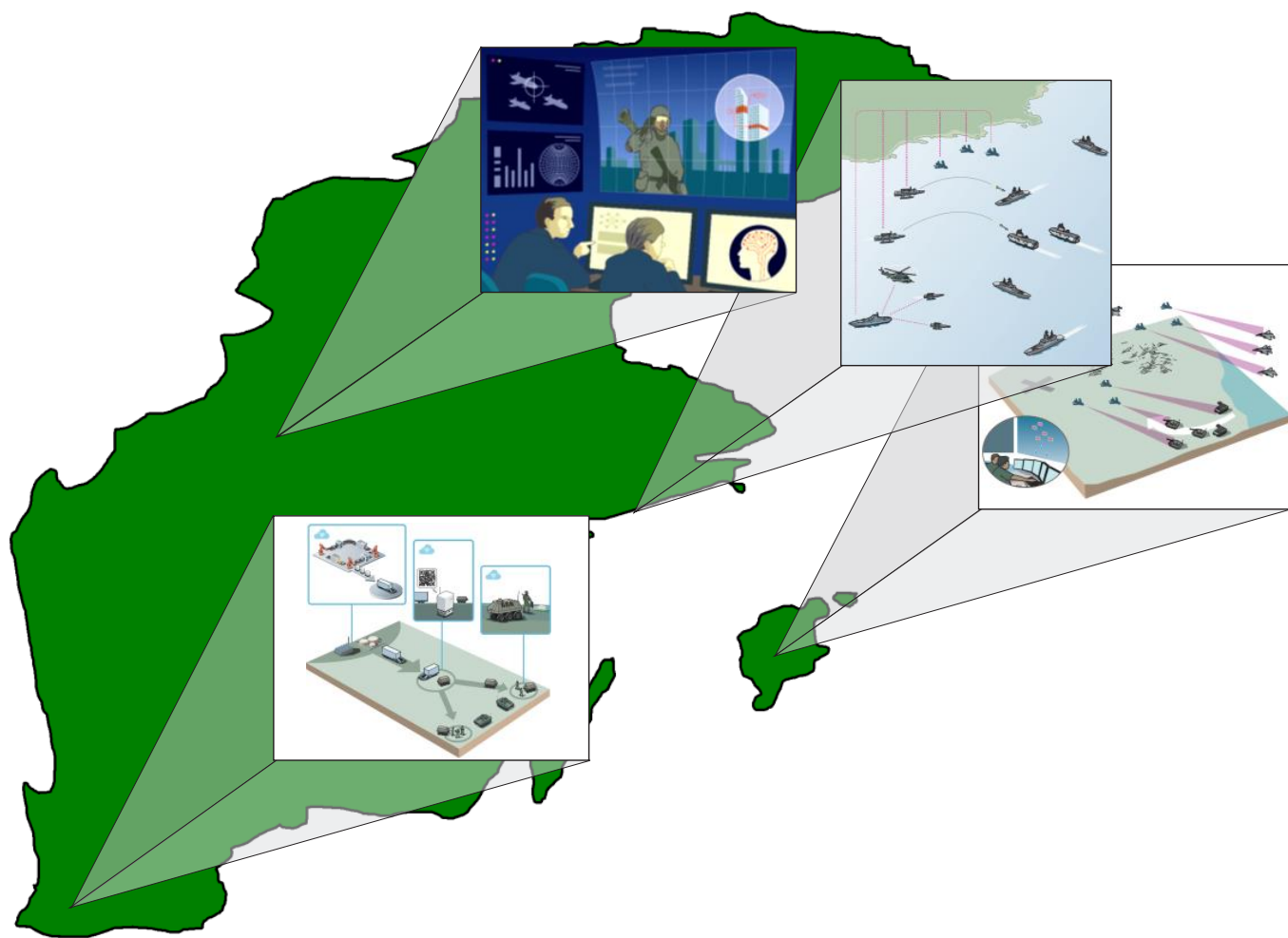


PETER SVENMARCK, KRISTOFER BENGTTSSON



Peter Svenmarck, Kristofer Bengtsson

Förmågor hos framtidens intelligenta enheter

Nya förutsättningar för ledning

Titel	Förmågor hos framtidens intelligenta enheter
Title	Capabilities of future intelligent units
Rapportnr/Report no	FOI-R--4665--SE
Månad/Month	December
Utgivningsår/Year	2018
Sidor/Pages	39 p
Kund/Customer	Försvarsmakten
Forskningsområde	12. Övrigt
FoT-område	Ledning och MSI
Projektnr/Project no	E72725
Godkänd av/Approved by	Christian Jönsson
Ansvarig avdelning	Ledningssystem
Exportkontroll	Innehållet är granskat och omfattar ingen information som är underställd exportkontrollagstiftningen.

Detta verk är skyddat enligt lagen (1960:729) om upphovsrätt till litterära och konstnärliga verk, vilket bl.a. innebär att citering är tillåten i enlighet med vad som anges i 22 § i nämnd lag. För att använda verket på ett sätt som inte medges direkt av svensk lag krävs särskild överenskommelse.

This work is protected by the Swedish Act on Copyright in Literary and Artistic Works (1960:729). Citation is permitted in accordance with article 22 in said act. Any form of use that goes beyond what is permitted by Swedish copyright law, requires the written permission of FOI.

Sammanfattning

Utvecklingen av informations- och kommunikationsteknik, farkoster, sensorer och verkanssystem kommer inom tidsperspektivet 2030-2035 möjliggöra allt snabbare stridsförlopp med ökad samverkan mellan enheter. Enheterna kan både vara bemannade eller obemannade samt fysiska farkoster eller avancerade programvarufunktioner. Dessa kan vid behov flexibelt kombineras för att i samverkan lösa uppgifter. För att hantera högre tidskrav och starkare beroenden krävs att enheterna är intelligenta och självständigt kan anpassa sitt beteende beroende på situationen.

Eftersom den framtida striden genomförs med allt fler typer av intelligenta och samverkande enheter ökar stridens komplexitet för ledningssystemet. För att studera hur ledningssystemet ska hantera komplexiteten och integrera intelligenta enheter genomförs projektet Ledning av Autonoma och Sammansatta System med Intelligenta Enheter (LASSIE). Målet med denna rapport är att beskriva exempel på förmågor hos framtida intelligenta enheter och deras påverkan på den framtida ledningsförmågan.

Rapporten visar att intelligenta enheter kan öka den militära effekten i form av bättre lägesbild, uthållighet, driftsekonomi, robusthet, redundans, effektivitet och flexibilitet. Andra effekter är lägre risk för personalen, ökad möjlighet till dolt uppträdande, högre risktagande, mer agilt beteende och mer effekt med fler resurser. Majoriteten av förmågorna används uteslutande på taktisk eller stridsteknisk nivå. Dessa enheter behöver hög analysförmåga eftersom stridande förband har små resurser att avsätta för ledning. Ledning av intelligenta enheter på strategisk och operativ nivå handlar i stor uträkning om fördelning av resurser för att skapa sammansatta system av bemannade och obemannade enheter. Frågeställningar som kommer att studeras inom fortsättningen av LASSIE är bland annat: Vilka begränsningar och möjligheter finns det med sammansatta system av intelligenta enheter? Vilken beslutsrätt ska intelligenta enheter ha inom bland annat spaning och verkan? Hur påverkar intelligenta enheter militär strategi och doktrin?

Nyckelord: autonomi, obemannade system, intelligenta enheter, ledning, kognitiva system, strid med system i samverkan

Summary

The development of information and communication technology, platforms, sensors and weapon systems enable much faster combat pace with cooperating units in the perspective 2030-2035. These units may be manned or unmanned and physical platforms or advanced software functions, which can be flexibly combined to cooperatively achieve mission objectives. To handle faster combat pace and more extensive dependencies, the units need to be intelligent with an ability to adapt their behaviour to the situation.

Since future combat will be performed with an increasing number of different types of intelligent and cooperating units, the complexity of combat increases for the command and control system. The project Command and Control of Joint Autonomous Intelligent Units is therefore performed to study how the command and control system should manage and integrate the complexity of intelligent units. The purpose of this report is to describe examples of abilities for intelligent units and their effect on future command and control.

The report shows that intelligent units increase the military effect in terms of better situation awareness, endurance, robustness, redundancy, efficiency, and flexibility. Other effects are lower risk for military personnel, better possibility of covert operation, higher risk taking, more agile responses, and increased effect with more resources. The majority of abilities are used on the tactical and combat level. These units need a high analytic ability since combat units only have limited resources for command and control. Command control on the strategic and operational level mostly concern distribution of resources for cooperative systems of manned and unmanned units. Some examples of issues that future studies will address are: What limitations and possibilities are there with cooperative systems of intelligent units? What decision rights should intelligent units have in reconnaissance and employment of weapons? How does intelligent units affect military strategy and doctrine?

Keywords: autonomy, unmanned systems, intelligent units, cognitive systems, command and control, cognitive systems, cooperative engagement capability

Innehållsförteckning

1	Inledning	7
1.1	Mål och syfte	7
1.2	Metod	8
1.3	Disposition.....	8
2	Den framtida stridsmiljön	9
3	Obemannade enheter i Försvarsmaktens perspektivstudie	10
4	Generella förmågor för intelligenta enheter	11
4.1	Verkan.....	11
4.2	Underrättelser och information.....	11
4.3	Rörlighet.....	11
4.4	Ledning	11
4.5	Uthållighet	12
4.6	Skydd	12
5	Förmågebeskrivning	13
5.1	Intelligenta flygenheter	13
5.1.1	Komplexiteten i flygstrid	14
5.1.2	Intelligent territorialövervakning	14
5.1.3	Intelligent spaning med samverkande enheter	15
5.1.4	Intelligent flygstrid med samverkande enheter	15
5.1.5	Intelligenta svärmar.....	16
5.2	Intelligenta marina enheter	16
5.2.1	Komplexiteten i marin strid.....	17
5.2.2	Intelligenta spaningssensorer i sensorkedjor.....	18
5.2.3	Intelligenta flygenheter i den marina striden	18
5.2.4	Intelligenta ytenheter.....	19
5.2.5	Intelligenta undervattensenheter	19
5.2.6	Samverkande enheter för marin strid	20
5.3	Intelligenta markenheter	21
5.3.1	Komplexiteten i markstrid.....	21
5.3.2	Intelligent taktisk och stridsteknisk spaning	22
5.3.3	Intelligent logistik.....	22
5.3.4	Intelligenta stridsfordon.....	24
5.4	Avancerade programvarufunktioner.....	24
5.4.1	Kognitiv radio	24
5.4.2	Kognitiv radar	25
5.4.3	Artificiell intelligens för militär ledning	26
6	Utmaningar för ledning av intelligenta enheter	27

7	Alternativa utvecklingstrender för intelligenta enheter	30
7.1	Stora genombrott och genomgående satsningar.....	30
7.2	Viss satsning	30
7.3	Ingen utveckling	31
8	Diskussion	32
9	Slutsatser	33
	Referenser	35
	Appendix A. Definitioner av begrepp	39

1 Inledning

Utvecklingen av informations- och kommunikationsteknik, farkoster, sensorer och verkanssystem kommer inom tidsperspektivet 2030-2035 möjliggöra allt snabbare stridsförlopp med ökad samverkan mellan enheter. Enheterna kan både var bemannade eller obemannade samt fysiska farkoster eller avancerade programvarufunktioner. Dessa kan vid behov flexibelt kombineras i sammansatta system som tillsammans utför en uppgift.

För att hantera högre tidskrav och starkare beroenden krävs att enheterna är intelligenta och självständigt kan anpassa sitt beteende beroende på situationen. Utvecklingen av intelligenta enheter bedrivs bland annat i form av så kallade kognitiva system (Johansson m.fl., 2015) och autonoma system (DSB, 2012). Framtida intelligenta enheter i form av obemannade autonoma enheter är direkt utformade för hög anpassningsförmåga i sammansatta system. Dessa enheter styrs på en övergripande nivå av operatörer på andra bemannade enheter eller i ledningscentraler. Vidare utförs ledning av intelligenta enheter inom ramen för befintligt ledningssystem. I den framtida stridsmiljön är det avgörande att kunna hantera förmågorna för de egna intelligenta enheterna samtidigt som förmågorna för motståndarens enheter motverkas (Kott, Alberts, & Wang, 2015). För dessa och andra i rapporten vanliga förekommande begrepp, se Appendix A.

Eftersom den framtida striden genomförs med allt fler typer av intelligenta och samverkande enheter ökar stridens komplexitet för ledningssystemet. För att studera hur ledningssystemet ska hantera och integrera komplexiteten med intelligenta enheter genomförs projektet *Ledning av Autonoma och Sammansatta System med Intelligenta Enheter (LASSIE)*. För att beskriva förmågorna för intelligenta enheter på ett enhetligt sätt användes resultaten från det tidigare projektet *Ledning Av Sammansatta System med Autonoma förmågor (LASSA)* (Woltjer, Bergfeldt, Svenmarck, Nilsson, & Johansson, 2016). I LASSA genomfördes omfattande intervjuer med stabs- och utvecklingsofficerare om hur militär ledning förväntas påverkas av autonoma enheter.

Resultaten av LASSA visar att sammansatta system med autonoma enheter förväntas användas i en komplex stridsmiljö med snabba stridsförlopp och svårhanterade hot som förutsätter samverkan. De autonoma enheterna bidrar till att hantera den komplexa stridsmiljön genom en ökad effekt i form av att till exempel agera snabbare, ha högre risktolerans samt vara mer kostnadseffektiva. Användningen av allt fler typer av autonoma enheter och beroenden i sammansatta system gör att ledningen för att inrikta och samordna alla enheter och system blir mer komplex. Dessutom kan flera ledningsnivåer ha behov av samma autonoma enheter för till exempel spaning och underrättelseinhämtning, vilket gör att behoven behöver samordnas. Slutligen hade officerarna en otydlig bild av de autonoma enheternas funktion i form av faktisk förmåga och egenskaper eftersom den här typen av enheter ännu inte används inom Försvarmakten.

De förväntade användningsområdena och utmaningarna i LASSA användes som utgångspunkter för att beskriva förmågor som förmodligen kommer att vara vanligt förekommande på stridsfältet 2035. Ledningsperspektivet på förmågorna ger en bild av kommande utmaningar för Försvarmakten.

1.1 Mål och syfte

Målet med denna rapport är att beskriva exempel på förmågor hos framtida intelligenta enheter och deras påverkan på den framtida ledningsförmågan. Förmågebeskrivningen kommer att användas som en grund för kommande empiriska studier i LASSIE. Rapporten bidrar även till diskussionen om nyttjande, utveckling och ledning av obemannade autonoma enheter samt strid med system i samverkan.

