



**FFI** Forsvarets  
forskningsinstitutt

23/00338

FFI-RAPPORT

# Fremtidens kampenhet

– operativt og teknologisk grunnlag

Einar Østevold

Lorns Harald Bakstad

Dan Helge Bentsen

Sven Bjerke

Marius Halsør



# **Fremtidens kampenhet**

## **– operativt og teknologisk grunnlag**

Einar Østevold  
Lorns Harald Bakstad  
Dan Helge Bentsen  
Sven Bjerke  
Marius Halsør

---

**Emneord**

Manøver  
Stridsteknisk  
Kampenheter  
Våpenteknologi  
Samvirke  
Autonomi

**FFI-rapport**

23/00338

**Prosjektnummer**

1579

**Elektronisk ISBN**

978-82-464-3462-9

**Engelsk tittel**

Future Combat Unit - Operational and Technological Primer

**Godkjenner**

Kim Mathiassen, *forskningsleder*  
Halvor Ajer, *forskningssjef*

*Dokumentet er elektronisk godkjent og har derfor ikke håndskreven signatur.*

**Opphavsrett**

© Forsvarets forskningsinstitutt (FFI). Publikasjonen kan siteres fritt med kildehenvisning.

---

---

## Sammendrag

En oppgave i prosjektet har vært å definere fremtidig organisering og operasjonsmønstre, eller konsept om man vil, for kampavdelinger på stridsteknisk nivå; det vil si operative nivåer kompani/ eskadron og lavere.

Tidsperspektivet er 2035-2040 og fremover. Helt sentrale premisser for å svare på denne problemstillingen er tilgjengelig teknologi og utviklingen av trusselbildet. Spådommer om disse utviklingene er beheftet med stor usikkerhet. En utfordring er også å finne fornuftige avgrensninger mot omverdenen, blant annet mot høyere operative nivåer. Her må vi gjøre fornuftige, kunnskapsbaserte gjettinger og gi rammer og fastpunkter for oppgaven vår.

På overordnet nivå antar vi at militære avdelinger også i dette tidsperspektivet vil være organisert i brigade, bataljon, kompani/eskadron og tropp, som i dag. Ellers er noe av oppgaven å stille spørsmål ved militære «sannheter», for å finne ut hvilke som mest bygger på tradisjon og hvilke som er mer robuste, det vil si mer uavhengig av teknologi og av trusselbildet.

Fordi tilgjengelig teknologi er en viktig premissgiver, også for trusselbildet, omtales noen teknologier som kan ha stor innvirkning på svarene vi søker. Fremst blant disse står trolig autonomi/ ubemannede systemer, som i stor grad bygger på kunstig intelligens. Ubemannede, til dels autonome, plattformer kan gi helt nye muligheter. Eksempler er UGV-er og fjernstyrte/autonome kamp-, transport- eller andre nyttekjøretøy. En del av dette bildet er samvirke mellom bemannede og ubemannede plattformer, det vi kaller «Manned-Unmanned Teaming» (MUM-T). Vi ser allerede nå utstrakt bruk av droner i krigen i Ukraina. Andre sentrale teknologier er kommunikasjonsteknologier, som blant annet gir robusthet mot jamming og andre mottiltak, og teknologier for bedre situasjonsforståelse, for eksempel sensorteknologier. Til disse regnes droner brukt som eleverte, fremskutte sensorer og Augmented Reality (AR). Disse teknologiene muliggjør blant annet bedre samvirke mellom militære avdelinger. Sentrale våpenteknologier er langtrekkende, presisjonsstyrte missiler, hypersoniske missiler og laservåpen – mer generelt «Directed Energy Weapons». Viktige teknologier for bedre beskyttelse av plattformer er «Active Protection Systems» (APS) og «Explosive Reactive Armour» (ERA). En potensiell fiende vil selvsagt også ta i bruk tilgjengelig teknologi, så om vi blir bedre eller dårligere stillet enn nå, er avhengig av hvem som er flinkest og raskest til å utnytte de mulighetene ny teknologi gir. Det er også viktig å ha i mente at ny teknologi ikke bare bør utnyttes til å gjøre tingene vi gjør i dag noe bedre; den kan også åpne for helt nye og bedre måter å gjøre tingene på. Rapporten diskuterer kort i hvilken grad og på hvilken måte ny teknologi og endringer i trusselbildet vil påvirke Forsvarets organisering og fremtidige operasjonsmønstre. Muligheter for bedre samhandling mellom enkeltheter/-plattformer og samvirke mellom avdelinger på samme eller andre operative nivåer, er fremhevet som helt sentralt. Arbeidet fremover vil gå mer i dybden på organisering og operasjonsmønstre med sikte på å gi mer konkrete svar på denne problemstillingen.

---

---

## Summary

An important task in the FFI Project 1579 “Future Combat Unit” is to define future organization and operational concept at the lower tactical level. The time scope is 2035-40 and beyond.

Important premises are available technology and the overall threat picture. Any answer will be subject to great uncertainty, and limiting the problem to something that can be analyzed in a meaningful way, is a challenge, since the context is so important. In large we assume that the military hierarchy brigade, battalion, company, and platoon will persist. It is important to question military “truths”, in order to reveal which of them build purely on tradition and which are more durable, i.e. less dependent on technology level and the threat picture.

Because available technology is an important premise, also for the threat picture, some key technologies, being potential “game changers”, are discussed. First of these is autonomy/ unmanned systems, for a large part building on artificial intelligence. Unmanned/ autonomous platforms open for many new possibilities, whether we are talking about drones, UGV’s or remotely controlled or autonomous combat or other utility vehicles. MUM-T, that is teaming manned-unmanned platforms, is part of this picture. For instance, we see extensive use of drones in the war in Ukraine. Other key technologies are communication technologies (including defence against jamming and other countermeasures), technologies for better situational awareness, like sensor technologies (including drones used as elevated, extended sensors) and Augmented Reality (AR). These technologies also enable better coordination/collaboration between systems and military units. Among key weapon technologies are long-range precision guided missiles, hypersonic missiles and Directed Energy Weapons. Two key technologies for improved ballistic protection of systems/vehicles are Active Protection Systems (APS) and Explosive Reactive Armour (ERA).

Likewise, a potential enemy will, of course, exploit new technology for own benefit. Whether we, everything considered, will be better or worse off than we are today, depends on who is the better and faster in exploiting this technology. It is also important to bear in mind that new technology not only enables us to improve the way we are doing things today, but also opens for entirely new and better ways of doing things.

The report discusses briefly to what extent and in which ways new technology and changes in the threat picture may affect organisation of military forces and the way they fight. The fact that new technology enables better interaction and collaboration between military platforms and units, is a crucial factor that is emphasized. Our continued work in this field will penetrate deeper into this matter in an endeavour to provide more concrete and substantial conclusions and recommendations.

---

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>3</b>
<b>Summary</b>	<b>4</b>
<b>Forord</b>	<b>7</b>
<b>Forkortelser</b>	<b>8</b>
<b>1 Innledning</b>	<b>11</b>
<b>2 Generelle operative betraktninger</b>	<b>13</b>
2.1 Definisjon av manøver	13
2.2 Oppdragets føring for plattformenes egenskaper	13
2.3 Organisering av avdelinger	17
<b>3 Fremtidens kampenhet</b>	<b>19</b>
3.1 Plattformen i kampenhet – bemannede og ubemannede	19
3.2 Sambandsstruktur for fremtidig kampenhet	20
3.3 UK- og US- strategi for modernisering av hær-styrker	22
3.3.1 US Army	23
3.3.2 British Army	23
<b>4 Potensielle «Game Changers»</b>	<b>26</b>
4.1 Oversikt over sentrale teknologier	26
4.2 Autonomi / Kunstig intelligens (inkl. beslutningstaking/-støtte)	27
4.3 Ubemannede plattformer	27
4.3.1 Droner	27
4.3.2 Ubemannede kjøretøy/UGV	29
4.4 Teknologier for bedret situasjonsforståelse	31
4.4.1 Sensorer	31
4.4.2 Analyse av sensordata	31
4.4.3 Augmented Reality	32
4.5 Samband og nettverk	33

---

4.6	Våpenteknologi	35
4.6.1	Hypersoniske missiler	35
4.6.2	Langtrekkende, presisjonsstyrt ild (LLPI)	35
4.6.3	Directed Energy Weapons (DEW)	36
4.7	Beskyttelsesteknologier	38
4.7.1	Explosive Reactive Armour (ERA)	38
4.7.2	Active Protection Systems (APS)	38
4.8	Om utnyttelse av ny teknologi	40
<b>5</b>	<b>Oppsummering</b>	<b>42</b>
	<b>Referanser</b>	<b>43</b>



---

---

## Forord

Siden denne rapporten beskriver mange teknologiområder som premisser for utvikling av fremtidens kampenhet, har det for kvalitetssikring vært nødvendig å søke spesialiststøtte innenfor flere av disse områdene. En stor takk derfor til bidragsyterne her: Trym Haavardsholm, Håkon Olafsen, Joakim Flathagen, Anders Rødningsby, Lars Erik Olsen, Aleksander Simonsen og Odd Harry Arnesen. Takk også til Per-Idar Evensen for grundig og samvittighetsfull korrekturlesning.

Kjeller, 14. mars 2023  
Einar Østevold

---

---

## Forkortelser

AI	Artificial Intelligence (Kunstig intelligens)
AMPV	Armored Multi-Purpose Vehicle
APFSDS	Armour Piercing Fin Stabilised Discarding Sabot (KE-prosjektil fra f eks stridsvogn)
API	Application Programming Interface
APS	Active Protection Systems
AR	Augmented Reality (Utvidet virkelighet)
BMS	Battlefield Management System
CMS	Combat Management System
COTS	Commercial Off The Shelf (Hylleware)
CRPA	Controlled Reception Pattern Antenna
CSAC	Chip-Scale Atomic Clock
CUAS	Counter UAS
DEW	Directed Energy Weapons
DLP	Decisive Lethality Platform
DSTL	Defence Science and Technology Laboratory (forskningsinstitutt under UK MoD)
EK	Elektronisk krigføring
ERA	Explosive Reactive Armour
EST	Elektroniske støttetiltak
FFI	Forsvarets forskningsinstitutt
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
GW	Gateway
HPM	High Power Microwave
HUD	Head-Up Display
IBCT	Infantry Brigade Combat Teams
ICS	Integrated Combat Solution
ID	Identifikasjon
IKT	Informasjons- og kommunikasjonsteknologi
IL	Integrasjonslag
IL-M	IL for bemannet plattform
IL-U	IL for ubemannet plattform
INS	Inertial Navigation System (Treghetsnavigasjonssystem)
KDA	Kongsberg Defence & Aerospace
KE	Kinetisk energi

---



---

LLPI	Landbasert langtrekkende presisjonsild
MOD	Ministry of Defence (UK)
MPF	Mobile Protected Firepower
MUM-T	Manned-UnManned Teaming
NGCV	Next Generation Combat Vehicle
NGVA	Nato Generic Vehicle Architecture (Nato-standard for elektronisk infrastruktur)
NorBMS	Hærens valgte BMS
OMFV	Optionally Manned Fighting Vehicles
PRS	Public Regulated Service
RAS	Robotics Autonomous Systems
RCV	Robotic Combat Vehicles
RWS	Remote Weapon Station
SA	Situational Awareness (Situasjonsforståelse)
SDR	Software Defined Radio
STANAG	Standardisation Agreement (Nato-standard)
UAS	Unmanned Aerial System
UAV	Unmanned Aerial Vehicle
UGV	Unmanned Ground Vehicle
UK	United Kingdom (Storbritannia)
VHF	Very High Frequency
VTOL	Vertical Take-Off and Landing
VR	Virtual Reality



---

---

# 1 Innledning

En av oppgavene i FFI-prosjekt 1579 – Fremtidens Manøversystem – er å definere hvordan kampenheter på stridsteknisk<sup>1</sup> nivå kan operere, og hvordan disse bør organiseres i perioden 2035–2040 og utover, gitt de muligheter teknologiutviklingen gir. Én av prosjektets hypoteser er at militære avdelinger vil få økt situasjonsforståelse i takt med økt utbredelse av autonome systemer, og at dette potensielt vil medføre en endring i hvordan avdelinger organiseres og hvordan de løser sine oppdrag. Prosjektet vil foreslå en konseptuell innretning for en fremtidig kampenhet på stridsteknisk nivå som tar inn over seg en rekke teknologier og muligheter som ligger i perioden frem mot 2035/2040. Formålet er å maksimalisere operativ effekt for slike avdelinger, hvordan den enn skal måles.

Å utrede en organisasjon og et operasjonsmønster for kampenheter i et såpass langt tidsperspektiv som dette, er en utfordrende oppgave. Én ting er at jo lenger man ser inn i fremtiden, jo usikrere blir svaret. Et annet aspekt er hvor bredt man skal gå ut for å analysere fremtidens kampenheter. Har vi for snever ramme for oppgaven, eksempelvis studerer kun én eskadron isolert, risikerer vi at viktige deler av konteksten, som kan være viktige for svaret, blir borte; alt henger sammen med alt. Men om vi går for bredt ut, blant annet for å ta hensyn til alle sammenhenger av betydning, kan vi nærme oss en forsvarsanalyse. Det gjelder å finne den gyldne middelvei, som blant annet innebærer at vi må definere noen forutsetninger og rammer som setter oss i stand til å si noe konkret om fremtiden.

Det finnes mange militære «sannheter». Noen bygger på tradisjon, mens andre bygger på erfaringer og vurderinger tilknyttet dagens trusselbilde. Noen «sannheter» er mer robuste, blant annet de som bygger på mer grunnleggende forutsetninger og premisser som ikke endrer seg vesentlig i tidsperspektivet vi her ser på, og som i all hovedsak er gyldige selv om ny teknologi kommer til. Det er viktig å utfordre alle militære «sannheter», for å identifisere hvilke som vil forbli gyldige og hvilke som ikke vil det.

