankrike) eller "Conventionally

Armed Stand Off Missile" (CASOM)¹⁰. Storm Shadow skal dekke behovet for langtrekkende presisjonsvåpen til Mirage 2000, Eurofighter og Tornado. Dette ble for første gang tatt i bruk under "Operation Iraqi Freedom" i 2003. Rekkevidden til Storm Shadow er på 250-400 km, og hastigheten er på rundt Mach 0,8. Missilet flyr typisk i 30-40 meters høyde og bærer et 500 kg (1000 lb) penetrerende stridshode av typen BROACH (se 4.2.4). Storm Shadow navigerer ved hjelp av INS/GPS og TERPROM (Terrain Profile Matching) som følger terrenget og gjenkjenner landskapet. TERPROM oppdateres og sjekkes mot INS/GPS navigasjonssystemet. I slutfasen initierer Storm Shadow sin IIR-søker og sin autonome målgjenkjenningssystem. Dette gir Storm Shadow en presisjon på rundt 1 meter CEP. Storm Shadow er et fullstendig automatisk system og har foreløpig ikke datalink tilgjengelig for "Man-in-the-Loop"-kontroll, men hvis missilet ikke finner det forhåndsprogrammerte målet vil missilet fly videre til et forhåndsbestemt sted og detonere der.



Figur 5.3 Storm Shadow

TAURUS (Target Adaptive Unitary and dispenser Robotic Ubiquity System) familien er et tysk-svensk missilsystem som likner mye på Storm Shadow. Taurus' egenskaper sammenfaller med Storm Shadow på de aller fleste punkter, men har noe større ytre dimensjoner (Figur 5.4) (37,38).



Figur 5.4 TAURUS montert på en tysk Tornado.

¹⁰ Storm Shadow og SCALP er det samme våpenet. Britiske og franske myndigheter hadde to ulike krav til hver sin CASOM løsning, men disse har blitt tilfredstilt av den samme tekniske løsningen. Italia og er også kunde. Dessuten har de Arabiske Emirater kjøpt en versjon de kaller Black Shaheen. Franske SCALP Navale er som tidligere nevnt en versjon som avfyres fra sjøplattformer.

5.2.2 Sjø til bakke

Mest kjent blant alle kryssermissiler er kanskje det amerikanske Tomahawk-missilet som kun kan avfyres fra sjøplattformer. Det finnes flere typer missiler. Block II TLAM-A (Tomahawk Land Attack Missile) er et kjernevåpen med et W80-stridshode. Block-III TLAM-C og TLAM-D bærer henholdsvis et unitært stridshode og en dispenser med delammunisjon. Det fantes også en Tomahawk som var spesiallaget for sjømål: TASM (Tomahawk Anti Ship Missile). Block III missilene benytter en kombinasjon av INS/GPS og "Terrain Contour Matching" (TERCOM) til å navigere. I slutfasen benyttes "Digital Scene Matching Area Correlation" (DSMAC)-systemet som gir en CEP på mellom 6 og 10 m. DSMAC tar et bilde av målområdet og sammenlikner det med data lagret i missilets minne og justerer flyretningen mot målet. TLAM-C/D har en rekkevidde på minst 1300 km.

288 Tomahawks ble avfyrt i Golfkrigen i 1991 og har deretter blitt brukt en rekke ganger i operasjoner der USA har vært involvert. I siste Irakkriegen, (Operation Iraqi Freedom), ble 802 missiler avfyrt (35). Disse sendes ofte inn i stridssonen før jagerflyene for å ta ut luftvern og kommunikasjonsnoder. I første Irak-krig traff ca. 250 av de 300 missilene målet (83%). Forbedringer har ført til at treffprosenten økte til mer enn 90 % i 1995 (Deliberate Force) og 1996 (Desert Strike).



Figur 5.5 Tomahawk missil skutt opp fra en ubåt.

Neste steg i utviklingen av Tomahawk-missilet kalles Tactical Tomahawk eller TacTom (TLAM-E). TacTom ble testet i april 2003 og hevdes å være operasjonell i 2004. TacTom får i første omgang bare mulighet til å bære et unitært stridshode som TLAM-C og en rekkevidde på 2800 km. Den mest fremtredende forandringen, foruten reduksjon av stykkpris, er implementeringen av satellittdatalink. Dette muliggjør reprogrammering av missilet etter avfyring. Det skal kunne velges mellom 15 forhåndsprogrammerte mål, samtidig som det skal være mulig å sende missilet til en hvilken som helst GPS-koordinat. Missilet skal også få muligheten til å "loitre" rundt i stridssonen i påvente av en oppdatering. Et kamera i snuten vil gi Tomahawk en BDI (Battle Damage Indication) kapasitet. Dvs. verifisere hvilket mål som blir engasjert, og tildels treffpunktet på det.