1.2 Metod

Förmågebeskrivningen är en deskriptivt analyserande översiktsstudie som ger en exposé över möjliga framtida intelligenta enheter och deras påverkan på den framtida ledningsförmågan. Generella förmågor för intelligenta enheter beskrivs utifrån Försvarens sex grundläggande förmågor. De grundläggande förmågorna är *verkan, underrättelser/information, rörlighet, ledning, uthållighet* och *skydd* (Försvarens, 2016a). Ledning beskriver förmågan att inrikta och samordna militära förband och funktioner. Verkan, rörlighet och skydd beskriver grundläggande förmågor för strid. Underrättelser och uthållighet är förmågor som ger förutsättningar för att kunna strida. Förmågorna ska inte enbart ses som enskilda förmågor eftersom samverkan mellan förmågorna ger en högre kombinerad effekt.

Den detaljerade förmågebeskrivningen för intelligenta enheter baseras på resultaten från LASSA-projektet (Woltjer m.fl., 2016). Resultaten visar att förmågor för intelligenta enheter kan beskrivas enligt:

1. komplexiteten hos stridsmiljön som enheterna är avsedda för
2. hur enheterna ökar effekten
3. enheternas funktionalitet
4. hur ledningssystemet samordnar enheterna
5. vilka ledningsnivåer som har behov av enheterna.

Förmågorna beskrivs separat för flyg-, marin- och markstridskrafter samt avancerade programvarufunktioner. Vanliga militärteoretiska resonemang tillämpas utifrån den framtida stridsmiljön. Underlagen för förmågebeskrivningen är bland annat befintliga rapporter om kognitiva system (Johansson m.fl., 2015), autonoma system (DSB, 2012) samt publicerad målbild för obemannade enheter enligt Försvarens struktur 2035 (Försvarens, 2018). Därutöver används även information från öppna källor som beskriver utvecklingen i omvärlden som till exempel FMV Teknisk Und (FMV, 2017b).

1.3 Disposition

Kapitel 2 beskriver den förväntade framtida stridsmiljön där intelligenta enheter kommer att agera. Kapitel 3 beskriver Försvarens syn på intelligenta enheter enligt Försvarens perspektivstudie för 2016-2018 utifrån förväntad utformning av stridskrafterna 2035. Dessa två kapitel tjänar som bakgrund och inringning av förmågebeskrivningen. Kapitel 4 beskriver generella förmågor för intelligenta enheter utifrån Försvarens sex grundläggande förmågor. Kapitel 5 beskriver förmågor för intelligenta enheter utifrån hur de bidrar till Försvarens stridskrafter. Därefter beskriver kapitel 6 principer för ledning av intelligenta enheter som sammanfattning av vad enheternas förmågor innebär för militär ledning. Kapitel 7 beskriver möjliga generella utvecklingstrender för intelligenta enheter i form av möjliga genombrott, evolutionär utveckling eller ingen utveckling jämför med dagens system. Rapporten avslutas med sammanfattande diskussion och slutsatser i kapitel 8 respektive 9. Appendix A beskriver definitioner av vanligt förekommande begrepp.

2 Den framtida stridsmiljön

De senaste åren har utvecklingen av obemannade autonoma enheter ökat markant. Det har gjorts stora framsteg både för civila och militära ändamål. Inom försvarsområdet möjliggör denna teknikutveckling allt snabbare stridsförlopp med anpassningsbara och samverkande enheter. Till exempel kan svensk fjärrstridsförmåga inkludera autonoma eller delvis autonoma enheter som styrs från bemannade konventionella enheter såsom helikopter, stridsflyg och fartyg (jfr. Pomerleau, 2015, 2 december). Obemannade autonoma enheter är även möjliga i svenska sensorkedjor för att bidra till upprätthållandet av sjö- och luftlägesbilden (Lennartsson, 2014). Förutsättningen är att det går att minimera störhotet mot kommunikations- och positioneringssystem.

Utöver risken för störning kommer även hoten att vara mer utmanande i den framtida stridsmiljön. Den förväntade fortsatta utvecklingen av artificiell intelligens (AI) kommer att medföra ett ökat antal kommersiella produkter som baseras på AI. Detta ökar risken för att tekniken används för asymmetrisk krigföring, liksom för utförandet av terrorattentat (Rudischhauser, 2017). Flera typer av motståndare kommer att ha tillgång till intelligenta enheter. Dessutom kommer framtida konflikter inte nödvändigtvis att övergå i mellanstatligt krig eller ha direkt identifierbara angripare utan utspelas i en så kallad gråzon (Jonson, 2018). För att hantera dessa konflikter krävs bra underrättelseanalys och hög anpassningsförmåga.

Slutligen spänner den ökade komplexiteten inte bara över de rent tekniska förutsättningarna utan påverkar även sättet att leda striden genom kortare tidsramar och mer detaljrika beslutsunderlag. Allt mer komplexa system, svårhanterade hot och försvårade förutsättningar för ledning ökar behovet av stödsystem som ger militära chefer en överskådlig lägesbild.

3 Obemannade enheter i Försvarmaktens perspektivstudie

Försvarmaktens perspektivstudie 2016-2018 beskriver hur framtida konflikter kan omfatta påverkan i gråzon, angrepp mot Sverige och regionala maktambitioner (Försvarmakten, 2018). Det militärstrategiska koncept som perspektivstudien presenterar utgör grunden för Försvarmaktsstruktur 2035 (FMS 35). I FMS 35 är obemannade och autonoma enheter viktiga för att bland annat öka lägesuppfattningen och möjligheten till strid med system i samverkan (Berglund m.fl., 2015). Några av Försvarmaktens förslag och inriktningar för obemannade och autonoma enheter i FMS 35 är:

- Förstärkt och breddad UAV-förmåga (eng. Unmanned Aerial Vehicle) samt förstärkt och breddad förmåga till målutpekning för markstridskrafterna.
- Utökad antal autonoma och fjärrstyrda enheter samt förstärkt undervattensförmåga för marinstridskrafterna.
- En UAV-division för övervakning och målangivning, anskaffning av HALE/MALE (eng. High-Altitude/Medium-Altitude Long-Endurance) samt förstärkt stridsledning och luftbevakning för flygstridskrafterna.
- Obemannade enheter för främre logistik för logistikförbanden.
- Ny materiel för bevakning, spaning och eldledning för hemvärnet, vilket kan omfatta obemannade enheter.

Försvarmaktens perspektivstudie 2016-2018 beskriver även spelkort för framtida förband och system som sammanfattar övergripande information och teknisk prestanda för systemen. Spelkortet används för att analysera framtida förmågor. Spelkortet beskriver följande obemannade och autonoma enheter:

- obemannad höghöjdsplattform (HALE UAS) (eng. Unmanned Aerial System)
- obemannad sjöminröjning (AUV MCM) (eng. Autonomous Underwater Vehicle) (eng. Mine Countermeasures)
- autonoma ytenheter med vapenstation.

Angående sensorsystem beskriver Försvarmaktens perspektivstudie 2016-2018 hur kvaliteten på sensordata blir allt bättre, vilket gör att kvaliteten på efterföljande signalbehandling kan förbättras. Den bättre kvaliteten gör att ökad automation kan användas för sensoruppgifterna måldetektion, måligenkänning och målföljning. Mer autonoma sensorfunktioner ökar möjligheten till användning i autonoma enheter och markbundna sensornätverk. Vidare gör miniatyriseringen av de flesta sensortyper att de kan användas även på mindre obemannade enheter. Framskjutna sensorer ger förbanden en bättre taktiskt lägesbild, vilket drastiskt minskar tiden från upptäckt till bekämpning. Den förbättrade lägesbilden ger ett högre stridstempo och förändrar förbandens uppträdande. Förmågan att samverka med framskjutna enheter behöver utvecklas för att utnyttja deras fördelar. Dessutom ökar sensorintegrationen och egenskyddet för UAV:er.

Försvarmaktens perspektivstudie 2016-2018 identifierar även problematiken med att obemannade autonoma enheter beslutar om vapeninsatser. Att enheterna går från att utföra identifiering och målföljning till att besluta om vapeninsatser är problematiskt både etiskt och juridiskt. Till exempel Wagner (2016) beskriver hur högt automatiserade verkanssystem är utmanande ur folkrättssynpunkt och andra juridiska aspekter. Försvarmakten låter dessa punkter kvarstå som just utmaningar, men diskuterar även konsekvenser av kunskapsspridning om nyttjandet av sådan teknik hos andra aktörer.

4 Generella förmågor för intelligenta enheter

Utvecklingen av obemannade autonoma enheter pågår inom samtliga militära arenor för krigföring i en ökande omfattning. Typiska uppdrag för obemannade enheter kan vara sådant som är svårt att göra, kräver lång uthållighet eller är för farligt för bemannade enheter. Möjliga uppdrag kan även vara övervakning, underrättelseinhämtning, kommunikation och logistik. För att ge en bättre överblick av utvecklingen mot intelligenta enheter beskriver det här kapitlet deras förmåga utifrån Försvarmaktens sex grundläggande förmågor som är *verkan*, *underrättelser/information*, *rörlighet*, *ledning*, *uthållighet* och *skydd* (Försvarmakten, 2016).

4.1 Verkan

Verkan innebär förmågan att bekämpa eller på annat sätt påverka motståndaren. Med verkan avses i detta sammanhang förmågan att slå mot motståndarens olika förmågor, förband, basområden, med mera. Verkan kan vara offensiv eller defensiv. Verkan möjliggör eller förstärker andra grundläggande förmågor som skydd och rörlighet. 2035 har förmodligen den pågående diskussionen om högt automatiserade verkanssystem kommit så långt att det finns någon form av accepterad reglering för hur dessa system kan användas.

4.2 Underrättelser och information

Underrättelser och information innebär förmågan att samla in, analysera och sammanställa information. Framskjutna högt automatiserade spaningssensorer, såväl rörliga som fasta, kommer troligen att utgöra tydliga framtida förmågeförstärkningar för bland annat måldetektion, måligenkänning och målföljning. Förbättrad underrättelseförmåga ger ökade möjligheter att verka, särskilt i samverkan när kommunikationssystem minskar behovet av att placera spaningssensorer och verkanssystem på samma plats eller plattform. Vidare ökar miniaturiseringen av automatiserade spaningssensorer möjligheten till dold inträngning eller innästling utan risk för egen personal. Däremot finns det alltid en risk att framskjutna spaningssensorer upptäcks och därmed avslöjar information om egna intentioner för motståndaren.

4.3 Rörlighet

Rörlighet innebär förmågan att manövrera system och förband i tid och rum. Det ökade antalet intelligenta enheter för logistik, underrättelseinhämtning och verkan ger potential till ökad rörlighet. Ett exempel på detta är den ryska Uran-serien, där bland annat vapenplattform och minröjningsfordon ingår i repertoaren av möjliga uppgifter (FMV, 2017a). Nyttjandet av motsvarande autonoma eller automatiserade enheter ökar den egna rörligheten för bland annat materieltransporter och minskar belastningen på avsutten trupp (FMV, 2017b). Autonoma enheter för underrättelseinhämtning och verkan ökar även förmågan att motverka motståndarens rörlighet samt reducerar effekten av en motståndares försök att minska egen rörlighet.

4.4 Ledning

Ledning innebär förmågan att inrikta och samordna tillgängliga resurser. Intelligenta enheter kan såväl förstärka som försvåra ledning. Enheter kan till exempel skapa sambandsnät med bättre täckning eller skapa länkstationer för avgränsade geografiska områden under begränsad tid (t.ex. FMV, 2018). Enheter som är utrustade för telekrig kan

säkra eller stödja egen ledningsförmåga samtidigt som motståndarens ledningsförmåga påverkas. Vidare försvårar intelligenta enheter ledningen genom sitt antal och många olika typer av enheter som reagerar på ett annat sätt än bemannade enheter.

Utnyttjandet av intelligenta enheter baseras i mångt och mycket på ledningens förtroende för enheterna, oavsett ledningsnivå. Detta förtroende är en förutsättning för bemannade enheters beslutsrätt att genomföra vapeninsatser. Ledningen har sannolikt inte samma förtroende för intelligenta enheter och är därför mer restriktiv till att ge enheterna samma beslutsrätt. Enheterna kommer att kunna spana efter mål, lokalisera och identifiera dem samt initiera målfångning. Däremot behöver enheterna senare begära tillstånd för målbekämpning. Fördröjningen ger längre ledtider för intelligenta enheter som ledningen behöver hantera. Intelligenta enheters beslutsrätt är förmodligen begränsad till tidskritiska situationer där ledningen inte hinner agera. Avvägningen mellan beslutsrätt och tidskritiska situationer gör att uppdragstaktiken behöver anpassas till intelligenta enheters flexibilitet och anpassningsförmåga. Anpassningen av uppdragstaktiken beror i huvudsak på förtroendet för de intelligenta enheterna och mellan enheterna i det sammansatta systemet.

4.5 Uthållighet

Uthållighet innebär förmågan att upprätthålla system och förband tillgängliga över tid. Intelligenta enheter i form av obemannade autonoma enheter har mindre försörjningsbehov än bemannade enheter. Med tillräckligt mycket bränsle eller möjligheter till egen energiutvinning får enheterna en betydande uthållighet. För stationära marina enheter kan till exempel energiutvinning ske genom energialstring från bottensediment. För obemannade enheter kan försörjningen ske med ett eget underhållsschema där enheter cykliskt återgår till en moderstation för att ladda kraftkällor, tanka av information samt erhålla nya uppgifter (se t.ex. US Navy, 2017a).

4.6 Skydd

Skydd innebär förmågan att undgå upptäckt och tåla bekämpning. Ökad förmåga till verkan med intelligenta enheter genom kinetisk påverkan eller genom telekrigs-/störinsatser mot hot skapar skydd mot en angriparens kinetiska verkansförmåga (t.ex. Pomerlau, 2016). Svärmar av intelligenta enheter kan även underlätta försvar mot inkommande robotar genom att skapa en mer komplicerad målbild.

5 Förmågebeskrivning

I tidsperspektivet 2035 kommer förmodligen intelligenta enheter att användas på alla ledningsnivåer från stridsteknisk till strategisk nivå. Intelligenta enheter används sannolikt för bland annat spaning, samband, verkan, röjning och försörjning. Den fortsatta automatiseringen av signal- och bildbehandling minskar behovet av mänskliga operatörer och ökar på sikt förutsättningarna för intelligenta enheter som självständigt kan anpassa sitt beteende beroende på situationen.