I utgangspunktet antar vi at Hæren i en overskuelig fremtid vil operere innenfor brigaderammen, og at organisasjonen for øvrig organiseres i nivåer som bataljoner, kompanier/eskadroner og tropper. Prosjektet tar utgangspunkt i kampenheter<sup>2</sup> på stridsteknisk nivå. De fremtidige kampenhetene som vi betrakter, vil være en del av det vi dag kaller en manøverbataljon, enten mekanisert eller motorisert. Kampenheten skal løse oppdraget enten selvstendig eller i samvirke med andre kampenheter i samme bataljon. Kampenheten vil settes opp som stridsgruppe, som innebærer at enheten blir tilført oppdragstilpassede ressurser, enten ved kryssunderlegging eller tilordning av ressurser fra andre enheter/avdelinger i bataljonen eller brigaden.

Vi antar at oppdragene i stort vil være de samme i 2035/2040 som i dag, dvs. bestå av eller inneholde kjernefunksjonene *Finne*, *Binde*, *Ramme* og *Utnytte* [1]. Hvordan man løser

---

<sup>1</sup> Med «stridsteknisk nivå» mener vi operative nivåer under bataljon, dvs i dag fra eskadron/kompani og ned

<sup>2</sup> «Kampenhet» er i denne rapporten enhver stridsgruppering på dagens kompani-/eskadronsnivå eller lavere

---

---

oppdragene og hvordan man er organisert for å gjøre dette, er noe vi må finne ut av, men for å få bredde nok i konklusjonene, bør vi studere oppdrag som inneholder alle fire kjernefunksjonene.

Tilgjengelig teknologi vil alltid være en svært viktig premis for organisering av og operasjoner med militære avdelinger, så det er viktig å identifisere teknologier som kan vesentlig endre premissene for militær tenkning. Eksempler på slike teknologier er forbedring i innsamling og behandling av informasjon, økt automatisering og autonomisering (droner, ubemannede stridskjøretøy o.l), som blant annet muliggjør effektiv Manned-UnManned Teaming (MUM-T), kunstig intelligens (også for automatisert beslutningstaking) og sensorteknologi (i fremtiden blir det trolig stadig vanskeligere å forbli uoppdaget). Innenfor kategorien våpenteknologi kan nevnes laservåpen, rekende missiler<sup>3</sup>, dronevåpen, hypersoniske missiler og presisjonsstyrte, avstandsleverte våpen. Sambandsteknologien forbedres stadig, men det gjør også midler for elektronisk krigføring (EK) og generelt cyberkrigføring. En del av dette kommer vi tilbake til senere.

Det er et viktig å huske på at teknologiutviklingen ikke bare skal sette oss i stand til å gjøre det vi gjør i dag bedre, men at den kan åpne for helt nye (og bedre) måter å gjøre tingene på. Vi må også huske på at potensielle motstandere vil tilsvarende ta i bruk ny teknologi, så utviklingen gir oss ikke bare nye muligheter, men også nye utfordringer. Uansett er det som nevnt store usikkerheter når man skal se såpass langt inn i fremtiden, men det vil være en god start å ta utgangspunkt i det vi ser som de mest banebrytende teknologiene, noe vi gjør i kapittel 4.

Vi har valgt å dele rapporteringen av prosjektets arbeid rundt fremtidig konsept på stridsteknisk nivå i flere deler. Denne rapporten er første del og dekker teknologiske og operative premisser for fremtidig organisering og operasjonsmønster på stridsteknisk nivå. På bakgrunn av dagens teknologi og forventet utvikling reises og drøftes noen operative problemstillinger på dette nivået, mens vi i påfølgende arbeid vil komme med mer konkrete anbefalinger og konklusjoner knyttet til fremtidig organisering og operasjonskonsept.

I kapittel 2 gjøres noen generelle operative betraktninger, med vekt på koblingen mellom fremtidige oppdrag og plattformenes egenskaper, og avveining mellom delvis motstridende krav og egenskaper drøftes. Det gis også en oversikt over hvilke typer plattformer som typisk kan inngå i en fremtidig kampenhet på stridsteknisk nivå. Til slutt i kapitlet gjøres det noen generelle betraktninger rundt organisering av fremtidens kampenheter. I kapittel 3 defineres og drøftes ulike aspekter ved det vi i denne rapporten kaller kampenheter; spesielt drøftes krav til kommunikasjon og integrasjon i nettverk. Vi retter også et sideblikk mot hva som skjer på området i sentrale land som USA og Storbritannia. Kapittel 4 presenterer og drøfter teknologier vi ser som helt sentrale for fremtidig organisering av og operasjonsmønstre for kampenheter på stridsteknisk nivå. Avslutningsvis i kapittel 5 oppsummerer vi kort denne første delen av arbeidet.

---

<sup>3</sup> Rekende missiler = Missiler som manøvrerer og avsøker bakken etter mål (på engelsk betegnet «loitering missiles»)

---

---

## 2 Generelle operative betraktninger

### 2.1 Definisjon av manøver

Hærens syv fellesfunksjoner<sup>4</sup> er: Kommando, etterretning, ild, manøver, informasjon, beskyttelse og understøttelse. Vi skal her se nærmere på fellesfunksjonen *manøver*, som i [1] er definert som:

*Anvendelse av styrker og kapabiliteter på stridsfeltet gjennom forflytning og bevegelse, i kombinasjon med bruk av dødelige og ikke-dødelige effekter, for å oppnå en fordelaktig posisjon relativt til en motstander.*

Sagt med andre ord er manøver de bevegelser/forflytninger man gjør for å komme i posisjon til å kunne slå ut en motstander, og om nødvendig må man ta opp strid med fiendtlige enheter for å komme i denne ønskede posisjonen.

Nå bør det påpekes at det vi i Norge tradisjonelt har kalt manøveravdelinger, typisk panser-, kavaleri- og infanteriavdelinger, har mer sammensatte oppgaver enn å manøvrere og utøver flere av fellesfunksjonene, samtidig som også andre typer avdelinger utfører manøver som del av sin operative virksomhet. I NATO brukes betegnelsen «Combat Unit» om det vi i Norge kaller Manøveravdeling.

### 2.2 Oppdragets føring for plattformenes egenskaper

Hvordan skal så fremtidens (2035/2040 og bortenfor) kampenhet se ut for å makte denne oppgaven, og hvordan skal det operative konseptet være? Det gis ikke noe enkelt svar på dette, men det er naturlig å starte med å se på hva oppdraget på bataljons- og dagens eskadronsnivå vil være. Selvsagt vil dette et stykke på vei være gitt av brigadens oppdrag, men vi forsøker her, i hvert fall i første omgang, å holde oss på bataljons- og eskadronsnivå.

Et konsept er, ifølge [1], en idé, tanke eller forestilling om hvordan en effekt kan oppnås. Operasjonskonsepter presenterer innovative og fremtidsrettede metoder for gjennomføring av militære operasjoner. De vil normalt i stor grad være predefinerte (doktriner) gjennom et sett operasjonsmønstre som det velges fra avhengig av oppdrag og situasjon. Konsepter beskrives ofte svært overordnet og generelt, og vi vil for vårt formål ha behov for å være mer konkrete, men brigadens og bataljonens operasjonskonsept danner uansett en ramme vi må holde oss innenfor.

Gitt operasjonskonsept på brigade- og bataljonsnivå, kan man utlede operasjonskonsept/operasjonsmønster for lavere enheter, og derav krav til de plattformer som skal muliggjøre operasjoner i henhold til dette konseptet. Viktige faktorer her er:

---

<sup>4</sup> Tidligere ble dette kalt basisfunksjoner

- 
- 
- Typer oppdrag
  - Fiendtlige styrker (hva, hvor, hvor mange, egenskaper ved)
  - Terreng (beskaffenhet, topografi, avstander, vegetasjon, snøforhold)
  - Operasjonsmiljø (vær, EK-trussel, fysiske trusler, lyse/mørke etc.)
  - Infrastruktur (broer, veier, tunneler, jernbane, flyplasser etc.)
  - Ildstøtte (støtte fra andre avdelinger generelt)
  - Samvirke med andre enheter

Listen er ikke nødvendigvis uttømmende, men dette er noen av de viktigste faktorene som bestemmer hva slags egenskaper fremtidens plattformer må ha. Utfordringen er selvsagt at det vil være store variasjoner i disse parameterne, slik at ulike hensyn må veies mot hverandre. Uansett bør en idé om fremtidig operasjonskonsept, mulige oppdrag og operasjonsmønstre ligge i bunn når krav til fremtidige plattformer settes.

Etter hvert som teknologien utvikles, kan vi se for oss nye kampenheter med annet materiell, som kan løse tilsvarende oppgaver som tropper, kompanier/eskadroner gjør i dag. Vi ser for oss at det i slike kampenheter vil være tett samvirke mellom mer tradisjonelle plattformer, fotsoldater og nye typer systemer som ubemannede luft- og bakkeplattformer. Dette vil utgjøre en tett og integrert kampenhet, hvor nye teknologier kan fremtvinge ny organisering, taktikk og stridsteknikk. Hvordan ulike typer systemer og plattformer bør samvirke internt i kampenheten for å oppnå ønskede evner, og hvordan kampenhetene skal samvirke med hverandre eller andre enheter i kompaniet/eskadronen i en ramme av taktisk samvirke (combined arms) og gjennomgripende operasjoner (multi-domain operations), er en av de sentrale problemstillingene for FFI-prosjekt «Fremtidens manøversystem».

Fremtidens kampenhet må være i stand til å gjennomføre de oppgaver som en tilsvarende avdeling kan i dag. Det vil si være i stand til å forflytte seg, forsvare seg, angripe en motstander og ta og holde viktig lende/mål. Enheten må som et minimum dekke det samme som dagens tilsvarende kampenheter med tanke på oppdrag, kapasitet og dekningsområde.

En oversikt over sannsynlige komponenter i en fremtidig kampenhet er gitt i Tabell 2.1:



Element	Kat.	Karakteristika	Eksempler
Bemannet kjøretøy	K2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Systemer for effektiv K2</li> <li>- Beskyttelse for oppsittet personell</li> <li>- Kan ha tyngre våpen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Stridsvogn</li> <li>- Stormpanservogn</li> <li>- Stridsledelsesvogn</li> </ul>
	Kamp	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tyngre våpen for å slå ut bakke- og (noen) luftmål.</li> <li>- Kan ha både direkte- og indirekte effektorer</li> <li>- Beskyttelse for oppsittet personell</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Stridsvogn</li> <li>- Stormpanservogn</li> <li>- Panserbeger</li> <li>- Ildstøttevogn</li> <li>- Luftvernanservogn</li> </ul>
	Sensor	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Systemer for effektiv sensorstøtte</li> <li>- Beskyttelse for oppsittet personell</li> <li>- Kan ha tyngre våpen</li> <li>- Kan ha både direkte- og indirekte effektorer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Oppklaringsvogn</li> </ul>
	Støtte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Muliggjør forflytting av fotsoldater under beskyttelse</li> <li>- Kan være ubemannet (selvstyrt/fjernstyrt)</li> <li>- Kan ha egne våpen</li> <li>- Beskyttelse for oppsittet personell</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pansret personellkjøretøy</li> <li>- Transportanservogn</li> <li>- Logistikkjøretøy</li> </ul>
Fot		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Infanteri (både kamp- og støtteelementer)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Regulært infanteri</li> <li>- Spesialavdelinger</li> <li>- Oppklaring</li> <li>- Logistikk</li> </ul>
UAV	Kamp	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evne til å bære våpen og eller eksplosiver</li> <li>- Kan ha samarbeidende egenskaper med andre dronekategorier</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Våpenbærende droner</li> <li>- Avskjæringsdrone</li> <li>- «Kamikaze»-drone</li> </ul>
	Sensor	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evne til å bære ulike tyngre sensorer</li> <li>- Kan fungere som node/relé i sambandsnettverk</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sensorbærende droner</li> <li>- Relé-droner</li> </ul>
	Støtte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- God løfteevne</li> <li>- God utholdenhet (flytid)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Logistikkdroner</li> <li>- Sanitetsdroner</li> </ul>
UGV	Kamp	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tyngre våpen for å slå ut ulike typer bakkemål</li> <li>- Kan ha direkte og indirekte effektorer</li> <li>- Ulike typer vekt og beskyttelsesklasser</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ulike konfigurasjoner kamp-UGV, f.eks tung autonom «wingman», infanteristøttevogn eller CUAS</li> </ul>
	Sensor	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fremskutt sensorplattform, ulike typer sensorer, bl a for bygging av situasjonsbilde</li> <li>- Viktig for aktive sensorer som radar, som kan detekteres og bekjempes av motstanderen</li> <li>- Trolig flere ulike konfigurasjoner</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ulike konfigurasjoner av UGV for situasjonsforståelse (SA)</li> </ul>
	Støtte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Logistikk, internt i stridsgruppen og for logistikklinjen bakover</li> <li>- Multi-use: Også sanitetsoppgaver, fremskutt sensor, kommunikasjonsrelé, osv, osv</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ulike konfigurasjoner innen logistikk, samband og sanitet</li> </ul>
Statistiske/deployerbare elementer	Effektorer	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Forhåndsutplasserte, autonome eller fjernutløste, effektorer for å kontrollere et område eller en linje. Samme løsning som i [2]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Smarte miner</li> <li>- Fjernstyrte effektorer</li> <li>- Statistiske våpenstasjoner</li> </ul>
	Sensorer	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Forhåndsutplasserte sensorer for å overvåke/kontrollere et område. Samme løsning som i [3]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Viltkameraer</li> <li>- Marksensorer</li> </ul>
	Støtte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bidra til ulike tjenester, som samband og navigasjon, innad i stridsgruppen</li> <li>- Rimelige enheter som ikke må gjenbrukes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Radioer/Reléer</li> <li>- GPS</li> <li>- Narretiltak</li> </ul>

Tabell 2.1 Mulige komponenter i fremtidig kampenhet

Det er viktig å poengtere at man også i fremtiden vil forsøke å holde antall ulike basisplattformer så lavt som mulig (variantbegrensning). Det vil si at antall slike varianter forhåpentligvis kan bli en god del lavere enn det Tabell 2.1 kan gi inntrykk av.