5.2.3 Bakke til bakke

ATACMS (Army Tactical Missile System) er et ballistisk missil som er utviklet for US-Army (Figur 5.6). ATACMS blir skutt ut fra en MLRS-launcher ("Multiple Launch Rocket System")

som tar to ATACMS-raketter. Det er foreløpig produsert tre ulike typer ATACMS. Block I er en dispenser med delammunisjon uten selvødelegger som kommer i to versjoner I og IA. Versjon I har en rekkevidde på ca. 150 kilometer og inneholder 930 M74 granater. Den er derfor i hovedsak brukt mot personell eller andre myke mål. Block I versjonen styres kun av et INS-navigasjonssystem. Block IA har omtrent dobbelt så lang rekkevidde (300 km) og har et lettere stridshode kun bestående av 300 M74 granater. For å kompensere for mindre slagkraft har denne versjonen blitt utstyrt med et bedre navigasjonssystem der INS-systemet fra versjon I kombineres med GPS oppdatering. Block II har et stridshode som inneholder 13 "Brilliant Anti-Armour" (BAT) delammunisjoner med selvødelegger eller seks P3I-BAT delammunisjon. ("Pre-Planned Product Improvement"). Block II prosjektet ble avsluttet i 2002 på grunn av høye kostnader. Den siste typen ATACMS har et unitært stridshode fra gamle Harpoon-missiler. Det er kun produsert ca. 50 av denne typen. Disse har en rekkevidde på ca. 250 km og er tilpasset middels harde mål.



Figur 5.6 ATACMS skutt fra MLRS-launcher.

6 LPV-SYSTEMER I UTVIKLING

Dette kapitlet tar for seg LPV-relaterte systemer som er under planlegging og utvikling.

6.1 Minimissiler

USAFs "Low Cost Autonomous Attack System" (LOCAAS) er et lite missil som veier 39 kg og er 80 cm langt (Figur 6.1). LOCAAS skal i hovedsak benyttes mot bevegelige mål, og er et helautomatisk missil med rekkevidde på 180 km og lav signatur. Missilet flyr i en høyde på 200-300 m i hastigheter på 300-400 km/t. LOCAAS avfyres enten fra fly som JSF, F-16, F-22, B-1

og B-2 fly, eller de sendes inn ved hjelp av et annet missil. Det er foreslått at LOCAAS også skal kunne fungere som delammunisjon i en ATACMS-dispenser eller i et JASSM-missil (se kapittel 6.2). Disse missilene vil da fungere som plattform for fire LOCAAS og kan sende minimissilene mer enn 300 km inn bak fiendens linjer.

I midtfasen benytter LOCAAS INS/GPS til å navigere. I slutfasen (eller letefasen) bruker LOCAAS en LADAR til å finne mål og en ATR-algoritme til å bestemme målets optimale treffpunkt. Stridshodet veier ikke mer enn 7,7 kg, men med et intelligent design skal missilet via søkerens ATR kunne tilpasses enten myke, halvharde eller harde kjøretøysmål. Den 28. mars 2003 ble LOCAAS testet mot et bevegelig mål, og i følge produsenten var testen en stor suksess (39). Prisen for et missil er beregnet til 30000 US\$ (1994) forutsatt at det blir produsert minst 12000 missiler.



Figur 6.1 LOCAAS

US Army har et program for utvikling av taktiske minimissiler. Disse kalles Netfires og finnes i to versjoner: "Loitering Attack Missile" (LAM) og "Precision Attack Missile" (PAM). Begge missiltypene veier omtrent 50 kg og er avfyrt fra samme transportkasse/launcher (Container Launch Unit, CLU) (se Figur 4.10). PAM er utviklet for hurtig å kunne engasjere punktmål. Dette missilet har forholdsvis kort rekkevidde (50 km). LAM er et missil som i ytelse likner svært på LOCAAS. Det skal som LOCAAS fly inn over fiendens område og lete opp kjøretøy eller punktmål. En kombinasjon av INS/GPS som navigasjonssystem og en LADAR/ATR som slutfasesøker skal sørge for å finne mål. I tillegg skal LAM drive rekognosering og overføre data tilbake til kontrollsystemet ved hjelp av en toveis datalink.

Tyskland utvikler en angrepsdrone med navn Taifun (Figur 6.2). Denne har en rekkevidde på rundt 200 km, en topphastighet på ca. 200 km/t og er laget for å angripe kjøretøyer og stridsvogner med et 20 kg tungt stridshode. En aktiv MMW-søker skal sørge for god nok oppløsning til å kunne skille mellom ulike typer av kjøretøy. Taifun skal kunne engasjere mål på egenhånd eller bli fjernstyrt gjennom en datalink. Taifun er planlagt operativ i 2006.