Detta kapitel beskriver exempel på förmågor för intelligenta enheter inom flyg-, marin- och markstridskrafter samt avancerade programvarufunktioner. Totalt beskrivs sexton exempel på förmågor inom dessa fyra områden. Förmågebeskrivningen inom varje arena inleds med en beskrivning av den komplexitet i militär strid som enheterna behöver hantera. Därefter beskrivs varje förmåga i form av (a) *stridsmiljöns komplexitet* för den specifika komplexitet som behöver hanteras, (b) *ökad effekt* för hur förmågan ökar den direkta militära effekten för varje ledningsnivå, (c) *funktion* för vilka funktioner som ger förmågan, (d) *inriktning och samordning* för hur ledningssystem kan inrikta och samordna förmågan samt (e) *relevanta ledningsnivåer* där förmågan används och eventuella samordningsbehov mellan flera ledningsnivåer. Vissa intelligenta enheter används enbart som resurs på en enskild ledningsnivå medan andra kan bidra till en bättre lägesbild och ökad effekt på flera ledningsnivåer. För att undvika konflikter mellan ledningsnivåerna behöver användningen av enheterna i vissa fall samordnas. Avsikten med kapitlet är inte att vara heltäckande utan enbart att ge en övergripande beskrivning av komplexiteten med att hantera och integrerar intelligenta enheter i ledningssystemet.

De ledningsnivåer som berörs är militärstrategisk, operativ, taktisk och stridsteknisk nivå. Med militärstrategi avses den process som omsätter "... statsmakternas säkerhets- och försvarspolitiska mål och strategier i militära åtgärder, på kort och på lång sikt, för att stödja säkerhets- och försvarspolitikens genomförande" (Försvarsmakten, 2016, sid. 16). Den operativa nivån kretsar kring operationskonst och kopplar samman den taktiska verksamheten, vilken bedrivs inom ramen för en överordnad operation, med de strategiska målen (Widén & Ångström, 2005). Taktisk nivå avser dispositionen och nyttjandet av förband och andra resurser vilka löser uppgifter och annan verksamhet inom ramen för operationen. Den stridstekniska nivån utgör den lägsta nivån och hanterar hur lägre förband (här från bataljon ner till enskild soldat, alternativt enskilda fartyg eller flygplan) på bästa sätt löser uppgift genom val av metoder för att genomföra de taktiska besluten inom för den samlade operationen (Försvarsmakten, 2013, sid. 19-20).

5.1 Intelligenta flygenheter

Obemannade flygenheter har funnits under en längre tid och utvecklingen har gått fort framåt. En orsak till det är flygenheternas förmåga att se och verka på långa avstånd samt deras rörelsefrihet. Framtida intelligenta flygenheter förväntas vara mer självständiga genom att bland annat automatisera delar av den signal- och bildbehandling som i dag görs av farkostoperatörer. Bild 1 illustrerar tänkta exempel på användning av intelligenta flygenheter vid försvar av egen flygplats mot en motståndares flyg- och markstridskrafter.

Detta avsnitt beskriver inledningsvis komplexiteten i flygstrid. Därefter beskrivs förmågor för några typer av intelligenta flygenheter. De förmågor som beskrivs är intelligent territorialövervakning, intelligent spaning med samverkande enheter, intelligent flygstrid med samverkande enheter samt intelligenta svärmar.

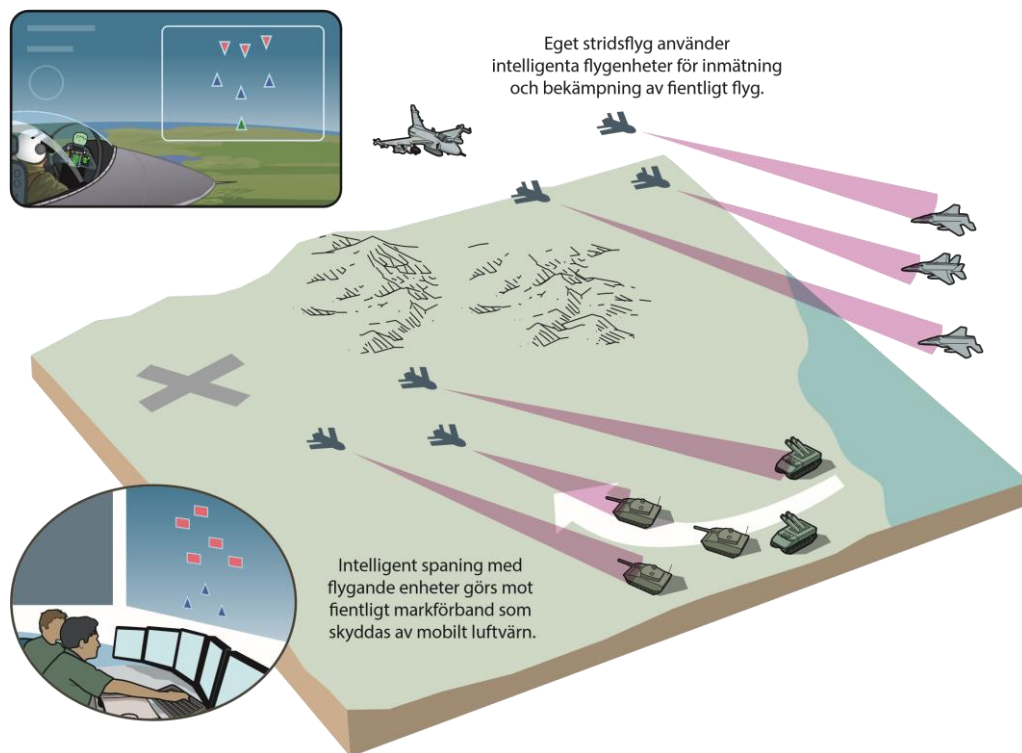


Bild 1. Försvar av flygplats mot kombinerat luft- och markangrepp.

5.1.1 Komplexiteten i flygstrid

Fördelarna med flygstridskrafter är ett upphöjt perspektiv och rörelsefrihet med höga hastigheter och snabba manövrer. Fördelarna gör att flygstridskrafter kan agera snabbt utifrån situationen och flexibelt lösa ett brett spektrum av uppgifter. Doktrin för luftoperationer (DLO) (Försvarsmakten, 2005) beskriver flexibilitet för flygstridskrafter i form av att kunna ta initiativet i striden, kraftsamla militära insatser där de har störst och mest avgörande effekt samt flera möjliga val av medel och metoder. För att utnyttja flexibiliteten och handlingsfriheten inom ramen för det övergripande syftet med insatsen ställs höga krav på kommunikation och ömsesidig förståelse mellan den taktiska ledningen och förbanden. Genom att intelligenta flygenheter har större möjligheter att agera självständigt kan de utföra övervaknings-, spanings- och stridsuppgifter som tidigare krävde mänsklig bemanning.

5.1.2 Intelligent territorialövervakning

Stridsmiljöns komplexitet: Vapen med lång räckvidd som till exempel kryssningsrobotar är svåra att upptäcka för fasta sensorkedjor eftersom dessa vapen är små, har hög hastighet och levereras långt utanför sensorernas upptäcktsavstånd. En högupplöst luft- och sjölägesbild på längre avstånd för territorialövervakning ökar möjligheterna att vidta åtgärder (Lennartsson, 2014).

Ökad effekt: Förbättrad uthållighet, driftekonomi och skydd gör att intelligenta flygenheter kan komplettera luft- och sjölägesbilderna från fasta sensorkedjor. Enheterna är utrustade med agila radarsensorer som kan utföra flera övervakningsuppgifter samtidigt. Den förbättrade luft- och sjölägesbilderna ger andra enheter större möjligheter att uppträda passivt och kan eventuellt även användas för vapeninsats.

Funktion: Automatiserad signalbehandling av radarinformationen gör att bara begränsad styrning behövs. Enheterna har även automatiska funktioner för att hantera tidskritiska

förlopp som till exempel motorbortfall, konfigurering av störskydd och undanmanövrer (Svenmarck & Woltjer, 2014).

Inriktning och samordning: Enheterna inriktas genom att framförallt bestämma vilken policy som ska användas för att prioritera uppgifter.

Relevant ledningsnivå: Enheterna integreras som en resurs i flygstridsledningssystemet. Den förbättrade luft- och sjölägesbilden ger även ytterligare möjligheter för luft-, sjö- och signalspaningsenheter att agera.

5.1.3 Intelligent spaning med samverkande enheter

Stridsmiljöns komplexitet: Framskjuten flygspaning mot markmål har under lång tid använts för att förbättra den taktiska lägesbilden vid insatser. Teknikutvecklingen gör att allt fler obemannade enheter kan användas för framskjuten spaning och övervakning.

Ökad effekt: Fler intelligenta enheter kan snabbare söka av ett område och delas upp för att samtidigt genomföra flera uppgifter samtidigt. Det här ger snabbare beslutscykler med mindre risktagande. Fler intelligenta enheter gör även följning av manövrerande markmål mer robust där terräng och strukturer annars kan vara försvårande.

Funktion: För att inte det ökade antalet enheter ska överbelasta operatören används automatiska system för ruttplanering, sensorstyrning och målidentifiering. Övergripande planer koordineras centralt, men varje enhet gör den lokala planeringen för att utföra specifika uppgifter (Mueller, Miller, Kuter, Rye, & Hamell, 2017). Alternativa planer genereras i förväg för att undvika oönskade situationer där till exempel störning försvårar kommunikation.

Inriktning och samordning: Enheterna inriktas genom att ange informationsbehov och begränsningar för operatören. Adaptiva användargränssnitt används för att uppmärksamma operatören på väsentlig information som upptäckta hot och förändrade förutsättningar samt utföra delar av uppgifterna när operatören är överbelastad (Rauschert & Schulte, 2012). Operatören kan på så sätt fokusera mer på uppgifter som är väsentliga för att genomföra uppdraget.

Relevant ledningsnivå: Intelligent spaning med samverkande enheter används framförallt på taktisk och stridsteknisk nivå. Ingen samordning behövs med högre ledningsnivåer.

5.1.4 Intelligent flygstrid med samverkande enheter

Stridsmiljöns komplexitet: Flygstrid är till sin natur dynamisk med snabba stridsförlopp där striden sker på allt längre avstånd. Kvaliteten på lägesbilden och förmågan att manövrera och hota motståndaren har en direkt påverkan på flygstriden.

Ökad effekt: Intelligenta enheter för flygstrid ger ökade resurser att genomföra uppdrag och medger ökat risktagande. Eftersom enheterna är obemannade kan de även manövrera mer agilt än bemannade enheter, vilket är en fördel vid både anfall och försvar.

Funktion: Intelligenta enheter för flygstrid finns i många former. Några exempel på intelligenta enheter för flygstrid är:

- Enskilda enheter med smygegenskaper för verkan i hotfulla situationer som till exempel anfall mot luftförsvaret, men som styrs av en framskjuten enhet (Ögren, Backlund, Harryson, Kristensson, & Stensson, 2006).
- Rote-tvåa som kan flyga i formation och genomföra specifika uppgifter som till exempel spaning, utvärdera effekterna av attacker (eng. battle damage assessment), målföljning och vapenleverans (Humphreys, 2016; Cummings & Morales, 2005).

- Team av intelligenta enheter för anfall mot markmål (Gangl, Lettl, & Schulte, 2013; Baxter, Horn, & Leivers, 2008; Mettinger, Jarasch, & Schulte, 2009).
- Team av intelligenta enheter för genskjutning av luftmål (eng. air interdiction) (Bornstein, 2015) med förmåga att manövrera i fjärrluftstrid (McGrew, How, Williams, & Roy, 2010).
- Integrerade flygsystem av sammansatta bemannade och obemannade autonoma enheter (Furenbäck & Räf, 2016).

Arbetsbelastningen i flygstrid gör att de intelligenta enheterna styrs med adaptiva användargränssnitt som uppmärksammar flygförarna på väsentlig information och genomför kritiska uppgifter när förarna är upptagna med andra uppgifter (Mosier, Kochan, Burian, & Fischer, 2017).

Inriktning och samordning: Intelligenta enheter för flygstrid är till stor del i ett tidigt konceptskede, vilket gör att det ofta saknas information om inriktning och samordning.

Relevant ledningsnivå: Intelligenta enheter för flygstrid används framförallt på taktisk och stridsteknisk nivå. Ingen samordning behövs med högre ledningsnivåer.

5.1.5 Intelligenta svärmar

Stridsmiljöns komplexitet: Utvecklingen av hoten bidrar till att enskilda enheter blir allt mer sårbara. Flera enheter med samma förmåga ökar redundansen, men samtidigt ökar komplexiteten att samordna alla enheterna.

Ökad effekt: Svärmar av intelligenta enheter har ingen central enhet för planering utan all samordning görs utifrån hur varje enhet uppfattar situationen och kommunicerar med angränsade enheter. Svärmar av intelligenta enheter anpassar beteendet utifrån antalet tillgängliga enheter och är på sätt robusta mot att enskilda enheter inte längre fungerar eller blir utslagna. Större robusthet medger också möjlighet till högre risktagande. Svärmar är även flexibla och kan växla mellan att koncentrera enheterna till en eller ett par platser och att sprida ut enheterna för att täcka större områden. Flexibiliteten att växla mellan olika beteenden utan någon explicit samordning kan även ge snabbare beslutscykler.

Funktion: Intelligenta svärmar har ingen central funktion för planering av enskilda enheters beteende. Istället använder enheterna enkla regler, markörer för händelser och kommunikation mellan enheter för att skapa emergenta beteenden (Kolling, Walker, Chakraborty, Sycara, & Lewis, 2016). Svärmar kan bland annat användas för spaning, övervakning och målföljning (Coppin & Legras, 2012a, 2012b). De kan även uppträda i anpassningsbara formationer beroende på uppgift och hur situationen ser ut.

Inriktning och samordning: Intelligenta svärmar inriktas genom att ge dem fördefinierade uppgifter, ändra parametrar, indirekt genom att förändra miljön som enheterna i sin tur reagerar på samt genom att utse ledare som andra enheter följer. Samordningen av enskilda enheter utifrån förutsättningarna är helt autonom. Svärmar förmodligen mer valfrihet i hur uppgiften genomförs eftersom enskilda enheters beteende följer av lokala faktorer utifrån hur de uppfattar situationen.

Relevant ledningsnivå: Intelligenta svärmar används framförallt på taktisk nivå. Ingen samordning behövs med högre ledningsnivåer.

5.2 Intelligenta marina enheter

Fler intelligenta marina enheter tillför flera positiva faktorer till den marina arenan. En positiv faktor är att det sammansatta systemet skapar en större täckningsgrad över ett geografiskt område, vilket ger bättre förmåga till informationsinhämtning och verkan. Vidare ger det ökade antalet enheter möjlighet att kraftsamla till lokal styrkeöverlägsenhet. Det här har en avskräckande effekt, särskilt om enheterna har förmåga att uppträda dolt.