---

---

For et bemannet kampkjøretøy er beskyttelse, mobilitet og ildkraft de essensielle egenskapene (for sensorplattformer kan ildkraft erstattes eller suppleres med sensorkapasitet). Problemet er at noen av disse egenskapene er i direkte motstrid med hverandre; spesielt gjelder det beskyttelse og mobilitet. Mannskaper i bemannede plattformer må ha beskyttelse mot de trusler de kan møte på slagfeltet, og denne beskyttelsen, primært i form av panserstål, har store vektimplikasjoner, som igjen påvirker mobilitet negativt. Større vekt krever også større og kraftigere motor og drivverk, som igjen bidrar til vekt- og volumøkning og større logistiske utfordringer, blant annet med tanke på drivstoff. Beskyttelse av kjøretøyets buk mot (nedgravde) miner krever blant annet stor masse (vekt), høy bakkeklaring og stor takhøyde for at mannskapet skal kunne overleve effekten av en detonerende mine. Foruten vektøkning, gir dette en høyde-/volumøkning på kjøretøyet som gjør det lettere å bli oppdaget og truffet av fiendtlig ild, i tillegg til at det fort kan gi dårligere kjøreegenskaper.

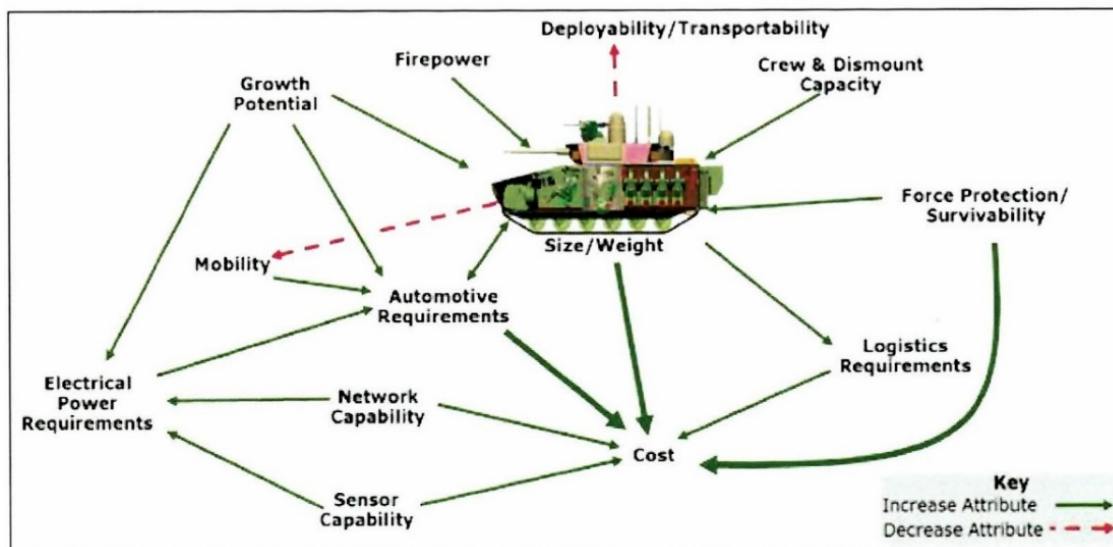
En annen faktor som bidrar til vekt- og volumøkning er krav til oppgraderbarhet (utviklingspotensial). Det er vanlig å sette som krav til nye plattformer at de skal ha utviklingspotensial. Det vil si at ny teknologi/nye systemer skal kunne integreres i plattformen, og beskyttelsen skal kunne forbedres. Det krever blant annet reservevolum og en struktur/drivverk/motor som tåler vesentlig større vekt enn det plattformen opprinnelig leveres med.

Mobilitet er i denne sammenhengen ikke bare evnen til å bevege seg på slagfeltet (taktisk mobilitet, fremkommelighet), men også forflytning over større avstander med annet transportmiddel (flak (lastebil), tog, fly, skip), det vi kaller operasjonell eller strategisk mobilitet. Med unntak av skip, der plattformens vekt og volum ikke alltid er så viktig, vil muligheten for, og kapasiteten til, å frakte plattformer reduseres når plattformens vekt og volum øker.

Krav til ildkraft har også vektimplikasjoner, da tyngre, grovkalibrede våpen (kanoner) krever en sterk plattformstruktur og stor rekylende masse. Det er likevel normalt krav til beskyttelse som har de største vektimplikasjonene.

Krav til beskyttelse er vanligvis satt ut fra mannskapets mulighet for å overleve et fiendtlig angrep/treff. I den grad man i fremtiden vil operere (også) med ubemannede plattformer, eller i det minste ubemannede tårn, kan man derfor redusere kravene til beskyttelse, selv om det også er viktig at plattformen overlever lengst mulig som en kampkraft. Et annet moment her er at ubemannede plattformer vil kunne gjøres en del mindre, noe som gir mindre volum å beskytte, og det blir vanskeligere for fienden å oppdage, og rette effektiv ild mot, plattformen.

Et annet viktig moment ved kravsetting og utvikling av nye plattformer er kostander. Det er ikke noe poeng å utvikle «ideelle» plattformer hvis ingen har råd til å kjøpe dem, eller at antallet blir så lite at det samlet ikke gir den kampkraft man trenger. I [4] er det gitt et eksempel, der man med ny materialteknologi kan spare opptil 8 tonn på et tyngre stridskjøretøy. Prisen pr tonn spart er ca 1 mill US\$. Krav som fører til større kompleksitet vil også drive både utviklingstid og -kostnader i været. Se Figur 2.1 for illustrasjon av de avveiningene som må gjøres og som bestemmer plattformens endelige design.



Figur 2.1 Platform trade analysis chart (illustrasjon hentet fra [4])

Summen av disse avveiningene og usikkerhet rundt fremtidens trusler, stridsfelt og stridsoppdrag fører til at kompromisser må gjøres, både når det gjelder kravsettingen og ved selve utviklingen av fremtidens plattformer. Et annet kompliserende element er knyttet til overgangen fra det vi har nå til det vi ønsker i fremtiden. Ikke alt materiell skiftes ut på en gang; det vil være en gradvis prosess, der arven gir føringer mange år fremover, og vi skal underveis hele tiden ha en kampkraftig, beredt hær. Uansett vil en gjennomtenkt idé om hva vi vil ha, dvs et konsept, kombinert med en god porsjon realisme, være et godt utgangspunkt. Innsikt i muligheter med, og begrensninger ved, ny teknologi er selvsagt også viktig.

For å få fullt utbytte av ny teknologi og derigjennom nye kapabiliteter/systemer, er det viktig at man er åpen for de muligheter ny teknologi gir for å kunne operere på en annen og bedre måte enn i dag, og ikke bare gjøre de samme tingene som før, om enn noe mer effektivt. Dette krever at man unngår å låse seg til gamle sannheter om hva som er riktig og galt, men er åpen for til dels vesentlige forandringer. Dette er utfordrende, både fordi man lærer opp i, og har erfaring fra, det gamle og fordi utnyttelse av mulighetsrommet krever god både teknisk og operativ innsikt, i tillegg til evne og vilje til å søke i mer ukjent farvann etter de beste løsningene. Begrepet paradigmeskifte er ofte brukt om slike fundamentale endringer i tankegang og konsept. Samtidig tar det normalt lang tid fra en ny teknologi identifiseres til den er operativt tilgjengelig, noe som sammen med nødvendigheten av å videreføre arven, oftest medfører en mer gradvis innføring.

Nøkkelteknologiene som, når de modnes, kan lede til dette paradigmeskiftet, er omtalt i kapittel 4.

### 2.3 Organisering av avdelinger

Selve grunntanken bak fremtidens kampanhet er å bruke mennesker til å løse de oppgaver mennesker er best egnet til, og kanskje helt nødvendige for, mens ubemannede systemer kan løse de oppgaver som er spesielt utfordrende eller risikofylte for mennesker. Ubemannede systemer

---

---

kan også kompensere for begrenset tilgang til personell. Et MUM-T system består av soldater, bemannede plattformer og ubemannede plattformer. Soldatenes rolle vil være flere. Noen skal være sjefer som planlegger, overvåker og beslutter. Det er behov for fotsoldater som skal kontrollere ubemannede plattformer, men også selv være sensorer og effektorer. I tillegg trengs det soldater som utfører oppgaver knyttet til sanitet, ingeniør, logistikk og vedlikehold. Ubemannede plattformer kan brukes til å øke situasjonsforståelsen, kampkraften, utholdenheten og bemannede plattformers evne til overlevelse på slagmarken. Bemannede plattformer og fotstyrken kan da operere med vektlegging av egenbeskyttelse, monitorere situasjonen og eventuelt engasjere fra lengre og dermed tryggere avstand.

I dag har de ulike eskadronene innenfor en manøverbataljon forskjellige hovedoppgaver og er organisert og utrustet tilpasset deres hovedoppgave; eksempler er kavalerieskadroner, stormeskadroner og stridsvognseskadroner. Når det kommer til oppdragsløsning, er det vanlig at man kryssunderlegger avdelinger for å danne en kampenhet som er tilpasset oppdraget. Eksempler på dette er at man avgir en stridsvognstropp til en stormeskadron for å styrke evnen til flatbanebekjempelse, eller en stormingeniørtropp for å tilføre mineryddingsevne. Kampenheten kan også tilføres ekstra ressurser for å kunne operere som en selvstendig stridsgruppe. Bakgrunnen for den homogene organiseringen av avdelinger er blant annet de fordeler det gir ved styrkeproduksjon, utdanning og daglig drift (fredstidsfaktorer).

En alternativ måte å gjøre dette på er å ha flere like avdelinger i bataljonen, der hver avdeling er sammensatt av de ulike typer underavdelinger (tropper). Da vil, i hvert fall i prinsippet, hver avdeling kunne løse «alle» typer oppdrag selvstendig. Selv om det er noen fordeler med dette, er det også flere ulemper med en slik organisering. Det viktigste er at behov for ulike typer ressurser vil være svært oppdragsavhengig, slik at bygging av kampenhet for å løse et konkret oppdrag uansett krever rokering/tilførsel av ressurser og avdelinger. Da er trolig det gunstigste å ha en «pool» for hver ressurs i form av enhetlige avdelinger, som for eksempel en kavaleritropp. Det vil også være enklere og billigere å drifte en homogen eskadron enn en heterogen med mange tropparter. I noen tilfeller kan en kampenhet settes sammen av ulike kapabiliteter til å kunne operere som en selvstendig stridsgruppe.

Selv om det her presenteres argumenter for spesialiserte fremfor sammensatte avdelinger som (i teorien) kan løse alle typer oppdrag, er det prematurt å konkludere på dette nå.

---

---

## 3 Fremtidens kampenhet

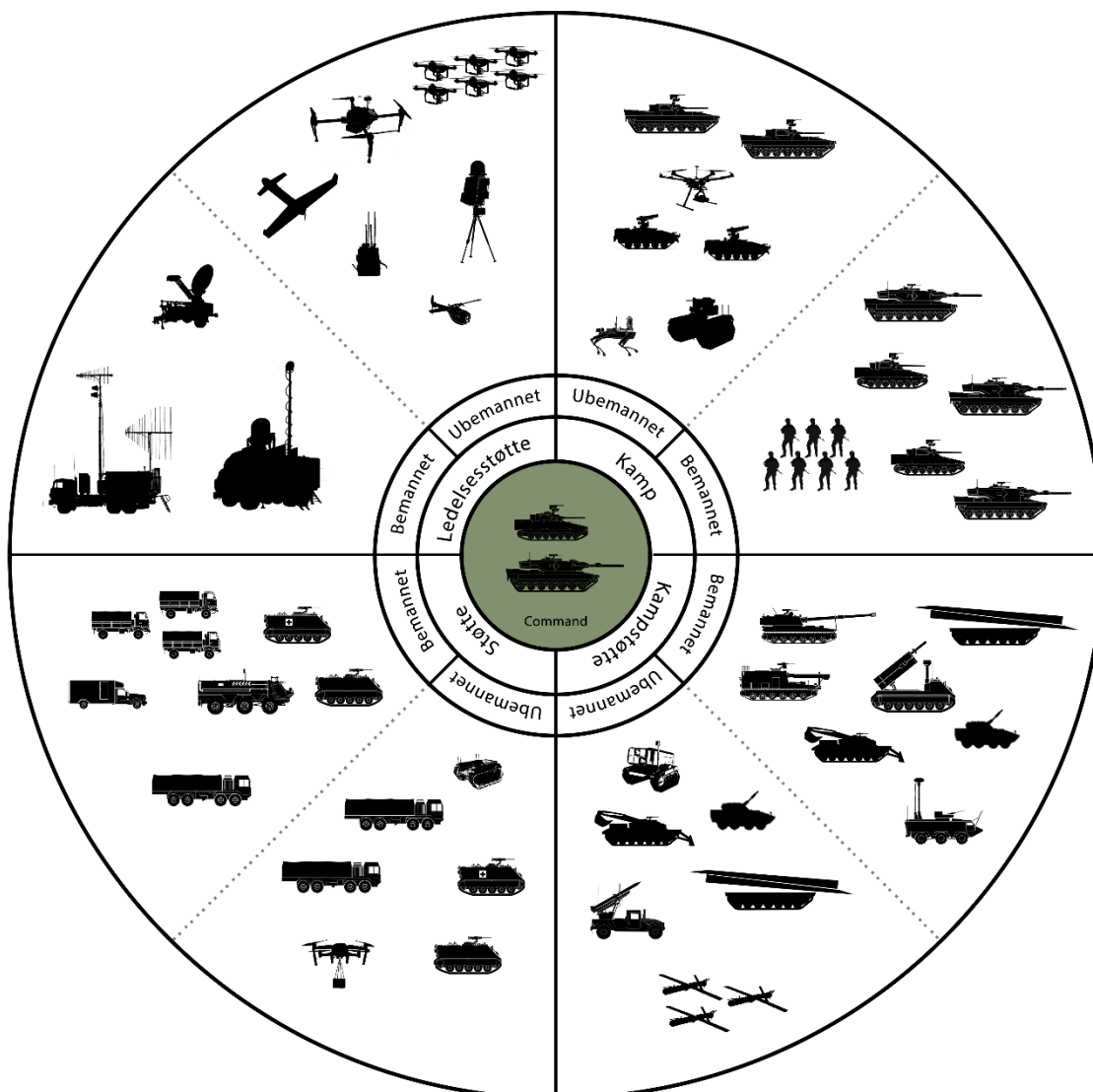
En fremtidig kampenhet vil være en avdeling på stridsteknisk nivå, som består av ulike samvirkende plattformer/enheter som opererer innenfor bataljonsrammen. Den må også være trent og utstyrt for å kunne operere selvstendig, dvs uten forsyninger utenfra i 2–3 døgn. Dette setter krav til forsyninger og logistikk.