Figur 6.2 *Taifun er det nærmeste Europa kommer et minimissil.*

6.2 Kryssermissiler

AGM-158 Joint Air to Surface Standoff Missile (JASSM), i Figur 6.3, er et missil som er utviklet for USAF og USN. JASSMs rekkevidde er på mer enn 370 km og det bærer et penetrerende stridshode på 432 kg (950 lb). Som alle moderne missiler har JASSM lav signatur og benytter et INS/GPS navigasjonssystem. GPS-systemet er beskyttet av ny anti-jam teknologi. I slutfasen benyttes in IIR-søker sammen med et ATR-system. JASSM skal kunne leveres fra B-1, B-2, B-52, F-16, F-18, F-15, F-117 og P-3C Orion. Det er også svært sannsynlig at JSF vil kunne benyttes som våpenplattform. Flere potensielle oppgraderinger av JASSM er planlagt. En mulighet er å bruke JASSM som plattform for mindre LOCAAS missiler. Dette vil gi JASSM kapasitet mot pansrede kjøretøy i bevegelse.



Figur 6.3 *JASSM er liten nok til å få plass under et vanlig jagerfly.*

Det er også planer om å forbedre det penetrerende stridshodet slik at det kan ødelegge enda bedre beskyttede mål. Et intelligent brannrør som kan skille mellom jord, betong, stein og luft kontrollerer stridshodet og gjør at ladningen settes av mest mulig optimalt. JASSM er klarert for bruk fra bombeflyet B-52 og 200 missiler skal være levert desember 2005 (40). Produsenten Lockheed Martin har foreslått en JASSM-ER (Extended Range) versjon for å erstatte CALCM-missilene. CALCM har i dag en rekkevidde på rundt 1600 km¹¹.

“Affordable Weapon” (AW) representerer en viktig trend i utviklingen av nye våpen (41). AW er kun laget av billige kommersielle komponenter (COTS)¹² som blir produsert i stort antall og dermed blir utviklings- og produksjonskostnadene redusert til et minimum. AW er et saktegående missil (400 km/t) som drives av en liten turbojetmotor. Navigasjon skjer ved hjelp av INS/GPS. Missilet har en satellitt-datalink som muliggjør retargeting AW skal ha en rekkevidde på 1100 km og kan bære en nyttelast på 90 kg. Ulike typer stridshoder og overvåkningsutstyr skal kunne bæres av AW. 100 missiler er planlagt levert fra september 2003 til april 2004 for testskyting. Når missilet benyttes til rekognosering skal det kunne lande uskadet ved hjelp av en fallskjerm-løsning. Prisen hevdes å kunne bli omtrent 40000 US\$ (42).



Figur 6.4 Affordable weapon er et eksempel på at det kan lages billige kryssermissiler av kommersielle hyllevarer komponenter. Affordable Weapon skal kun koste 40000 US\$ per missil.

“Naval Strike Missile” (NSM) er et norsk sjømålsmissil (Figur 6.5) NSM har en rekkevidde på over 120 km og har et stridshode som veier 120 kg. Missilet er spesiallaget for bruk i kystfarvann. NSM navigerer ved hjelp av INS/TERCOM/GPS og en IIR søker i slutfasen. Det er mulig at en “Man-in-the-Loop”-datalink vil bli implementert, og initiale planer om utvikling av landmålskapasitet er lagt. En lav signatur og lav flyhøyde skal sørge for god overlevelse. NSM skal være operativ i 2007, og skal kunne benyttes fra nesten alle plattformer: MTB, fregatt, lastebil og helikopteret NH90. Studier er gjort for å tilpasse NSM til Eurofighter og JSF.

¹¹ Conventional Air Launched Cruise Missile

¹² Commercial Off The Shelf



Figur 6.5 NSM er her tegnet i norsk skjærgård.

6.3 Supersoniske og hypersoniske kryssermissiler

De aller fleste kryssermissiler som finnes i dag opererer under lyd hastigheten. Dette er fordi det er mye enklere og billigere å lage subsoniske missiler. Alt som trengs er en enkel turbojet- eller turbofanmotor. 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 man kan ødelegge plattformen før fienden får skutt. Det blir derfor sett på supersoniske (Mach 1-5) og hypersoniske missiler (over Mach 5) som har en ekstremt lav flytid og kan treffe plattformen nesten hvor som helst.

Frankrike har bygget kjernevåpenet ASMP som holder en hastighet på Mach 3 i stor høyde og kan fly i 2 Mach i lavere høyde. Russland har en rekke supersoniske kryssermissiler. Blant de mest kjente er Yakhont og Sunburn (Moskit) som begge er antiskipmissiler. Sunburn missilet har kapasitet til å senke et større amerikansk krigsskip og skade et hangarskip. Det kan også bære kjernevåpen. Sunburn er også solgt til Kina (43). Russland har i samarbeid med India utviklet Brahmos som er et konvensjonelt antiskip kryssermissil med overlydskapasitet.