Intelligenta marina enheter gör även sjösättande enhet friare att manövrera. Bild 2 illustrerar den tänkta användningen av flygande och ytgående intelligenta marina enheter vilka verkar i ett sammansatt system för anfall mot ett fiendligt landstigningsföretag.

Detta avsnitt beskriver inledningsvis komplexiteten i den marina striden. Därefter beskrivs förmågor för några typer av intelligenta marina enheter. De förmågor som beskrivs är intelligenta spaningssensorer i sensorkedjor, intelligenta flygenheter för marin strid, intelligenta ytenheter samt intelligenta undervattensenheter. Avsnittet avslutas med samverkande enheter i den marina striden.

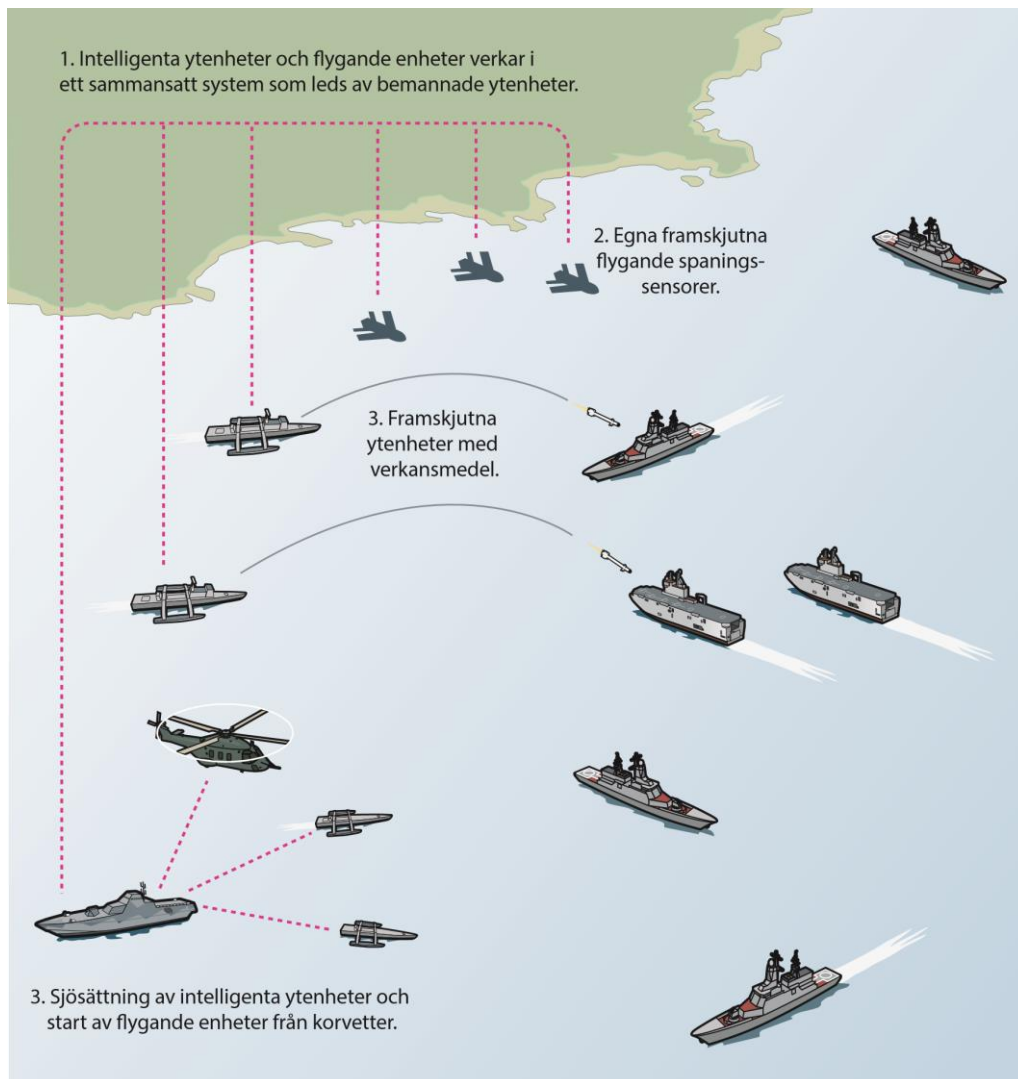


Bild 2. Anfall mot landstigningsstyrka.

5.2.1 Komplexiteten i marin strid

Den marina arenan och sjökriget i allmänhet syftar i första hand till att säkra transportleder och rörelsefrihet. Svårigheten är att ett sjöterritorium inte kan behärras på samma sätt som på markarenan. Den svenska kusten är över 270 landmil lång och den svenska skärgården, särskilt i Stockholmsområdet, är rik på olika sorters terräng, såväl avseende öar som bottentopografiska förhållanden. Detta gör skärgårdens

förhållandevis grunda farvattnen längs den svenska kusten till viktig, men svårbehärskad terräng.

Komplexiteten i marin strid liknar till stor del komplexiteten i de andra arenorna. Några exempel på ökad komplexitet är en alltmer utvecklad förmåga till telekrigföring samt ökad räckvidd och verkan hos olika vapensystem. Däremot ger vissa egenskaper i marin strid en högre grad av komplexitet än exempelvis på markarenan, bland annat de avstånd som sjöstridskrafterna uppträder på i förhållande till varandra. På så sätt finns det fler likheter mellan sjö- och luftarenan än med markarenan (Granåsen, Bengtsson, Hermelin, Johansson, & Wikberg, 2017).

Intelligenta marina enheter kan användas för att åstadkomma effekter i likhet med konceptet *Fleet in being* (Corbett, 1988, sid. 165-166). *Fleet in being* innebär i marinkrigföring att undvika strid när riskerna är för stora, men att möjligheten till angrepp ändå påverkar motståndarens beteende. Hittills har exempelvis ubåtar projicerat ett sådant hot, men denna förmåga kan med fördel förstärkas med ett större antal mindre enheter som kan uppträda dolt i eget och annans område.

5.2.2 Intelligenta spaningssensorer i sensorkedjor

Stridsmiljöns komplexitet: I den framtida stridsmiljön är fasta sensorkedjor i än högre grad än idag svåra att behålla intakta på grund av precisionsbekämpning med fjärrstridsvapen och förmodade sabotage. Sådana angrepp kan ske som en del av gråzonen, vilket innebär att stridigheter inte har brutit ut och inte heller behöva göra det, men att påverkan ändå sker genom subversion och sabotage.

Ökad effekt: Intelligenta spaningssensorer kan flexibelt fylla glapp i sensorkedjan och förstärka sensorspaningsförmågan i vissa områden under viss tid. Det här är framförallt viktigt i kustområdena där det annars kan uppstå brister i lägesbilden.

Funktion: Intelligenta spaningssensorer kan operera från baser på land, från basstationer för energi- och dataöverföring samt i vissa fall mer självständigt genom att exempelvis alstra energi från omgivningen (US Navy, 2017a; US Navy, 2017b, 29 september). Enheterna använder främst akustiska sensorer, men även andra sensorer är intressanta som till exempel sensorer för tryck, magnetism och barometri.

Inriktning och samordning: Ledning av intelligenta spaningssensorer kan delas in hierarkiskt i taktisk och operativ ledning. Behoven av information skiljer sig mellan taktisk och operativ ledning främst med avseende på upplösning och uppdateringsintervall. Ledningsfrågan försvåras främst av långa ledtider mellan beslut och verkställande, vilket kommer att kräva taktikanpassning vid nyttjandet av sådana enheter.

Relevant ledningsnivå: Intelligenta spaningssensorer i sensorkedjor är främst användbara på taktisk och operativ nivå. Ingen samordning behövs mellan taktisk och operativ nivå eller med andra ledningsnivåer.

5.2.3 Intelligenta flygenheter i den marina striden

Stridsmiljöns komplexitet: Stridsmiljön kopplad till nyttjandet av intelligenta flygenheter är i viss mån likartad för de olika arenorna. En viss skillnad återfinns dock i de avstånd som sjökriget förs på och den mängd hotfaktorer som återfinns mot de obemannade enheterna i form av kvalificerat luftvärn från såväl motståndarens fartyg, understödjande flygförband samt markförband. Intelligenta flygenheter kan förstärka svenska marina förband med spaning, förstärkning av sambandskedjan samt målinvisning för vapensystem från andra enheter.

Ökad effekt: Intelligenta flygenheter kräver mindre utrymme ombord på fartygen och ger en ökad närvaro i ett område. Enheterna bidrar till generella förmågor som underrättelse och informationsinhämtning, ledning, rörlighet och även skydd och verkan. Skyddet antas

öka genom förbättrad kunskap om motståndarens aktiviteter. Verkansförmågan antas öka genom ökade möjligheter till inmätning för vapeninsats från annan enhet.

Funktion: Intelligent flygenheter kan snabbt förflytta sig över större områden och bedriva spaning, etablera sambandsnät samt bidra till ökad förmåga till verkan för det samlade förbandet genom att kunna uppträda framskjutet.

Inriktning och samordning: Intelligent flygenheter samordnas främst lokalt inom ramen för styrkechefens bestämmande. Enheterna har många fördelar, men risken med framskjutna enheter är att deras position och uppträdande kan ge information om egna styrkor till motståndaren.

Relevant ledningsnivå: Intelligent flygenheter kommer troligen främst att användas på stridsteknisk nivå och delvis även på taktisk nivå. Ingen samordning behövs mellan ledningsnivåerna. När marina enheter ingår i sammansatta system sker all sensoranvändning och vapeninsats inom ramen för den taktiska uppgiften.

5.2.4 Intelligent ytenheter

Stridsmiljöns komplexitet: Marin strid omfattar stora avstånd med högt integrerade och samverkande enheter som är fullt utrustade med vapen, egenskydd och spaningssensorer. Den ökade förmågan till fjärrbekämpning försvårar sjöstriden eftersom den är svår att försvara sig emot.

Ökad effekt: Intelligent ytenheter ökar möjligheterna till lokal kraftsamling och bland annat ökad potentiell eldkraft genom fler vapenbärande enheter, vilket utmanar motståndaren i stridens förande. Med flera intelligenta ytgående enheter blir numerären en mer avgörande faktor för striden än idag. Genom att enheterna är obemannade ökar risktoleransen. Enheterna ökar den geografiska täckningen vid sjöövervaknings- och kustförsvarsoperationer samt inom ramen för minröjnings- och ubåtsjaktoperationer.

Funktion: Intelligent ytenheter kan bedriva ubåtsjaktoperationer genom att uppträda uppsökande, behålla kontakten med målet och genomföra vapeninsats. Beroende på storlek kan enheterna bestyckas med olika typer av sensorer och vapenalternativ, vilket möjliggör uppgifter inom ramen för havsövervakning, spaning, sjömålsbekämpning, ubåtsjakt och skydd av hamnar och basområden (t.ex. DARPA, 2018, 30 januari). Enheterna kan initialt ses som förstärkningsresurser för olika funktioner och kan skapa en ökad närvaro i utpekade geografiska områden utan att utsätta egen personal för risk. I stor utsträckning kan intelligenta ytenheter ses som komplement till bemannade enheter.

Ubåtsjakt med intelligenta ytenheter är något som 2035 kan vara fullt inkorporerad i den marina förmågearsenalen. Detta är något som på sikt har uttryckts som ett möjligt intresseområde för Forsvarsmakten (FMV, 2018).

Inriktning och samordning: Intelligent ytenheter inriktas och samordnas genom att koordinera rörelsemönster vid spaning, övervakning eller vapeninsats. Om enheterna hanteras som framskjutna sensorer kommer samordning att behöva ske mellan olika förband och enheter för att skapa en god samlad effekt och minska risken för missförstånd, interferens och glapp i den samlade sensortäckningen. Ökad betydelse av numerären kommer i viss utsträckning att öka kraven på ledning och taktikanpassning.

Relevanta ledningsnivåer: Intelligent ytenheter används framförallt på taktisk och stridsteknisk nivå. Ingen samordning behövs mellan ledningsnivåerna.

5.2.5 Intelligent undervattensenheter

Stridsmiljöns komplexitet: Undervattensstriden är mycket komplex och påverkas av ett stort antal faktorer som bottenpografi, ljudutbredning, skiktbildningar med mera. Fördelen med den komplexa miljön är att den underlättar bland annat dolt uppträdande för spaning och upprättande av mineringar. Den komplexa miljön är samtidigt en nackdel

genom att kommunikationsmöjligheterna är begränsade, dels på grund av vatten som medium och dels på grund av röjningsrisken genom emissioner.

Ökad effekt: Ökad risktolerans och numerär med intelligenta undervattensenheter ökar förmågan att bedriva informations- och underrättelseinhämtning. Enheterna minskar risken för egen personal vid minsökning, minröjning och vapenverkan.

Funktion: Enheterna agerar självständigt i eget område och åiterrapporterar vad de upptäcker, men agerar i övrigt så emissionsfritt som möjligt. Enheterna kan förflytta sig själva och kommer på sikt att kunna utvinna energi ur exempelvis botten sediment eller liknande alternativ energiutvinning (US Navy, 2017b, 29 september). Möjligheten finns för undervattensenheter att förflytta sig inom det tilldelade området för att sedan kunna ladda energi för att fortsatt bedriva verksamhet. Om enheten även har verkansdelar kan den läggas i ett område inom vilket den har ansvar för att upprätthålla lägesbilden och angripa mål inom egen räckvidd.

Inriktning och samordning: Komplexiteten i undervattensmiljön och de begränsande faktorer som återfinns i den moderna striden gör att kommunikationen kommer att vara en, möjligen, än mer försvarande aspekt än den är idag. Intelligenta undervattensenheter kan därför bara inriktas på en högre övergripande nivå och behöver en hög grad av intelligens för att kunna agera så självständigt som möjligt. Däremot gör begränsningar i beslutsrätten att enheterna främst används för spaning och möjligen för minsökning med möjlighet att verka mot en upptäckt mina. Enheterna kan även söka samband med egen chef innan särskilda åtgärder vidtas, vilket kan ge längre ledtider.

Relevant ledningsnivå: Enheterna används framförallt på operativ och taktisk nivå samt i vissa särskilda fall potentiellt på stridsteknisk nivå. Enheterna behöver samordnas på samtliga nivåer för att säkerställa behovet av lägesbild.