I dette kapitlet trekker vi frem to sentrale elementer i fremtidens kampenhet: Bemannede plattformer og deres samvirke med bemannede, og sambandsstrukturen i kampenheten. I tillegg tar vi et sideblikk til hva som skjer på området i to sentrale NATO-land, nemlig USA og Storbritannia.

### 3.1 Plattformer i kampenhet – bemannede og ubemannede

I det tidsperspektivet vi her ser på (2035/2040 og fremover), vil mange av plattformene i en kampenhet være ubemannede, det vil si enten fjernstyrte eller autonome. Et sentralt element i fremtidens kampenhet vil trolig være MUM-T, altså en kampgruppe der det er et tett samvirke mellom bemannede og ubemannede plattformer.

Plattform kan i denne sammenhengen være alt fra tunge, pansrede kjøretøy, tilsvarende dagens stridsvogn, til lette hjulgående kjøretøy, UGV-er og UAV-er for å nevne noe (se også Tabell 2.1). Det kan være direkteskytende plattformer og indirekteskytende, for eksempel bombekaster. Fotstyrker vil normalt også være en del av en fremtidig kampenhet. De ubemannede plattformene, som UGV og UAV, vil både kunne være sensorplattformer for oppklaring/rekognosering/ildledning og være kampplattformer, som for eksempel stridsdroner. De kan også være viktige sambandslinker som muliggjør nødvendig samband for MUM-T, og samvirke mer generelt. I en MUM-T-sammenheng kan UGV/UAV være både fjernstyrte og helt autonome. I Figur 3.1 er vist et eksempel på plattformer som kan inngå i en fremtidig kampenhet.



Figur 3.1 Mulige plattformer i fremtidig kampenhet

### 3.2 Sambandsstruktur for fremtidig kampenhet

Sambandet er det som binder sammen elementene i en kampenhet og gjør det til en funksjonell, koordinert enhet. Vi beskriver derfor i det følgende internsambandet i en kampenhet noe mer detaljert og teknisk enn den øvrige beskrivelsen i kapitlet.

Sambandet, eller kommunikasjonsinfrastrukturen, må befordre effektiv kommunikasjon og være robust, spesielt mot fiendtlige mottiltak. I prinsippet er det alle-til-alle samband mellom plattformene i en kampenhet, men i praksis vil noen plattformer operere som sambandslinker for å realisere/opprettholde nettverket.

---

---

Det trengs minimum tre forskjellige nivåer med kommunikasjonsinfrastruktur:

a) Kommunikasjon med høyere og sideordnede enheter

Dette må være det samme systemet som benyttes i resten av Forsvaret. På bataljonsnivå og ned benyttes i dag applikasjonen NorBMS, blant annet til planlegging og koordinering mellom bemannede plattformer og soldater. Sambandet her har benyttet VHF-båndet for tale og data, men vil med nye radioer (se kap 4.5) også benytte UHF-båndet.

b) Situasjonsforståelse, kommando og kontroll innad i kampenheten

Alle typer plattformer og fotsoldater bidrar med sine sensorer til å bygge et felles situasjonsbilde. Menneskene i systemet må ha tilgang til et felles, fusjonert situasjonsbilde, men også kunne hente enkelte sensordata direkte. De må også ha evne til å monitorere, kontrollere, gi oppdrag eller fjernstyre sensorer og plattformer, i tillegg til å gi oppdrag til fotsoldater og bemannede vogner. Dette er det primære systemet som skal sette kampenheten i stand til å slåss. I tillegg forventes talesamband fortsatt å være viktig for samhandling innad i kampenheten.

c) Plattform-/våpennettverk

Plattformene i kampenheten har behov for å kommunisere og utveksle sensordata direkte seg imellom. Dette er noe som ikke eksisterer i dagens systemer, men som vil være særdeles viktig for en kampenhet med ubemannede plattformer. For eksempel må ubemannede bakkekjøretøy ved hjelp av egne sensorer kartlegge sine omgivelser for navigasjon og selvstendig forflytte seg i et terreng; dette kalles terrengsituasjonsforståelse. Denne typen data må kunne deles mellom plattformer. Andre typer data kan være detaljerte ID-data for å sikre at samme mål som observeres i flere sensorer ikke blir dobbeltrapportert. Dette nettverket vil bidra til å sette fremtidens kampenhet i stand til å gjøre ting som i dag ikke er mulig.

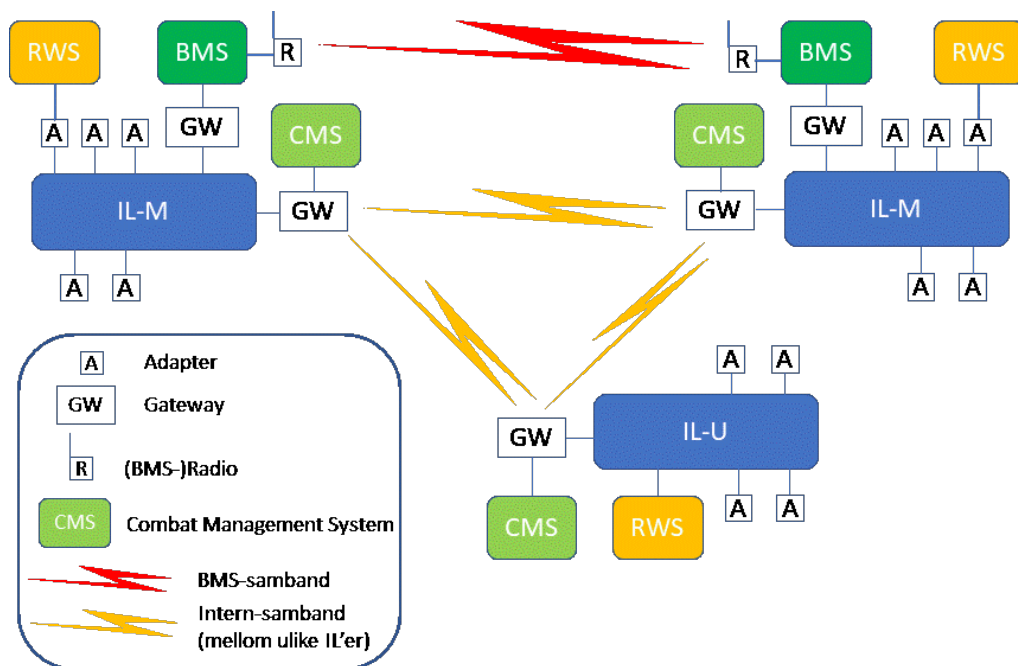
I dag legges NATOs NGVA<sup>5</sup>-standard (STANAG 4754) til grunn for elektronisk infrastruktur i kampplattformer, og det er høyst sannsynlig at dette vil være standarden også i overskuelig fremtid. Denne er i CV90- og Leo 2-plattformene realisert ved Kongsberg Defence & Aerospace (KDA) sin «Integrated Combat Solution» (ICS), men det er ikke gitt hva fremtidig løsning vil bli. For å være uavhengig av spesifikk løsning eller leverandør, låner vi fra FFI-prosjekt 1612 – FjernSyn [3] – den mer generiske betegnelsen «Integrasjonslag». I overskuelig fremtid vil vi trenge adaptere/gateways mellom integrasjonslaget og ulike applikasjoner (BMS<sup>6</sup>, sensorer, våpen, etc) knyttet til dette. I et lengre tidsperspektiv bør dette være «plug and play».

Bemannede plattformer vil ha et BMS og kommunisere utad via BMS-nettverket. Dette nettverket har verken båndbredde eller oppdateringsrate høy nok for det interne sambandet i kampenheten, som derfor må ha et eget informasjons- og kontrollsystem, det vi her kaller «Combat Management System» (CMS), med et internt nettverk knyttet til dette. Mulig infrastruktur/arkitektur for en kampenhet, eksemplifisert ved tre plattformer, to bemannede og én ubemannet, er vist i Figur 3.2.

---

<sup>5</sup> NGVA = NATO Generic Vehicle Architecture

<sup>6</sup> BMS = Battlefield Management System



Figur 3.2 Eksempel på nettverksstruktur for tre plattformer i en kampanhet. IL-M og IL-U er integrasjonslag (IL) for hhv bemannet og ubemannet plattform.

I figuren har de bemannede plattformene BMS. En ubemannet plattform trenger imidlertid ikke BMS, men må kunne kommunisere med BMS-nettverket, enten direkte eller indirekte via en bemannet plattform. I figuren er en «Remote Weapon Station» (RWS) tilkoblet infrastrukturen, men det kan være hvilken som helst sensor- eller våpenplattform, eller helt andre ting.

I det interne nettverket er det forholdsvis korte avstander, noe som muliggjør større båndbredde. Det er et viktig poeng at forsinkelsen i dette nettverket er minimal for å muliggjøre MUM-T og det samvirket som kampanheten er avhengig av. Informasjonen i dette nettverket vil være tilpasset kampanheten sitt behov, så man kan styre unna mye av dataflyten i BMS'et. CMS'et kan ses på som kampanhetens eget lokale «BMS», som kampanheten «styres» fra.

Begrepet «samvirke» er så langt brukt om koordinering mellom plattformene internt i kampanheten. MUM-T er et viktig element i dette samvirket, som altså må ha korte tidskonstanter og høy presisjon både i tid og rom for å fungere. Dette samvirket kan derfor ikke realiseres via kun BMS-sambandet. Men kampanheten må også kunne samvirke eksternt med sideordnede avdelinger og støttende avdelinger på høyere nivå (ikke vist i figuren). Her er krav til tidskonstanter og presisjon (i tid) noe lavere, og kommunikasjonen kan trolig skje via BMS-sambandet.

### 3.3 UK- og US- strategi for modernisering av hær-styrker

Avslutningsvis i dette kapitlet skal vi ta et sideblikk til USA og Storbritannia og se litt på hvilke tanker og planer de har rundt fremtidens kampanheter og ubemannede plattformer spesielt.



---

---

### 3.3.1 US Army

US Army vil gjennom programmet Next Generation Combat Vehicle (NGCV) på sikt fase ut sine eksisterende kampkjøretøy, blant annet stridsvognen M1 Abrams og stormpanservognen M2 Bradley, med ett eller flere nestegenerasjons kjøretøy. Programmet har endret seg noe over tid, men hadde i overgangen 2021/2022 fem programmer [5]:

- Optionally Manned Fighting Vehicles (OMFV) – erstatning for M2 Bradley IFV.
- Armored Multi-Purpose Vehicle (AMPV) – erstatning for M113
- Mobile Protected Firepower (MPF) – lett stridsvogn for støtte til Infantry Brigade Combat Teams (IBCT)
- Robotic Combat Vehicles (RCV) – tre vektclasser av ubemannede bakkekjøretøy
- Decisive Lethality Platform (DLP) – erstatning for M1 Abrams stridsvogn

NGCV inngår igjen i «Project Convergence», som er en overordnet serie med eksperimenter, som forsøker å reformere US Army gjennom test og eksperimentering av «cutting edge» systemer og nye teknologier, inkludert kunstig intelligens, robotikk, nettverk og sensorer.

Når det kommer til ubemannede systemer, så vil utvikling av autonome kampplattformer foregå i RCV-programmet. US Army planlegger å utvikle tre varianter av RCV, RCV-Light (RCV-L), RCV-Medium (RCV-M) og RCV-Heavy (RCV-H), hvor de ser for seg at disse kjøretøyene kan bli benyttet som oppklaring (scouts) og eskorte eller flankesikring for bemannede vogner. De potensielle kjøretøyene i RCV-programmet er opprinnelig planlagt som fjernstyrte kjøretøy, der operatører skal være oppsittet i bemannede vogner, eksempelvis vogn fra OMFV-programmet, og fjernstyre én enkelt RCV, men de skriver også at forbedringer innen navigasjonsteknologier (f.eks autonom kjøring) og kunstig intelligens muligens vil tillate at én operatør kan kontrollere flere kjøretøy, og at RCV på lengre sikt kan operere mer autonomt. Med andre ord, så har US Army gjennom NGCV-programmet en relativt nøktern forventning til hva man kan forvente av autonome bakkebaserte kampvogner på kort og mellomlang sikt, og har en tilnærming som er mer evolusjonær en revolusjonær, hvor man gradvis faser inn teknologier på valgte kjøretøy som gjør systemene mer og mer autonome. Derfor har de pekt på at åpne standarder og tilgang til kjøretøyenes «Application Programming Interface» (API) vil være viktig. Foreløpig er RCV-L kun inkludert i US Army's femårige plan for hurtig prototyping, der man gjennom åpen konkurranse skal få fem selskaper til å produsere to prototyper av RCV-L innen slutten av 2023. I 2024 vil US Army gjennomføre test og evaluering av de ulike prototypene med mål om å ende med én kandidat for ytterligere produksjon og testing i 2026. RCV-M og RCV-H ligger lenger ut i tid.

### 3.3.2 British Army

I regi av British Army er det igangsatt et program kalt Robotics Autonomous Systems, forkortet RAS [6]. Om bakgrunnen for programmet skrives det i forordet:

---

---

*“The adoption of innovative technologies, commercial and military, at the pace of relevance is critical to achieving competitive advantage as the British Army modernises and transforms.”*

Nøkkelteknologiene som skal muliggjøre denne transformasjonen, er:

- Artificial Intelligence & Machine Learning
- Robotics and Autonomous Systems
- Networked Sensors and Effectors
- Battlefield Electrification
- Novel Weapons

Med unntak av elektrifisering av slagfeltet, er dette de samme teknologiene som vektlegges i denne rapporten. Men poenget for britene er at de nye teknologiene totalt sett vil kreve mye strøm, så det må utvikles bedre løsninger for strømforsyning i felt enn det vi har i dag.