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. I dag har DARPA (Defence Advanced Research Project Agency) og USN samlet seg om HyFly-programmet som skal utvikle hypersonisk teknologi og legge grunnlaget for en demonstrator. Dette programmet håper å kunne komme frem til et missil som skal fly i en høyde på rundt 27 km i Mach 6. For å oppnå denne hastigheten ønsker DARPA å utvikle en dual forbrenningsramjet-motor. Missilet skal kunne treffe mål fra en avstand på 900 km og ta ett stridshode eller delammunisjon på ca. 150 kg. I tillegg til HyFly har Defence Threat Reduction Agency (DTRA) foreslått å utvikle Super Sonic Cruise Missile (SSCM) fra 2004. Ytelseskrav til dette missilet er 900 km rekkevidde, 90 kg stridshode, en hastighet på Mach 4 og en treffsikkerhet på 3 m CEP. En konvensjonell ramjet vil drive dette SSCM i stor høyde. Utfordringene som ligger i utviklingen av SSCM er ikke ulike utfordringene som HyFly møter. Det er derfor forventet at disse programmene vil slås sammen.

USAF har sett på muligheten for å tilpasse interkontinentale ballistiske missiler til konvensjonell

krigføring. For dette kreves forbedrede navigasjonssystemer. Et slikt missil kan ha rekkevidde opp mot 12000 km.

7 MOTTILTAK OG SÅRBARHET

Overlevelse er et komplekst tema som omfatter kombinasjoner av tiltak og mottiltak. I det følgende behandles noen av hovedprinsippene. Mottiltak mot LPV kan rette seg mot alle deler av systemet. I rekognoseringsfasen kan motstanderen enten skjule seg for å unngå å bli oppdaget, eller han kan forsøke å narre sensorene som leter etter mål. Blir han likevel oppdaget, kan motstanderen forsøke å ødelegge leveringsplattformen før våpenet blir avfyrt eller våpenet i flukt. Fiendens luftvern vil engasjere kampfly og våpen som kommer innenfor rekkevidde, og egen langtrekkende ild kan skyte på eventuelle landbaserte eller sjøbaserte plattformer. Metodene kan deles i aktive og passive mottiltak. De passive mottiltakene virker uavhengig av trusselen. De aktive mottiltakene krever deteksjon av enten sensor, plattform eller våpen (44).

7.1 Passive mottiltak

Passive mottiltak vil ofte bli foretrukket framfor aktive mottiltak fordi dette er lettere tilgjengelig teknologisk og økonomisk. Stasjonære mål med kjente koordinater er svært vanskelige å beskytte med passive midler. den eneste muligheten til å beskytte disse å bygge tykke vegger med armert betong rundt objektet eller å grave det ned. For mobile og semimobile mål brukes kamuflasje og narremål. Kamuflasje benyttes i første omgang for å hindre oppdagelse fra satellitter, UAVer og lignende. Ved et mulig angrep kan kamuflasje forvirre målsøker og ATR-system.

Målet med kamuflasje er i størst mulig grad å gå i ett med bakgrunnen. I tidligere tider var det kun nødvendig å være kamuflert i det synlige området av det elektromagnetiske spektrum. Men med utviklingen av nye sensorer er det blitt nødvendig også å gå i ett med bakgrunnen i IR-området. Det siste og mest moderne kamuflasjeutstyret som finnes i dag, er lette nett og ”paraplyer” som i tillegg til å gi lav signatur i det synlige og infrarøde området har radarabsorberende egenskaper (se Figur 7.1 og 7.2). Et av de største problemene i Irak-krigene var å finne irakiske styrker som hadde gravd seg ned og kamuflert seg i sanden. I Kosovo ble utstyr plassert under løvverk og dermed gjemt for satellitter og luftbårne sensorer.



Figur 7.1 ULCAN-kamouflasjenett skal i tillegg til å gå i ett med terrenget avgi kun små mengder IR-stråling og være radarabsorberende.

I Kosovo var serbiske styrker svært ivrige med å bygge narremål. En pilot i et kampfly har kun sekunder til å lokalisere og vurdere et mål. Narremål vil derfor ofte bli beskytt, og det blir dermed færre bomber igjen til andre mål. Etter hvert som ATR-systemer blir mer vanlige forventes det utvidet bruk av narremål.



Figur 7.2 Narremål av ulik type. I bilde til venstre er en av stridsvognene en narrestridsvogn. En narreand vises i midten, og et falskt kampfly til høyre.

7.2 Aktive mottiltak

Aktive mottiltakene består i hovedsak av elektroniske mottiltak (ECM, Electronic Counter Measures) og luftvern.

7.2.1 Elektroniske mottiltak

Radarsensorer kan forstyrres av radarjammere. En svak radarjammer røper sin posisjon, og utsetter seg for angrep. En sterk radarjammer "sperrer" radarsensoren med mindre radaren benytter avanserte bølgeformer og/eller antennteknikker. Smarte narrejammere analyserer radarsignalet og sender tilbake et modifisert radarsignal som resulterer i feiltolkning av målets posisjon. I fremtiden forventes narreteknikker som illuderer flere falske mål.