5.2.6 Samverkande enheter för marin strid

Stridsmiljöns komplexitet: Snabba stridsförlopp och svårhanterade hot kommer öka behovet av samverkan i den marina striden. Exempelvis förmågan att på ett effektivt sätt distribuera information för att kunna slå mot motståndaren genom externa mållägen även i situationer och miljöer med hög hotbild.

Ökad effekt: Fler samverkande enheter ger ökad redundans och större osäkerheter för motståndaren om vad som är det farligaste hotet.

Funktion: Ett exempel på samverkande enheter för marin strid är den ryska sjömålsroboten P-700 Granit som utvecklades av Sovjetunionen under 1980-talet och är i tjänst än idag. Syftet med robotsystemet är primärt att slå mot hangarfartygsstridsgrupper genom att skapa lokal överlägsenhet i form av eldkraft och mängden enheter för att ”mätta” motståndarens system. Robotarna avfyras i ett antal olika ”vågor” med flera robotar där en leder och koordinerar anfallet med övriga robotar. Ledarrollen innebär ett skilt agerande från de övriga för att möjliggöra detektion av mål, vilka sedan kommuniceras till de andra robotarna. I händelse av att den ledande roboten bekämpas omfördelas denna roll till en annan robot (Johansson m.fl., 2015). Detta ger en bild av möjligheterna och vinsterna med samverkande enheter i den framtida marina striden kopplat till komplexiteten i stridsmiljön.

Inriktning och samordning: Samverkande enheter för marin strid ställer stora krav på förtroendet för enheterna och möjligheterna att verka i en telestörd miljö. Enheterna inriktas genom att förmedla beslut och att sedan låta enheterna agera på beslutet.

Relevant ledningsnivå: Samverkande enheter i den marina striden kommer att användas på taktisk och stridsteknisk nivå. Ingen samordning behövs mellan ledningsnivåerna.

5.3 Intelligent markerheter

Med intelligenta markerheter avses enheter där förflyttning sker med ben, hjul eller band. Precis som inom andra arenor används intelligenta markerheter för att förbättra lägesbilden och minska hotexponeringen för egen militär personal. Bild 3 illustrerar logistikkedjan med intelligent bakre och främre logistik vilken hanterar hela processen från produktion till grupperingsplats.

Detta avsnitt beskriver inledningsvis komplexiteten i markstrid. Därefter beskrivs förmågor för troliga typer av intelligenta enheter inom ramen för markstridskrafter. De förmågor som beskrivs är intelligent taktisk och stridsteknisk spaning, intelligenta enheter för bakre och främre logistik samt intelligenta stridsfordon.

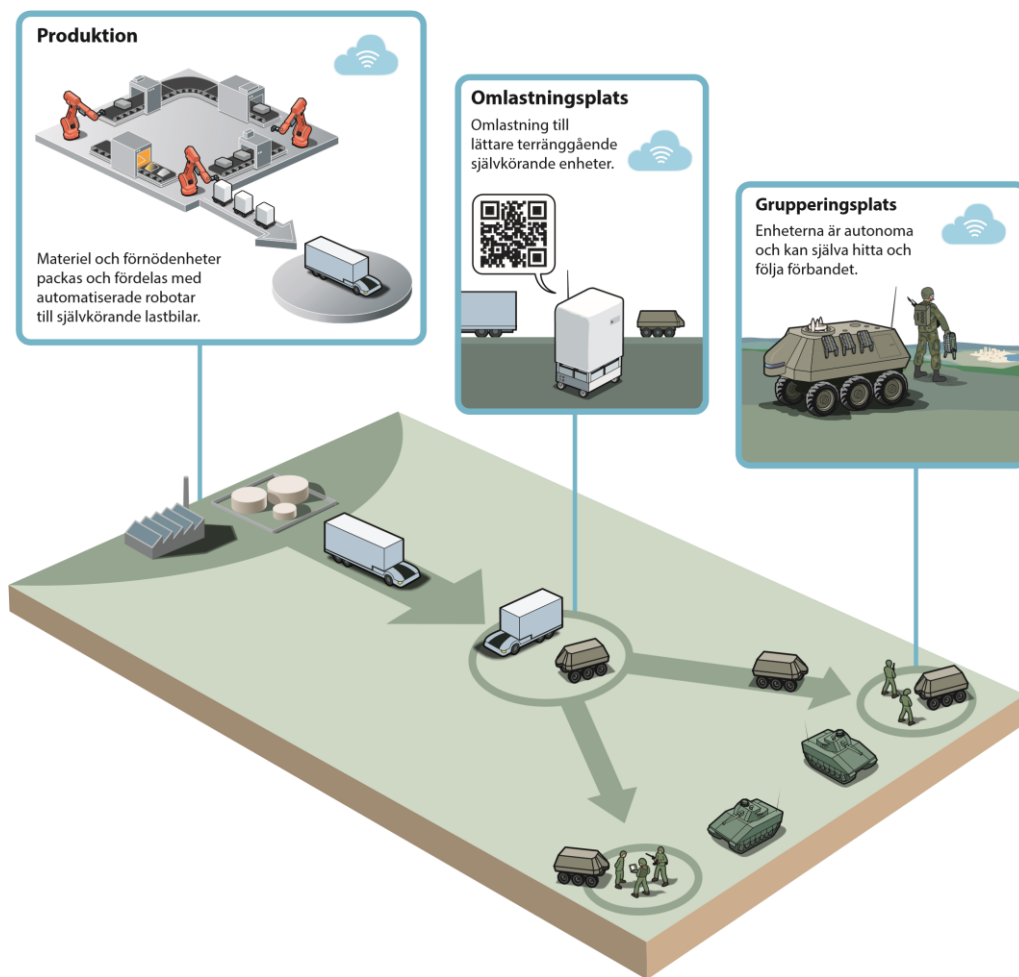


Bild 3. Logistikkedja med intelligenta enheter från produktion till grupperingsplats.

5.3.1 Komplexiteten i markstrid

Terrängen för markstrid är i flera avseenden den mest komplexa av alla arenor. Terrängen varierar från öppen, till småbruten och skogsbeklädd terräng där terrängformationer och kanaliserande strukturer både ger möjlighet att uppträda dolt och formar framryckningsvägar. Framryckning försvåras även av stor variation i typer av hinder och terrängegenskaper. Kraftigt varierande siktförhållanden gör att stridskontakter kan uppstå plötsligt och överraskande, vilket kan var både en för- och nackdel. Markstrid försvåras också av att

den i högre grad än andra arenor riskerar drabba civila som rör sig i stridsområdet. Flera faktorer försvårar därför målidentifieringen i snabba stridsförlopp.

5.3.2 Intelligent taktisk och stridsteknisk spaning

Stridsmiljöns komplexitet: För markförband förvärras terrängen möjligheten till effektiv spaning på långa avstånd, vilket gör att förbanden alltid måste vara observanta och förberedda på angrepp. För att upptäcka potentiella hot används visuell spaning, kikare samt elektrooptiska system på fordon och flygenheter. Inriktning av sensorer och spaning görs för närvarande manuellt.

Ökad effekt: För att effektivisera spaningen bedrivs forskning om intelligenta spaningssystem för delvis automatisk detektion, målföljning, sensorsamverkan, sensorfusion, sensorstyrning och egenpositionering för markförband (Näsström m.fl., 2016). Ett intelligent spaningssystem kan förbättra lägesbilden och förkorta tiden till insats. Det är även snabbare, noggrannare och uthålligare samt kan genomföra mer komplex spaning än motsvarande manuell spaning. Spaning från obemannade flygenheter är även billigare och har högre risktolerans.

Funktion: För att upptäcka mål med intelligent spaning används dels ett planeringssystem för att utifrån förväntade hot, uppdrag, terräng förbandsstorlek avgöra hur tillgängliga spaningsresurser ska användas på bästa sätt. Intelligent spaning förutsätter att elektrooptiska sensorer kan styras elektroniskt för orientering och förstoringsgrad. Spaningssystemet kan på sätt automatiskt svepa över områden med sensorerna och även låsa på ett specifikt mål. Användningen av sensorerna bestäms av hur varje sensor kan förbättra positionsinmätningen för förväntade mål. För att upptäcka mål i sensordata används en måldetektionsalgoritm som tränas på att detektera specifika mål. Målen kan till exempel vara människor, bilar, motorcyklar och stridsvagnar.

Inriktning och samordning: Taktisk och stridsteknisk spaning genomförs med korta tidsförhållanden av soldater inom ramen för befintliga uppgifter. Eftersom soldaterna ständigt måste vara beredda på strid är det viktigt att styrningen av spaningen är enkel och följer konventioner för hur befintliga spaningsgrupper används. Det innebär att kompanichefen vill kunna ange områden där det behövs framskjuten spaning för att minimera risker och osäkerheter samt begränsningar för genomförandet av spaningen så att den inte försvårar uppdraget. Resultatet från spaningen ska sedan presenteras direkt i stridsledningssystemet. Framförallt vill man veta positionen för upptäckt, eventuell rörelseriktning och övergripande klasser för vad som upptäckts som till exempel fordon och människor. Analys av sensorbilder ska helst automatiseras eftersom analysen annars kräver för mycket uppmärksamhet.

Relevant ledningsnivå: Intelligent spaning är framförallt avsedd för markförband på taktisk och stridsteknisk nivå. Spaningsresurserna är särskilt avdelade för markförbanden. Ingen samordning behövs med högre ledningsnivåer.

5.3.3 Intelligent logistik

Försvarsmakten definierar logistiken som bestående av bakre och främre nivå. Den bakre nivån utgörs av huvudaktörer inom logistikförsörjningen såsom industrin, Försvarets Materielverk och liknande. Den främre nivån i sin tur består av stöd- och förstärkningsnivån samt stridsfältsnivån närmast de stridande förbanden. Gränserna mellan nivåerna är uttalat otydliga eftersom de utgör en sammanhängande kedja med hög grad av inbördes beroenden. Närmre stridsfältet ökar kraven på förmågor som eld, rörelse och skydd för logistikenheterna (Försvarsmakten, 2016b).

5.3.3.1 Intelligent bakre logistik

Stridsmiljöns komplexitet: Komplexiteten i stridsmiljön för bakre logistik utgörs främst av ett omfattande hot mot försörjningslinjerna från såväl fjärrstridsvapen som sabotageförband. Även motståndarens telekrigsförmåga är en försvårande faktor på grund av risken för upptäckt av viktiga transporter och att telekrigsinsatser kan störa ut intelligenta enheter i den bakre logistikkedjan. Ytterligare en komplicerande faktor är att verksamheten kommer att behöva koordineras med andra och då särskilt i händelse av gråzonsproblematik eller krig. Koordineringen rör dels behov och fördelning, men även skydd av logistiktransporter.

Ökad effekt: En tydlig potentiellt ökad effekt kommer av nyttjandet av obemannade fordon som självständigt kan lasta, förflytta sig mellan olika punkter och lasta av (Army Technology, 2018b). Vidare kan logistikplaneringen med fördel utföras av intelligenta stabsfunktioner (se avsnitt 5.4.3). Det här kan minska bemanningskraven genom att den bakre logistiken till stora delar planeras, koordineras och bedrivs självständigt av de intelligenta enheterna. Risken minskar även för personalen.

Funktion: Självkörande fordon har förmåga att känna av omgivningen med bl.a. radar och datorseende för att undvika hinder och navigera till destinationen. SAE (2014) beskriver förmågan för självkörande fordon i sex nivåer (nivå 0-5) där nivå fem är helt automatiska fordon som inte kräver någon förare.

Inriktning och samordning: Logistikplaneringsprocessen liknar förmodligen den nuvarande processen. Aktörernas begäran om logistiktjänst sammanställs på ledningsnivå i den bakre logistiken som sedan fördelar resurser för att distribuera den beställda materielen. Intelligent bakre logistik omfattar enbart resurser i form av obemannade autonoma enheter och intelligenta stabsfunktioner.

Relevant ledningsnivå: Den bakre logistiken hanteras av den operativa ledningen hos de aktörer som utgör denna logistiknivå. Samordning krävs med operativ nivå för de förband och enheter som står som beställare och därefter även ner till taktisk nivå. Samordning kan även behöva ske med andra förband för att skydda transportkedjan.

5.3.3.2 Intelligenta enheter för främre logistik

Stridsmiljöns komplexitet: Trenden är att avsuttna förband ska kunna lösa allt fler uppgifter självständigt i en komplex hotmiljö. Konsekvensen är att skytteförband behöver allt mer utrustning i form av vapen, skydd och informationssystem. Den ökade mängden utrustning försämrar förbandens rörlighet och ökar skaderisken.

Ökad effekt: Intelligenta enheter för främre logistik är transportmedel som kan transportera all utrustning som soldaterna inte behöver ha omedelbar tillgång till vid framryckning. Enheterna avlastar soldaterna och förbättrar rörligheten. För att inte styrningen av enheterna ska belasta soldaterna måste enheterna vara autonoma och integrerade i gruppens beslutsprocess (Selkowitz, Larios, Lakhmani, & Chen, 2017).

Funktion: Intelligenta enheter för främre logistik är terränggående och har lastförmåga som för mindre militära fordon. Enheterna är autonoma och kan själva följa förbandet, undvika hinder, söka skydd och göra avvägningar mellan motstridiga mål. Enheternas användargränssnitt är utformat för att stödja teamarbete och göra enheternas beteende transparent för soldaterna (Chen m.fl., 2018).

Inriktning och samordning: Intelligenta enheter för främre logistik inriktas framförallt på uppdragsnivå. Eventuell samordning sker implicit genom att de reagerar på hur situationen utvecklas och hur andra medlemmar i gruppen reagerar.

Relevant ledningsnivå: Intelligenta enheter för främre logistik är framförallt avsedd för markförband på taktisk och stridsteknisk nivå. Enheter är särskilt avdelade för varje skyttegrupp. Ingen samordning behövs med andra ledningsnivåer.

5.3.4 Intelligent stridsfordon

Stridsmiljöns komplexitet: Markstrid handlar om att med eld och rörelse slå mot motståndaren samtidigt som motståndarens möjlighet att verka minimeras. Den som reagerar snabbast har ofta en fördel i striden, vilket gör att framskjutna vapensystem kan vara användbara i kombination med framskjuten spaning.

Ökad effekt: Intelligent stridsfordon minskar tiden mellan upptäckt och insats genom att kombinera spaningssensorer och modulära vapensystem. Om det är möjligt att delegera beslutsrätten för vapeninsats kan fordonen även direkt genomföra insatser.

Funktion: Intelligent stridsfordon är utrustade med sensorer, vapen och skydd för att kunna upptäcka och bekämpa motståndare i en hotande miljö. Automatiska planeringsfunktioner och automatisk målidetifiering gör att fordonen styrs och kommunicerar lägesbilden på en övergripande uppdagsnivå. Inom begränsade ramar kan fordonen genomföra insatser autonomt. Ett exempel på utvecklingen mot intelligenta stridsfordon är den ryska Uran-9 (Army Technology, 2018a).