RAS-programmet er i tre etapper frem til 2035. Hver etappe er da fem år med hver sin klare milepæl på veien frem mot målet, full utnyttelse av autonome systemer, delvis i samvirke med bemannede plattformer. De tre etappene er (se også Figur 3.3):

#### 1. Enhanced Combat Teams

Plattformer/maskiner benyttes som verktøy, begrenset av grad av autonomi og menneskers tiltro til teknologien. RAS vil bli benyttet parallelt med nåværende styrkestruktur. Maskiner er i stor grad kontrollert av operatører, noe som gir stor brukerbelastning.

#### 2. Integrated Combat Teams

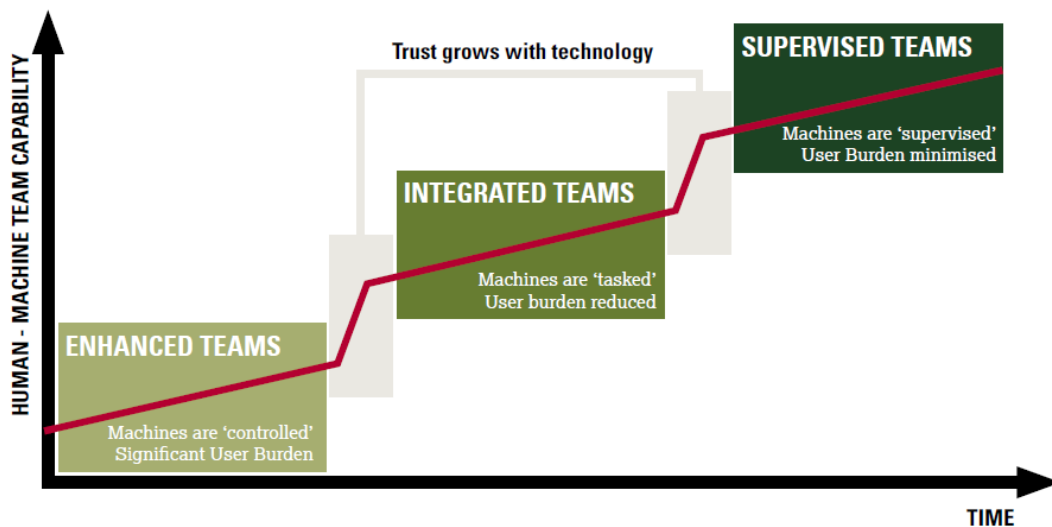
Ettersom teknologien utvikles, vil mennesker overlate mer og mer kontroll til stadig mer avansert AI<sup>7</sup>, som krever mindre overvåkning. RAS vil bli en integrert del av styrkestrukturen, der mennesker og maskiner samvirker tett om utføring av oppgaver for å oppnå best mulig resultat. Brukerbelastning er redusert vesentlig i forhold til i Fase 1.

#### 3. Supervised Combat Teams

Ubemannede plattformer/maskiner er gjennom kunstig intelligens i stand til å yte bedre enn mennesker og trenger derfor bare å overvåkes for å kunne beholde menneskelig kontroll.

---

<sup>7</sup> AI = Artificial Intelligence (Kunstig intelligens)



Figur 3.3 De tre fasene i RAS-utviklingen frem mot 2035 (hentet fra [6])

Vi biter oss også merke i følgende utsagn i [6]:

*“Technology alone will never deliver genuine warfighting transformation, it is only when technology is evolved into a new way of fighting when true opportunities are realized”*

Dette er et svært viktig poeng og helt i tråd med vår egen tankegang, noe vi kommer tilbake til. Interesserte lesere anbefales å studere [6] nærmere og også ta en titt i [7], som er et UK Army strategidokument på et høyere og mer generelt nivå. Uansett er britenes tankegang på dette området veldig sammenfallende med vår egen, og tidsperspektivet er omtrent det samme.

---

---

## 4 Potensielle «Game Changers»

I denne rapporten bruker vi, i mangel på en god norsk betegnelse, noen ganger uttrykket «game changer» om spesielt banebrytende teknologier, det vil si teknologier som vurderes å ha potensiale til å vesentlig endre måten man organiserer militære avdelinger på og/eller måten man gjennomfører militære operasjoner på. At en teknologi har potensiale for slike endringer, er ikke nødvendigvis det samme som at disse endringene vil skje, men mulighetene åpnes. Det ligger selvfølgelig også en usikkerhet i om teknologien virkelig holder det den lover. Et godt eksempel på «game changer», dog på et helt annet område, er de første smarttelefonene.

I dette kapitlet skal vi se nærmere på et utvalg av slike teknologier og drøfte på hvilken måte de kan føre til vesentlige endringer i operasjonsmønsteret. Oversikten er ganske sikkert ikke komplett, og i et såpass langt tidsperspektiv som vi ser på her, vil det ganske sikkert komme til nye teknologier. Det er likevel nyttig å se fremover på det kunnskapsgrunnlaget vi tross alt har. Dessuten har nye teknologier ofte svært lang utviklingstid før de kan realiseres i funksjonelle produkter, slik at noe av det som kommer i 2035/2040-perspektivet, kan det være mulig å se konturene av i dag.

### 4.1 Oversikt over sentrale teknologier

Følgende nøkkelteknologier og deres mulige implikasjoner for fremtidige operasjonsmønstre vil bli drøftet:

- a) Autonomi/Kunstig intelligens
- b) Ubemannede plattformer (droner, UGV)
- c) Teknologier for bedret situasjonsforståelse
- d) Samband – Nettverksteknologi
- e) Våpenteknologi (hypersoniske missiler, langtrekkende presisjonsstyrt ild, «Directed Energy Weapons» (DEW, herunder laservåpen)
- f) Beskyttelsesteknologier (bedre panser, ERA, APS)

Det er imidlertid klare sammenhenger mellom flere av elementene i listen; spesielt er Autonomi/Kunstig intelligens en forutsetning for mye av det andre, eksempelvis avanserte, ubemannede plattformer. Tilsvarende er avanserte og fremskutte/eleverte sensorer i form av UGV eller droner en forutsetning for et godt situasjonsbilde og dermed situasjonsforståelse. Det vurderes likevel som formålstjenlig å foreta en slik inndeling når vi skal drøfte operative implikasjoner.

I listen over er ikke tatt med biologiske, kjemiske og nukleære våpen, da dette i utgangspunktet er forbudte våpen. Det er likevel viktig å ha på plass beskyttelse mot slike våpen, men det er ikke tema for denne rapporten.

---

---

## 4.2 Autonomi / Kunstig intelligens (inkl. beslutningstaking/-støtte)

Autonomi [8] er en forutsetning for å høste mange av de operative fordelene som blir omtalt i de følgende avsnittene, og kunstig intelligens (AI) er grunnlaget for autonomi.

Kunstig intelligens har vært et begrep i mange år, men lenge var den mer kunstig enn intelligent. Dette har endret seg de senere årene, og med utvikling av nye metoder for maskinlæring/dyp læring har AI-utviklingen virkelig skutt fart. Om ikke systemer med kunstig intelligens noen gang kan overflødiggjøre menneskelig inngripen, så kan det redusere behovet for det betydelig. Det betyr blant annet at stadig flere (militære) plattformer og systemer langt på vei kan operere autonomt, i tillegg til at beslutninger på stadig høyere nivå kan fattes av maskiner. Noen beslutninger må også i fremtiden fattes av mennesker, men kunstig intelligens kan gi verdifull beslutningsstøtte.

Med automatisert beslutningstaking kommer man ikke unna etiske problemstillinger; i hvilken grad og i hvilke situasjoner kan beslutninger om å ta liv overlates til maskiner? Dette berører direkte engasjementsregler, det vil si regler som regulerer hva som er lov og hva som ikke er lov i krig. Og hvor sikker må man være på at potensielle mål ikke er egne enheter («blue on blue») eller sivilt personell? Med økende grad av automatisert beslutningstaking, vil det være behov for ny gjennomgang av disse reglene.

Her skal vi imidlertid konsentrere oss om mulighetene kunstig intelligens/autonomi gir for å realisere fremtidens autonome systemer/plattformer. Det impliserer selvsagt også automatisk beslutningstaking på lavere nivåer. For eksempel forutsetter sverming (av droner) høy grad av autonomi og dermed kunstig intelligens. Autonomi vil i stor grad også være en forutsetning for annet samvirke mellom enheter, spesielt hvis det er snakk om mange enheter. MUM-T er en form for slikt samvirke.

## 4.3 Ubemannede plattformer

Med ubemannet plattformer menes her alt fra førerløse (strids)kjøretøy til rene UGV-er og UAV-er, sistnevnte heretter kalt droner.

### 4.3.1 Droner

Spesielt droner har, etter flere spektakulære og til dels vellykkede droneangrep i ulike konflikter og utstrakt bruk i krigen i Ukraina, fått mye oppmerksomhet den senere tid. Det er ingen tvil om at droner, enten som fremskutte, eleverte sensorer, eller som stridsdroner, vil få stor betydning for fremtidens krigføring.

Droner finnes i nær sagt alle størrelser og fasonger, fra rundt 20 gram (Black Hornet fra FLIR Systems) til nærmere 15 tonn<sup>8</sup> (RQ-4 Global Hawk fra Northrop Grumman). Det er imidlertid to

---

<sup>8</sup> Inklusive last, ca 7 tonn uten

---

hovedgrupper: «Fixed wing», altså med faste vinger som på et vanlig fly, og «rotary», dvs basert på helikopterprinsippet, med én eller flere (ofte fire) rotorer som sørger for oppdrift og styring. Det finnes også mellomting, såkalte VTOL<sup>9</sup>-droner og «Lift-Augmented Quadcopters» [11], altså droner som letter og lander vertikalt, men ellers flyr som tradisjonelle droner. Se drone-eksempler i Figur 4.1.



Figur 4.1 Droner: a) Black Hornet, b) F11 med GPS, c) RQ-4 Global Hawk

Droner kan operere selvstendig, i svermer, eller i samvirke med både bemannede og ubemannede bakkeplattformer. Svermteknologi, altså der flere droner opererer koordinert i utføring av oppdrag, er under rask utvikling [9]. Dette forutsetter høy grad av autonomi for dronene. Med denne utviklingen mot økt bruk av droner, blir luftvern i form av anti-drone-systemer stadig viktigere [10]. Denne teknologien utvikles selvsagt også, men det kan være svært vanskelig å beskytte seg mot en sverm av droner.

Droneteknologien er for så vidt dagens teknologi, men forbedres stadig, og da spesielt i retning av bedret autonomi. Dette muliggjør blant annet:

- Bedret situasjonsbilde (både mer fullstendig og mer oppdatert)
- Fremskutt/elevet sensor for bemannede plattformer eller UGV
- Fremskutt/elevet relé for bedre konnektivitet i nettverk (samband)
- Anslag mot mål som vanskelig kan nås med andre midler
- Luftbårne, fremskutte jammere av samband og GPS-signaler
- Lav signatur i forhold til bemannede plattformer
- Mette forsvaret av mål med sverm av droner
- Spare personell for risikofylte oppdrag
- Transport/logistikk (store droner)
- Spare kostnader (en drone er normalt vesentlig billigere enn en bemannet plattform, enten det er fly eller kjøretøy)
- Autonome droner er mindre sårbare for deteksjon og mottiltak, da det ikke kreves samband med bakken.

Droner gir ikke bare bedre utførelse av oppdrag, men muliggjør oppdrag som ellers ikke kan utføres. Men droner har også noen begrensninger, spesielt værbegrensninger. Små droner kan ikke fly i sterk vind, og ellers vil regn, snø, tåke og lignende kunne sterkt begrense dronenes

---

<sup>9</sup> VTOL = Vertical Take-Off and Landing

---

---

ytelse. I tillegg vil fiendtlige mottiltak, for eksempel jamming og røykskjerming, gi store utfordringer.

Ved utforming av fremtidens operasjonsmønster, må utstrakt bruk av droner, både av oss selv og av en eventuell motpart, påregnes. Disse dronene vil i stor grad operere autonomt.

#### **4.3.2 Ubemannede kjøretøy/UGV**

UGV-er, fjernstyrte eller autonome, kan være direkte erstatning for dagens (større) bemannede kjøretøy, og de kan være spesialdesignet for bestemte oppgaver, gjerne, men ikke nødvendigvis, som en tilleggskapabilitet for større (bemannede) plattformer.

For å ta det førstnevnte, så kan ubemannede plattformer gi mange operative fordeler. Det viktigste er å unngå å utsette mannskaper for stor risiko, det vil si å spare liv. Et ubemannet kjøretøy trenger ikke tykt og tungt panser for beskyttelse, og kan derfor gjøres mye lettere og mindre enn dagens plattformer. Dette gir store operative og logistiske, men også økonomiske, fordeler. Nå er dette en sannhet med modifikasjoner, for det er viktig for stridsevnen at kjøretøyet har en brukbar overlevelsessevne. Det at kjøretøyet er mindre og lettere, og dermed kan ha bedre mobilitet, bidrar positivt til overlevelsessevnen, men beskyttelse av for eksempel ildkraften vil også være viktig. Det vil imidlertid være et mye mindre areal eller volum å beskytte enn for et bemannet kjøretøy.

Ubemannede kjøretøy er en forutsetning for MUM-T. Vi kan for eksempel tenke oss et bemannet stridskjøretøy som opererer i tett samhandling med ett eller flere ubemannede stridskjøretøys (wingman), men det kan også samtidig lede eller samhandle med andre typer UGV-er eller droner.

Kjøretøykolonner for forsyninger og annen transport er svært utsatte for miner og fiendtlige angrep. Spesielt vil det første kjøretøyet i kolonnen kunne ha høy risiko for å kjøre på en mine. Å gjøre for eksempel dette kjøretøyet ubemannet, enten det er fjernstyrt eller autonomt, reduserer ikke risikoen for angrep, men det kan spare soldaters liv. En, teknisk sett, enklere løsning er at første kjøretøy er bemannet (om mine-risikoen vurderes å være akseptabel) og kjøretøyene som kommer etter, følger denne automatisk. Det kan gi store mannskapsbesparelser, i et økonomisk perspektiv, men vil også redusere risiko for tap av liv om kolonnen blir angrepet.

En mellomløsning, spesielt i en teknologisk mellomfase, er såkalte «Optionally Manned Vehicles», altså kjøretøy som til vanlig opereres manuelt, men som under visse forutsetninger også *kan* operere ubemannet.