Hvis LPV-systemet krever samband mellom våpen og våpenplattform, kan sambandet settes ut av funksjon ved jamming med mindre sambandslinken benytter avanserte bølgeformer og/eller antennteknikker. Et samband uten kryptografisk sikkerhet kan narrejammes til å avlede våpenet.

LPV navigerer ved en kombinasjon av forskjellige teknikker, hvorav satellittnavigasjon og

treghetsnavigasjon alltid inngår. Hvis satellittnavigasjonen jammes, vil treghetssystemet overta. Treghetssystemer gir navigasjonsfeil som øker eksponensielt med tiden, og derfor gir store feil først etter en viss tid. Dette betyr at det er nødvendig å jamme kommunikasjonen mellom våpen og satellitt over en betydelig del av våpenets fluktbane.

Presisjonsvåpen har ofte en slutfasesøker. Denne kan narres, jammes eller blindes. IR-søkere er i dag mest brukt. IR-søker kan narres med flares eller IR-jammere eller blindes med rettede IR-kilder. MMW-søkere kan jammes med radarjammeteknikker, mens EMP (ElektroMagnetisk Puls) eller HPM (High Power Microwave), som er destruksjonsteknikker, forventes som fremtidig motmiddel.

Laserdesignerte våpen kan forstyrres ved fysisk å uskadeliggjøre belysningskilden ved hjelp av "hard kill weapon", ved hurtig å forflytte av målobjektet eller ved hurtig røyklegging (Figur 7.3).

EO-målsøkere kombinert med sambandslink finnes på eldre våpen og til dels på nye våpen. I tillegg til kamuflasje for å unngå deteksjon er sambandsjamming mulig.

LADAR slutfasesøker vil bli implementert i nye våpen. Aktive motmidler mot søkeren vil i praksis begrense seg til røyk, mens passive mottiltak som narremål og lette formendringsspåbygg på målobjekter er aktuelle.

Det som er sagt om aktive mottiltak og mulig beskyttelse mot disse, er prinsipielle sannheter, og gråsonene er betydelige. Ofte er deteksjon før iverksettelse en forutsetning og tidsfaktoren kritisk.

Aktive mottiltak krever relativt avansert materiell, operativ innsikt og betydelig erfaring i taktisk utnyttelse av materiellet. Det kan stilles spørsmål ved om hvorvidt den underlegne part i en asymmetrisk operasjon har kapasitet og evne til å operere aktive motmidler i vesentlig grad.



Figur 7.3 Å røyklegge område rundt målet kan beskytte mot innkommende missiler. Bildene er tatt fra <http://www.defence-technology.com>. Det første bilde viser en enkel røykhåndgranat, Det midterste bilde demonstrerer beskyttelse for kjøretøyer og det siste bildet viser konseptet for beskyttelse av større militære anlegg.

7.2.2 Luftforsvar mot LPV

Kampfly og bakkebasert luftvern vil sannsynligvis fortsatt utgjøre hovedtrusselen mot LPV. Kampfly benyttes først og fremst til å avskjære leveringsplattformene – fortrinnsvis før disse får levert sin våpenlast, men kan utrustes for en viss kapasitet til å skyte ned LPV. Dagens bakkebaserte luftvern er i stor grad konstruert for å håndtere en tradisjonell trussel i form av

våpenleveringsplattformer som kampfly og helikoptre, og utgjør pr. i dag ingen stor trussel mot kryssermissiler og andre luftleverte våpen. Mot UAVer/UCAVer har luftvernet i dag relativt god kapasitet hvis disse kommer innenfor rekkevidden til luftvernsystemene. Taktisk ballistiske missiler (TBM), minimissiler og avansert artilleri med smart ammunisjon er fortsatt en utfordring for det bakkebaserte luftvernet. Ved å sende inn flere LPV samtidig vil man gjøre det spesielt vanskelig for luftvernet.

Det bakkebaserte luftvernet vil i årene fremover utvikles i retning av å kunne håndtere kryssermissiler og luft-til-bakke våpen (49). Dette fordrer utvikling innenfor flere teknologiområder. LPV får stadig lavere signatur innenfor flere frekvensbånd, samtidig som evnen til terrengunyttelse øker. Dette gir LPV større overlevelse. Nye typer radarer med økt signalprosesseringskapasitet vil sammen med andre aktive og passive sensorer øke trusselen mot lavsignatur LPV. Lavfrekvente radarer i VHF- og UHF-båndet og multistatiske radarer er eksempler på radarer som gir økt evne til å oppdage mål med lavt RCS.



Figur 7.4 Luftvern kan ennå ikke gi en fullstendig beskyttelse mot taktiske ballistiske missiler eller kryssermissiler.

Utviklingen innen missilmotorteknologien gir luftvernmissiler med høyere hastigheter og bedre manøvreringsegenskaper som kan avskjære hurtige mål. Utviklingen vil etter hvert kunne gi luftvernmissiler med hastigheter på Mach 6 – 7. Rekkevidden til luftvernmissilene er en annen viktig parameter. Luft-til-bakke våpen leveres på stadig lengre avstand (stand off) og/eller fra større høyder for å redusere trusselen mot leveringsplattformen. Det må forventes at fremtidige bakkebaserte luftvernsystemer vil søke å kompensere for dette ved å anvende missiler med lengre rekkevidde.