Inriktning och samordning: Eftersom beslutsrätten för vapeninsats med intelligenta stridsfordon inte kan delegeras på samma sätt som för bemannade stridsfordon kommer ledningen att ha ett större ansvar för när och hur insatser ska göras. Ledning ansvarar därmed i större utsträckning även för koordinering med andra bemannade stridsfordon. Helt autonoma insatser är bara lämpligt vid begränsade insatser med små samordningsbehov.

Relevant ledningsnivå: Intelligent stridsfordon används framförallt på taktisk och stridsteknisk nivå. Ingen samordning behövs med högre ledningsnivåer.

5.4 Avancerade programvarufunktioner

Intelligenta enheter kan även bestå av avancerade programvarufunktioner som är inbyggda i militära enheter och ledningssystem. Avancerade programvarufunktioner använder detaljerade informationsmodeller för att adaptivt realisera viktiga militära funktioner. Typiska funktioner är samband och sensorstyrning. Utvecklingen av avancerade programvarufunktioner sker i kombination med allt mer agil hårdvara som snabbt kan styras på detaljnivå. Bild 4 illustrerar en bakre ledningsplats med AI för informationsanalys och beslutstöd.

Detta avsnitt beskriver förmågor för avancerade programvarufunktioner i form av kognitiv radio, kognitiv radar och artificiell intelligens för militär ledning.

5.4.1 Kognitiv radio

Stridsmiljöns komplexitet: Strävan mot en allt mer detaljerad lägesbild som delas mellan beslutsfattare på flera ledningsnivåer driver utvecklingen av högupplösta sensorer och bredbandiga sambandssystem. Utvecklingen gör att frekvensutrymmet blir en begränsande faktor för många insatser.

Ökad effekt: Utveckling inom radiokommunikation har under lång tid gått från att använda i förväg bestämda kommunikationsparametrar för till exempel frekvens och sändningseffekt till situationsanpassade parametrar. På så sätt blir kommunikationssystemet flexiblar och effektivare i att utnyttja frekvensspektrumet. Att som tidigare i förväg bestämma vem som får sända var och när är inte längre tillräckligt. Kognitiv radio ger förutsättningar för nätverk med mycket stor dynamik inom flera områden som exempelvis nätverksstorlek, nätverkstäthet, frekvensutnyttjande m.m. (Fette, 2013).

Funktion: Kognitiv radio använder kunskaper om informationen som ska sändas, nätverket och förutsättningar för att på bästa sätt anpassa kommunikationsparametrar. Kognitiv radio har fem funktioner i form av ett kognitivt kretslopp som känner av den elektromagnetiska omgivningen, skapar en uppfattning om omgivningen, lär sig lämpligt agerande för olika



Bild 4. AI-stödd militär ledning.

situationer, anpassar parametrar och utför åtgärderna (Johansson m.fl., 2015). Kommunikationsparametrar kan till exempel vara protokoll, routing, frekvensområde, modulation, dataakt, kodning och sändareffekt (Arslan, 2007). Framtida kommunikationssystem kan förmodligen kombinera flera samtidigt kommunikationsbehov. Kognitiv radio har ingen central koordinering utan alla enheter anpassar sig beroende på situationen. Ett exempel på kognitiv radio är XG som använder ett speciellt policyspråk (CoRaL) samt en så kallad "Policy Reasoner" (PR) som anpassar kommunikationen enligt policyn (Denker m.fl., 2007).

Inriktning och samordning: Avsikten med kognitiv radio är att minimera den centraliserade frekvensplaneringen och istället ge varje enhet beslutsrätt att flexibelt välja kommunikationsparametrar. Kognitiv radio förenklar på så sätt inriktning och samordning och ökar effekten. Kognitiv radio inriktas genom att utforma en policy för att prioritera kommunikationsbehoven. Det kan innebära en utmaning i sammansatta system där tillgängliga intelligenta och bemannade enheter hela tiden varierar. Förmodligen behöver det finnas möjlighet att anpassa policyn beroende på situationen.

Relevant ledningsnivå: Kognitiv radio är relevant för samtliga ledningsnivåer. Även om kognitiv radio i sig är situationsanpassad behövs förmodligen samordning av kommunikationspolicyn mellan ledningsnivåer.

5.4.2 Kognitiv radar

Stridsmiljöns komplexitet: Radar är särskilt utsatt för motståndarens telekrigsförmåga som upptäcker sändande enheter eftersom sändareffekten är hög för att kunna uppfatta den reflekterade energin och extrahera önskad information. Användning av radar är en balans mellan att få den avsedda informationen och risken att sändning ger motståndaren

information om egna enheter. Radar används bland annat för spaning och elledning av vapen. En lösning för att ge en mottagande enhet större möjligheter att uppträda dolt är med *bistatiska radarsystem* som separerar sändande och mottagande enhet.

Ökad effekt: Kognitiv radar använder kvalitetsmått för att växla mellan informationsbehov istället för fasta radarmoder. Kvalitetsmått beräknas kontinuerligt beroende på situationen och aktuella informationsbehov. På så sätt minimeras upptäcktsrisken och möjligheterna ökar att uppfylla flera samtidiga informationsbehov. Genom att radarn även känner av motståndarens försök att störa mottagaren kan den också anpassa radarparametrarna för att minimera effekten av störningen.

Funktion: Moderna radarsystem använder allt oftare gruppantennor där samverkan mellan antennelementen gör att radarsignalen snabbt riktas elektroniskt istället för mekaniskt. Även vågformer, signal- och databehandling har allt större frihetsgrader (Ender & Brüggewirth, 2015). Frihetsgraderna gör att radarprestandan kan optimeras beroende på situationen. Kognitiv radar använder information om situationen och kunskaper om målens beteende för att själv välja radarparametrar och riktning för radarenergin. Operatörens uppgift är huvudsakligen att ange informationsbehov till radarn.

Inriktning och samordning: Förmodligen behöver ledningen inte anpassa optimeringen av radarn. Ledningen påverkas däremot av egenskaperna för kognitiv radar. Genom att kognitiv radar kan optimeras bättre har den mindre upptäcktsrisk, är mer flexibel och kan utföra fler samtidiga uppgifter. Mindre begränsningar förbättrar anpassningen av kognitiv radar till aktuella uppgifter.

Relevant ledningsnivå: Kognitiv radar kommer att användas på samtliga ledningsnivåer som ett underlag till lägesbilden. Möjligheten att utföra flera uppgifter samtidigt gör också att det finns större möjligheter att använda alla kognitiva radarenheter som en integrerad resurs oavsett ledningsnivå (Grahn m.fl., 2009).

5.4.3 Artificiell intelligens för militär ledning

Stridsmiljöns komplexitet: Militära ledningsstabber hanterar stora mängder information. För att förbättra informationshanteringen är många försvarsmakter intresserade av att använda artificiell intelligens (AI). AI-tekniker kan snabbt analysera information och planera möjliga åtgärder som stöd för beslutsfattare.

Ökad effekt: Med AI kan ledningsstabber spara tid, reagera snabbare samt hantera ett stort antal beslutsalternativ (Schubert, 2018; Schubert, Brynielsson, Svenmarck & Nilsson, 2018). Eftersom intelligenta enheter är flexibla och kan samverka på många sätt kan AI-tekniker vara en förutsättning för effektiv ledning som utnyttjar möjligheterna med intelligenta enheter.

Funktion: Schubert m.fl. (2018) beskriver hur AI kan användas som stöd för att analysera och följa upp inkommande information, planera hur tillgängliga resurser ska användas för att uppnå målen och genomförande av planen. Några exempel på stöd för informationsanalys är att hitta och sammanställa information samt att hitta avvikelser. Några exempel på stöd för planering är terränganalys, logistik, prediktering av motståndarens beteende, insatsplaner samt taktikutveckling genom förstärkt inlärning från simuleringar. Några exempel på stöd för genomförande är säkerhetsklassning av information och cyberförsvar.

Inriktning och samordning: AI för militär ledning kommer att bestå av många separata tekniker som antingen är helt automatiska eller är beslutsstöd för någon specifik funktion. AI i sig kräver inte någon särskild inriktning, men snabbare beslutsloopar och större beslutsrymder kommer att påverka hur ledningsorganisationen arbetar.

Relevant ledningsnivå: AI för militär ledning kommer förmodligen att användas framförallt på taktisk och operativ nivå. Strategiska ledningsproblem är svårare att formulera på lämpligt sätt för AI.

6 Utmaningar för ledning av intelligenta enheter

Ledning av intelligenta enheter i den framtida stridsmiljön är ett komplext problem eftersom få av dessa enheter används idag utifrån hur deras intelligens definieras i denna rapport. Tankar och teorier om hur de ska ledas är helt enkelt inte lika beprövade som för andra områden. Det är däremot tydligt att intelligenta enheter kommer att vara en lika stor utmaning som andra stora tekniksprång i historien. Det är bland annat viktigt att utreda de operativa fördelarna med intelligenta enheter och hur de ska användas för att ge mest operativ effekt vid insats. Insikter om hur enheterna ska hanteras påverkar i sin tur utbildning och konceptuella militärteoretiska tankar (se t.ex. Bengtsson & Woltjer, 2017).

De 16 exemplen på förmågor för intelligenta enheter visar att de på många sätt potentiellt ökar den militära effekten. Några exempel på ökad effekt är bättre lägesbild, uthållighet, driftsekonomi, robusthet, redundans, effektivitet och flexibilitet. Andra effekter är lägre risk för personalen, ökad möjlighet till dolt uppträdande, högre risktagande, mer agilt beteende och mer effekt med fler resurser.

De direkta behoven för att leda intelligenta enheter är kommunikation, geografisk position och förståelse. Kommunikationen mellan de olika enheterna är grundläggande för att kunna distribuera beslut och information. Den geografiska positionen hos de olika enheterna är viktig för ledningsfunktionen, men kan i vissa fall vara svår att bestämma. Dessutom måste förmedlingen av information från operatör till enhet, enhet till enhet och enhet till människa vara förståelig för respektive mottagare.

Kommunikation kan ske med flera alternativ för samband som radiotelefoni, satellit, tråd (telefoni/data), hydroakustik eller fri optisk kommunikation. Beroende på vilken typ av samband som används föreligger olika grader av hot som uppstår, dels från motståndarens förmåga att störa samband och dels röjningsrisken som samband innebär. Hantering av dessa hot kan ske genom att störskydda och minimera mängden kommunikation. För enheterna som aktivt styrs av en operatör behövs dock omfattande sambandsförmåga och lägre grad av sambandsförmåga innebär en risk för att ledtiderna mellan order och verkställande ökar. För att minska behovet av samband krävs det därmed förmodligen att enheter har förmåga att uppträda och agera autonomt. Med hänsyn tagen till dagens utveckling bör flertalet kommunikationssvårigheter i viss utsträckning vara åtgärdade i den framtida stridsmiljön.

Minskad kommunikation är en utmaning eftersom strävan de senaste hundra åren har varit att ständigt öka informationsdelningen för att skapa en bättre lägesbild som underlättar mer kvalificerade beslut. Att frångå detta innebär i viss utsträckning att stridsmetodiken återgår till det något äldre sättet att "leverera batalj" där antalet enheter på vardera sidan är avgörande för striden. Mer diskussioner behövs inom ledningsvetenskapen om hur detta dilemma ska hanteras.

Tabell 1 visar vilka ledningsnivåer som använder de beskrivna förmågorna för intelligenta enheter. Majoriteten av förmågorna (tio stycken) används uteslutande på taktisk eller stridsteknisk nivå. Enbart tre av förmågorna används på operativ nivå i kombination med andra ledningsnivåer medan två förmågor används på samtliga ledningsnivåer. Flera typer av intelligenta enheter förväntas direkt påverka den militära striden. Utmaningen för ledning av dessa intelligenta enheter är att stridande förband har minst resurser att avsätta för ledning. Detta kräver enheter med omfattande signalbehandling och analysförmåga som kan presentera underlag för direkt beslutsfattande och som behöver minimal styrning.

Tabell 1. Ledningsnivåer som använder beskrivna förmågor för intelligenta enheter

Avsnitt	Ledningsnivå			
	Samtliga	Operativ	Taktisk	Strids-teknisk
5.1.2 Intelligent territorialövervakning			Ja	
5.1.3 Intelligent spaning med samverkande enheter			Ja	Ja
5.1.4 Intelligent flygstrid med samverkande enheter			Ja	Ja
5.1.5 Intelligenta svärmar			Ja	
5.2.2 Intelligenta spaningssensorer i sensorkedjor		Ja	Ja	
5.2.3 Intelligenta flygenheter i den marina striden			Ja	Ja
5.2.4 Intelligenta ytenheter			Ja	Ja
5.2.5 Intelligenta undervattensenheter		Ja	Ja	Ibland
5.2.6 Samverkande enheter för marin strid			Ja	Ja
5.3.2 Intelligent taktisk och stridsteknisk spaning			Ja	Ja
5.3.3.1 Intelligent bakre logistik		Ja		
5.3.3.2 Intelligenta enheter för främre logistik			Ja	Ja
5.3.4 Intelligenta stridsfordon			Ja	Ja
5.4.1 Kognitiv radio	Ja			
5.4.2 Kognitiv radar	Ja			
5.4.3 Artificiell intelligens för militär ledning		Ja	Ja	
Totalt	2	4	13	9

De direkta behoven för att leda intelligenta enheter är kommunikation, geografisk position och förståelse. Kommunikationen mellan de olika enheterna är grundläggande för att kunna distribuera beslut och information. Den geografiska positionen hos de olika enheterna är viktig för ledningsfunktionen, men kan i vissa fall vara svår att bestämma. Dessutom måste förmedlingen av information från operatör till enhet, enhet till enhet och enhet till människa vara förståelig för respektive mottagare.

Kommunikation kan ske med flera alternativ för samband som radiotelefoni, satellit, tråd (telefoni/data), hydroakustik eller fri optisk kommunikation. Beroende på vilken typ av samband som används föreligger olika grader av hot som uppstår, dels från motståndarens förmåga att störa samband och dels röjningsrisken som samband innebär. Hantering av dessa hot kan ske genom att störskydda och minimera mängden kommunikation. För enheterna som aktivt styrs av en operatör behövs dock omfattande sambandsförmåga och lägre grad av sambandsförmåga innebär en risk för att ledtiderna mellan order och verkställande ökar. För att minska behovet av samband krävs det därmed förmodligen att enheter har förmåga att uppträda och agera autonomt. Med hänsyn tagen till dagens utveckling bör flertalet kommunikationssvårigheter i viss utsträckning vara åtgärdade i den framtida stridsmiljön.