Umiddelbare operative fordeler ved ubemannede kjøretøy er:

- Spare soldaters liv og helse
- Mindre og lettere kjøretøy, dvs vanskeligere å oppdage og treffe, kan bedre komme frem i (for eksempel) myrlendt terreng
- Mindre personellbehov. Det vil fortsatt være behov for personell til mange oppgaver, som overordnet beslutningstaking, lasting/lossing, berging, reparasjon, transport, etterforsyning og sanitet, for å nevne noe. Men en del personell kan frigjøres til nettopp å

---

utføre slike oppgaver, og generelt vil personell kunne få andre oppgaver eller roller enn i dag.

- Kan operere mer offensivt (ingen risiko for personell)
- Rimeligere plattformer, det vil si at man kan ha råd til flere av dem
- Effektivisering av logistikk
- Muliggjør bedre samvirke med andre plattformer (på bakken og i luften)
- Muliggjør MUM-T, for eksempel wingman

UGV-er ikke bare en forbedring av dagens bemannede kjøretøy, men kan være velegnet også for oppgaver som enten er umulig eller uhensiktsmessig å løse med dagens kjøretøy. De må derfor også betraktes som en ny kapabilitet.

UGV-er finnes i «alle» størrelser og utforminger, men for å ha tilfredsstillende fremkommelighet i terreng, må de ha en viss størrelse. UGV-er for oppklaring (f eks) inne i bygninger, vil derimot være små. En UGV kan i militær sammenheng for eksempel anvendes som:

- minerydder (generelt rydding/desarmering av eksplosiver)
- fremskutt bakkesensor (kamera, lyttepost, etc.)
- relé i et sambandsnettverk
- transportkjøretøy, for eksempel frakte utstyr for fotsoldater (noe større UGV)
- sanitetskjøretøy, for eksempel hente ut sårede soldater fra stridsområdet
- fjernstyrt eller autonom våpenplattform (noe større UGV)
- «Hangarskip»/base/ladestasjon for dronesverm, som da får forlenget rekkevidden

UGV-en kan operere selvstendig, i samhandling med drone(r) eller være komponent i et MUM-T-opplett. Dens størrelse og utforming vil være tilpasset oppgavene den er designet for å kunne utføre. Noen eksempler er vist i Figur 4.2.



Figur 4.2 UGV-eksempler: a) Iguana E, b) Kapitan, c) GD MUTT, d) Milrem/Themis

Introduksjon av UGV, spesielt etter hvert som de blir mer autonome, kan i likhet med introduksjon av droner, tilsi vesentlige endringer i operasjonsmønsteret.

For utfyllende lesning om mulige UGV-anvendelser i Forsvaret anbefales [12] og [13].



---

---

## 4.4      **Teknologier for bedret situasjonsforståelse**

### 4.4.1      **Sensorer**

Informasjonsinnsamling for bedret situasjonsforståelse (SA) foregår på flere nivåer og med svært ulike teknikker og metoder. På høyere nivåer snakker vi gjerne om ulike former for etterretning. I dette delkapitlet ser vi nærmere på lavere nivåer med innsamling av SA-data gjennom ulike typer sensorer.

Sensorene kan være avbildende (kameraer), akustiske (mikrofoner), seismiske, magnetiske og elektromagnetiske (radar, lidar), for å nevne de vanligste [14]. Man skiller gjerne mellom to hovedgrupper, passive og aktive. Passive sensorer, som for eksempel kameraer, har den fordel at de ikke gir en signatur som kan oppdages, selv om optikken i optiske sensorer kan avsløre deres posisjon. Aktive sensorer, som radar og lidar, er basert på deteksjon av refleksjonen av egenutsendte signaler. Risikoen er da at man blir avslørt ved at disse signalene blir detektert av fienden.

Elektroniske støttetiltak, eller EST, er et aspekt av elektronisk krigføring som omfatter teknikker for å skaffe seg etterretningsinformasjon gjennom passiv lytting etter elektromagnetisk stråling av militær interesse. Ettersom EST-sensorer er passive, kan de ikke lett avsløres av fienden. For eksempel kan man ved EST detektere radarsignaler på større avstander enn radaren kan oppdage EST-sensoren. Dette fordi det direkte radarsignalet er mye sterkere enn det reflekterte, som radaren bruker. Fordi man i utgangspunktet ikke vet hvilke frekvenser fienden bruker, må man ved EST bruke spredt spektrum-teknikker og søke over et stort frekvensområde.

Ulike sensortyper har ulike styrker og svakheter. Vi ikke skal gå nærmere inn på det her, men konstaterer at en miks av ulike sensortyper ofte vil være den beste løsningen for å kunne takle ulike situasjoner og forhold, også for å være robuste mot narretiltak. Trenden er at alle disse sensorene stadig blir bedre, og selv om også kamuflasjeteknikker utvikles, regner man med at det på fremtidens stridsfelt vil bli stadig vanskeligere å forbli uoppdaget.

Viktigere enn den gradvise forbedringen av dagens sensorer er trolig mulighetene som åpnes, først og fremst gjennom bruk av UGV og droner, for å ha fremskutte og eleverte sensorer, som også er mobile. Sensorer kan også utplasseres ved hjelp av bombekastere og artilleri.

For vår egen del er denne utviklingen positiv i den forstand at det gir muligheter for et vesentlig bedre situasjonsbilde på stridsteknisk og taktisk nivå, men samtidig vil risikoen for selv å bli detektert før ildåpning øke, for eksempel under forflytning, noe som i stor grad må påvirke måten man gjennomfører manøver på.

### 4.4.2      **Analyse av sensordata**

De senere årene har metoder for analyse/tolkning av sensordata tatt store sprang fremover. Grunnlaget for dette er i all hovedsak det som kalles dyp læring, med anvendelse av nevrane

---

---

nett<sup>10</sup>. Nettet trenes opp på mange eksempler, f.eks. bilder, med kjente objekter. Når nettet er opptrent, evner det med stor sikkerhet å klassifisere objekter, uavhengig av perspektiv og med vide grenser for størrelsen på avbildningen. Metoden er også velegnet for å kombinere data fra ulike sensorer med ulike egenskaper, for eksempel akustiske og avbildende, noe som gir sikrere deteksjon og klassifisering [9]. Kombinert med avansert målfølgingsmetodikk, gir dette sensorsystemer med meget god evne til objektgjenkjenning og målfølgning, i tillegg til robusthet mot aktive motmidler og vanskelige naturlige forhold. Det krever mye tid og arbeid å trene opp et nevralt nett, men når den jobben er gjort, er bruken av nettet rask og likefrem.

Dyp læring er en form for maskinlæring, som er å sette datamaskiner i stand til å lære fra og utvikle adferd basert på empiriske data. Maskinlæring er igjen en gren av kunstig intelligens (AI).

#### 4.4.3 Augmented Reality

«Augmented Reality» (AR), eller utvidet virkelighet, er generelt å blande virtuell informasjon inn i en virkelig scene. I den konteksten vi ser på her, er det teknikker for å vise informasjon om den taktiske situasjonen, typisk informasjon som ligger i et BMS, som grafiske symboler direkte i operatørens synsfelt, gjennom sikter, «Head-Up Display» (HUD) o.l. Operatøren kan være vognkommandør, vognfører, skytter, fotsoldat og annet. En forutsetning for AR er at man vet hvor man er og hvilken retning man ser i. Det sistnevnte representerer den største utfordringen og kan, noe avhengig av anvendelsen, kreve instrumenter (gyro) med høy presisjon og rask oppdatering.

Ved at AR vises direkte i operatørens synsfelt, trenger ikke han/hun oversette kartinformasjon til plasseringer i terrenget, og kan i tillegg hele tiden holde blikket festet på den scenen man opererer i. Spesielt i tidskritiske faser av striden er dette viktig. Men AR kan være et viktig hjelpemiddel også i manøverfasen, da man har full oversikt over egne enheter og kan i tillegg bruke (for eksempel) synlige referansepunkter («plante et flagg i bakken») til å dirigere avdelingen sin etter, ettersom alle kan se det samme «flagget». Andre muligheter er å «tegne» teiggrensler og skuddsektorer i terrenget.

Objekter som med fordel kan vises med AR, er egne enheter, fiendtlige enheter, anbefalte kjøreruter, farlige områder (for eksempel antatt minefelt), referansepunkter, sektorlinjer, teiggrensler, markering av sivile objekter, ulike observasjoner etc. Det er nærmest ingen grenser for hva som kan vises, men det er viktig at kun relevant (i aktuell situasjon) informasjon presenteres for operatøren, slik at viktig informasjon ikke drukner i mye annet, og den kognitive belastningen med å sortere ut det relevante blir for stor. Intelligent filtrering av informasjonen vil derfor være svært viktig i ethvert AR-system for bedret situasjonsforståelse. Hva som er relevant, vil avhenge av operatørens rolle (for eksempel om det er vognkommandør, vognfører eller skytter) og av den aktuelle situasjonen. Se [15] for mer om dette.

---

<sup>10</sup> Nevrale nett har fått sitt navn fordi det etterligner hjernens oppbygging og funksjon, der nodene i det nevralt nettet tilsvarer hjernens neuroner.

---

---

AR-informasjon trenger ikke være bare visuell; det kan være lyd, for eksempel alarmer, og det kan være berøring (*haptic* på engelsk) i en eller annen form, for eksempel vibrasjoner.

AR muliggjør, i likhet med «Virtual Reality» (VR), også bedre og mer effektiv trening.

#### 4.5 Samband og nettverk

Ikke bare situasjonsforståelse, men også god samhandling, krever et velfungerende nettverk, det vil si et nettverk som raskt og sikkert kan overføre nødvendig informasjon [16]. Militært er det her mange og vanskelige utfordringer, da en fiende vil, gjennom elektronisk krigføring (EK) og cyberkrigføring, gjøre sitt ytterste for både å infiltrere dette nettverket og vanskeliggjøre sambandet [17]. Også GNSS<sup>11</sup> kan settes ut av spill. Ulike teknologier kan til en viss grad beskytte nettverket, men man må alltid ha backup-løsninger for å kunne operere, om enn med redusert ytelse, uten GNSS eller et velfungerende nettverk.

To nyvinninger innen kommunikasjonsteknologi er «Software Defined Radio» (SDR) og 5G-nettverk. SDR er, som navnet sier, software-styrt, det vil si at man kan tilpasse bølgeformer og frekvenser fortløpende. Dette gir blant annet dynamisk avveining mellom rekkevidde, datarate og graden av robusthet mot jamming og avlytting. Forsvaret er i ferd med å innføre, blant annet for BMS, en SDR-radio kalt THOR, utviklet av KDA; se Figur 4.3.



Figur 4.3 THOR Tactical SDR (Software Defined Radio). Fra produktark KDA.

5G-nettverk utvikles først og fremst for sivil bruk, men vil ha viktige anvendelser også militært. I tillegg til å gi høyere overføringskapasitet enn tidligere generasjoners mobilteknologi, gir det mulighet for å danne mindre, lokale 5G-nettverk, uavhengig av fast basestasjon, slik at for eksempel mindre militære grupperinger kan kommunisere uavhengig av utenforliggende nettverk. Bruk av denne type teknologi, sammen med satellittkommunikasjon, kan redusere behovet for egne sambandsavdelinger [18]. For øvrig skal også det fremtidige nødnett baseres på 5G, noe som kan gi forbedrede muligheter for samvirke mellom Forsvaret og totalforsvaret i operasjoner. Felles teknologi gjør det også mulig med tverssektorielt samarbeid om sikkerhetsløsninger.

---

<sup>11</sup> GNSS = Global Navigation Satellite Systems, dvs satellittbaserte navigasjonssystemer, som det amerikanske GPS, det europeiske Galileo, det russiske Glonass og det kinesiske BeiDou

---

---

Man må ta det for gitt at i en konfliktsituasjon vil GNSS bli forsøkt jammet [19], og for eksempel Russland har stor kapasitet på dette området. I tillegg til posisjonsangivelse gir GNSS også global tilgang til svært presis tid, og tap av tidsangivelse fra GNSS vil vanskeliggjøre all koordinering som er avhengig av stor presisjon i tid. Det er imidlertid en del grep man kan og bør ta for å håndtere jamme-utfordringen, som for eksempel:

- Benytte multistyringsantenner (CRPA = Controlled Reception Pattern Antenna) for å redusere (nulle ut) forstyrrende jammesignaler ved å dynamisk styre GNSS-antennens antennediagram.
- Militære GNSS-mottakere<sup>12</sup> bør ha multikonstellasjon, det vil si mulighet for mottak av både GPS, det europeiske Galilei, det russiske Glonass og det kinesiske Beidou. I dag kan de bare motta signaler fra GPS.
- Militære GNSS-mottakere skal kunne utnytte de nye krypterte signalene fra GPS (M-code) og Galileo (PRS – Public Regulated Service). I tillegg bør mottakeren kunne utnytte signalene fra flest mulig GNSS (multi-konstellasjon) på flest mulig frekvensbånd (multi-frekvens) for størst mulig robusthet.
- Vi bør ha mottiltak mot fiendtlige jammedroner (skytes ned eller jammes).
- I hvert fall større plattformer/våpensystemer bør ha treghetsnavigasjon (INS) og en god klokkekilde (for eksempel CSAC – Chip-Scale Atomic Clock) som støttesystemer, og det bør være god integrasjon mellom disse.
- Et annet mulig støttesystem er bildebasert eller terrengbasert navigasjon.
- Det bør være redundans i alle ledd der dette er praktisk og økonomisk mulig (gjelder nettverket generelt).

Listen er sikkert ikke fullstendig, men har forhåpentligvis med det viktigste. Noen fundamentale faktorer er i vår favør (gitt at det er vi som blir forsøkt jammet), blant annet må man forholdsvis tett inn på for å jamme 5G-nettet [20], og jamming av GNSS krever (tilnærmet) fri sikt til GNSS-mottaker. Videre gir SDR bedre robusthet mot jamming enn tradisjonelle sambandsradioer siden det er mulig å velge den bølgeformen som er mest egnet for en gitt operasjon. På den annen side utvikler også jammeteknikkene seg, og for eksempel vil fiendtlig bruk av jammedroner kunne representere en stor utfordring.

Her ser vi igjen høk-over-høk-problematikken, og det vil også i fremtiden være særdeles viktig å ha reserveløsninger, slik at plattformer og systemer kan fungere, om enn med redusert ytelse, også når nettet eller GNSS jammes.