Det finnes i dag luftvernssystemer som primært er konstruert for å håndtere TBM-er, men som også antas å ha en viss kapasitet mot kryssermissiler. Det amerikanske Patriotsystemet med PAC-3-missilet har vist at det kan skyte ned ballistiske missiler av SCUD-type. Senest under operasjon "Iraqi Freedom" klarte Patriotsystemet å skyte ned ni SCUD-missiler. Dessverre sies det ingenting om hvor mange SCUD-missiler som totalt ble avfyrt, noe som gjør det vanskelig å vurdere effektiviteten til systemet. Det er ikke kjent hvor mange kryssermissiler Patriotsystemet har skutt ned, men det er kjent at et gammeldags Styxmissil kom uopptaget gjennom forsvaret og traff et kjøpesenter i Kuwait by (51).

Utviklingen av det bakkebaserte luftvernet forventes å gå i retning av at kapasitet mot kryssermissiler og TBM prioriteres. Dette fordrer utvikling av avanserte våpen- og sensorløsninger (49).

APPENDIKS

A.1 FORKORTELSER

AGM	Air to Ground Missile
ARM	Anti Radiation Missile
ATACMS	Army Tactical Missile System
ATR	Autonomous Target Recognition
AW	Affordable Weapon
AWACS	Airborne Warning and Control System
BAT	Brilliant Anti-Armour
BDA	Battle Damage Assessment
BDI	Battle Damage Indication
BROACH	Bomb Royal Ordnance Augmenting Charge
C ⁴ I	Command, Control, Communication, Computers and Intelligence
CALCM	Conventional Air Launched Cruise Missile
CASOM	Conventionally Armed Stand Off Missile
CDD	Charge-Coupled Device
CEP	Circular Error Probability
DARPA	Defence Advanced Research Project Agency
DGPS	Differential GPS
DoD	Department of Defence
DRFM	Digital Radar Frequency Memory
DSMAC	Digital Scene Matching Area Correlation
DTED	Digital Terrain Elevation Data
DTRA	Defence Threat Reduction Agency
EMP	Electromagnetic Pulse
EO	Elektrooptisk
ESM	Electronic Support Measures
ETAP	European Technology Acquisition Program
FILUR	Flying, Innovative, Low-Observable Unmanned Research vehicle
FOAS	Future Offensive Air Systems
GMLRS	Guided Multiple Launch Rocket System
GPS	Global Positioning System
HARM	High-speed Anti Radiation Missile
HIMARS	High Mobility Artillery Rocket System
HMX	Syklotetrametylentetraamin
HPM	High Powered Microwave
IIR	Imaging IR
INS	Inertial Navigation System
IR	Infrarød/Infra red
JASSM	Joint Air to Surface Standoff Missile
JDAM	Joint Direct-Attack Munition

JSF	Joint Strike Fighter
JSOW	Joint Standoff Weapon
JSTARS	Joint Surveillance Target Attack Radar System
J-UCAV	Joint UCAV
K2	Kommando og Kontroll
LADAR	(Range gating) Laser Imaging Radar
LAM	Loitering Attack Missile
LAN	Local Area Network
LIDAR	Light Detection/Directing and Ranging Laser
LOCAAS	Low Cost Autonomous Attack smart munition System
LPV	Langtrekkende Presisjonsstyrte Våpen
MEMS	Micro-Electro-Mechanical Systems
MFU	Militærfaglig Utredning
MLRS	Multiple Launch Rocket System
MMW	Millimeter Wave
MTB	Motor Torpedo Båt
MTCR	Missile Technology Control Regime
MTI	Moving Target Indicator
NBF	Nettverkbasert Forsvar
NSM	Norwegian Naval Strike (Norsk Sjømålsmissil)
OODA	Observe, Orient, Decide, Act
PAM	Precision Attack Missile
RAF	Royal Air Force
DRFM	Digital Radio Frequency Memory
SAR	Syntetic Aperture Radar
SDB	Small Diameter Bomb
SEAD	Suppression of Enemy Air Defence
SHARC	Swedish Highly Advanced Research Configuration
SLAM-ER	Standoff Land Attack Missile-Expanded Response
SSCM	Super Sonic Cruise Missile
TATB	Triaminotrinitrobenzen
TAURUS	Target Adaptive Unitary and dispenser Robotic Ubiquity System
TBM	Taktiske Ballistiske Missiler
TERCOM	Terrain Contour Matching
TERPROM	Terrain Profile Matching
TLAM	Tomahawk Land Attack Missile
TNT	Trinitrotoulen
UAV	Unmanned Aerial Vehicle
UCAV	Unmanned Combat Aerial Vehicle
USAF	United States Air Force
USN	United States Navy
WCMD	Wind Corrected Munitions Dispenser
WLAN	Wireless Local Area Network