Minskad kommunikation är en utmaning eftersom strävan de senaste hundra åren har varit att ständigt öka informationsdelningen för att skapa en bättre lägesbild som underlättar mer kvalificerade beslut. Att frånga detta innebär i viss utsträckning att stridsmetodiken återgår till det något äldre sättet att "leverera batalj" där antalet enheter på vardera sidan är avgörande för striden. Mer diskussioner behövs inom ledningsvetenskapen om hur detta dilemma ska hanteras.

Ett annat problem är vilken grad av beslutsrätt som intelligenta enheter ska ha utifrån lagar och etiska regler. Vilken typ av beslut ska de kunna fatta samt hur och när? Denna fråga berörs bland annat inom de pågående diskussionerna om autonoma enheter ska tillåtas fatta egna beslut om att insätta vapenverkan mot egenhändigt identifierade mål. För att enheterna ska kunna fatta dessa beslut behöver ett antal faktorer vara uppfyllda i form av (a) en högre grad av intelligens, (b) möjlighet till samverkan mellan olika enheter samt (c) mellan enheter, operatörer och beslutsfattande chefer. Men även med sådana funktioner är utmaningen för ledningssystemet att intelligenta enheter ofta kräver mer ledning eftersom de i praktiken varken kan eller ska ha samma mandat som bemannade enheter.

Eftersom många intelligenta enheter i förmågebeskrivningen stödjer enskilda ledningsnivåer finns det inte så mycket samordningsbehov mellan ledningsnivåer. De enda exemplen med samordningsbehov är intelligenta undervattensenheter, bakre logistik, kognitiv radio och radar samt AI för militär ledning. Nya ledningsprocesser och kommunikationskanaler behöver utvecklas för att hantera dessa samordningsbehov. Samordningen behövs särskilt vid planering av insatser och operationer. Exempelvis behöver integrerade spaningsfunktioner som omfattar flera ledningsnivåer metoder och verktyg för att beskriva operativa och taktiska krav på lägesbilden. Kraven måste utformas så att de kan omsättas i befintliga tekniker för policystyrning för kognitiv radio och kvalitetsmått för kognitiv radar på teknisk nivå. Det kan även finnas samordningsvinster med att integrera intelligenta sambands- och sensorfunktioner i ett enhetligt system. På så sätt kan en stor del av ledningskedjan bli mer anpassningsbar och flexibel för den aktuella situationen. Ett ytterligare exempel på en integrerad funktion är mellan intelligenta enheter för framskjuten spaning. Med många framskjutna intelligenta enheter kan det finnas samordningsvinster med att de även delar lägesbilden direkt med varandra. Utformning och hantering av dessa integrerade funktioner är en utmaning för framtida ledningssystem eftersom de omfattar olika delar av ledningskedjan.

7 Alternativa utvecklingstrender för intelligenta enheter

Det pågår för närvarande en omfattande utveckling av intelligenta enheter, men det är svårt att förutsäga exakt vilka förmågor som i framtiden kommer att ingå i Försvarmakten. Detta kapitel beskriver tre möjliga utfall för intelligenta enheter för svenskt vidkommande 2035. Det första utfallet förutsätter att stora genombrott görs vad avser enheternas mognad samt att det satsas på att införa dessa mogna enheter på bred front inom ramen för Försvarmaktens verksamhet. Det andra utfallet utgår från att det sker viss satsning på att införa intelligenta enheter baserat på ekonomiska satsningar i begränsad skala. Det sista utfallet utgörs av scenariot där begränsningar gör att inga intelligenta enheter tillförs.

7.1 Stora genombrott och genomgående satsningar

Det har skett flera stora genombrott avseende intelligenta enheter i ett brett spektrum. En stor del av de svenska sensorskedjorna består av högt automatiserade eller direkt autonoma förmågor. Enheterna har införts med en väl utvecklad och genomtänkt process där tillförda förmågeförstärkningar har studerats och simulerats inför införandet, vilket har ökat effekten för den sammantagna förmågan.

Förmågor som förväntas utvecklas i Sverige och i omvärlden vid en hög grad av genombrott är:

- Fasta och rörliga spaningssensorer i sensorskedjor vilka är högt automatiserade och kan agera självständigt i stor utsträckning.
- Länkade framskjutna enheter med verkansförmåga på luft- och sjöarenan.
- UAV:er för stridsteknisk spaning.
- Självgående fordon och farkoster med god förmåga till bekämpning.
- AI används för militär ledning som stöd för att analysera och följa upp inkommande information, planera hur tillgängliga resurser ska användas för att uppnå målen och genomföra planen.

7.2 Viss satsning

Den evolutionära utvecklingen innebär att vissa intelligenta enheter har införts, om än i begränsad skala. En potentiell motståndare har förmodligen motsvarande typer av intelligenta enheter, men i större mängder och troligen mer moderna. Fokus har legat på att anskaffa främst fjärrstyrda farkoster med avancerad programvara, men fullt autonoma enheter existerar inte i någon större omfattning i den svenska försvarmakten.

Förmågor som förväntas utvecklas i Sverige vid en evolutionär utveckling är:

- Framskjutna spaningssensorer används av många förband som har tillräcklig ledningsförmåga för att hantera enheter med begränsad autonom förmåga.
- Ett antal självgående fordon finns med verkansförmåga, men de används enbart för vissa specifika uppgifter.
- AI används för viss informationsanalys.

7.3 Ingen utveckling

För svensk del har inte mycket hänt inom ramen för intelligenta enheter, vilket har lett till att även ledningsförmågan har varit relativt statisk i sin utveckling. Obemannade flygenheter nyttjas för spaning men i övrigt sker mycket av verksamheten med bemannade enheter. Omvärldsutvecklingen följs för att lättare kunna identifiera en motståndares förmåga avseende intelligenta enheter, men på grund av begränsad tillgång till egna enheter är kunskapen begränsad.

Förmågor vilka kan förväntas finnas i Sverige vid ringa svensk utveckling är:

- Ett litet antal relativt ålderstigna flygande sensorplattformar samt ett mindre antal enklare lätta flygande spaningsplattformar vid prioriterade förband.
- Begränsat AI-stabsstöd på insats- och försvarsgrensstaber.

Följdeflekterna av en ringa svensk utveckling är:

- En konventionell högteknologisk motståndare äger förmågan att framskjutet spana mot och med hög precision bekämpa svenska förband och installationer utan att utsätta egen trupp för större risk.
- En konventionell högteknologisk motståndare kommer kunna skapa egen styrketillväxt genom insättandet av intelligenta och högt automatiserade enheter. Egen styrketillväxt begränsas till reserver av bemannade enheter.

8 Diskussion

Förmågebeskrivningen visar att intelligenta enheter som fungerar inom ramen för sammansatta system kan komma att ha stor inverkan på den framtida striden. Ledningsproblematiken för intelligenta enheter handlar framförallt om två områden för samtliga arenor.

Det första området berör kommunikationsmöjligheterna och hur informationen ger lägesuppfattning och förståelse. Vilka sambandsätt ska nyttjas och med vilken grad av risktagning? Kan motståndaren genom att få tillgång till en enhets kanalväg ”rulla upp” det gemensamma sambandsnätet? Hur kan det gemensamma sambandsnätet skyddas utan att sektionera av varje enskild enhet i det samlade nätet?

Det andra området berör intelligenta enheters beslutsrätt, oavsett om de är högt automatiserade eller autonoma. Vilka typer av beslut ska dessa enheter tillåtas fatta och under vilka premisser? I vilken utsträckning ska enheterna tillåtas koordinera insatser sinsemellan? Vad är definitionen av beslutsrätt i sammanhanget, ska ett väldefinierat hotbibliotek för måldata till en enhet ses som insatsbeslut även om det i stor utsträckning handlar om en avancerad, intelligent sjöminsensör? Ska en bestyckad transportplattform på markarenan kunna försvara sig själv eller ska det ses som ett etiskt och beslutshierarkiskt övertramp? Vad får en egen beslutsrätt för enheterna för påverkan på det samlade ledningssystemet? Riskerna finns att en ökad beslutsrätt för intelligenta enheter ger en övertro till enheternas förmåga, vilket betonar vikten av att förstå såväl enheternas potential som deras begränsningar.

Det finns även ett omvänt förhållande mellan kommunikation och beslutsrätt så att när kommunikationsmöjligheterna minskar behöver enheternas beslutsrätt öka. Vidare kan begränsningar för kommunikationen göra att det finns en gräns för strävan att hela tiden utöka informationsdelningen för att ge kvalificerade beslutsunderlag till så många chefer som möjligt på alla nivåer. Enheternas beslutsrätt behöver därför utformas för att kunna leda med uppdragstaktik, vilken i mångt och mycket kommer att behöva utgå från ett etablerat förtroende för att enheterna löser den tilldelade uppgiften självständigt i överensstämmelse med högre chefs anda och önskat slutläge. Detta är särskilt viktigt när enheterna agerar inom ramen för uppdragsstyrning eller när kommunikationen inte kan säkerställas på grund av komplexiteten i telemiljön. Enheterna ingår här som en del i ett sammansatt system där de i samverkan med andra enheter bestämmer hur uppgiften ska genomföras. Detta kommer att påverka grundläggande militärteoretiska perspektiv, taktiska och operativa synsätt samt anskaffning, utbildning och rekrytering. Om begränsningarna gör det omöjligt att kommunicera går det inte längre att leda enheterna.

Slutligen kommer användningen av intelligenta enheter att få indirekta effekter på militär ledning och genomförande av operationer. Exempelvis kommer konceptet med samverkande enheter att få potentiellt stor påverkan på framtida militära operationer och stridsmiljöns komplexitet. Den samlade förmågan utgörs av bemannade enheter och förband vilka agerar samordnat med intelligenta enheter. Den samlade förmågan hos denna typ av samverkande enheter påverkar framförallt ledningen på operativ nivå, men även på strategisk nivå. På taktisk och stridsteknisk nivå handlar de indirekta effekterna av intelligenta enheter framförallt om taktikanpassning.

9 Slutsatser

Förstärkt förmåga till verkan genom intelligenta enheter ger möjligheten att med relativt låg risk operera även i områden med hög hotbild. Under förutsättning att den bedömda framtida stridsmiljön realiserar kan intelligenta enheter skapa en högre grad av sensortäckning och även agera framskjutet i områden som inte anses säkra.

Komplexiteten i stridsmiljön består i mångt och mycket av samma utmanande faktorer för samtliga arenor. Den ökade utvecklingen vad avser räckvidd och verkansförmåga för långräckviddiga vapen och telekrigsförmåga skapar nya behov av att skydda egna förband genom signaturanpassning och minskade emissioner, alternativt emissioner som lättare går att dölja. Telekrigsförmågan och den ökade möjligheten att fjärrbekämpa en motståndare ställer krav på såväl förändring av den faktiska striden som på ledning och logistik. Utmaningen är främst att skydda och effektivt kunna verka med dessa funktioner för att den samlade striden ska möjliggöras. Ytterligare aspekter är allt högre volymer, hastigheter och precision avseende informationsöverföring, vilket möjliggör ett informationsövertag och i förlängningen en ökad möjlighet att bekämpa motståndaren, exempelvis med fjärrbekämpning. Dessa ökade volymer skapar även belastningar på ledningssystemet, vilket ställer nutida och särskilt framtida krav på informationsfusion och informationsortering, genom exempelvis avancerade programvarufunktioner i form av AI. Till detta tillkommer behov av mer lättöverskådliga och lätthanterade system för att enkelt hantera mängden information och omforma denna till något användbart även i tidskritiska situationer, något som uppstår oftare med snabba stridsförlopp.

Behoven från de olika ledningsnivåerna beror till stor del på vilka intelligenta enheter som används och till vilka uppgifter. Vissa enheter är av den naturen att de främst bör samordnas på strategisk eller operativ nivå, exempelvis beroende på enheternas mobilitet. Bottenliggande spaningsensorer med begränsad mobilitet är exempelvis något som i stor utsträckning bidrar till en samlad lägesbild vid sjöstrid. Mindre enheter på samtliga arenor kan fylla en stor funktion på stridsteknisk och taktisk nivå samtidigt som informationen som inhämtas från dessa kan få effekt på de högre nivåerna. Nyttjandet av intelligenta enheter som förstärkningsresurser utan att belasta befintlig personal är olika beroende på ledningsnivå. På strategisk och operativ nivå kan det vara önskvärt med styrkeöverlägsenhet inom ramen för olika delar av operationen, varför intelligenta enheter kan tillföras olika taktiska chefer för att ge dessa bättre förutsättningar för att lösa uppgift. På den taktiska och stridstekniska nivån blir enheterna en förlängning av det egna förbandet genom att lösa uppgifter såsom spaning eller reläa kommunikation.

Med en allt snabbare utvecklingstakt avseende exempelvis fjärrstridsvapen är det av stort intresse att bevaka denna utveckling kopplat till förmågan till skydd mot sådana vapensystem med hjälp av intelligenta enheter. Fjärrstridsvapen kommer att få stor inverkan på tankar och metodik rörande gruppering, skydd och liknande.

Många frågeställningar avseende intelligenta enheter kommer att studeras inom ramen för fortsättningen av projektet LASSIE. På så sätt går det att skapa en kunskapsutbyggnad om hur intelligenta enheter påverkar det sociotekniska ledningssystemet. Utan en sådan utredande ansats kommer intelligenta enheter sannolikt enbart hanteras som fristående förmågor som enbart löser delar av uppgifter, vilket inte ger en sammantagen ökning av förmåga och därmed potentiell verkan. Några exempel på frågeställningar som kommer att studeras i fortsättningen av LASSIE är:

- Vilka militära effekter har intelligenta enheter?
- Vilken beslutsrätt ska intelligenta enheter ha inom bland annat spaning och verkan?
- Vilka begränsningar och möjligheter finns det med sammansatta system av intelligenta enheter?
- Hur ska intelligenta enheter ledas när sambandsförmågan begränsas av telekrig?

- Hur ska beslutsstöd för ledning utformas för att hantera de ökade informationsmängderna?
- Vilka organisationsstrukturer är lämpliga för ledning av intelligenta enheter?
- Hur ska ledningsprocesser utformas för att samordna integrerade sambands- och spaningsfunktioner i ett enhetligt system för flera ledningsnivåer?
- Hur påverkas militär strategi och doktrin av intelligenta enheter?