---

<sup>12</sup> GNSS = Global Satellite Navigation System, dvs satellittbaserte navigasjonssystem, der GPS er ett system

---

---

## 4.6 Våpenteknologi

### 4.6.1 Hypersoniske missiler

Dette er missiler som flyr med mer enn fem ganger lydens hastighet. Det ligger i sakens natur at dette er trusler det, i hvert fall med dagens teknologi, er vanskelig å forsvare seg mot. Spesielt Russland og Kina satser mye på å utvikle slike våpen. Fordi luften rundt missilet ioniseres ved så store hastigheter, er styring av slike missiler en stor utfordring. Teknologien er fortsatt i sin barndom, og det er for tidlig å si hva slike våpen vil bety for fremtidens krigføring. Russland hevder å ha brukt slike missiler i den pågående krigen i Ukraina, men de har så langt hatt liten betydning for krigsutviklingen. Det er uansett lite sannsynlig at slike våpen vil bli anvendt på stridsteknisk nivå.

### 4.6.2 Langtrekkende, presisjonsstyrt ild (LLPI)

Begrepet «langtrekkende», er ikke entydig, men vi bruker NATO-definisjonene gitt i [21], dvs «Long Range» er 80 km rekkevidde, og «Very Long Range» er 300 km rekkevidde. Det vil si at dette er våpentyper som neppe vil bli benyttet på stridsteknisk nivå. Når vi likevel bruker litt plass på det i denne rapporten, så skyldes det flere forhold:

- Slike våpen påvirker rammebetingelsene for strid på stridsteknisk nivå
- Enheter på stridsteknisk nivå vil kunne fungere som målanvisere for langtrekkende ild
- Avdelinger på stridsteknisk nivå vil under visse forhold kunne få ildstøtte fra slike våpen
- Man må, også på stridsteknisk nivå, kunne beskytte seg mot fiendens langtrekkende ild

Et fremtidig LLPI-system vil i hovedsak stå mellom to hovedalternativer [21] og [22]. Det ene er systemer der prosjektilet følger en nær ballistisk bane, med styringssystem som primært tilfører presisjon i siste del av banen, men også endrer deler av banen for å øke rekkevidden eller få mer optimal endevinkel. Dette gjelder typisk rør- og rakettartilleri. Det andre er systemer som styres i hele sin bane, som kryssermissiler og «rekende» (engelsk: loitering) ammunisjon, f eks stridsdroner. Førstnevnte kategori har den ulempen at så lenge de følger en tilnærmet ballistisk, dvs forutsigbar, bane fra avfiring og opp mot topp-punkt, er de sårbare overfor artillerilokaliseringsradarer og dermed kontrabeskytning. Dette er imidlertid tidsmessig utfordrende på de største avstandene. Sistnevnte, spesielt «rekende» våpen, flyr relativt langsomt og er sårbare av den grunn. På den annen side er banen uforutsigbar.

Selv om det kan være store variasjoner, er lang flyvetid felles for all LLPI, slik at responstiden, om f eks en eskadron har behov for nærstøtte, kan bli for lang, mens støtte i form av forbekjempning og kontrabeskytning kan være aktuelt for de mest responsive systemene. Lang flyvetid kan også gjøre det vanskelig å bekjempe bevegelige landmål, som for eksempel stridsvogner.

På høyere taktisk og operasjonelt nivå og anvendt mot f eks høyverdige, statiske mål og skip, kan derimot LLPI få stor betydning. For en grundigere diskusjon om dette, se [21] og [22].

---

---

Det er miljøer innenfor forsvarssektoren som mener at langtrekkende, presjonsstyrte missiler er en bedre løsning enn balanserte, mekaniserte styrker med stridsvogner som hovedkampsystem. Dette synet har imidlertid ikke vunnet frem i forsvarsplanleggingen.

#### 4.6.3 Directed Energy Weapons (DEW)

DEW er våpen som ødelegger målet med fokusert energi uten bruk av et prosjektil. Typiske energiformer er laser, mikrobølger og partikkelstråler; se for eksempel [23] for oversikt og beskrivelse.

Laservåpen har vært under utvikling i flere ti-år, men fremdeles er de aller fleste slike våpen på eksperimentstadiet. Unntaket er kortholds laservåpen, som for eksempel laser dazzler, brukt av militæret, politi og ordensmakt for å sette personell midlertidig ut av spill ved å blende eller midlertidig blinde dem. Laservåpen designet for å blinde personell permanent er forbudt i henhold til «Protocol on Blinding Laser Weapons», men også bruk av ikke-dødelige laservåpen er kontroversielt pga det ekstreme ubehaget slike våpen forårsaker.

Et laservåpen kan ses på som en kanon der prosjektilet/granaten er erstattet med en høyenergi laserstråle, kraftig nok til å ødelegge målet den treffer [24]. Fordelene er lysets hastighet på «prosjektilet» og rettlinjete bane for laserstrålen; det vil si at for bruk på stridsteknisk eller lavt taktisk nivå, trenger man ikke å kjenne avstand til målet utover det som er nødvendig for fokusering av strålen. En utfordring er å oppnå tilstrekkelig presisjon i å følge målet og å levere strålen på samme sted på målet gjennom engasjementet. På større avstander er det også utfordringer med oppbrytning av strålen som følge av turbulens i atmosfæren. Selv om laservåpen medfører en investering i kostnad og volum, trenger man ikke bringe med seg tonnevis med ammunisjon, og kostnadene for hvert «skudd» vil normalt være vesentlig lavere enn for tradisjonelle kanoner. Imidlertid krever dette store energimengder, slik at laservåpen for bekjempning av større, robuste mål ikke kan befordres av mobile enheter i felt, men kan være aktuelt på for eksempel skip.

Mot mindre og mer sårbare mål, spesielt flygende mål som droner og missiler, kan imidlertid mindre og lettere lasersystemer gi tilstrekkelig effekt. For eksempel integrerer US Army nå en 20 kW laser for dronebekjempelse på et (ombygget) GM infanterikjøretøy [25]. Våpenet skal beskytte «Infantry Brigade Combat Team» mot små droner; se Figur 4.4 fra test gjennomført i Washington DC i april 2019. Samme kontor i US Army forbereder også utplassering av en 50 kW laser for kortholds luftvern på et Stryker-kjøretøy.



Figur 4.4 Drone skutt ned med laser. Fra test i april 2019 [25]

Imidlertid har laservåpen også noen minus-sider. Et vesentlig problem er det som på engelsk kalles «Thermal blooming», det vil si at en del av laserenergien absorberes i luften og forårsaker variasjoner i brytningsindeksen, noe som fører til spredning av laserenergien og dermed mindre effekt i målet. Dette problemet er i hovedsak uløst når det gjelder høy-energi lasere. I tillegg kan tåke, røyk, støv, regn og snø, kort sagt alt av partikler mellom laseren og målet, inklusive det som genereres av aktive mottiltak, redusere effekten av laseren betydelig.

Så for mange formål er det langt frem til effektive og operativt praktiske laservåpen, men spesielt utviklingen av mindre systemer for bekjempelse av droner (og missiler) bør følges nøye.

**Mikrobølgevåpen** benytter seg, som navnet sier, av mikrobølger, det vil si stråling i frekvensområdet 300 MHz til 300 GHz, altså radiofrekvens-området. Ulike systemer for ulike formål er under utvikling. Noen av disse er:

- Områdenektende system (Area Denial System): Millimeter-bølger som forårsaker smerte ved å varme opp menneskehuden. Det kan også ødelegge ubeskyttet elektronikk. Er omdiskutert mtp mulig varige effekter på mennesker.
- Bofors HPM Blackout: Høy-energi mikrobølgevåpen som på korte avstander skal være i stand til å ødelegge «Commercial Off The Shelf» (COTS-)elektronikk.
- Anti-drone rifle: Batteridrevet elektromagnetisk pulsvåpen som opereres som en rifle. Det undertrykker navigasjon og sambandskanaler som benyttes for å operere en drone og skal også kunne forstyrre GPS- eller Glonass-signaler. Rekkevidden skal være opp til 3–4 km. Både Russland og Ukraina skal ha brukt slike våpen i den pågående krigen i Ukraina. Russland skal også ha brukt det i Syria.
- I oktober 2019 ble det i NATO-regi utført tester med blant annet nedskytning av droner med mikrobølgevåpen [26]. Samtlige droner ble skutt ned, men av sikkerhetsmessige grunner var avstanden til dronen begrenset til 300 m.

Det utvikles også mikrobølgevåpen mot missiler, men det er usikkert hvor effektive de kan bli.

---

---

## 4.7 Beskyttelsesteknologier

Beskyttelse har mange aspekter, og det ligger for eksempel beskyttelse i kamuflasje, høy mobilitet og egen ildkraft. Et annet aspekt av beskyttelse er vern mot kjemiske, biologiske og radiologiske stridsmidler. Her skal vi imidlertid fokusere på ballistisk beskyttelse, det vil si evnen til å motstå og overleve direkte angrep fra fienden med eksplosive eller kinetiske våpen.

Stridsvognen er vår best beskyttede plattform og ble utviklet for å kunne motstå, det vil si stoppe, de prosjektiler som ble skutt mot den. Siden har det vært en høk-over-høk-utvikling der nye våpen for bekjempelse av stridsvognen har blitt møtt med bedre/tykkere panser, og omvendt. Etter hvert har denne utviklingen ført til vektproblemer for stridsvognen. Å skulle beskytte seg, ikke bare i front, men hele sirkelen rundt og fra overhøyde, mot de mest potente panserbekjempelsesvåpen, vil føre til en uakseptabel vektøkning. Reaktiv og aktiv tilleggsbeskyttelse, i form av henholdsvis ERA (Explosive Reactive Armour) og APS (Active Protection System) ble derfor utviklet. Disse har det til felles at de kan gi god beskyttelse selv med svært moderat vektøkning. De er beskrevet nærmere i de følgende avsnittene.

### 4.7.1 Explosive Reactive Armour (ERA)

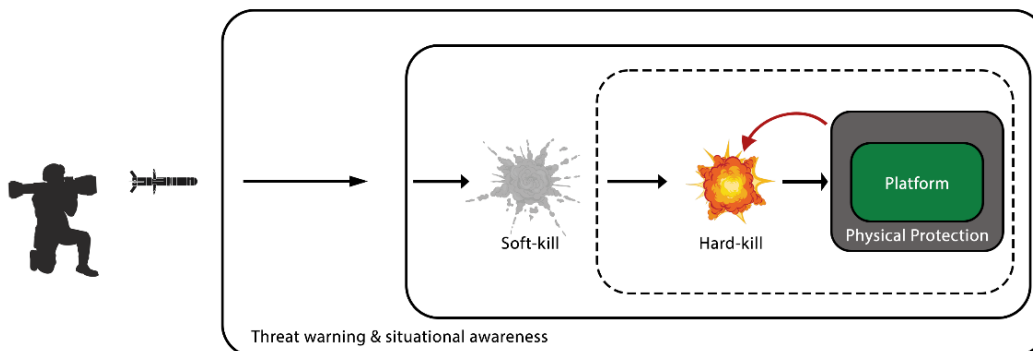
ERA er moduler som festes utenpå kjøretøyets panser [27]. Hver modul består av sprengstoff og en metallplate som skytes mot innkommende trussel når sprengstoffet trigges av jet-en fra hulladningen i et innkommende missil eller granat. Dette reduserer resteffekten av jet-en betydelig.

Den store fordelene med ERA er altså at vektøkningen er svært moderat i forhold til den ekstra beskyttelse mot perforering (og dermed «kill») det gir. En ulempe er at ERA-modulene forbrukes, slik at der en modul har blitt trigget, har det blitt et ballistisk hull (i den forstand at man bare har grunnpansringen igjen). Andre ulemper er at ikke alle deler av stridsvognen kan dekkes effektivt med ERA-moduler, og effekten av ERA-modulen avhenger av hvor på modulen missilet/granaten treffer. Ut mot kantene blir effekten dårligere. ERA-moduler har også begrenset effekt mot kinetisk energi- (KE-)prosjektiler, som typisk skytes fra stridsvognkanon. Videre er missiler med tandemladninger utviklet for å håndtere ERA; en liten ryddeladning setter av, og dermed fjerner, ERA-modulen, slik at hovedladningen har fri bane. Så selv om ERA kan gi god beskyttelse sett opp mot vektøkningen, har teknikken noen klare begrensninger.

### 4.7.2 Active Protection Systems (APS)

APS er systemer som påmontert eller integrert i kjøretøy detekterer og gjenkjenner en trussel og aktiverer et motmiddel som enten ødelegger/degraderer trusselen (hard-kill) eller narrer/jammer den (soft-kill); se Figur 4.5 [28]. Vektbegrensning gjør at det ofte ikke er mulig å gi militære kjøretøy god nok beskyttelse ved kun passiv pansring. APS er sannsynligvis det beste svaret på dette problemet, da vektøkningen med APS er liten sammenlignet med vekten av passiv pansring for å oppnå samme beskyttelse.