B.1 VÅPENTYPER

Navn	Rekkevidde (km)	Stridshode (kg)	Type	CEP (m)	Stealth	Plattform	Navigasjon
Paveway II GBU-10	10-20	900	Unitært/ Penetrator	1	Nei	Luft	Laser
Paveway II GBU-12	10-20	225	Unitært	1	Nei	Luft	Laser
Paveway II GBU-24	10-20	900	Unitært/ Penetrator	1	Nei	Luft	Laser/INS
EGBU-15	10-20	900	Unitært/ Penetrator	1-10	Nei	Luft	IR/INS/GPS
JDAM GBU-31	10-20	900	Unitært/ Penetrator	6-10	Nei	Luft	INS/GPS
Paveway III EGBU-12	10-20	225	Unitært	1 eller 6-10	Nei	Luft	INS/GPS+ Laser
CBU-105	10-20	10 BLU- 108/B	Antitank	~30	Nei	Luft	INS
SDB GBU-39	10-20	120	Penetrator	3	Nei	Luft	INS/GPS
SDB GBU-39 med wingkit	60	120	Penetrator	3	Nei	Luft	INS/GPS
JSOW AGM-154 C	60	473	Multi	3	Ja	Luft	INS/GPS/ IIR
Maverick	23	134	Unitært	1	Nei	Luft	TV/IR/Laser
Storm Shadow	350	450	Multi	1	Ja	Luft/sjø	INS/GPS/ TERNAV/IIR
TAURUS KEPD	350	450	Multi	3	Ja	Luft	INS/GPS/ TERNAV/IIR
Tomahawk (TacTom)	2800	450	Unitært	6	Nei	Luft/Sjø	TERCOM/ DSCALP/ (INS/GPS)
SLAM-ER AGM-84K	250	220	Unitært	3	Nei	Luft/Sjø	INS/GPS/IIR
ATACMS (Block 1A)	270	213	Unitært	6	Nei	Bakke	INS/GPS
NetFires LAM	160	4,7	Antitank	1	?	Bakke	LADAR
NetFires PAM	50	12,7	Antitank	1	?	Bakke	INS/GPS/IIR
LOCAAS	160	7,7	Antitank	1	?	Luft	LADAR
Taifun	200	20	Antitank	1	nei	Land	MMW
JASSM AGM-158	400	432	Multi	3	ja	Luft	INS/GPS/IIR
Affordable Weapon	1100	90	Unitært	~10	nei	Bakke/Sjø	INS/GPS
NSM	120	120	Unitært	~3	ja	Luft/Sjø/land	INS/GPS/ RADAR

Tabell 1 Tabell over bomber og missiler som er utviklet eller er under utvikling. ~ betyr ca.

I Tabell 1 er det gitt en ufullstendig oversikt over våpen som finnes og som blir utviklet. I denne tabellen betyr **rekkevidde** avstanden våpenet flyr fra det avfyres til det treffer bakken. Det kan settes wingkits på de fleste bombene. Dette vil avhengig av størrelse og slipp høyde, gi betydelig

økt rekkevidde. Vekten på **stridshode** er gitt i kg. Det er antatt at **CEP** verdien til TAURUS KEPD ikke er dårligere enn for JASSM som også har en IIR-slutfasesøker. Med **Type** menes hva slags utfordring stridshode er tilpasset. Div under type betyr enten at man har mulighet til å sette inn ulike typer stridshode (penetrerende, normalt eller fragmenterende). Et **Multi** stridshode har et intelligent programmerbart nærhetsbrannrør som for eksempel BROACH og MEPHISTO. For Storm Shadow og dets kloner er det kun SCALP Navale som benytter sjøplattform.