Referenser

- Army Technology (2018a). *Uran-9 Unmanned Ground Combat Vehicle*. Hämtad från <https://www.army-technology.com/projects/uran-9-unmanned-ground-combat-vehicle/>.
- Army Technology (2018b). *Driverless vehicles in the military – will the potential be realised?*. Hämtad från <https://www.army-technology.com/features/driverless-vehicles-military/>.
- Arslan, H. (2007). *Cognitive Radio, Software Defined Radio, and Adaptive Wireless Systems*. Springer Verlag, Holland.
- Baxter, J. W., Horn, G. S., & Leivers, D. P. (2008). Fly-by-agent: Controlling a pool of UAVs via a multi-agent system. I R. E. T. A. M. Petridis (Red.), *Applications and Innovations in Intelligent Systems XV* (sid. 219-230). Springer, London.
- Bengtsson, K., & Woltjer, R. (2017). *Autonomi och obemannade system - Inriktning av forskning inom delområdet Manned-Unmanned Teaming (MUM-T)*. (FOI-R--4522--SE). Stockholm: Totalförsvarets forskningsinstitut.
- Berglund, E., Hansson, A., Johansson, P., Johansson, T., Larsson, B., & Nygårds, J. (2015). *Strid med system i samverkan: Teknisk förstudie*. (FOI-R--4055--SE). Stockholm: Totalförsvarets forskningsinstitut.
- Bornstein, J. (2015). *Autonomy Roadmap: Autonomy Community of Interest*. I INDIA 16th Annual Science & Engineering Technology Conference, 24-26 mars, 2015. Army Research Laboratory, Aberdeen Proving Ground United States.
- Chen, J. Y., Lakhmani, S. G., Stowers, K., Selkowitz, A. R., Wright, J. L., & Barnes, M. (2018). Situation awareness-based agent transparency and human-autonomy teaming effectiveness. *Theoretical issues in ergonomics science*, 19(3), 259-282.
- Coppin, G., & Legras, F. (2012a). Autonomy spectrum and performance perception issues in swarm supervisory control. I *Proceedings of the IEEE*, 100(3), 590-603.
- Coppin, G., & Legras, F. (2012b). Controlling Swarms of Unmanned Vehicles through User-Centered Commands. I *AAAI Fall Symposium: Human Control of Bioinspired Swarms* (sid. 21-25).
- Cummings, M. L., & Morales, D. (2005). UAVs as tactical wingmen: Control methods and pilots' perceptions. *Unmanned Systems*, 23(1), 25-27.
- Corbett, J. S. (1988). *Sir, Some Principles of Maritime Strategy*. Annapolis: United States Naval Institute.
- DARPA (2018, 30 januari). *ACTUV "Sea Hunter" Prototype Transitions to Office of Naval Research for Further Development*. Hämtad från <https://www.darpa.mil/news-events/2018-01-30a> [2018-04-16].
- Denker, G., Elenius, D., Senanayake, R., Stehr, M. O., Talcott, C., & Wilkins, D. (2007). *Cognitive Policy Radio Language (CoRaL) a Language for Spectrum Policies, XG Policy Language. (Version 0.1, ICS-16763-TR-07-001)*. Arlington, VA: Defense Advanced Research Projects Agency.
- DSB (2012). *Defense Science Board Task Force Report: The Role of Autonomy in DoD Systems*. Washington, DC: US Department of Defense, Defense Science Board.
- Ender, J., & Brüggewirth, S. (2015). Cognitive Radar - Enabling Techniques for Next Generation Radar Systems. I *DGON International Radar Symposium 2015*, Dresden (sid. 3-12).
- Fette, B. (2013). Fourteen Years of Cognitive Radio Development. *2013 IEEE Military Communications Conference*, San Diego, Nov 18-20, USA.

- Furenbäck, P. & Räf, M. (2016). How to integrate and validate disruptive technologies within Future Combat Air System. Presenterades på *Aerospace Technology Congress 2016*, Oktober 11-12, 2016. Stockholm: Flyg- och rymdtekniska föreningen.
- Försvarmakten. (2005). *Doktrin för luftoperationer (DLO)*. (2005). M7740-774022. Försvarmakten.
- Försvarmakten. (2013). *Arméreglemente Taktik 2013*. Stockholm: Högkvarteret.
- Försvarmakten. (2016a). *Militärstrategisk doktrin-MSD 16*. M7739-354028. Stockholm: Försvarmakten, Högkvarteret.
- Försvarmakten. (2016b). *Handbok Logistik vid insats 2016*. Stockholm: Högkvarteret.
- Försvarmakten. (2018). *Slutredovisning av Försvarmaktens perspektivstudie 2016-2018. Tillväxt för ett starkare försvar*. FM2015-13192:15. Stockholm: Försvarmakten, Högkvarteret.
- FMV (2016). Artificiell intelligens - Drönare i svärmar styrs av magiskt moln. *Omvärd - teknisk prognos 2016:2*, 28-29. Stockholm: Försvarets materielverk.
- FMV (2017a). *Teknisk Und Årsrapport - Materielunderrättelser 2016*, bilaga 1. Stockholm: Försvarets materielverk.
- FMV (2017b). *Teknisk Und informerar - Årgång 18 Nr 1*. Stockholm: Försvarets materielverk.
- FMV (2018). *Teknisk Und informerar - Årgång 19 Nr 1*. Stockholm: Försvarets materielverk.
- Gangl, S., Lettl, B., & Schulte, A. (2013). Management of multiple unmanned combat aerial vehicles from a single-seat fighter cockpit in manned-unmanned fighter missions. I *AIAA Infotech@ Aerospace (I@ A) Conference* (sid. 4899).
- Grahn, P., Follo, P., Grönvall, C., Haapalahti, G., Habberstad, H., Karlsson, M., Näsström, F., Rasmusson, J., & Ulvklo, M. (2009). *SEMARK. Multipla sensorer för markläge, slutrapport*. (FOI-R--2780--SE). Stockholm: Totalförsvarets forskningsinstitut.
- Granåsen, D., Bengtsson, K., Hermelin, J., Johansson, B.J.E., & Wikberg, P. (2017). *Agil ledning vid marina operationer - MONiTOR: slutrapport*. (FOI-R--4480--SE). Stockholm: Totalförsvarets forskningsinstitut.
- Humphreys, C. J. (2016). *Optimal Control of an Uninhabited Loyal Wingman* (No. AFIT-ENY-DS-16-S-063). Dayton, OH: Air Force Institute of Technology, Wright-Patterson AFB.
- Johansson, B. J. E., Nilsson, J., Waern, Å., Wadströmer, N., Asp, B., Axell, E., Johansson, B., & Nelander, A. (2015). *Kognitiva System: Teknisk Prognos 2015*. (FOI-R--4107--SE). Stockholm: Totalförsvarets forskningsinstitut.
- Jonson, D.K. (2018). *Typfall 5: Utdragen och eskalerande gråzonsproblematik - Komplettering av hotbildsunderlag i utvecklingen av civilt försvar*. (FOI Memo 6338). Stockholm: Totalförsvarets forskningsinstitut.
- Kolling, A., Walker, P., Chakraborty, N., Sycara, K., & Lewis, M. (2016). Human interaction with robot swarms: A survey. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, 46(1), 9-26.
- Kott, A., Alberts, D. S., & Wang, C. (2015). Will Cybersecurity Dictate the outcome of Future Wars? *Computer*, 48(12), 98-101.
- Lennartsson, A. (Red.) (2014). *RPAS för territorialövervakning 2030 – Utmaningar och möjligheter*. (FOI-R--3787--SE). Stockholm: Totalförsvarets forskningsinstitut.

- McGrew, J. S., How, J. P., Williams, B., & Roy, N. (2010). Air-combat strategy using approximate dynamic programming. *Journal of guidance, control, and dynamics*, 33(5), 1641-1654.
- Mettinger, C., Jarasch, G., & Schulte, A. (2009). Development of artificial cognitive units in UAV guidance. I NATO SCI-202 Symposium on Intelligent Uninhabited Vehicle Guidance Systems, Neubierg, 2009.
- Mosier, K. L., Kochan, J. A., Burian, B. K., & Fischer, U. (2017). Autonomous, Context-Sensitive, Task Management Systems and Decision Support Tools I: Human-Autonomy Teaming Fundamentals and State of the Art [STUB].
- Mueller, J. B., Miller, C., Kuter, U., Rye, J., & Hamell, J. (2017). A human-system interface with contingency planning for collaborative operations of unmanned aerial vehicles. I *AIAA Information Systems-AIAA Infotech@ Aerospace* (sid. 1296).
- Näsström, F., Allvar, J., Bilock, E., Bissmarck, F., Deleskog, V., Forsgren, R., Habberstad, H., Hemström, F., Hendebý, F., Karlholm, J., Nordlöf, J., Nygård, J., & Rydell, J. (2016). *Intelligent spaning 2012-2015: Slutrapport*. (FOI-R--4148--SE). Stockholm: Totalförsvarets forskningsinstitut.
- Pomerleau, M. (2015, 2 december). *Army links Apache, Grey Eagle UAS in South Korea*. Hämtad från <https://defensesystems.com/articles/2015/12/02/army-gray-eagle-apache-data-exchange.aspx> [2018-04-16].
- Pomerleau, M. (2016, 20 december). *Threat from Russian UAV jamming real, officials say*. Hämtad från <https://www.c4isrnet.com/unmanned/uas/2016/12/20/threat-from-russian-uav-jamming-real-officials-say/> [2018-04-16].
- Rauschert, A., & Schulte, A. (2012). Cognitive and cooperative assistant system for aerial manned-unmanned teaming missions. *NATO Research and Technology Agency, Human Factors and Medicine Panel, Task Group HFM-170 on Supervisory Control of Multiple Uninhabited Systems: Methodology and Enabling Operator Interface Technologies. RTO-TR-HFM, 170*, 1-16.
- Rudishhauser, W. (2017). *Autonome oder halbautonome Waffensysteme: Eine neue terroristische Bedrohung?* Bundesakademie für Sicherheitspolitik, Arbeitspapier Sicherheitspolitik, Nr. 23/2017.
- SAE (2014): *Taxonomy and definitions for terms related to on-road motor vehicle automated driving systems*, SAE J3016, January 2014, <http://standards.sae.org>.
- Schubert, J. (2018). *Artificiell Intelligens för Militärt Beslutsstöd*. (FOI-R--4552--SE). Stockholm: Totalförsvarets forskningsinstitut.
- Schubert, J., Brynielsson, J., Svenmarck, P., & Nilsson, M. (2018). Artificial intelligence for decision support in command and control systems. I *23rd International Command and Control Research and Technology Symposium*, 6-9 november, 2018, Pensacola, FL.
- Selkowitz, A. R., Larios, C. A., Lakhmani, S. G., & Chen, J. Y. (2017). Displaying information to support transparency for autonomous platforms. I *Advances in Human Factors in Robots and Unmanned Systems* (sid. 161-173). Springer, Cham.
- Svenmarck, P., & Woltjer, R. (2014). *RPAS för territorialövervakning 2030 - ledning och människateknik-organisation*. (FOI-R--3981--SE). Stockholm: Totalförsvarets forskningsinstitut.
- US Navy. (2017a). *Program Guide*. Washington, DC: Department of the Navy.
- US Navy. (2017b, 29 september). *Microbial Fuel Cell Energy*. Hämtad från http://www.public.navy.mil/spawar/Pacific/News/Pages/news180213_Janes-Microbial.aspx.

- Wagner, M. (2016). Die Zukunft der Kriegsführung? Autonome Waffensysteme als Herausforderung für das Völkerrecht. *Vereinte Nationen* 2/2016, 73-78.
- Widén, J., Ångström, J. (2005). *Militärteorins grunder*. Stockholm: Försvarsmakten.
- Woltjer, R., Bergfeldt, J., Svenmarck, P., Nilsson, P., & Johansson, B. J. E. (2016). *Ledning av sammansatta system med autonoma förmågor: En explorativ intervjustudie*. (FOI-R--4349--SE). Stockholm: Totalförsvarets forskningsinstitut.
- Ögren, P., Backlund, A., Harryson, T., Kristensson, L., & Stensson, P. (2006). Autonomous UCAV strike missions using behavior control Lyapunov functions. I *AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference and Exhibit* (sid. 6197).

Appendix A. Definitioner av begrepp

Begrepp	Definition
Automation	Teknisk styrning av en funktion som utförs med varierande grad av mänsklig interaktion (Woltjer m.fl., 2016).
Autonomi	Hög grad av automation med inslag av målinriktat beteende, som delvis är självstyrande, baserat på information om situationen (Woltjer m.fl., 2016).
Avancerade programvarufunktioner	Inbyggd programvara som använder detaljerade informationsmodeller för att realisera militära funktioner.
Intelligenta enheter	Enheter med hög anpassningsförmåga som samverkar med andra enheter.
Kognitiva system	Konstellationer av människor och teknik som på systemnivå uppvisar ett målinriktat beteende och har förmåga att anpassa sitt beteende till förändringar i sin omgivning för att uppnå sina mål (Johansson m.fl., 2015).
Ledning	Ledning är att inrikta och samordna tillgängliga resurser så att de åstadkommer de effekter som krävs för att lösa tilldelat uppdrag eller uppgift (Försvarsmakten, 2016).
Ledningssystem	Försvarsmaktens ledningssystem består av doktrin, organisation, personal, teknik och metoder som sätts samman för att stödja ledning av viss verksamhet (Försvarsmakten, 2016).
Manned-unmanned teaming (MUM-T)	Samverkan mellan bemannade och obemannade system för att utföra en specifik uppgift (Bengtsson och Woltjer, 2018).
Sammansatta system	Enheter och system som kombineras för att utföra en specifik uppgift eller funktion.
Samverkande system	Samverkan mellan sensor-, lednings- och verkanskomponenter från flera olika farkoster och system för att gemensamt lösa en uppgift (Berglund m.fl., 2015).

FOI är en huvudsakligen uppdragsfinansierad myndighet under Försvarsdepartementet. Kärnverksamheten är forskning, metod- och teknikutveckling till nytta för försvar och säkerhet. Organisationen har cirka 1000 anställda varav ungefär 800 är forskare. Detta gör organisationen till Sveriges största forskningsinstitut. FOI ger kunderna tillgång till ledande expertis inom ett stort antal tillämpningsområden såsom säkerhetspolitiska studier och analyser inom försvar och säkerhet, bedömning av olika typer av hot, system för ledning och hantering av kriser, skydd mot och hantering av farliga ämnen, IT-säkerhet och nya sensorers möjligheter.



FOI
Totalförsvarets forskningsinstitut
164 90 Stockholm

Tel: 08-55 50 30 00
Fax: 08-55 50 31 00

www.foi.se