Figur 4.5 APS (soft-kill eller hard-kill) som del av lagdelt beskyttelse. Kilde: DSTL [28]

For å bekjempe et innkommende panserbekjempelsesvåpen (PB-våpen), må ethvert APS gjennomføre følgende sekvens av handlinger [29]:

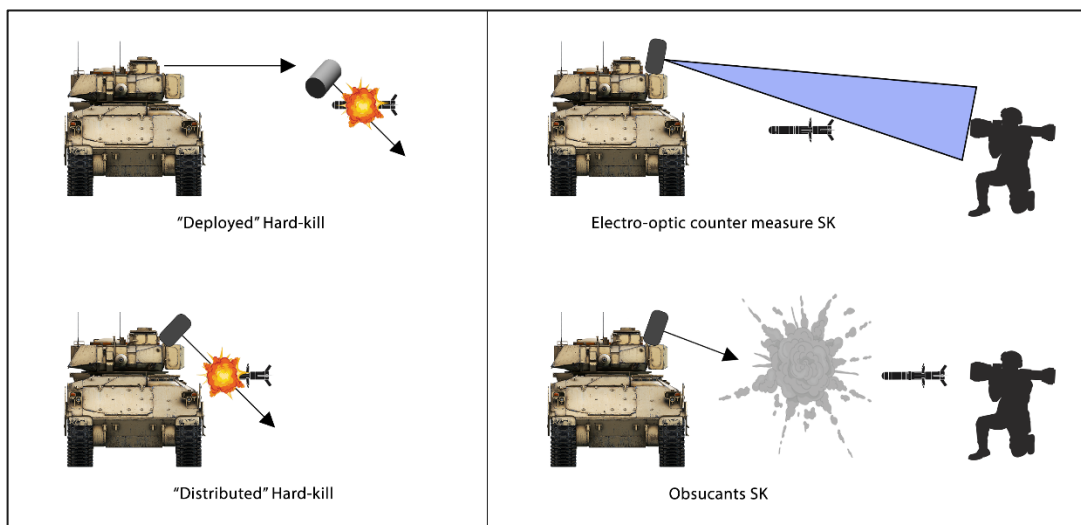
1. Detektere og klassifisere innkommende objekt (potensiell trussel)
2. Følge trussel og beregne koordinater for avskjæring med virkningsmekanisme
3. Foreta kontrollert triggering av motmiddel/virkningsmekanisme<sup>13</sup>

Dette må skje svært hurtig og følgelig fullt automatisk. For å gjøre dette, må ethvert APS bestå av tre hovedkomponenter:

1. **Sensorsystem:** Detekterer, klassifiserer og følger innkommende trussel
2. **Logikk/prosessor:** Beregner posisjon, bevegelse og avskjæringspunkt. Kontrollerer virkningsmekanismen
3. **Virkningsdel:** Motmiddelet som settes inn mot innkommende trussel

Det finnes svært ulike APS-løsninger, der hovedinndelingen går mellom hard-kill og soft-kill, og innenfor hard-kill er det igjen to hovedvarianter, modulære systemer (moduler med innebygget virkningsmiddel påmontert kjøretøyet) og launcher-baserte, det vil si en granat avfyres mot innkommende trussel. Se Figur 4.6 [28].

<sup>13</sup> For modulære systemer innebærer det også å velge *hvilken* virkningsmodul som skal trigges



Figur 4.6 Illustrasjon av ulike APS-kategorier. Kilde: DSTL [28]

Soft-kill, der motmiddelet kan være for eksempel røyk, vanndamp eller elektroniske motmidler, krever deteksjon og reaksjon på stor avstand, slik at trusselen «rekker» å bomme på målet. Hard-kill-systemer kan virke mot trusler på mye kortere avstand, og spesielt modulære systemer kan ha svært kort reaksjonstid og dermed minsteavstand, noe som er en stor fordel ved for eksempel strid i bebygde områder, der skuddavstander kan være svært korte.

Flere land er i ferd med å implementere APS på sine kjøretøy, spesielt på stridsvogner og stormpanservogner. Disse systemene har vist svært god effekt mot hulladningsvåpen, men effekten mot kinetisk energi- (KE)-våpen har så langt vært forholdsvis begrenset. Imidlertid er systemer som skal være effektive også mot KE-prosjektiler, under utvikling, og det er grunn til å tro at disse vil være i operativ bruk innenfor den tidshorizonten vi opererer med i denne rapporten.

En annen gevinst ved APS er at presis sensorinformasjon om innkommende trusler kan legges inn i våre beslutningsstøtte- og ildledningssystemer (f eks BMS og CMS) for å få et bedre situasjonsbilde og for å kunne gi effektiv mot-ild raskt. Sist, men ikke minst, vil APS kunne gi operative fordeler, der stridsteknikk og -prosedyrer kan endres i retning av mer offensiv adferd på stridsfeltet og dermed tempo i operasjonene. Dette kan ha direkte implikasjoner for fremtidens operasjonsmønster.

#### 4.8 Om utnyttelse av ny teknologi

Teknologiene som er omtalt i det foregående, utgjør på ingen måte en fullstendig liste, men forhåpentligvis er de mest sentrale premissgiverne for utforming av fremtidens operasjonsmønstre kommet med. Oppsummert kan man vel si at det er bedre samhandling i nettverk, automatisering/ autonomisering, mulighet for ødeleggelse på avstand, bedre beskyttelse og bedre situasjonsforståelse som er de viktigste premisene for utvikling av fremtidens operasjonsmønstre. Men man må huske på at fienden vil nyte godt av den samme teknologiske utviklingen

---

---

og utnytte ny teknologi for hva den er verdt for å gjøre oppgaven vanskelig for oss. Derfor representerer dette ikke bare nye muligheter, men også nye utfordringer. Om vi totalt sett blir bedre eller dårligere stilt overfor en fremtidig motstander, er avhengig av hvem som er flinkest og raskest til å implementere og utnytte ny teknologi.

---

---

## 5 Oppsummering

Ny teknologi vil påvirke Forsvarets organisering og fremtidige operasjonsmønstre, men i hvilken grad og på hvilken måte? Det er selvfølgelig ikke enkle svar på disse spørsmålene, men vi minner igjen om at man ikke må låse seg for mye til tradisjoner og gammel tenkemåte, men prøve å se og utnytte de nye mulighetene nye og kommende teknologier kan gi, gitt de sikkerhetspolitiske og militære utfordringer man kan forvente å stå overfor. Det kan jo også være at den måten vi gjør tingene på i dag, med dagens teknologi og i dagens situasjon, ikke har tatt tilstrekkelig hensyn til de endringer i trusselbildet vi har hatt de senere årene.

Vi har fremhevet at samhandling mellom enkeltenheter/-plattformer og samvirke mellom avdelinger på samme eller andre operative nivåer, er helt sentralt. To teknologifaktorer som muliggjør slikt samvirke, er nettverks-/kommunikasjonsteknologi og ubemannede plattformer/autonomi. Disse og andre nøkkelteknologier må implementeres og utnyttes på best mulig måte. Det som er helt sikkert, er at en potensiell motstander vil søke å utnytte de mulighetene slik teknologi gir, og vi må forsøke å ligge i forkant. Det er ingen enkel fasit på hvordan dette skal gjøres med tanke på organisering av avdelinger og fremtidige operasjonsmønstre, men vi skal i det videre arbeidet, med utgangspunkt i blant annet innholdet i denne rapporten, forsøke å utarbeide noen mer konkrete retningslinjer og anbefalinger for hvilken vei man bør gå.

---

---

## Referanser

- [1] Morgendagens hær – Konsept for utvikling av Hæren, Forsvaret, februar 2021
- [2] Prosjektavtale FFI-prosjekt 1476, Områdek kontroll
- [3] Prosjektavtale FFI-prosjekt 1612, Fjernopererte sensorer for Landstrid (FjernSyn)
- [4] US Army: Combat Vehicle Modernization Strategy. 2016
- [5] The Army's Next Generation Combat Vehicle (NGCV): Background and Issues for Congress  
(<https://crsreports.congress.gov/search/#/?termsToSearch=NGCV&orderBy=Relevance>)
- [6] UK MoD: British Army Approach to Robotics and Autonomous Systems (RAS) – Generating Human-Machine Teams, 2020
- [7] (UK) Army Doctrine Publication: Army Doctrine Primer, May 2011
- [8] Bruvoll S et al: Autonome systemer – En populærvitenskapelig oppsummering, FFI-rapport 19/01876, 2019. Ugradert
- [9] Mathiassen K et al: LandX20 Experiment Report, FFI-Rapport 22/00275, mars 2022. Unntatt offentlighet.
- [10] Østevold E et al: Antidronesystem – CUAS – basert på RWS – Hovedrapport for FFI-prosjekt 1494. FFI-rapport 20/01020, Kjeller 2020. Unntatt Offentlighet.
- [11] Nummedal O R: Design and evaluation of a Lift-Augmented Quadcopter. Masteroppgave ved Universitetet I Oslo, 2022.
- [12] Østevold E: UGV for Landmakten – Operative behov og teknologigap. FFI-rapport 18/01657. Kjeller 2018. Begrenset
- [13] Mathiassen K et al: Base Defence Demoinstration at Trident Juncture 2018, Tact Unmanned Systems for Base and Force Protection. FFI-rapport 19/00807. Kjeller 2019. Ugradert
- [14] Dyrdal I: Anbefalinger for anskaffelsesprosjekt 5834 – Sensormateriell. FFI-rapport 12/00073. Kjeller 2012. Begrenset.
- [15] Augmented Reality for Improved Situational Awareness and Survivability of Combat Vehicles – Final Report of AVT-290. STO Technical Report – TR-AVT-290 – AC/323(AVT-290)TP/1024. NATO Unclassified. Nov 2021.
- [16] Libæk B, Larsen E: FFI-prosjekt Taktisk mobil kommunikasjon I Forsvaret – Problemstillinger og resultater. FFI-rapport 19/01583. Kjeller 2019. Unntatt offentlighet.
- [17] Bentstuen O I, Farsund B H: Sikringsrisikoanalyse av Forsvarets kommunikasjonsinfrastruktur – Metode og resultater. FFI-rapport 20/00864. Kjeller 2020. Konfidensielt.
- [18] Forsvarsanalysen 2022, s 56
- [19] Rødningsby A et al: Evaluering av interferens på GNSS-signaler V. FFI-rapport 19/01542. Kjeller 2019. Begrenset.
- [20] Hafnor H et al: 5G sikkerhet – En litteraturstudie. FFI-rapport 22/01982. Kjeller 2022. Konfidensielt.

- 
- 
- [21] Thorsen T: Landbasert langtrekkende presisjonsild. Masteroppgave ved Forsvarets Høgskole, våren 2021
- [22] Fauli R et al: Støtte til konseptvalutredning for langtrekkende presisjonsvåpen for Hæren, FFI-rapport 22/00675, Kjeller 2019. Begrenset.
- [23] Temahefte 7, Elektromagnetiske våpen – Håndbok I våpenvirkninger, Forsvarsbygg og Forsvarets forskningsinstitutt, Kjeller 2019.
- [24] Lippert E: Laservåpen – analyse av utvalgte anvendelser, FFI-rapport 221/02754, Kjeller 2022. Ugradert.
- [25] Judson J: This Infantry Squad Vehicle is Getting a Laser to Destroy Drones. Defence News, Space and Missile Defence, August 2022
- [26] STO Technical Report, PUB REF NBR (E.G. STO-TR-ISTR-999) - STO SCI-294 TG Demonstration of Radio Frequency Directed Energy Weapons against Vehicles, Vessels and UAVs, October 2019
- [27] Skjold A et al: Explosivt reaktivt panser. FFI-rapport 16/01124. Kjeller 2016. Konfidensielt.
- [28] W. Hooper (2017): Active Integrated Protection Systems, DSTL/PUB96888
- [29] Skjold A, Østevold E: Aktive beskyttelsessystemer – En vurdering av eksisterende og kommende systemer. FFI-rapport 08/01460. Kjeller 2008. Begrenset.

## Om FFI

Forsvarets forskningsinstitutt ble etablert 11. april 1946. Instituttet er organisert som et forvaltningsorgan, med særskilte fullmakter underlagt Forsvarsdepartementet.

## FFIs formål

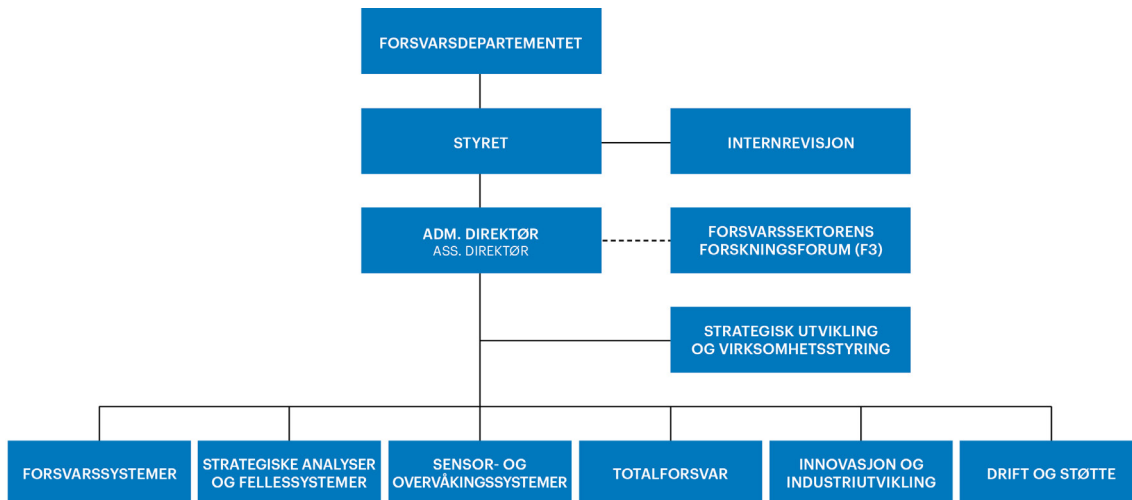
Forsvarets forskningsinstitutt er Forsvarets sentrale forskningsinstitusjon og har som formål å drive forskning og utvikling for Forsvarets behov. Videre er FFI rådgiver overfor Forsvarets strategiske ledelse. Spesielt skal instituttet følge opp trekk ved vitenskapelig og militærteknisk utvikling som kan påvirke forutsetningene for sikkerhetspolitikken eller forsvarsplanleggingen.

## FFIs visjon

FFI gjør kunnskap og ideer til et effektivt forsvar.

## FFIs verdier

Skapende, drivende, vidsynt og ansvarlig.



Forsvarets forskningsinstitutt (FFI)  
Postboks 25  
2027 Kjeller

Besøksadresse:  
Kjeller: Instituttveien 20, Kjeller  
Horten: Nedre vei 16, Karljohansvern, Horten

Telefon: 91 50 30 03  
E-post: [post@ffi.no](mailto:post@ffi.no)  
[ffi.no](http://ffi.no)

Norwegian Defence Research Establishment (FFI)  
PO box 25  
NO-2027 Kjeller  
NORWAY

Visitor address:  
Kjeller: Instituttveien 20, Kjeller  
Horten: Nedre vei 16, Karljohansvern, Horten

Telephone: +47 91 50 30 03  
E-mail: [post@ffi.no](mailto:post@ffi.no)  
[ffi.no/en](http://ffi.no/en)