Litteratur

- (1) <http://www.FAS.org> (2003)
- (2) <http://www.GlobalSecurity.org> (2003)
- (3) <http://www.janes.com> (2003): Jane's Air Launched weapons, Jane's Naval Weapon systems, Jane's Strategic Weapon Systems
- (4) Forsvarssjefens militærfaglige utredning (2003): Konsept for nettverkbasert anvendelse av militærmakt
- (5) Forsvarssjefens militærfaglige utredning (2003): Kommandokonsept i Nettverksbasert Forsvar
- (6) Hedenstad O (2002): Informasjonsinfrastruktur for NBF, FFI/RAPPORT-2002/03973
- (7) Stensrud R (2002): Sensorteknologi for fremtidig UAV, FFI/RAPPORT-2002/04167
- (8) <http://www.memsnet.org> (2003)
- (9) Stensrud R (2003)
- (10) Schweicher E J (1999): RTO EN-9, Various sensors aboard UAVs
- (11) Wenstøp Ø S (1999): IR kamera - Teknologi og utviklingstrekk, FFI/NOTAT-99/05110
- (12) Wahl T (2003): Forelesningsnotater i overvåkningsteori fra kurset Unik322
- (13) Olsen K E (2003): Radartverrsnittreduserende teknikker - en forstudie, FFI/NOTAT-2003/00314
- (14) Olsen K E (2003): Lavsignatur og lavdekning som funksjon av frekvens for radar, FFI/RAPPORT - 2003/00315, Konfidensielt
- (15) RTO Educational Notes EN-018 (2001): Technologies for Future Precision Strike Missile Systems
- (16) Assistant Secretary of Defence for C3I (2001): Global Positioning System Standard Positioning Service Performance Standard
- (17) Kopp C (1996): GPS Part 1 - GPS and DGPS Navigation, *Australian Aviation*
- (18) <http://www.cdiss.org> (2003): Cruise Missile Threats
- (19) Knapskog A O, Smestad T (1999): Current and near future cruise missile threat, FFI Rapport - 99/00253, Begrenset
- (20) Gourley S R (2003): GMLRS tested with improved self-destruct fuze, *Jane's Missiles and Rockets*, 1. Dec

- (21) <http://www.airforce-technology.com/projects/foas> (2003): FOAS
- (22) <http://www.llnl.gov/str/Simpson.html> (1997): Transforming Explosive Art into Science; Science & Technology
- (23) CBSnews.com (2003): U.S. Drops E-bomb on Iraqi TV, 25. March
- (24) Eggereide B, Berger T, Johansen I, Wahl T, AAbakken O (2003): TEK14: OPERASJON "IRAQI FREEDOM" - Militærteknologiske betraktninger om kampene i Irak våren 2003, FFI/Rapport-2003/00105
- (25) Wahl T (2002): Operasjon ``Enduring freedom`` - noen militær-teknologiske betraktninger om kampene i Afghanistan høsten 2001, FFI Rapport - 2002/00803
- (26) Zaloga S J (2003): Aviation week & space technology 24/2 2003 www.aviationnow.com
- (27) Pustam A R (2003): Military technology, MILTECH-7
- (28) Jane's Int. Defence Rev. (2003): 1. august
- (29) Ball C (2002): <http://edwards.af.mil/>
- (30) Jane's Int. Defence Rev. (2003): 21. august
- (31) Sweetman B (2003): UCAV conference, 29. oktober
- (32) <http://www.saabaerospace.com/node3916.asp> (2003)
- (33) Jane's Defence Weekly (2003)
- (34) Cook N (2003): Jane's Defence Weekly, PARIS AIR SHOW - French funds spur Europe's quest for combat drone
- (35) MICHAEL MOSELEY T (2003): Operation IRAQI FREEDOM - By the Numbers
- (36) USN Fact Files (2003): <http://www.chinfo.navy.mil/navpalib/factfile/ffiletop.html>
- (37) <http://www.eurofighter.starstreak.net> (2003): Eurofighter 2000 weapons
- (38) Pitsch K H (2001): Modulare Abstandswaffe Taurus, www.europeische-sicherheit.de
- (39) <http://www.afmc.wpafb.af.mil/> (2003): Powered LOCAAS hits target in first complete flight test
- (40) Jane's Defence Weekly 10. December (2003): In Brief – Lockheed wins \$76 million JASSM contract
- (41) <http://www.austronatix.com/lvs/affeapon.htm> (2003): ONR/Titan - Affordable Weapon
- (42) Eng P (2003): Multipurpose Missiles on Meager Budget, www.abcnews.go.com
- (43) Chinese Defence Today (2003): <http://www.sinodefence.com/navy/weapon/3m80.asp>

- (44) RTO Technical Report 3 Vol II (1999): System Solutions to Defeat Cruise Missiles and Attack UAVs
- (45) Slåstad A (2000): GPS satellitnavigasjon - prinsipper og jammesårbarhet, FFI NOTAT - 2000/04328
- (46) Høydal T, Kristoffersen S, Slåstad A, Åsen W (2002): TEKNOLOGIINNSPILL TIL PFA-03 OG MFU-03 - Elektronisk krigføring, FFI Rapport - 2002/04721, Begrenset
- (47) Hagenon N (1999): LOCAAS – SÅRBARHET OVERFOR LUFTVERN, FFI Rapport - 99/05513, Konfidensielt
- (48) Malerud S (2003): Sluttrapport fra prosjekt 797 - bakkebasert luftvern, FFI Rapport - 2003/00221, Begrenset
- (49) Malerud S (2002): Bakkebasert luftvern - teknologi-delstudie for MFU 03, FFI Rapport - 2002/04196, Begrenset
- (50) KANDEBO S W (2002): New Powerplant Key To Missile Demonstrator, *Aviation Week & Space Technology*, September
- (51) CBSNews.com 24. mars (2003)
- (52) Abrams, M (2003):
<http://www.spectrum.ieee.org/WEBONLY/publicfeature/nov03/1103ebomb.html>